وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الفرات الأوسط التقنية

كلية البوليتكنك - النجف الأشرف

قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات

مقدمة المنهج الدراسي

الدوائر الإلكترونية - المرحلة الثانية

وفق تفاصيل المفردات النظرية والخطة الدراسية الرسمية

المادة	الدوائر الإلكترونية /النظري
المرحلة	الثانية
تدريسي المادة	م.م .مرتضى علي لصيف
العام الدراسي	.....

وثيقة تمهيدية أكاديمية منظمة للمادة ومفرداتها ومخرجاتها

1. أساس إعداد الوثيقة ومنهجية تنظيمها

أُعدّت هذه المقدمة لتكون الجزء التمهيدي الرسمي للمادة، وبنيت محتوياتها على تفاصيل المفردات النظرية المرفقة لمقرر الدوائر الإلكترونية للمرحلة الثانية، مع الحفاظ على تسلسل المحاور والأسبوع الدراسي كما ورد في الخطة، ثم إعادة صياغة العرض بصورة .أكاديمية موحّدة دون تغيير مضمون المفردات

ملاحظة ضبط مهمة :الخطة الرسمية المرفقة موزعة على 30 أسبوعاً .لذلك اعتمدت هذه الوثيقة عدد الأسابيع وتوزيع الموضوعات الوارد في المنهاج نفسه، وليس عدد ملفات المحاضرات المعدة .أما نموذج الفورم العام فهو يورد 15 أسبوعاً على سبيل المثال، لذا جرى .تقديم الخطة الرسمية الخاصة بهذه المادة على المثال العام

2. بيانات المقرر

البيان	التفاصيل
اسم المقرر	الدوائر الإلكترونية
المرحلة الدراسية	الثانية
طبيعة الجزء المعروض	المفردات النظرية
القسم العلمي	قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات
الكلية	كلية البوليتكنك - النجف الأشرف
الجامعة	جامعة الفرات الأوسط التقنية
تدريسي المادة	م.م .مرتضى علي نصيف
مدة الخطة	ثلاثون أسبوعاً دراسياً وفق الجدول الرسمي

3. مقدمة عن المادة.

تُعد مادة الدوائر الإلكترونية من المواد الأساسية في بناء الكفاية العلمية لطلبة تقنيات الإلكترونيات والاتصالات، إذ تنتقل بالطالب من فهم وظائف عناصر ودوائر القدرة والتنظيم والتحكم إلى تحليل دوائر التغذيب ومكبرات العمليات والمرشحات الفعالة، ثم إلى مبادئ تصنيع الدوائر المتكاملة والأنظمة المضمنة الحديثة .ويعكس المنهج مساراً تدريجياً يربط الأساس النظري بالحساب والتحليل والتصميم والتطبيق، .Raspberry Piمع إدخال موضوعات حديثة تتصل بالمايكروكنترولر والأردوينو و

وتتسم بنية المقرر بالتكامل بين موضوعات الإلكترونيات التناظرية، إلكترونيات القدرة، الدوائر المتكاملة، دوائر التوقيت والتوليد، والأنظمة الرقمية/المضمنة .وهذا التكامل يمنح الطالب أساساً مناسباً لفهم الأنظمة الإلكترونية المعاصرة ومتابعة التطبيقات العملية في .مجالات الاتصالات، الصناعة، الأنظمة المدمجة، التحكم، الحوسبة وحلول إنترنت الأشياء

4. النظرة الشاملة للمادة.

4.1 الفئة المستهدفة

.طلبة المرحلة الثانية في قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات /كلية البوليتكنك - النجف الأشرف /جامعة الفرات الأوسط التقنية

4.2 المبررات

- .توفير أساس علمي منظم لفهم دوائر تنظيم القدرة والسيطرة الإلكترونية وعناصر القدرة شبه الموصلة
- .تطوير القدرة على تحليل دوائر التغذية الراجعة والمذبذبات ومكبر العمليات وتطبيقاته المختلفة
- .Raspberry Piربط المفاهيم الإلكترونية التقليدية بالأنظمة المضمنة والمايكروكنترولر والأردوينو و
- .تهيئة الطالب للتعامل مع الدوائر المتكاملة من حيث البنية والتصنيع والمكونات المتكاملة والمرشحات الفعالة
- .تنمية مهارات التحليل الرياضي، قراءة الأشكال الموجية، اشتقاق العلاقات، حل المسائل، ومقارنة الحلول الإلكترونية

4.3 الفكرة المركزية

فهم وتحليل وتصميم الدوائر الإلكترونية الأساسية والتطبيقية، بدءاً من دوائر القدرة والتنظيم وعناصر التحكم، مروراً بالمذبذبات ومكبرات العمليات والتوقيت والمرشحات، وصولاً إلى الدوائر المتكاملة والأنظمة المضمنة، بما يحقق انتقالاً متدرجاً من المكوّن الإلكتروني إلى النظام الإلكتروني المتكامل.

5.الأهداف العامة للمقرر

1. .تعريف الطالب بالمفاهيم الأساسية لمجزئات القدرة ومنظمات الفولتية وتطبيقاتها وحساباتها
2. .وتحليل دوائر التحكم المرتبطة بها SCRو TRIACو DIACتمكين الطالب من فهم التايرستور و
3. .شرح مبادئ التغذية الراجعة وشروط التذبذب وتحليل المذبذبات والمهتزات وأنواعها
4. .تعريف الطالب بالأردوينو والمايكروكنترولر والتمييز بين المايكروكنترولر والمايكروبروسيسور وتطبيقاتهما
5. .إكساب الطالب القدرة على تحليل دوائر مكبر العمليات الأساسية :العاكس، غير العاكس، التابع، الجامع، الطارح، المكامل والمقارن .
6. .تحليل التطبيقات غير الخطية وتوليد الموجات باستخدام مكبر العمليات وقاطع شمت
7. .فهم المؤقت 555 وتطبيقاته في الهزازات وحساب أزمنة النبضات .
8. .وقراءة منحنيات الاستجابة BSFو BPFو HPFو LPF تحليل المرشحات الفعالة
9. .تعريف الطالب بالطرق الأساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة والمقاومات والمتسعات والترانزستورات المتكاملة
10. .وتطبيقاته في التعليم والبرمجة والروبوتات وإنترنت الأشياء Raspberry Pi توسيع المعرفة نحو

6.نواتج التعلم المتوقعة

.طبيعة الصياغة :نواتج التعلم أدناه مصاغة أكاديمياً من مفردات المنهج الرسمي، ولا تمثل بنوداً منفصلة منقولة حرفياً من الجدول

المجال	ناتج التعلم
معرفي	.يعرّف المكونات والدوائر الرئيسة الواردة في المنهج ويشرح وظائفها ومجالات استخدامها
معرفي	يفسر مبادئ عمل منظمات الفولتية وعناصر القدرة والمذبذبات ومكبرات العمليات والمؤقت 555 والمرشحات .الفعالة
تحليلي	.يحلل دوائر إلكترونية ويستنتج العلاقة بين عناصرها والمدخلات والمخرجات والأشكال الموجية
تحليلي	يشتق أو يطبق العلاقات الرياضية الخاصة بالكسب، زمن النبضة، التردد، جهد الحمل واستجابة المرشحات .بحسب موضوع كل وحدة
مهاري	يقارن بين أنواع المهتزات والمرشحات ودوائر مكبر العمليات والعناصر الإلكترونية بحسب الخصائص .والوظيفة
مهاري	.يقرأ مخططات الدوائر ويحدد عناصرها ونقاط الإشارة ومراحل العمل
تطبيقي	.يوظف المفاهيم في مسائل تصميمية وحسابية مرتبطة بالدوائر الواردة في المنهج
تقني	في الأنظمة Raspberry Piو Arduino يميز بين المايكروكنترولر والمايكروبروسيسور ويشرح دور .المضمنة
تقني	.يشرح مبادئ تصنيع الدوائر المتكاملة والمكونات المتكاملة الأساسية
مهني	.يستخدم المصطلحات والرموز الفنية بصورة دقيقة، ويربط النظرية بالتطبيقات الهندسية والتقنية ذات الصلة

7.المحاور الكبرى للمنهج

ت	المحور	الموضوعات الرئيسة
1	دوائر القدرة والتنظيم	.DIAC، TRIAC، التايرستور SCR، مجزئات القدرة، منظمات الفولتية
2	التذبذب والتحويل الزمني	التغذية الراجعة، المذبذبات، المهتزات، الترانزستور كمفتاح، قاطع شمت، مولدات .الموجات، 555
3	الأنظمة المضمنة	.Raspberry Pi، أنواع المايكروكنترولر، المقارنة مع المايكروبروسيسور، Arduino
4	مكبر العمليات	.العاكس وغير العاكس والتابع والجامع والطارح والمكامل والمقارن والتقويم المثالي
5	المرشحات الفعالة	.وخواص الاستجابة والمعادلات والأمثلة LPF، HPF، BPF، BSF
6	الدوائر المتكاملة	.NPN، طرق التصنيع، الأغشية الرقيقة والسميكة، المقاومات والمتسعات المتكاملة .المتكامل

8. جدول مفردات المادة وفق الخطة الرسمية (30 أسبوعاً)

تم تنظيم الجدول الآتي تحريرياً مع الحفاظ على ترتيب الأسابيع ومضمون المفردات كما ورد في الخطة المرفقة.

الأسبوع	المحور	تفاصيل المفردات
الأول	مجزئات القدرة	مجزئات القدرة: مجزئة القدرة المتغيرة باستخدام مقاومة متغيرة؛ باستخدام ترانزستور مع مقاومة متغيرة؛ باستخدام ربط الترانزستور مع مقاومة متغيرة.
الثاني والثالث	منظمات الفولتية	منظمات الفولتية: منظم من التوالي، منظم من التوازي مع مثال، المعادلات الخاصة بالدائرة، معادلة فولتية الحمل، معادلة القدرة للترانزستور، ومنظم توالي بفولتية إخراج متغيرة مع اشتقاق المعادلة الخاصة به.
الرابع	الثايرستور	تركيبه، خواصه، رمزه، مشابهته بالترانزستور الثنائي رباعي الطبقة، الديالك والترايالك ومدارات الفتح والغلق.
الخامس	TRIAC وDIAC	التركيب، الرمز، الخصائص، تطبيقات الوميض، منظم الضوء، الحماية والإنذار.
السادس	SCR تطبيقات	حماية الحمل من الزيادة المفاجئة في الفولتية، اللحام، تصميم دائرة السيطرة على شدة إنارة المصباح، الدائرة العملية، المعادلات، رسم الموجات، التصميم، وأمثلة.
السابع والثامن	Arduino + المتحديات	تعريف التغذية الخلفية وأنواعها ورسم مخططها، المعادلات الرياضية الخاصة بالتغيير الطوري لمنظومة الكسب الأمامي والكسب الخلفي ودائرة الإزاحة، شروط التذبذب وأمثلة؛ وأنواعه Arduino إضافة إلى.
التاسع والعاشر والحادي عشر	الترانزستور كمفتاح والمهيزات والمايكروكنترولر	مواصفات عمل الترانزستور كمفتاح وخط الحمل وأزمنة التحول؛ المهيزات وأنواعها (أحادي، غير مستقر، ثنائي الاستقرار (والعلاقات والأشكال الموجية والدوائر والفحص والحماية والتشويش والتحكم بعرض النبضات؛ أنواع المايكروكنترولر والشركات المصنعة والتمييز عن المايكروبروسيسور والتطبيقات.
الثاني عشر والثالث عشر	مكبر العمليات - الأساسيات	مخطط نموذجي، المدخل العاكس وغير العاكس، المعاوقة، الإدخال، خرج المكبر العاكس، N كسب غير العاكس، تابع الفولتية ومعادلة الكسب، المضيف/الجامع ومعادلة إضافة عدد من الإدخالات، والمضيف غير العاكس.
الرابع عشر والخامس عشر	دوائر الجمع	دائرة الجامع العاكس ومعادلة الإخراج، دائرة الجامع غير العاكس ومعادلة الإخراج، أمثلة حسابية.
السادس عشر	دائرة الطارح	ودائرة تطبيقية V2 وV1 دائرة الطارح ومعادلات الحساب، طرح فولتي إدخال.
السابع عشر والثامن عشر	دائرة التكامل	تطبيقات مكبر العمليات :التكامل، الدائرة واشتقاق المعادلة، إدخال موجة مربعة وموجة جيبية وإيجاد الخرج، أمثلة ودائرات في دائرة التكامل وحل تمارين.
التاسع عشر	المقارن	دائرته وفكرة العمل؛ إدخال موجة مثلثة إلى الإدخال العاكس مع ربط غير العاكس بالأرض، ثم ربط غير العاكس بفولتية مرجع موجبة.
العشرون	المقوم المثالي بمكبر العمليات	الفكرة من استخدام مكبر العمليات في دوائر التقويم، المميزات مقارنة بالدوائر من دون مكبر عمليات، مقارنة الخواص المثالية وغير المثالية، المقوم المثالي نصف الموجة وكامل الموجة وفكرة العمل.
الحادي والعشرون	قاطع شمت	التحول الكاذب في المقارن وكيفية منعه، مثال دائرة قاطع شمت، رسم خواص التحول، إدخال موجة عشوائية ورسم فولتية الإخراج، حل تمارين.
الثاني والعشرون	مولد الموجة المربعة	مولد الموجة باستخدام مكبر العمليات :الدائرة، اشتقاق معادلة تردد موجة الإخراج، تحوير الدائرة لإعطاء موجة مستطيلة، مثال تصميم.
الثالث والعشرون	مولد النبضة والمهيز أحادي الاستقرار	الدائرة، فكرة العمل، رسم الموجات، اشتقاق معادلة عرض نبضة الإخراج، مثال تصميم.
الرابع والعشرون	مولد الموجة المثلثة	الدائرة، فكرة العمل، رسم الموجات، اشتقاق المعادلات ومعادلة التردد لموجة الإخراج.
الخامس والسادس والعشرون	الحاسبة التناظرية والمؤقت 555	الحاسبة التناظرية :تصميمها وأمثلة محلولة. المؤقت الزمني 555 :تركيبه، خواصه، استخدامه في التجارب، معادلات حساب زمن عرض النبضة، أمثلة محلولة.
السابع والعشرون	HPF وLPF مرشحات	الفعالة :المميزات والخصائص والمعادلات ومنحنيات الاستجابة وأمثلة RC مرشحات حسابية.
الثامن والعشرون	BSF وBPF مرشحات	الفعالة :المميزات والخصائص والمعادلات ومنحنيات الاستجابة وأمثلة RC مرشحات حسابية.
التاسع والعشرون	تصميم الدوائر المتكاملة	الطرق الأساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة :أحادية البلورة، رقيقة الأغشية، سميكة الأغشية.
الثلاثون	المكونات المتكاملة و Raspberry Pi	تصنيع NPN، تصنيع مقاومات ومتسعات متكاملة، تصنيع دائرة متكاملة لترانزستور التعريف والخصائص :Raspberry Pi دائرة متكاملة لدائرة إلكترونية بسيطة؛ والاستخدامات في التعليم والبرمجة والروبوتات وإنترنت الأشياء، مع مراجعة عامة للمفردات الأساسية.

9. التحديث المثبت في المنهج

النص التنظيمي في الخطة: ورد في المنهج أن التحديث الذي طرأ عليه هو إضافة محاضرات عن المايكروكنترولر، والأردوينو، والراسبيري باي. وقد تم إدراج هذه الموضوعات ضمن العرض العام للمقرر بما يتوافق مع مواضعها في الخطة.

10. بنية تقديم المحاضرات وفق الفورم الدراسي

تُبنى كل محاضرة أو وحدة تعليمية بصورة منظمة تضمن الانتقال من قياس المعرفة السابقة إلى الشرح ثم قياس التعلم، وذلك على النحو الآتي:

ت	المرحلة	الغرض
1	اختبار قبلي	أسئلة قصيرة تقيس المعرفة السابقة المرتبطة بموضوع المحاضرة.
2	شرح المحاضرة	عرض المفاهيم والقوانين والدوائر والأشكال الموجية والأمثلة بحسب طبيعة الموضوع.
3	تطبيقات وتمارين	مسائل تحليلية أو حسابية أو تفسيرية ترتبط مباشرة بالمفردات.
4	اختبار بعدي	قياس تحقق أهداف المحاضرة بعد انتهاء الشرح.
5	مفاتيح الإجابات	تقديم الإجابات النموذجية والحلول لتثبيت التعلم وإتاحة المراجعة الذاتية.

11. استراتيجيات التعليم والتعلم المناسبة

تنبيه منهجي: الاستراتيجيات الآتية تنظيم تنفيذي مقترح يتناسب مع طبيعة مفردات المادة؛ أما الخطة المرفقة فتحدد المحتوى الأسبوعي ولا تحدد طريقة تدريس إلزامية مفصلة.

- الشرح التفاعلي المدعوم بمخططات الدوائر والأشكال الموجية.
- حل المسائل خطوة بخطوة مع توضيح الوحدات والتحقق من النتائج.
- المقارنة بين الدوائر والأنماط المتشابهة لتمييز الخصائص والاستخدامات .
- تحليل سيناريوهات الأعطال والتشويش والحماية عندما يرد ذلك في المفردات.
- استخدام المحاكاة الإلكترونية أو النماذج التوضيحية عند توفرها لتقريب الاستجابة العملية.
- الربط بين المفاهيم النظرية وتطبيقاتها في الأنظمة المضمنة والاتصالات والتحكم.

12. أساليب التقويم

تعتمد وثائق المحاضرات على الاختبار القبلي والاختبار البعدي ومفاتيح الإجابات، ويمكن دعمها بتمارين ومسائل قصيرة ومناقشات صفية وتكليفات تحليلية. ولم تتضمن الخطة المرفقة نسباً رقمية لتوزيع الدرجات، لذلك لا تُثبت في هذه المقدمة أوزان تقييم غير واردة في المصدر.

13. ضوابط الجودة الأكاديمية في إعداد المادة

1. الالتزام بتسلسل المفردات الرسمية وعدم حذف محور مقرر من الخطة.
2. تمييز أي إضافة توضيحية أو مثال تدريبي غير وارد حرفياً في المصدر عند إدراجه.
3. عدم تعديل اختلافات أو أخطاء مصدرية ذات أثر علمي بصمت؛ بل توثيقها كملاحظة تدقيقية .
4. الحفاظ على المصطلح العربي مع إيراد المصطلح الإنجليزي عند الحاجة، خصوصاً للمكونات والبروتوكولات والدوائر .
5. توحيد الرموز والوحدات وتقديم خطوات الحل الحسابي بصورة قابلة للمراجعة.
6. إبراز العلاقة بين المدخل والخرج والأشكال الموجية في موضوعات التوقيت والمذبذبات والمرشحات ومكبرات العمليات ..
7. تضمين مراجعة مركزة وأسئلة نموذجية في نهاية كل وحدة بما يدعم الاستعداد للامتحان .

14. المصادر والمراجع المثبتة في المنهج

1. مبادئ الإلكترونيات)ترجمة بدر محمد علي الوتار وآخرون(.
2. الدوائر الإلكترونية والصوتيات)تأليف ضياء مهدي فارس وآخرون(.
3. 1991 الدوائر الإلكترونية والصوتيات)تأليف ضياء مهدي فارس، ياسر خليل، مصعب محمود(، هيئة التعليم التقني، جامعة الموصل.
4. مكتبة النور الإلكترونية.

5. علم الإلكترونيات ودليل كامل للبدء في تعلمه)عمار أمير وآخرون(.
6. موقع جامعة كامبردج البريطانية: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET).
7. كتاب الأردوينو ببساطة)تأليف عبد الله علي عبد الله(.
8. Upton, E. & Halfacree, G. (2016). Raspberry Pi User Guide (4th ed.). Wiley.
9. Mastering the Raspberry Pi | Springer Nature Link.
10. Raspberry Pi Foundation. (2024). Official Documentation. docs.raspberrypi.com
11. Halfacree, G. (2022). The Official Raspberry Pi Handbook 2022. Raspberry Pi Press.
12. Raspberry Pi product series explained - Raspberry Pi.

15. خلاصة المقدمة

يقدم هذا المنهج مساراً متدرجاً يبدأ بمبادئ القدرة والتنظيم والسيطرة، ويتوسع إلى المذبذبات والأنظمة المضمنة ومكبرات العمليات وتطبيقاتها، ثم ينتقل إلى التوليد الزمني والمرشحات الفعالة وتصنيع الدوائر المتكاملة، وينتهي بموضوعات حديثة وبذلك تتكامل الموضوعات لتكوين قاعدة نظرية مناسبة لطلبة المرحلة الثانية في تقنيات Raspberry Pi. مرتبطة بـ الإلكترونيات والاتصالات، مع تركيز واضح على التحليل، الحساب، قراءة الدوائر، وفهم التطبيقات التقنية المعاصرة.

المحاضرة الأولى (First Lecture)

أولاً: مقدمة عن المادة

تتناول مادة الدوائر الإلكترونية في هذه الوحدة موضوع مجهزات القدرة ومنظمات الفولتية، مع التركيز على كيفية الحصول على جهد مستمر مناسب ومستقر لتغذية الدوائر الإلكترونية. تبدأ المحاضرة بفكرة مجهزات القدرة غير المنظمة، ثم تنتقل إلى مفهوم تنظيم الفولتية واستخدام ثنائي الزينر، ومنظمات الجهد التوالي والمتوازي باستخدام الترانزستور.

ثانياً: النظرة الشاملة للمحاضرة

أ- الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الثانية في قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات / المعهد التقني - النجف الأشرف.

ب- المبررات

صُممت هذه المحاضرة لتمكين الطالب من فهم سبب الحاجة إلى تنظيم الجهد بعد مراحل التقويم والترشيح، والتمييز بين المجهز غير المنظم والمنظم، وفهم وظيفة ثنائي الزينر والترانزستور في دوائر تثبيت الفولتية، وصولاً إلى تحليل الاستجابة لتغيرات جهد الدخل أو الحمل.

ج- الفكرة المركزية

- مجهزات القدرة (Power Supplies) ومشكلة عدم ثبات جهد الخرج.
- منظمات الفولتية (Voltage Regulators) ومفهوم تنظيم الجهد.
- ثنائي الزينر كمنظم جهد وعلاقاته الأساسية.
- منظم الجهد التوالي باستخدام الترانزستور وثنائي الزينر.
- منظم الجهد التوالي المسيطر عليه وفكرة التغذية الراجعة.
- منظم الجهد المتوازي (Shunt/Parallel Regulator) ومميزاته وعيوبه وتطبيقاته.

الأهداف التعليمية للمحاضرة

- يعرّف الطالب مجهز القدرة ووظيفة تحويل الجهد المتناوب إلى جهد مستمر مناسب للدوائر الإلكترونية.
- يميّز بين مجهز القدرة غير المنظم ومجهز القدرة المنظم.
- يشرح مبدأ عمل ثنائي الزينر في منطقة الانهيار العكسي بوصفه مرجعاً لتثبيت الجهد.
- يطبق العلاقات الأساسية لحساب تيارات الحمل والزينر والمقاومة المتسلسلة.
- يحلل عمل منظم الجهد التوالي عند تغير فولتية الحمل.
- يوضح دور التغذية الراجعة في منظمات الجهد التوالي المسيطر عليها.
- يقارن بين منظم الجهد التوالي ومنظم الجهد المتوازي من حيث الربط والمزايا والعيوب.
- يحل مسائل حسابية أساسية مرتبطة بالدوائر الواردة في المحاضرة.

ثالثاً: الاختبار القبلي للمحاضرة الأولى

> الغرض: اختبار تشخيصي قصير لقياس المعرفة السابقة اللازمة لفهم المحاضرة. لا تُعرض الإجابات هنا؛ يوجد مفتاح الإجابات في نهاية الملف.

1. أي قانون يُستخدم مباشرة لحساب التيار المار في مقاومة عند معرفة الفولتية والمقاومة؟

أ) قانون أوم

ب) قانون كيرشوف للتيار فقط

ج) قانون القدرة فقط

د) قانون فاراداي

2. عند ربط عنصرين على التوازي فإن الكمية المتساوية بينهما هي:

أ) التيار دائماً

ب) الفولتية

ج) المقاومة

د) القدرة

3. ثنائي الزينر يُستخدم في دوائر تنظيم الجهد غالباً في حالة:

أ) الانحياز الأمامي فقط

ب) الانحياز العكسي ضمن منطقة الانهيار

ج) عدم التوصيل مطلقاً

د) التوصيل الحراري

4. وظيفة المقاومة المتسلسلة مع ثنائي الزينر هي أساساً:

أ) زيادة الجهد

ب) الحد من التيار

ج) عكس قطبية المصدر

د) زيادة تردد التموج

5. إذا زادت مقاومة الحمل مع ثبات الجهد عليها، فإن تيار الحمل حسب قانون أوم:

أ) يزداد

ب) يقل

ج) يبقى ثابتاً دائماً

د) ينعدم مهما كانت القيمة

6. الترانزستور BJT يحتوي على أطراف:

أ) مصدر وبوابة ومصرف

ب) جامع وقاعدة وباعث

ج) مصعد ومهبط فقط

د) دخل وخروج فقط

7. الهدف العام من منظم الفولتية هو:

أ) زيادة التموج

ب) الحفاظ على جهد خرج أقرب إلى الثبات

ج) تحويل DC إلى AC

د) إلغاء الحمل

8. عند تحليل عقدة يتفرع منها أكثر من تيار تستخدم بصورة مباشرة:

أ) قانون كيرشوف للتيار

ب) قانون لنز

ج) قانون كولوم

د) قانون الحث

1- مجهزات القدرة (Power Supplies)

يمكن تعريف مجهزات القدرة (Power Supplies): بانها دوائر إلكترونية مصممة لتزويد الدوائر الإلكترونية أو التطبيقات الأخرى بطريقة مناسبة بالطاقة الكهربائية، بمعنى يمكنها تحويل جهد التيار الكهربائي المتناوب إلى جهد تيار مستمر ثابت لوحدات التحكم الدقيقة في الأجهزة الالكترونية، حيث ان الحصول على القدرة المستمرة من خط القدرة المتناوب باستخدام المقومات مع المرشحات الذي يعتبر من أكثر الوسائل الملائمة واكثرها اقتصاداً، وقد تم دراسة الدوائر الاساسية للمقوم بما في ذلك مقوم نصف الموجة والكاملة بنوعية، ويمكن ان تقسم مجهزات القدرة الى :

- **مجهزات القدرة باستخدام المقاومة المتغيرة.**
- **باستخدام ترانزستور مع المقاومة المتغيرة.**
- **باستخدام ربط دارلنكتون مع المقاومة المتغيرة** (سُمِّي ترانزستور دارلنكتون بهذا الاسم نسبةً إلى مخترعِهِ سيدني دارلنكتونSidney Darlington ، وهو عبارة عن ترتيب خاصّ لترانزستورين ثنائيي الوصلة Bipolar Junction Transistors (BJT)موصولين مع بعضهما البعض إمّا نوع NPN أو نوعPNP ، حيثُ يتّصل باعث الترانزستور الأوّل مع قاعدة التّرانزستور الثّاني لينتجَ ترانزستوراً ذا حساسيّة عالية مع ربح تيّار عالٍ جداً ، ممّا يفيد في التّطبيقات التي تتطلّب تضخيم التيّار أو للعمل كمفتاح الكتروني.)

وتسمى هذه المجهزات بالمجهزات غير منظمة للأسباب التالية:

أ -تتغير فولتية الخرج اذا تغيرت فولية الدخل من المصدر

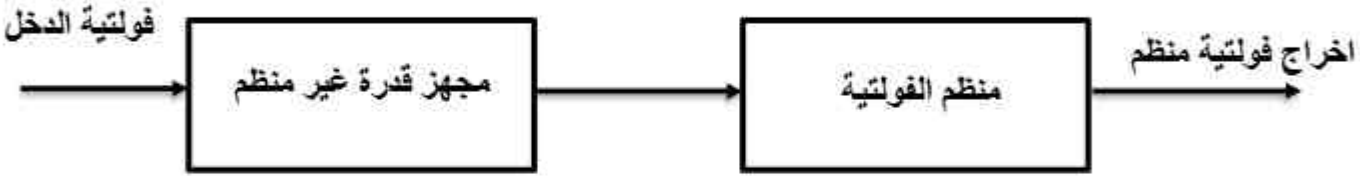
ب - تتغير فولتية الخرج اذا تغيرت فولية الحمل

جـ -جهد التموج في الخرج يكون بتردد (100 HZ) للمجهزات التي تتغذى من المصادر ذات التردد (50 HZ) يزداد هذا التردد كلما زاد التيار في الحمل.

- اما مجهزات القدرة المنظمة فتصمم لكي تقلل التموج الى اقل قيمة ممكنة، وكذلك يكون لها فولتية خرج ثابتة لا تتغير بتغير فولتية المصدر او بتغير الحمل، أي بمعنى نحتاج الى دائرة لها خواص مقاربة قدر الامكان لخواص مولد فولتية ثابته له مقاومة داخلية صغيرة جدا بحيث يمكن اهمالها، وهنالك نوعان من منظمات الفولتية :
  - **منظم فولتية توالي.**
  - **منظم فولية توازي.**

2- **منظمات الفولتية (Voltage Regulators) :** عبارة عن دوائر وظيفتها المحافظة على فولتية ثابتة للحمل عند تغير الحمل ، يتم ذلك بتصميم دوائر الكترونية تقوم بهذه العملية وهي أما ان تكون على شكل دوائر متكاملة او دوائر منفصلة ، تنظيم الفولتية (Regulation Voltage) هو التغير في الفولتية من حالة اللا حمل الى حالة الحمل الكامل والهدف من تنظيم الفولتية هو تقليل هذه التغيرات الى الصفر او الى اقل قيمة ممكنة.

يصور المخطط رقم (1) أدناه فكرة تنظيم الفولتية الأساسية:



شكل رقم (1) يوضح فكرة تنظيم الفولتية الاساسية

➢ **الزينر كمنظم جهد ثنائي: The Zener Diode Regulator**

يمكن استخدام ثنائى الزينر لإنتاج جهد خرج مستقر(stabilized) مع تموجات منخفضة تحت أحوال التغيير فى تيار الحمل، عن طريق إمرار تيار صغير خلال الثنائى من جهد المصدر، عبر مقاومة مناسبة لتحديد التيار (RS) ، فإن ثنائى الزينر سوف يوصل تيار كافى للحفاظ على هبوط الجهد Vout .

يتم تشغيل ثنائى الزينر دائماً فى حالة الانحياز العكسى ، ويمكن تصميم دائرة منظم جهد باستخدام ثنائى الزينر للحفاظ على جهد الخرج المستمر ثابت عبر الحمل بغض النظر عن التغيرات فى جهد الدخل أو فى تيار الحمل . منظم الجهد بالزينر يتكون من مقاومة الحد من التيار RS متصلة على التوالى مع جهد الدخل VSوثنائى الزينر المتصل على التوازى مع الحمل RL وهو فى حالة انحياز عكسى ، جهد الخرج المستقر دائما يختار ليكون هو نفسه جهد الانهيار VZ للثنائى.

➢ ملاحظات/

- فولتية الزينر ثابتة لا تتغير مع تغيرات فولتية الخط ولا مع تيار الحمل.
- فولتية المصدر تتغير مباشرتاً مع تغير فولتية الخط وكذلك أي تغير في تيار الحمل ينتج تغيراً في الفولتية غير المنظمة بسبب ممانعة المجهز وتفريغ شحنة المرشح.

➢ **استخدام ثنائي الزينر كمنظم جهد: في الشكل رقم (2) يمكن استخدام ثنائي الزينر كمنظم**

1. **الوظيفة:** يستخدم ثنائي الزينر لإنتاج جهد خرج مستقر مع تموجات منخفضة رغم التغيرات في تيار الحمل.

2. **مبدأ العمل:** يتم توصيل ثنائي الزينر بانحياز عكسي، ويعمل في منطقة الانهيار.

3. **مكونات الدائرة:**

- مقاومة تسلسلية (RS) للحد من التيار
- ثنائي الزينر موصل على التوازي مع الحمل

4. **الخصائص:**

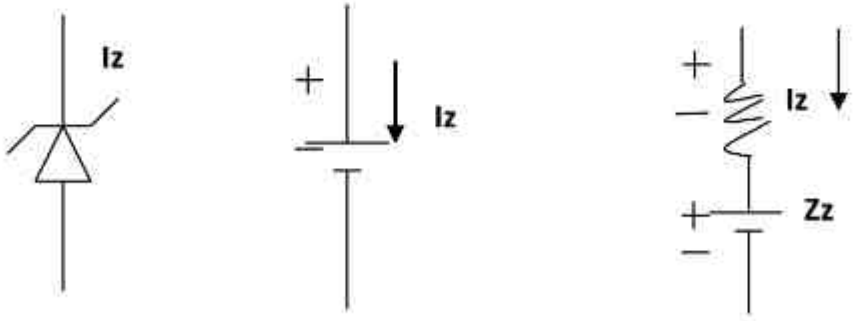
- جهد الخرج يساوي جهد انهيار الزينر (VZ)
- جهد المصدر يجب أن يكون أكبر من جهد الزينر

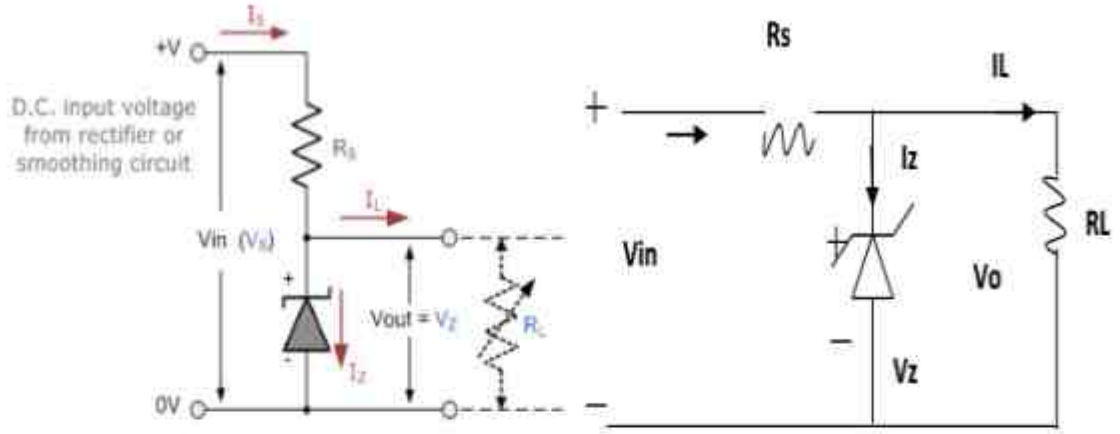
5. **اعتبارات التصميم:**

- اختيار RS بحيث لا يتجاوز التيار الحد الأقصى للثنائي
- الحفاظ على تيار الزينر فوق الحد الأدنى لضمان الاستقرار

6. **التحسينات:** يمكن إضافة مكثف فك ارتباط لتقليل الضوضاء الكهربائية.

7. **التطبيق:** يستخدم لتثبيت جهد الخرج من دوائر التقويم (نصف موجة أو موجة كاملة).





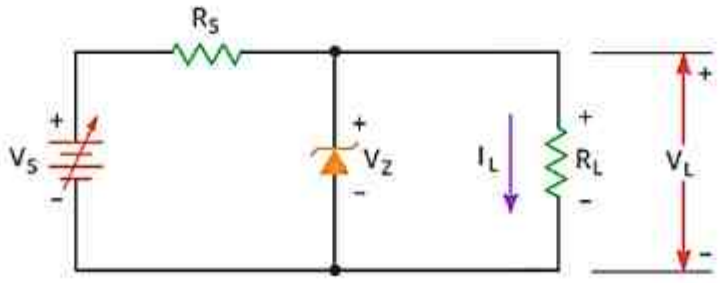
شكل رقم (2) يوضح دائرة ثنائي الزينر كمنظم

عندما تكون (V_{in}) اكبر من (V_z) فأن ثنائي زينر يعمل في منطقة الانكسار ، ولوجود ممانعة زينر فأنها تسبب تغيراً طفيفاً في الاخراج النهائي مع تغيرات فولتية الخط وتيار الحمل (التغيرات في تيار الحمل تنتج تغيرات متساوية ومضادة في تيار زينر)

والتغيرات في تيار زينر الساري خلال ممانعة $\Delta I_z = -\Delta I_L$ (1)

- يحافظ الصمام الثنائي Zener على إخراج جهد ثابت في منطقة الانهيار ، على الرغم من اختلاف التيار من خلاله ، هذه هي ميزة مهمة من الصمام الثنائي زينر ، والتي يمكن استخدامها في تطبيقات منظم الجهد ، لذلك يسمى أحيانا الصمام الثنائي **زينر دايود منظم الجهد** ، فعلى سبيل المثال ، ناتج مقومات نصف الموجة أو الموجة الكاملة أو الجسر يتكون من تموجات متراكبة على جهد تيار مستمر ، من خلال توصيل الصمام الثنائي زينر بسيط عبر إخراج المقوم ، يمكننا الحصول على الجهد الناتج أكثر استقرارا.
يوضح الشكل التالي منظم جهد زينر البسيط (المعروف أيضًا باسم منظم زينر).

- **<u>تيار وجهد الحمل في ثنائي الزينر</u>**



الشكل رقم (3) يوضح تيار وجهد الحمل في ثنائي الزينر

نظرًا لأن مقاومة الحمل مربوطة بشكل متوازي مع الصمام الثنائي زينر ، فإن فولتية الحمل هي نفسها فولتية زينر.

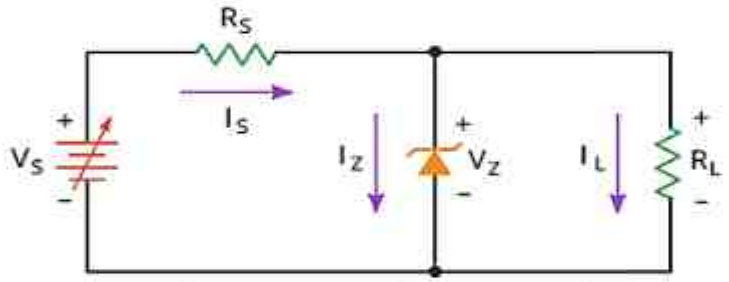
$$V_L = V_Z \qquad (2)$$

باستخدام قانون أوم، يمكننا حساب الحمل الحالي:

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} \qquad (3)$$

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} \qquad (4)$$

➢ **تيار ثنائي الزينر**



الشكل رقم (4) يوضح التيار في دائرة ثنائي الزينر

الصمام الثنائي زينر ومقاومة الحمل متوازيان، إجمالي التيار يساوي مجموع التيارات الخاصة بهم ، وهو نفس تيار المار خلال المقاومة المتسلسلة.

هذا يوضح أن تيار الزينر (Iz) يساوي تيار المتسلسلة مطروح منه تيار الحمل.

$$I_S = I_Z + I_L \qquad (5)$$

$$I_Z = I_S - I_L \qquad (6)$$

اما بالنسبة لفولتية الإخراج فأن:

$$\triangle V_L = Z_z * \triangle I_z \qquad (7)$$

التغيرات في الفولتية قد تكون مقبولة اذا كان (I_z) قليل . ولكن لو كانت التغيرات كبيرة ((عشرات الملي امبير او اكثر)) فأن التغيرات فولتية الحمل تصبح كبيرة جداً لكثير من التطبيقات . ولذلك فأن ثنائي زينر غير قادر لوحدة على تنظيم فولتية ذات تغير كبير في التيار لذلك نحتاج ربط ثنائي زينر مع مكبرات تغذية عكسية .

1- منظم الجهد التوالي Series Voltage Regulator

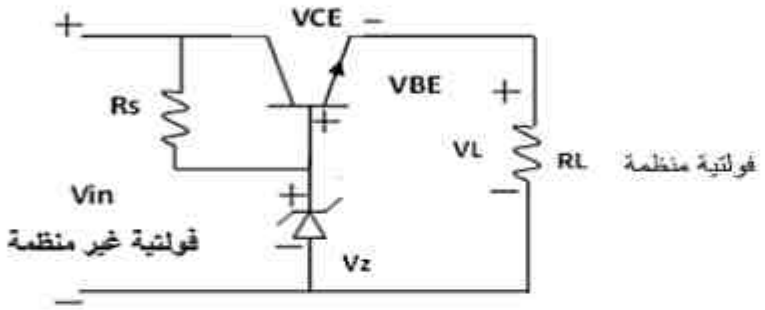
يوضح الشكل دائرة منظم جهد التوالي باستخدام الترانزستور والزينر دايود .ويلاحظ من الشكل ان ثنائي زينر يستخدم كفولتية مرجعية للدائرة والمقاومة (R_s) تستخدم لتحديد التيار المار بالدائرة أما الترانزستور المربوط على التوالي مع الحمل فيستخدم كمقاومة متغيرة للسيطرة على التيار المار بالحمل والدائرة المكافئة توضح ذلك .

ولبيان عمل الدائرة في التنظيم نقوم بالتحليل التالي :.

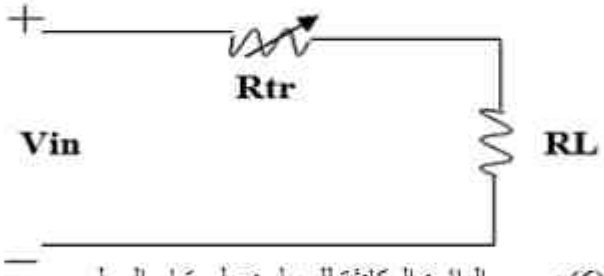
من قانون كيرشوف للفولتية :

$$V_z - V_{BE} - V_L = 0 \qquad (8)$$

$$V_{BE} = V_z - V_L \qquad (9)$$



الشكل رقم (5) يوضح دائرة منظم الجهد التوالي باستخدام الترانزستور والدايود



الشكل رقم (6) يوضح الدائرة المكافئة للسيطرة على تيار الحمل

من المعادلة اعلاه نجد انه عندما تقل (v_L) فأن (V_{BE})فسوف تزداد (لان V_z ثابتة) وهذا يسبب في زيادة الانحياز الامامي للترنزستور ومن ثم زيادة مستوى التوصيل وهذا يسبب في نقصان المقاومة بين الجامع والباعث مما يؤدي الى

زيادة تيار الدخال (I_c) وتيار القاعدة (I_B) وبالتالي زيادة تيار الباعث (I_E) وهو تيار الحمل ولذلك كان (V_L) ستزداد ($V_L=I_L R_L$) ويكون المنطق التعاقبي لذلك .

$$V_L\downarrow \; V_{BE}\uparrow \; R_{tr}\downarrow \; I_C \uparrow I_B \uparrow I_E \uparrow I_L \uparrow V_L\uparrow$$

وعند الزيادة (V_L) يكون التعاقب

$$V_L\uparrow \; V_{BE}\downarrow \; R_{tr}\uparrow \; I_C\downarrow \; I_B\downarrow \; I_E\downarrow \; I_L\downarrow \; V_L\downarrow$$

من دائرة منظم الجهد التوالي نلاحظ ان التغير ات في ثنائي زينر قد قلت بعامل قدرة β

وعند الضرورة تستطيع استعمال زوج دار لتكتون للحصول على β اكبر . $\Delta I_z = -\Delta I_L / \beta$ (10)
يسمى المنظم السابق منظم فولتية توالي لكون طرف الجامع والباعث على التوالي مع الحمل ولهذا السبب يجب ان يسري تيار الحمل خلال الترانزستور . لذلك يسمى غالباً هذا الترانزستور بترانزستور المرور . الفولتية عبر ترنزستور المرور تساوي .

$$V_{CE}=V_{in}-V_L \qquad (11)$$

➢ منظم فولتية التوالي المسيطر عليه باستخدام الترانزستور:

منظم فولتية التوالي المسيطر عليه باستخدام الترانزستور هو عبارة عن دائرة إلكترونية تُستخدم للحفاظ على جهد خرج ثابت بغض النظر عن تغيرات جهد الدخل أو الحمل، يتم تحقيق ذلك من خلال استخدام ترانزستور يعمل كمفتاح متحكم يُعرف باسم "ترانزستور التحكم."

مبدأ العمل:

تعتمد دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها على مبدأ "التغذية الراجعة "، حيث يتم قياس جهد الخرج باستمرار ومقارنته بجهد مرجعي ثابت .يتم استخدام الفرق بين جهد الخرج وجهد المرجع للتحكم في تيار التحكم الذي يتم تطبيقه على قاعدة ترانزستور التحكم.

يؤدي تغير تيار التحكم إلى تغيير مقاومة ترانزستور التحكم، مما يؤثر بدوره على مقاومة الدائرة ككل .وبالتالي، يتم التحكم في جهد الخرج للحفاظ عليه ثابتًا.

أنواع منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها:

- **منظمات فولتية خطية :**تستخدم ترانزستورات ثنائية القطب أو MOSFET في تكوين خطي .تتميز ببساطة التصميم وكفاءة عالية عند أحمال منخفضة.
- **منظمات فولتية تبديلية :**تستخدم ترانزستورات MOSFET أو IGBT في تكوين تبديلي، تتميز بكفاءة عالية عند أحمال عالية، ولكنها أكثر تعقيدًا في التصميم.

مزايا منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها:

- **دقة عالية في تنظيم جهد الخرج :**يمكن تحقيق دقة تنظيم عالية جدًا باستخدام دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها.
- **استقرار ممتاز :**تتميز دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها باستقرار ممتاز في مواجهة تغيرات جهد الدخل أو الحمل.
- **كفاءة عالية :**يمكن تحقيق كفاءة عالية جدًا باستخدام دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها، خاصةً عند أحمال عالية.

عيوب منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها:

- **تعقيد التصميم :**يمكن أن يكون تصميم دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها معقدًا، خاصةً بالنسبة لمنظمات الجهد التبديلية.

- **تكلفة عالية :**قد تكون دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها أكثر تكلفة من بعض أنواع منظمات الفولتية الأخرى، مثل منظمات الجهد ثنائية الطرف.
- **تولد الحرارة :**يمكن أن تولد دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها كمية كبيرة من الحرارة، خاصةً عند أحمال عالية.

الخلاصة :

منظمات فولتية التوالي المسيطر عليها باستخدام الترانزستور هي عبارة عن دوائر إلكترونية مهمة تُستخدم للحفاظ على جهد خرج ثابت، تتميز بدقة عالية في تنظيم جهد الخرج واستقرار ممتاز وكفاءة عالية.

ومع ذلك، يمكن أن تكون معقدة في التصميم وقد تكون أكثر تكلفة من بعض أنواع منظمات الفولتية الأخرى .تُستخدم دوائر منظمات الفولتية التوالي المسيطر عليها في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك إمدادات الطاقة الإلكترونية وأجهزة الكمبيوتر والمعدات الإلكترونية.

عوامل اختيار منظم فولتية التوالي المسيطر عليه:

- **جهد الخرج المطلوب :**يجب تحديد جهد الخرج المطلوب لتغذية الحمل بدقة.
- **تيار الحمل :**يجب تحديد أقصى تيار يمكن أن يسحبه الحمل لضمان كفاءة العمل.
- **دقة تنظيم الجهد :**يجب تحديد مستوى الدقة المطلوبة في جهد الخرج لضمان الأداء الأمثل.
- **كفاءة المنظم :**يجب مراعاة كفاءة المنظم لتوفير الطاقة وخفض تكاليف التشغيل

2- منظم الجهد المتوازي (Parallel Voltage Regulator) او (Shunt Voltage Regulator)

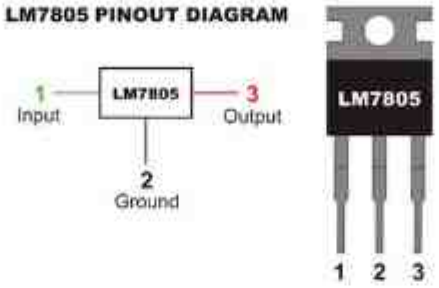
➢ **منظمات الجهد (Voltage Regulator) :** هي عبارة دوائر الكترونية تحتوي على عناصر الكترونية بسيطة تسمح بتثبيت الفولتية في الإخراج (V_{out}) بغض النظر عن التغير الذي يحصل في فولتية الادخال (V_{in}).

منظم الجهد المتوازي باستخدام الترانزستور وثنائي زينر:

يُعدّ منظم الجهد المتوازي باستخدام الترانزستور وثنائي الزينر من الدوائر الإلكترونية البسيطة والفعّالة لتوفير جهد خرج ثابت من مصدر طاقة متغير، تعتمد هذه الدائرة على مبدأين أساسيين:

- **عملية ثنائي زينر :**يعمل ثنائي الزينر كمنظم جهد مرجعي، حيث يحافظ على جهد ثابت عبر أطرافه بغض النظر عن تغيرات جهد الدخل أو التيار.
- **عملية الترانزستور :**يعمل الترانزستور كمكبر للتيار، حيث يُضخّم التيار من ثنائي الزينر لتوفير جهد خرج مناسب للحمل.

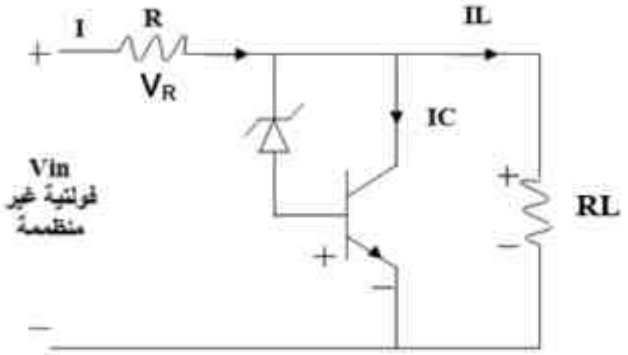
سُـــمي بمنظم الجهد المتوازي وذلك لان مقاومة الحمل (RL) تكون مربوطة على التوازي مع الترانزســـتور في اطرافه (الجامع والباعث) بمعنى ان (V_{CE}) هي نفســـها فولتية (V_{out}) او (VL)



الشكل رقم (1) يوضح الرمز الخاص بمنظم الفولتية

- **مميزات منظم الجهد المتوازي:**
  - **بساطة الدائرة.**
  - **قلة تكلفة المكونات.**
  - **كفاءة عالية.**
  - **استقرار جيد لجهد الخرج.**
- **عيوب منظم الجهد المتوازي:**
  - **انخفاض كفاءة الدائرة عند الأحمال المنخفضة.**
  - **تغير جهد الخرج مع تغيرات درجة الحرارة.**
  - **إمكانية حدوث هدر للطاقة في ثنائي الزينر.**
- **تطبيقات منظم الجهد المتوازي:**
  - **توفير جهد ثابت للدوائر الإلكترونية.**
  - **شحن البطاريات.**
  - **تغذية محركات DC.**
  - **تطبيقات أخرى تتطلب جهد خرج ثابت.**

يبين الشكل دائرة منظم جهد توازي حيث يكون الترانزستر مع الزنر دايود مربوط على التوازي مع الحمل.



$I = I_B + I_C + I_L$

من خلال قانون كيرشوف للفولتية :.

$$V_{be} + V_Z - V_I = 0$$

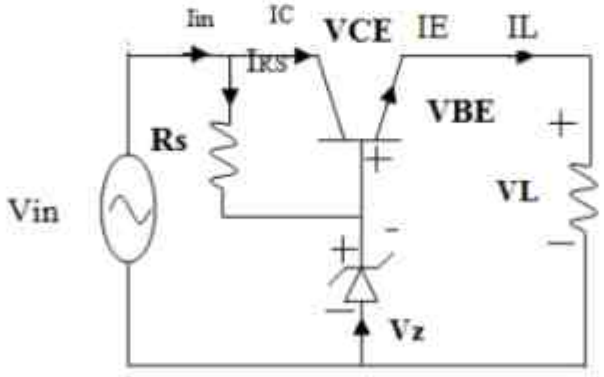
$$V_{be} = V_I - V_Z$$

لان V_z ثابتة فأن أي زيادة او نقصان في V_L يؤدي الى تغير ف
لنفرض ان V_Lتقل فأن V_{BE} تقل ايضاً وكذلك يقل كل من I_B، I_C لان ($I_C = \beta I_B$) وهذا يؤدي الى ان I يقل وبذلك فأن V_R تقل لان ($V_R = I*R$) وبما ان ($V_{in} = V_R + V_L$)
وبالتالي ($V_L = V_{in} - V_R$) فأننا نجد ان V_L ستزداد ويكون المنطق التعاقبي بالشكل التالي :.

$$VL \downarrow VBE \downarrow IB \downarrow IC \downarrow I \downarrow VR \downarrow VI \uparrow$$

وعند زيادة VL فأن المنطق التعاقب يكون بالعكس :

فولتية الترانزستور



الشكل رقم (2) يوضح دائرة منظم الجهد التوالي باستخدام الترانزستور و زينر دايود

مثال/١ منظم الجهد متوالي فية Vz تساوي (7.5V)مقاومة الحمل RL تساوي (100 Ω) وB تساوي 100 كم هي

١- فولتية الحمل
٢- تيار الحمل
٣- كم هو التغير في تيار الحمل عندما تتغير RL من 100 Ω الى 50Ω
٤- التغير في تيار زينر
٥- التغير التقريبي في فولتية الحمل . علما ان ممانعة زينر يساوي 6 Ω وان (Vin >Vz) .

1-$V_L = V_z - V_{BE} = 7.5 - 0.7 = 6.8V$

2-$I_L = V_L / R_L = 6.8 / 100 = 68$ mA

3-when $R_L = 50\Omega \Longrightarrow I_L = V_L/R_L = 6.8/50 = 136$ mA

$\therefore \Delta I_L = 136 - 68 = 68$ mA

4- $\Delta I_z = -\Delta IL \quad B = -68/100 = -0.68$ mA

5- $\Delta V_L = Z_z * \Delta I_Z - 6 * (-0.68mA) = -4.08$ mV

مثال/٢ منظم جهد متوالي فيه فولتية زنر (10 V) ومقاومة الحمل (R1 = 1KΩ) وفولتية الادخال (Vin = 20 V) الترانزستور المستخدم نوع سيلكون

أحسب :

١- فولتية الحمل
٢- تيار الحمل
٣- تيار الباعث
٤- تيار المار في المقاومة R_S
٥- تيار المصدر (I_{in})

1-VL = Vz – VBE = (10 – 0.7) = 9.3V

2-IL = VL / RL = 9.3 / 1 = 9.3 mA

3-IE =IC+ IB ≈ IC

∴ IE = IC = IL = 9.3 mA

4- Vin = VRs + VZ $\Longrightarrow$ VRs = Vin – Vz = 20 – 10 = 10V

IRs = VRs/Rs = 10/5 = 2 mA

5-Iin = IRs + IC =2+9.3= 11.3 mA

مثال/٣ منظم توالي في (Vin = 20v) و(Rs 200Ω) و(Vz = 12v) و(VBE = 0.7v) جد التيار المارفيRs وكذلك التغير في تيار الحمل عندما تتغير RL من 50 Ω 100Ω) ؟

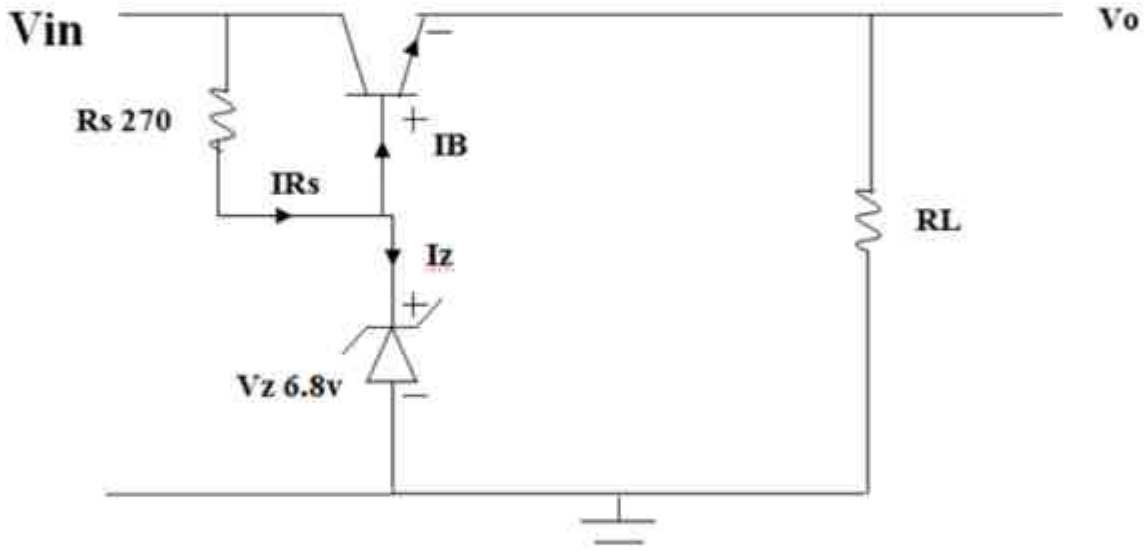
VRs= Vin – Vz = 20 – 12 =8v

IRs = VRs / Rs = 0.04A VL = Vz – VBE = 12-0.7 = 11.3 v

IL1 = 11.3 / 50= 0.226A IL2 = 11.2 / 100 = 0.113A

$\triangle$IL = IL2- IL1 = -0.113A

مثال/٥ في الشكل التالي اذا كانت (Vin = 10v) و(VBE = 0.7v)ماهي Vo واذا تغيرت من 10v الى 15v كم هو التغير التقريبي في فولتية الخراج علماً ان Zz= 5Ω . واذا كانت (B50) ومقاومة الحمل 220 Ω كم هو التيار القاعدة وتيار زينر عندما (Vin = 10v)



Vo = Vz – VBE = 6.8 – 0.7 6.1v

IL= IE = IC + IB ≈IC = Vo/RL = 6.1/22 = 277mA

IB = IC / β= 277/50 = 5.55mA

VRs = Vin – Vz = 10 – 6.8 = 3.2 v

IRs = VRs / Rs = 3.2/270 = 11.84 mA

:.Iz = IRs – IB = 11.84 – 5.55 = 6.3 mA

خامساً: مراجعة أكاديمية مركزة

الملاحظة / المفتاح	الفكرة الأساسية	الموضوع
لا توجد علاقة لتنظيم واحدة؛ التركيز على سلوك الخرج.	يتأثر خرجه بتغير الدخل والحمل وتظهر فيه تموجات.	مجهز القدرة غير المنظم
الهدف: ΔVout أصغر ما يمكن.	يظل تغير جهد الخرج من اللاحمل إلى الحمل الكامل.	منظم الفولتية
IS = IZ + IL ؛ VL = VZ.	الزينر عكسي وعلى التوازي مع الحمل، وRS تحد التيار.	منظم الزينر
VL = VZ - VBE.	الترانزستور على التوالي مع الحمل ويتحكم كعنصر متغير.	منظم التوالي
تعديل ترانزستور التحكم لتثبيت الخرج.	يعتمد على التغذية الراجعة ومقارنة الخرج بمرجع.	منظم التوالي المسيطر
VCE = Vout = VL وفق المحاضرة.	الحمل على التوازي مع الترانزستور.	منظم المتوازي

أسئلة مراجعة مع أجوبة نموذجية

س: ما الوظيفة الأساسية لمجهز القدرة؟

ج: توفير طاقة كهربائية مناسبة للدوائر الإلكترونية، ويشمل ذلك في سياق المحاضرة تحويل الجهد المتناوب إلى جهد مستمر مناسب ثم تقليل التموج وتنظيم الجهد عند الحاجة.

س: لماذا يوصف بعض مجهزات القدرة بأنها غير منظمة؟

ج: لأن فولتية خرجها تتغير بتغير فولتية الدخل أو الحمل، ويظهر فيها تموج في الخرج.

س: ما المقصود بتنظيم الفولتية؟

ج: هو التغير في الفولتية من حالة اللاحمل إلى حالة الحمل الكامل، والهدف تقليل هذا التغير إلى أقل قيمة ممكنة.

س: كيف يُوصل ثنائي الزينر في دائرة التنظيم؟

ج: يُوصل في حالة انحياز عكسي وعلى التوازي مع الحمل، مع مقاومة RS على التوالي مع المصدر لتحديد التيار.

س: ما العلاقة بين فولتية الحمل وفولتية الزينر في منظم الزينر المثالي وفق المحاضرة؟

ج: VL = VZ.

س: كيف يُحسب تيار الحمل في منظم الزينر؟

ج: IL = VL/RL، وبما أن VL = VZ فإن IL = VZ/RL.

س: ما علاقة تيار المقاومة المتسلسلة بتياري الزينر والحمل؟

ج: IS = IZ + IL، وبالتالي IZ = IS - IL.

س: ما دور الترانزستور في منظم الجهد التوالي؟

ج: يُربط على التوالي مع الحمل ويعمل كعنصر مقاومة متغيرة للتحكم بالتيار والمحافظة على جهد خرج أقرب إلى الثبات.

س: ما العلاقة الأساسية لفولتية الحمل في منظم التوالي؟

ج: VL = VZ - VBE وفق المعادلة الواردة في المحاضرة.

س: ما المقصود بالتغذية الراجعة في المنظم المسيطر عليه؟

ج: قياس جهد الخرج ومقارنته بجهد مرجعي، ثم استخدام الفرق لتعديل ترانزستور التحكم بما يعيد الخرج نحو القيمة المطلوبة.

س: لماذا يسمى المنظم المتوازي بهذا الاسم؟

ج: لأن الحمل RL يكون مربوطاً على التوازي مع الترانزستور بين طرفي الجامع والباعث.

س: اذكر عاملين لاختيار منظم فولتية مناسب.

ج: جهد الخرج المطلوب، تيار الحمل، دقة التنظيم، وكفاءة المنظم؛ يكفي ذكر أي عاملين.

سادساً: الاختبار البعدي للمحاضرة الأولى

الدرجة المقترحة: 20 درجة: الاختيار من متعدد 8 درجات، الصح والخطأ 4 درجات، والمسائل/التحليل 8 درجات.

أ- اختر الإجابة الصحيحة (8 درجات)

1. الهدف الرئيس من منظم الفولتية هو:
أ) زيادة تردد المصدر
ب) الحفاظ على جهد خرج ثابت قدر الإمكان
ج) زيادة مقاومة الحمل
د) تحويل الجهد المستمر إلى متناوب

2. في منظم الزينر يكون ثنائي الزينر:
أ) على التوالي مع الحمل وبانحياز أمامي
ب) على التوازي مع الحمل وبانحياز عكسي
ج) مفصولاً عن الحمل
د) على التوازي وبانحياز أمامي دائماً

3. إذا كان VZ = VL، فإن تيار الحمل يساوي:
أ) VZ × RL
ب) RL / VZ
ج) VZ / RL
د) IS + IZ

4. العلاقة الصحيحة عند عقدة منظم الزينر هي:
أ) IS = IZ + IL
ب) IZ = IS + IL
ج) IL = IS + IZ
د) IS = IZ - IL

5. في منظم الجهد التوالي يكون الترانزستور:
أ) على التوالي مع الحمل
ب) على التوازي مع الحمل دائماً
ج) غير متصل بالمصدر
د) يستبدل ثنائي الزينر

6. تستخدم التغذية الراجعة في المنظم المسيطر عليه من أجل:
أ) زيادة التموج
ب) مقارنة الخرج بالمرجع وتصحيح الانحراف
ج) إلغاء الحمل
د) تثبيت تيار المصدر فقط

7. في منظم الجهد المتوازي تذكر المحاضرة أن:

أ) VCE = Vout = VL

ب) VCE = 0 دائماً

ج) VL = Vin دائماً

د) IB = IL دائماً

8. أي مما يأتي يعد عاملاً لاختيار المنظم؟

أ) لون المكونات

ب) جهد الخرج المطلوب وتيار الحمل

ج) شكل لوحة المختبر فقط

د) عدد صفحات المحاضرة

ب- ضع علامة صح أو خطأ (4 درجات)

9. المقاومة RS في منظم الزينر وظيفتها الأساسية الحد من التيار.

10. في منظم الزينر تكون العلاقة IZ = IS + IL.

11. منظم الجهد التوالي المسيطر عليه يعتمد على مبدأ التغذية الراجعة.

12. في منظم الجهد المتوازي يكون الحمل RL مربوطاً على التوالي مع الترانزستور.

ج- مسائل وتحليل (8 درجات)

13. دائرة زينر لها VZ = 6.8 V وRL = 680 Ω. احسب IL. وإذا كان IS = 20 mA فاحسب IZ. (3 درجات)

14. منظم جهد توالي له VZ = 9.1 V وVBE = 0.7 V وRL = 840 Ω. احسب VL ثم IL. (3 درجات)

15. إذا انخفضت VL في منظم الجهد التوالي، اشرح باختصار تسلسل الاستجابة الذي يعيد VL نحو قيمتها المنظمة وفق منطق المحاضرة. (درجتان)

سابعاً: مفاتيح الإجابات

1- مفتاح إجابات الاختبار القبلي

1	2	3	4	5	6	7	8
أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	أ

2- مفتاح إجابات الاختبار البعدي

الاختيار من متعدد: 1- ب، 2- ب، 3- ج، 4- أ، 5- أ، 6- ب، 7- أ، 8- ب.

الصح والخطأ: 9- صح، 10- خطأ، 11- صح، 12- خطأ.

الحلول النموذجية للمسائل

س: السؤال 13
ج: IL = VZ/RL = 6.8/680 = 0.01 A = 10 mA. ثم IZ = IS - IL = 20 - 10 = 10 mA.

س: السؤال 14

ج: $VL = VZ - VBE = 9.1 - 0.7 = 8.4\ V$. ثم $IL = VL/RL = 8.4/840 = 0.01\ A = 10\ mA$.

س: السؤال 15

ج: عند انخفاض VL تزداد VBE وفق علاقة المحاضرة، فتقل المقاومة المكافئة للترانزستور، وتزداد تياراته وتيار الحمل، مما يدفع VL إلى الارتفاع والعودة باتجاه القيمة المنظمة.

خلاصة المحاضرة

تربط المحاضرة بين مجهزات القدرة ومنظمات الفولتية بوصف التنظيم المرحلة التي تهدف إلى تثبيت خرج المجهز أمام تغيرات الدخل والحمل. يبدأ التنظيم بأبسط صورة باستخدام ثنائي الزينر، ثم يتوسع باستخدام الترانزستور في ربط توالي أو متوازي، وتظهر التغذية الراجعة كفكرة أساسية في المنظمات المسيطر عليها. وتمثل العلاقات $VL = VZ$، و$IS = IZ + IL$، و$VL = VZ - VBE$ مفاتيح حسابية مركزية للمسائل الواردة.

المصادر المعتمدة في إعداد الملف

1. المحاضرة الأولى لمادة الدوائر الإلكترونية / المرحلة الثانية، م.م. مرتضى علي نصيف، قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات، كلية البوليتكنك - النجف الأشرف.

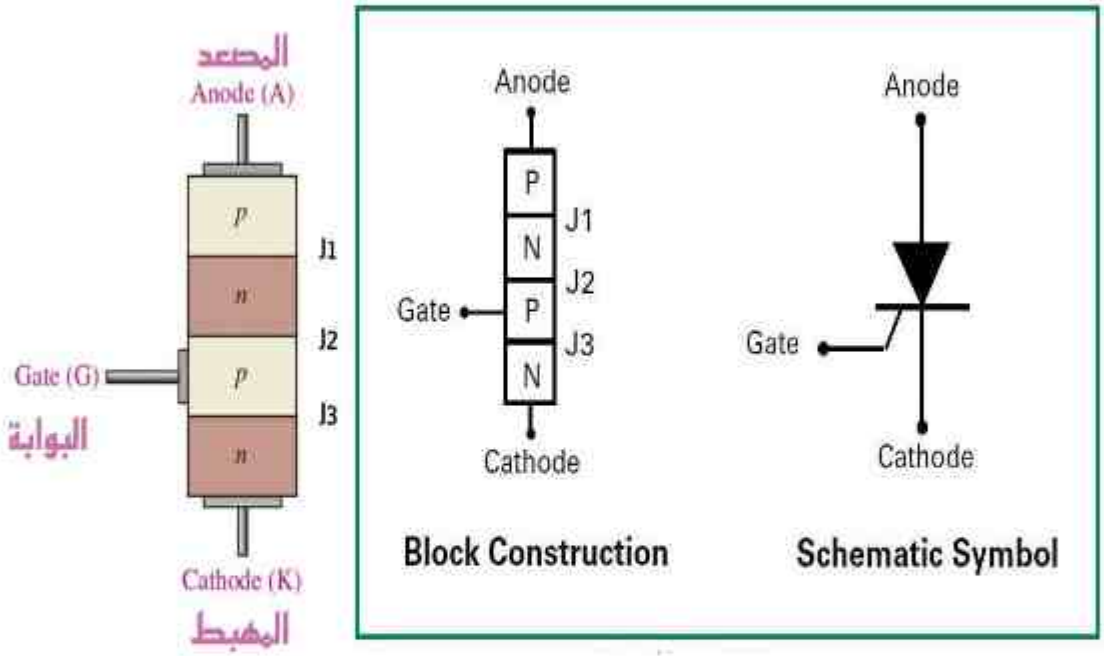
2. فورمة المناهج الدراسية المعتمدة لتسلسل: مقدمة المادة، النظرة الشاملة، الاختبار القبلي، شرح المحاضرة، الاختبار البعدي، ومفاتيح الإجابات.

> تطابق الملف: تم عمداً عدم إدراج جدول مفردات المادة لأسابيع الفصل، ليتم إعداده في ملف مستقل لاحقاً حسب الطلب.

المحاضرة الثانية (Second Lecture)

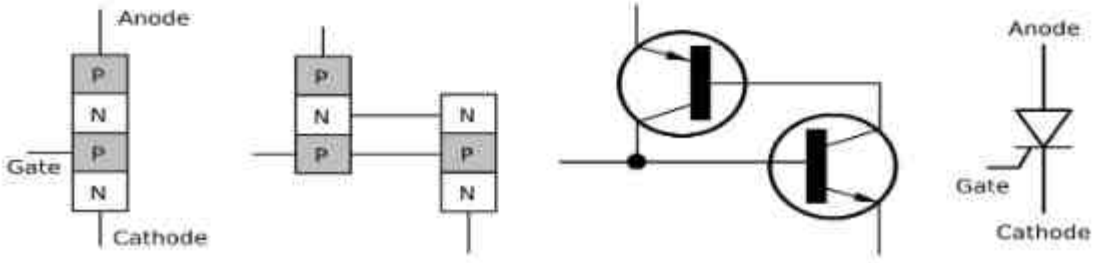
➢ الثايرستور Thyristor

- الثايرستور، أو (المقداح): هو عنصر شبه موصل سليكوني ذو أربع طبقات P-N-P-N يُستخدم للتحكم في التيار الكهربائي، يتميز بحالتي تشغيل مستقرّتين :مفتوح (موصل) ومغلق (عازل)، يُمكن التحكم في حالته من خلال تطبيق نبضة كهربائية على بوابة التحكم.
- يحتوي الثايرستور على ثلاث أطراف: الأنود (الطرف الموجب)، والكاثود (الطرف السالب)، والبوابة (طرف التحكم). تتحكم البوابة في تدفق التيار بين الأنود والكاثود.



➢ تركيب الثايروستر

يتكون الثايرستور من اربع طبقات موضوعة بشكل متعاقب (**n - p - n - p**) كما في الشكل، ويحتوي على ثلاث ملتقيات لهذه الوصلات الاربعة هي (**J1 ,J2 ,J3**) ، حيث يسمى الطرف المربوط بالطبقة P الخارجية انود (**A**) بينما يسمى الطرف المربوط بالطبقة (**N**) الخارجية كاثود (**K**) ويسمى الطرف المربوط بالطبقة الداخلية بالبوابة (**G**)، كما مبين في الشكل رقم (1) الرمز الخاص بالثايروستيور



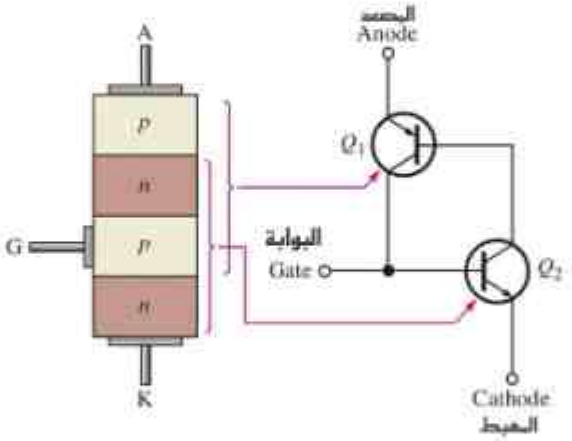
الشكل رقم (1) يبين المخطط و الرمز الخاص بالثايروستيور

➢ مبدأ عمل الثايرستور

الثايرستور مشابه للدايود في السماح للتيار بالمرور في اتجاه واحد ولكن يمتلك خاصية فريدة تميزه عن الدايود وهي إمكانية التحكم في توصيل الثايرستور، لكي يتضح لك اكثر سأذكرك بعمل الدايود كالتالي: عند تطبيق فرق جهد أمامي على الدايود يقوم بالتوصيل مباشرةً ولا يمكنك إيقاف التوصيل أو التحكم بمدته، فقط يعتمد على جهد المصدر المطبق عليه إذا كان أكبر من جهد الحاجز والذي قيمته لدايود السليكون 0.7 فولت فسيقوم بالتوصيل.

أما الثايرستور فلا يكفي تطبيق فرق جهد أمامي عليه إذ يجب عمل نبضة للبوابة بنفس الوقت حتى يتمكن من التوصيل. ويمكن التحكم بالتيار الذي يستخدم لعمل نبضة للبوابة وبهذا يمكنك التحكم بمدة التوصيل بسهولة عبر البوابة.

ولفهم مبدأ عمل الثايريستور ، يمكن اعتبار الثايرستور مكون من اثنين ترانزستورات أحدهما من النوع pnp والأخر من النوع npn ، وذلك كما هو مبين في الشكل التالي:



الشكل رقم (2) الدائرة المكافئة للثايريستور

➢ طريقة عمل الثايريستور

تُظهر الدائرة المكافئة للثايرستور في الشكل رقم (2) ،أن تيار المجمع لترانزستور NPN(Q2) يغذي مباشرة قاعدة ترانزستورPNP(Q1) ، بينما يغذي تيار المجمع Q1 قاعدةQ2 ، يعتمد كل ترانزستور على الأخر للتوصيل حيث أن كل ترانزستور يحصل على تيار من تيار للآخر. لذلك، حتى لو تم توصيل مصدر جهد بين المصعد والمهبط لا يمكن أن يمر أي تيار بينهما حتى يتم تغذية أحد الترانزستورات بالتيار.

عند تغذية البوابة G بالتيار، والتي تمثل قاعدة الترانزستور Q2 يصبح هذا الترانزستور بوضع توصيل (on) مما يسمح لتيار القاعدة للترانزستور الأول) Q1 والذي هو بنفس الوقت تيار المجمع للترانزستور (Q2) بالمرور ويصبح الترانزستور Q1 بوضع توصيل (on)

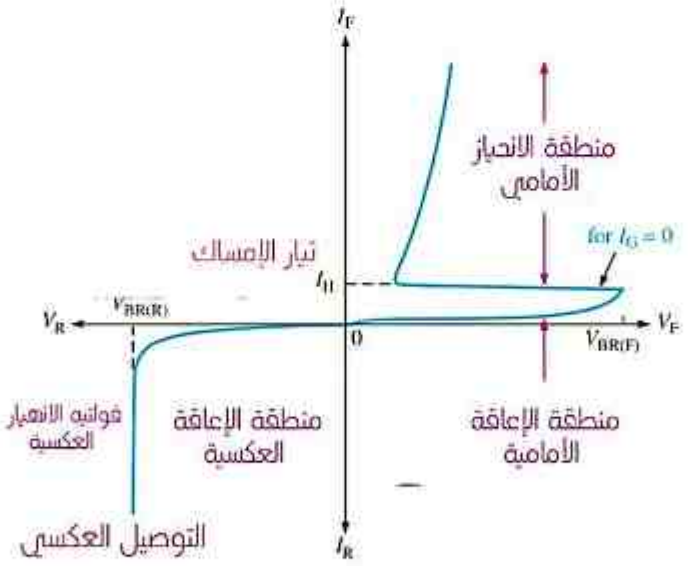
ولكون الترانزستور Q1 أصبح بوضع توصيل on فإن تيار القاعدة للترانزستور Q2 سيزداد مما يؤدي الى زيادة تيار المجمع له أي زيادة تيار القاعدة للترانزستور (Q1) والذي بدوره يزيد تيار المجمع للترانزستور Q1 ، وهكذا حتي يصل الترانزستوران Q1 و Q2 الى حالة الإشباع، ويصبح الثايرستور في وضع on.

ويجب الملاحظة أنه حتى عندما يصبح تيار البوابة مساوياً للصفر فإن الثايرستور سيبقى بوضع توصيل لأن الترانزستورين Q1 و Q1 سيبقيان بحالة تشبع، وذلك لأن كون الترانزستور Q1 في وضع توصيل سيؤمن مرور تيار القاعدة للترانزستور Q2 وكون الترانزستور Q2 في وضع on سيؤمن مرور تيار القاعدة للترانزستور Q1.

<u>مما سبق نستنتج أن الشروط اللازمة لجعل الثايريستور في وضع توصيل هي:</u>

1- أن يكون الثايرستور في حالة إنحياز أمامي، أي أن جهد المصعد (Anode) أعلى من جهد المهبط(Cathode) .
2- إعطاء نبضة (Pulse) للبوابة وذلك لتوفير تيار البوابة.
3- أن تكون النبضة التي تُعطى للقاعدة بعرض كافي وذلك ليتمكن الثايريستور من البقاء بوضع on حتى عندما يصبح تيار البوابة يساوي الصفر.

وتسمى أقل قيمة لتيار المصعد الذي يستطيع الثايرستور عنده البقاء بوضع توصيل حتى بعد زوال نبضة البوابة بـ latching current.



الشكل رقم (3) خواص للثايريستور

➢ خواص وكيفية عمل الثايروستر

عندما يكون انحياز الانود موجب والكاثود سالب تكون (**J3**) منحازة اماميا و(**J2**) منحازة عكسيا لذلك لا يسري تيار في الثارستور لوجود مقاومة عالية جدا تمنع مرور التيار ماعدا تيار التسريب.
عند تسليط جهد بحيث يكون الانود سالب والكاثود موجب (انحياز عكسي) في هذه الحالة (**J1**) و(**J3**) عكسي منحازة عكسيا بينما (**J2**) منحازة اماميا وفي هذه الحالة لا يسري التيار ماعدا تيار التسريب وهو ذو مقدار قليل جدا، في الحالة الاولى عند زيادة الفولتية في الانود الى قيمة معينة بحيث يحصل انهيار في الوصلة (**J2**)، يوصل الثايرستور ويكون التيار كبير جدا وتصبح مقاومته قليلة جدا وما في الحالة الثانية لا يحصل انهيار الى في حالات زيادة الفولتية الى قيمة كبيرة تؤدي الى عطل الثايروستور ولذلك يوصف الثايرستور بأنه احادي التوصيل .

في الحالتين السابقتين يوصف الثايرستور بأنه يمتلك مقاومة عالية جدا بسبب الجهد الحاجز الكلي وكلي يمرر الثايرستور للتيار المطلوب للعمل يجب ازالة الجهد العكسي في الملتقى (**J2**) ويتم ذلك عن طريق نبضه قدح خارجية على طرف البوابة (**G**) المربوطة الى طبقة **P** الداخلية بحيث يكون الجهد يسلط عليها موجبا بالنسبة الى الكاثود انها الجهد المسلط يعمل على تقليل فاعلية الجهد العكسي للملتقى **J1** نسبيا
يسمى الجهد الثاني الذي يحصل عنده التوصيل بجهد لانكسار (القدح)
يحدث التوصيل في زمن صغير جدا يعرف زمن التوصيل (**TUM OTIME**) تتراوح قيمته من (3 – 1) وتعتمد قيمة التيار على مقاومة الحمل حيث يهبط الجهد (**VAK**) بعد حدوث التوصيل الى قيمة التيار على مقاومة الحمل حيث يهبط الجهد (**VAK**) بعد حدوث التوصيل الى قيمة صغيرة تسمى جهد الابقاء (**VH**) ولإرجاع الثايرستور الى حالة القطع لابد من تخفيض التيار المار بالدائرة (**IA**) الى قيمة صغيرة تسمى (**IH**) يصبح الثايرستور غير موصل (**OFF**)حيث تهبط قيمة التيار بسرعة الى قيمة صغيرة جدا في زمن قطع يصل (12**µS**) وعند زيادة تيار البوابة (IG) وبأقل جهد موجب (**VAK**) الذي يبدأ عنده حدوث التوصيل، وعند ما يصبح الثايرستور في حالة توصيل لا يعتمد بعد ذلك على تيار البوابة (**IG**) .

طرق اشعال(قدح) الثايرستور (Methods Of Triggering A Thyristor) : توجد أربعة طرق لاشعال (قدح) الثايروستر وهي كما يلي :

- الاشعال بالحرارة او الضوء (Thermal and Light Triggering)
- الاشعال بالجهد العالي (High Voltage Triggering)
- الاشعال بمعدل الجهد المسلط Triggering(dv/dt)
- الاشعال بالبوابة (Gate Triggering)

دوائر اشعال (قدح) الثايروستر :

لكي تنجح عملية قدح الثايروستر لابد ان تحقق دائرة القدح مايلي :

1- ان تطبق بين البوابة والكاثود نبضة ذات قيمة كافية وزمن الصعود قصير.
2- ان تنتج إشارة ذات عرض مناسب.
3- ان تطبق النبضة على البوابة عندما يكون الثايروستر في حالة الانحياز الامامي فقط.

تنقسم دوائر القدح المستعملة عادة لقدح الثايروستر الى ثلاثة أنواع وهي :

1- دوائر الاشعال (القدح) بالتيار المستمر.
2- دوائر الاشعال (القدح) بالتيار المتناوب.

استخدامات الثايروستر

على الرغم من كونه أجهزة صغيرة ماديًا، إلا أن الثايرستور يمكنه التحكم في الفولتية العالية ومستويات التيار، ولذلك يستخدم في خطوط نقل الطاقة ذات الجهد العالي والتيار المباشر .تشمل الاستخدامات الأخرى ما يلي :

1- مفاتيح الطاقة في المصانع والأماكن الصناعية المماثلة
2- مفاتيح إشعال السيارة
3- التحكم في سرعة المحركات الكهربائية
4- منظمات مستوى السائل
5- أنظمة التحكم بالضغط
6- دوائر التحكم بالسرعة
7- دوائر المؤقت

أنواع الثايرستورات:

- **الثايرستور ثلاثي الأطراف :**هو النوع الأكثر شيوعًا، ويتكون من ثلاث وصلات خارجية :المصعد، المهبط، والبوابة.
- **الثايرستور رباعي الأطراف :**يتضمن وصلة رابعة تُسمى **البوابة المساعدة**، تُستخدم للتحكم في خصائص التشغيل.

- **الثايرستور القابل للقدح ضوئيًا LASCR :يتم التحكم في تشغيله بواسطة الضوء بدلاً من نبضة الجهد.**
- **التريك Triac.**
- **الدياك Diac.**
- **المفتاح السيليكوني المحكوم SCS.**
- **الثايرستور ذي بوابة الإطفاء GTO**

➢ قدح الثايروستر :Thyristor Trigger

ان عملية القدح للثايرستور عن طريق البوابة تمثل افضل الطرق المستخدمة حيث يتم القدح لزمن قصير حيث تستخدم نبضة مربعة على طرف البوابة تسلط عليها لفترة زمنية قصيرة وذلك لان استمرار الجهد على البوابة يؤدي الى تلفها ونبضات القدح هذه تسلط اما من تنفس المصدر المغذي لدائرة الثايرستور او من مصدر خارجي مستقل بواسطة دائرة الكترونية تقوم بتوليد النبضات اللازمة ويجب ان يكون تردد هذه النبضات متزامن مع تردد المصدر المغذي لدائرة الثايرستور ولتحقيق شروط القدح المطلوب يجب ان تكون النبضة المسلطة على البوابة لها سعة وزمن مناسبين لعملية القدح واذا لم يتحقق ذلك فأن عملية القدح سوف تفشل. وغالبا ما تكون القيمة العظمى المسلطة على البوابة تساوي (2v) والتيار الاعظم الذي يسري في البوابة يساوي (**20mA**).

➢ زاوية قدح الثايروستر : Thyristor Trigger Angel

هي الفترة الزمنية مقدرة بالدرجات الكهربائية يتم عندها تسليط نبضة قدح على طرف البوابة لكي يتحول الثايرستور من حالة القطع الى حالة التوصيل ويمكن تغيير قيمة هذه الزاوية من (0– 180) كهربائي اي ان ($0 < \alpha < 180$) حيث يمكن التحكم بهذه الزاوية عن طريق دائرة الكترونية تقوم بتوليد نبضات ويكون تزودها متزامن مع تردد اشارة المصدر المتناوب في حالة التيار المتناوب يتم اطفاء الثايرستور ذاتيا عن طريق تسليط جهد عكسي خلال النصف السالب دون اللجوء الى مصادر خارجية وهذه العملية من الاطفاء تسمى بالإطفاء الطوري الذاتي وذلك لان الثايرستور يطفأ ذاتيا عند

تغير طور الاشارة من الموجب الى السالب، اما في حالة التيار المستمر فان الثايرستور يبقى في وضع توصيل ولا يمكن أطفاءه بعد القدح الا عن طريق تسليط جهد خارجي وتسمى هذه الطريقه بالاطفاء القسري

تيار التشغيل (البدء بالتوصيل) (Latching Current I_L): ويعبر عن قيمة تيار المصعد الذي يتحول عنده الثايرستور من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي .وقيمته تتناسب عكسياً مع تيار البوابة، وأعلى قيمة له عندما يكون $I_G=0$

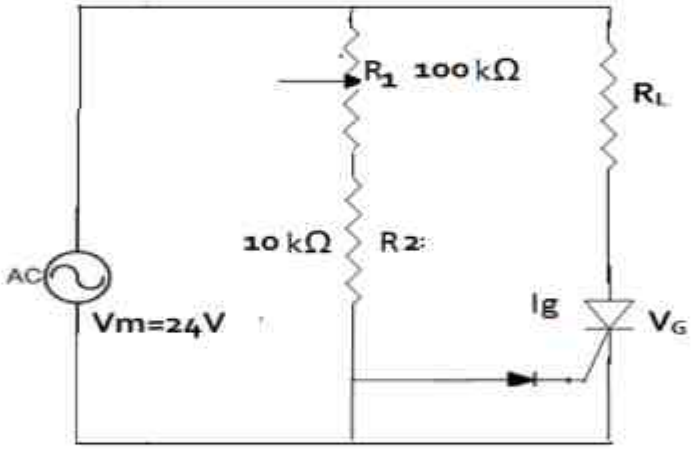
تيار الإمساك:(Holding Current) أقل تيار أنود–كاثود يجب أن يستمر **ليحافظ على بقاء الثايرستور موصلاً** .إذا نزل التيار تحته ← الثايرستور ينطفئ.

◈ العلاقة: عادةً تيار الإمساك < تيار التشغيل.(أي ان تيار الإمساك (Holding Current)أصغر من تيار التشغيل(Latching Current) .

المثبط :هو دائرة حماية تستخدم في الأنظمة الكهربائية والإلكترونية، وخاصة مع المفاتيح مثل الثايرستورات أو الترانزستورات أو المرحلات الميكانيكية. يأتي مصطلح "المثبط" من وظيفته "الإخماد" أو قمع التذبذبات الكهربائية العابرة.

مثال: في الدائرة المبينة اذا كان (I_G = 0.1mA) وفولتيه قدح البوابة (V_{GT} = 0.5v) والدايود المستخدم نوع سليكون وفولتية الادخال (V_m=24v)

اوجد زاوية القدح α ، علما ان R1=100KΩ وR2=10kΩ



تحدد فولتية القدرة التي يحدث عندها قدح الثايرستور

$V_G = V_{GT}=0.5V$ ، $I_G=0.1mA$

$V_{in} = I_G (R_1+R_2) + V_D+V_G$

$V_{in} = 0.1(100+10)+0.7+0.5=12.2V$

بما ان :V_{in} هي موجة جيبيه تخضع للمعادلة التالية

$$V_{in} = V_m \text{ Sin } wt$$

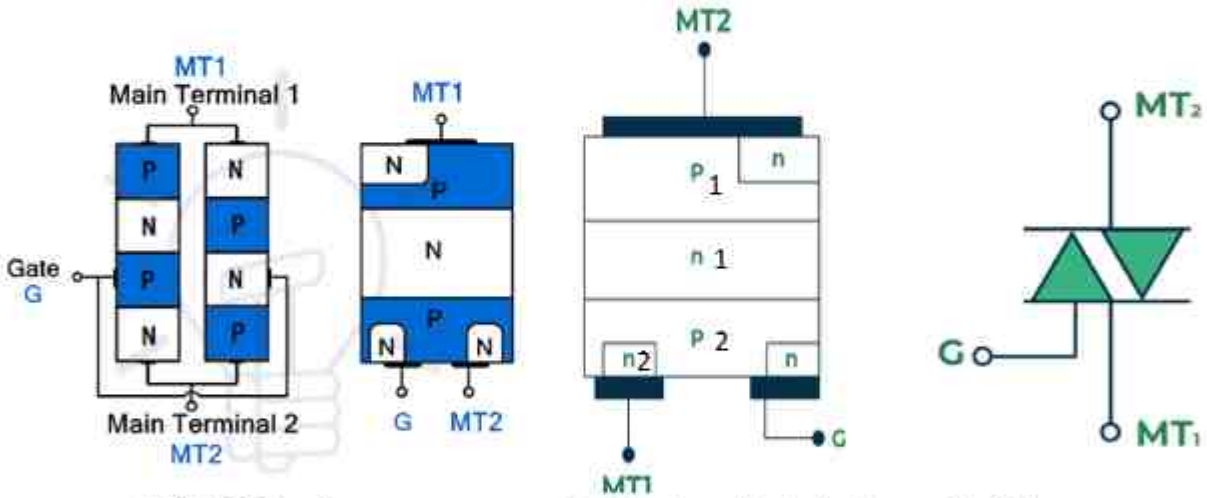
حيث wt هي زاوية الطور عند أي اللحظة (C) وهنا تمثل(α) وهي زاوية القدح

Vin =24 Sin(α) ⟹ 12.2=24 Sin(α) ⟹ Sin(α) = 12.2/24=0.51

الترياك (TRIAC) والدياك (DAIC)

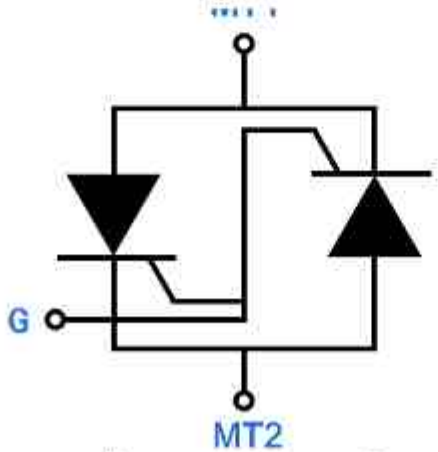
1- الترياك (TRIAC)

هو احد العناصر التي تنتمي الى مجموعة الثايروستور ، ترياك TRIAC هي مختصر لقاطع تيار متناوب ثلاثي الاطراف(Three Terminal AC Switch) ، كما يطلق عليه ثنائي الاتجاه (bi-directional) يشير رمز الترياك الأساسي في الشكل رقم (1) إلى أنه مكون من ثايرستورين موصولين بشكل متعاكس (متوازي)كل ثايروستور يقدح خلال نصف دورة بأشارة متناوبة ، مندمجين ببوابة واحدة ،الطرف الأول والذي يحمل التيار الرئيسي وهو مهبط أحد الثايرستورات - يطلق عليه رمز (MT1) أو (A1) ،الطرف الثاني يطلق عليه رمز MT2 أو A2، الفرق بين الثايرستور والترياك هو أن SCR يوصل التيار في اتجاه واحد فقط، بينما يوصل الترياك في كلا الاتجاهين، يستخدم كمفتاح تيار متردد، ولهما ذات الميزات والخواص، يُستخدم الترياك على نحو واسع في تطبيقات التحكم في الاستطاعة المتناوبة.



TRIAC Structure

الشكل رقم (1) يوضح الرمز الخاص بعنصر الترياك



الشكل رقم (2) يوضح الدائرة المكافئة للترياك

متى يتحول الترياك إلى حالة OFF؟

يتحول إلى OFF عند أحد النقاط التالية:

- إذا تحول الجهد على الترياك إلى قطبية معاكسة أي تحول الموجب إلى سالب والعكس.
- إزالة أو فصل مصدر التغذية عنه.
- عند عمل قصر Short بين طرفيه (MT1) و (MT2)عن طريق مقاومة صغيرة أو بمفتاح.
- إذا كانت قيمة التيار المار للترياك أقل من.Holding Current

➢ تطبيقات الترياك :

يستخدم الترياك في تطبيقات مختلفة للتيار المتناوب خصوصا في السيطرة على الاحمال التي يتطلب عملها تغذية بالانارة المتناوبة أي العمل خلال نصفي دورة الانارة الموجب والسالب كالسيطرة على وسائل التدفئة والتسخين في الاحمال التي تحتاج الى تيارات عالية يفضل استخدام ثايرستورين مربوطين على التوازي بشكل معكوس بدلا من الترياك لكي نحمي الترياك من التلف نتيجة الارتفاع بدرجة الحرارة بسبب التيار العالي.

➢ **المزايا :**

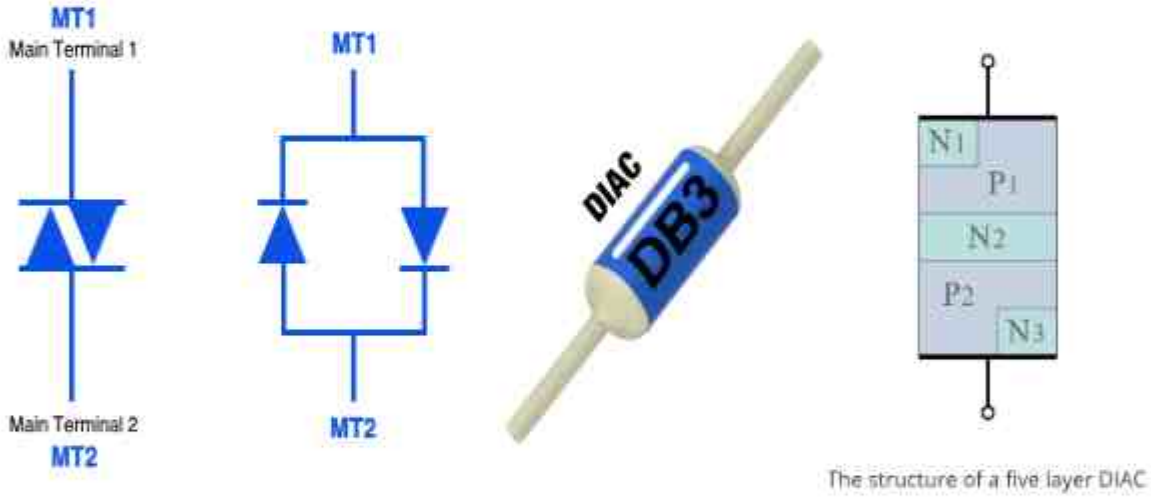
1- يحتاج الترياك إلى صمام أمان واحد للحماية
2- يمكن تشغيله إما بجهد موجب أو سالب
3- يتميز بانهيار آمن في أي اتجاه
4- يتوقف عن العمل عندما يكون الجهد صفرًا

العيوب:

1- لا يصلح الترياك لتطبيقات التيار المستمر
2- نظرًا لأنه يتم تشغيله في أي اتجاه، فيجب مراعاة دوائر التشغيل بعناية
3- الموثوقية أقل من الترياك التحفيزي الانتقائي

2- الدياك (DIAC)

يسمى الدياك بالثنائي خماسي الطبقات إذ إنه يتكون من خمس طبقات نصف ناقلة (N1-P1-N3-P2-N2) ونلاحظ أنه لا يوجد مصعد أو مهبط للدياك ولكن له مربطان أو مصعدان (A2) و (A1) اشتقت كلمة دياك من المصطلح الانجليزي Diode alternating current _switch)وتعني _المفتاح الثنائي للتيار المتناوب_(مفتاح باتجاهين) ، ويمكننا اعتباره مكون من_ثنائيين رباعي الطبقات موصلين على التوازي المتعاكس ؛يتكون الثنائي رباعي الطبقات الأول من الطبقات (N1 P1 N2 P2) ؛والثنائي رباعي الطبقات الثاني من الطبقات (P1 N3 P2 N2) ويجمع الثنائيان رباعيا الطبقات المربطان A2 و A1على التوازي المتعاكس.

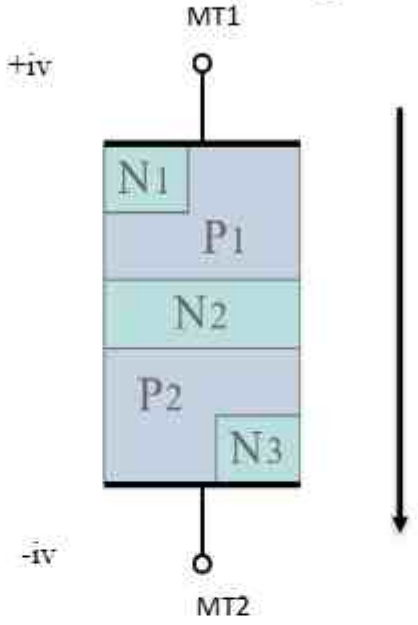


الشكل رقم (4) يوضح الرمز الالكتروني و الدائرة المكافئة للدياك

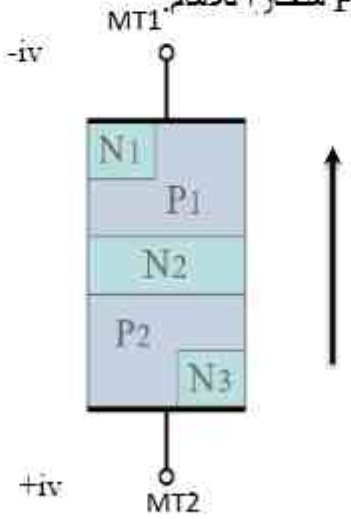
يمتلك طرفين (T_1 و T_2) وليس له بوابة ويشمل عندما يتجاوز سرعة الجهد الموضوع بين T_1 و T_2 قيمة فولتية الانكسار بالاتجاه الامامي او بالاتجاه العكسي ويستخدم الدياك كعنصر قدح للترياك حيث اذا تجاوزت فولتية الادخال قيمة فولتية الانكسار للدياك سيوصل الترياك ويمر التيار من خلاله الى بوابة الترياك المربوطة على التوالي معه .

عمل الدياك :

عندما يكون الطرف MT1 موجبًا، يكون اتجاه تدفق التيار بالترتيب P1-N2-P2-N3. يكون الوصـــل بين P1 وN2 منحازًا للأمام، ويكون الوصـــل بين N2 وP2 منحازًا للخلف ويكون الوصل بين P2 وN3 منحازًا للأمام.



عندما يكون الطرف MT2 موجبًا، يكون اتجاه تدفق التيار بالترتيب N1-P1-N2-P2. يكون الوصـــل بين N1 وP1 منحازًا للأمام، ويكون الوصـــل بين P1 وN2 منحازًا للخلف ويكون الوصل بين N2 وP2 منحازًا للأمام.



عندما يتم تطبيق الجهد الخارجي على الأطراف، لا يقوم الدياك بالتوصيل على الفور. يتدفق تيار تسـرب صـغير فقط. عندما يزداد الجهد المطبق بشـكل أكبر وعندما يعبر جهد الكسـر، ينكسـر الوصل الذي يكون منحازًا للخلف ويبدأ في التوصيل.

حتى يتم الوصول إلى جهد الكسر، يظل في حالة حجب للأمام والعكس. بعد زيادة الجهد المطبق فوق جهد الكسر، يحدث انهيار الطبقات ويزداد التيار. ويحدث ذلك لكلا قطبي الجهد. لإيقاف تشغيل الجهاز، يتم تقليل الجهد المطبق إلى ما دون جهد الكسر.

يتم استخدام DIACs على نطاق واسع في تطبيقات التيار المتردد، وقد وجد أنه يتم "إعادة ضبط" الجهاز إلى حالته غير الموصلة، في كل مرة ينخفض فيها الجهد الكهربي في الدورة بحيث ينخفض التيار إلى ما دون تيار التثبيت

.بما أن سلوك الجهاز متساوي تقريبًا في كلا الاتجاهين، فإنه يمكن أن يوفر طريقة لتوفير تبديل متساوٍ لكلا نصفي دورة التيار المتردد، على سبيل المثال .ل ترياك .تحتوي معظم أجهزة DIACعلى جهد انهيار يبلغ حوالي 30 فولت، على الرغم من أن المواصفات الدقيقة تعتمد على نوع الجهاز المحدد .ومن المثير للاهتمام أن سلوكها يشبه إلى حد ما سلوك مصباح النيون، على الرغم من أنها توفر مفتاحًا أكثر دقة للجهد وبالتالي توفر درجة أفضل بكثير من موازنة التبديل.

➢ **تطبيقات الدياك :**

لتطبيق الرئيسي لـ DIAC هو استخدامه في دائرة تشغيل TRIAC. يتم توصيل DIAC بمحطة بوابة TRIAC. عندما ينخفض الجهد عبر البوابة إلى أقل من قيمة محددة مسبقًا، سيكون جهد البوابة صفرًا وبالتالي سيتم إيقاف تشغيل TRIAC. تتضمن بعض التطبيقات الأخرى لـ DIAC ما يلي:

1- يمكن استخدامه في دائرة باهتة المصباح
2- يتم استخدامه في دائرة التحكم في الحرارة
3- يتم استخدامه في التحكم في سرعة المحرك الكبيرة
4- يستخدم كمفتاح للتيار المتناوب ذي اتجاهين
5- يستخدم في دارات التحكم الإلكتروني كعنصر مساعد للتحكم في إقلاع الثايرستور والترياك.
6- يستخدم في دارات توليد النبضات.
7- يستخدم في التحكم في السخانات.

المزايا:

1- منخفض التكلفة
2- يستخدم في التطبيقات منخفضة الطاقة
3- التحكم السلس في الطاقة
4- يمكن تشغيل أو إيقاف تشغيل الدياك بمجرد خفض الفولتية.

العيوب:

1 -جهد التشغيل 30 فولت. لذا يجب أن يكون الجهد الوارد لتشغيل الدياك 30 فولت على الأقل.

مراجعة أكاديمية مركزة

1- مقارنة بين الثايرستور والترياك والدياك

الاستخدام البارز	التحكم	اتجاه التوصيل	الأطراف	العنصر
التحكم بالقدرة ومفاتيح القدرة	بوابة G	اتجاه واحد	A, K, G	Thyristor / SCR
التحكم بأحمال AC في تصفي الدورة	بوابة G	اتجاهان	MT1, MT2, G	TRIAC
القدح المتماثل ودعم تشغيل TRIAC	لا توجد بوابة	اتجاهان بعد الانهيار	طرفان A1/A2 أو MT1/MT2	DIAC

2- مفاتيح الحفظ والفهم

- الثايرستور يحتاج انحيازاً أمامياً ونبضة بوابة لبدء التوصيل.
- بعد التثبيت في ON يمكن أن يستمر الثايرستور بعد زوال نبضة البوابة.
- IL هو تيار التثبيت عند بدء التوصيل، وIH هو الحد الأدنى لاستمرار التوصيل، وتذكر المحاضرة أن IH < IL.
- زاوية القدح α تحدد لحظة بدء التوصيل في نصف الدورة.
- الترياك ثنائي الاتجاه وله بوابة، ولذلك يناسب التحكم في AC.
- الدياك ثنائي الاتجاه وليس له بوابة، ويستخدم كثيراً كعنصر قدح للترياك.

3- أسئلة مراجعة مع أجوبة نموذجية

س: ما هو الثايرستور؟

ج: عنصر شبه موصل سليكوني ذو أربع طبقات P-N-P-N يستخدم كمفتاح إلكتروني للتحكم في التيار، ويبدأ التوصيل بنبضة على البوابة عند توفر الانحياز الأمامي.

س: ما أطراف الثايرستور؟

ج: الأنود A، الكاثود K، والبوابة G.

س: ما الفرق الأساسي بين الدايود والثايرستور وفق المحاضرة؟

ج: الدايود الأمامي يبدأ التوصيل بمجرد تجاوز جهد الحاجز تقريباً، أما الثايرستور فلا يكفيه الجهد الأمامي وحده بل يحتاج أيضاً إلى قدح البوابة لبدء التوصيل.

س: كيف تفسر الدائرة المكافئة استمرار التوصيل؟

ج: لأن تيار مجمع كل من الترانزستورين المكافئين يغذي قاعدة الآخر، فتتشكل تغذية تجديدية متبادلة تستمر بعد زوال نبضة البوابة ما دام التيار كافياً.

س: ما الشروط الثلاثة الأساسية للقدح؟

ج: انحياز أمامي، نبضة بوابة كافية، وعرض نبضة مناسب يسمح بوصول تيار الأنود إلى قيمة التثبيت.

س: ما المقصود بـ Latching Current؟

ج: أقل تيار أنود يسمح بتثبيت الثايرستور في حالة ON بعد زوال نبضة البوابة.

س: ما المقصود بـ Holding Current؟

ج: أقل تيار أنود-كاثود يلزم للمحافظة على حالة ON؛ إذا انخفض التيار دونه ينطفئ العنصر.

س: ما العلاقة بين تيار الإمساك وتيار التشغيل في المحاضرة؟

ج: IH < IL.

س: اذكر طرق القدح الأربع.

ج: الحرارة/الضوء، الجهد العالي، معدل تغير الجهد dv/dt، والقدح بالبوابة.

س: ما زاوية القدح؟

ج: الزاوية الكهربائية التي عندها تطبق نبضة البوابة ويبدأ التوصيل، ويمكن تغييرها من 0° إلى 180° في نصف الدورة وفق المحاضرة.

س: كيف ينطفئ الثايرستور في AC؟

ج: يمر التيار عبر الصفر ويتعرض العنصر لانحياز معاكس في النصف التالي، فينطفئ ذاتياً وفق الشرح الوارد.

س: ما وظيفة المثبط Snubber؟

ج: حماية المفاتيح الإلكترونية وإخماد أو قمع التذبذبات والانتقالات الكهربائية العابرة.

س: ما الفرق بين SCR وTRIAC من حيث اتجاه التوصيل؟

ج: SCR يوصل في اتجاه واحد، بينما TRIAC يوصل في كلا الاتجاهين.

س: ما الفرق بين TRIAC وDIAC من حيث البوابة؟

ج: TRIAC له بوابة G، أما DIAC فلا توجد له بوابة.

س: ما التطبيق الرئيس للدياك في المحاضرة؟

ج: استخدامه في دائرة تشغيل/قدح الترياك، إضافة إلى تطبيقات التعتيم والتحكم بالحرارة والسرعة وتوليد النبضات.

الاختبار البعدي للمحاضرة الثانية

الدرجة المقترحة: 20 درجة: الاختيار من متعدد 8 درجات، الصح والخطأ 4 درجات، والتحليل والحساب 8 درجات.

أ- اختر الإجابة الصحيحة (8 درجات)

1. يتكون الثايرستور في المحاضرة من:

أ) طبقتين

ب) ثلاث طبقات

ج) أربع طبقات P-N-P-N

د) خمس طبقات فقط

2. الطرف المستخدم للتحكم ببدء توصيل الثايرستور هو:

أ) الأنود

ب) الكاثود
ج) البوابة
د) MT2

3. لبدء توصيل الثايرستور يجب وفق المحاضرة:
أ) انحياز عكسي فقط
ب) انحياز أمامي مع نبضة بوابة
ج) إزالة الحمل
د) خفض التيار تحت IH

4. التيار الذي يعبّر عن قيمة تثبيت الثايرستور في ON بعد القدح هو:
أ) Holding Current
ب) Latching Current
ج) Leakage Current
د) Load Current فقط

5. العلاقة الواردة بين تيار الإمساك وتيار التشغيل هي:
أ) IH > IL
ب) IH = IL دائماً
ج) IH < IL
د) لا توجد علاقة

6. أي مما يأتي ليس من طرق القدح الأربع المذكورة؟
أ) القدح بالبوابة
ب) القدح بالضوء/الحرارة
ج) القدح بالجهد العالي
د) القدح بالمقاومة وحدها

7. العنصر الذي يوصل في كلا اتجاهي التيار المتناوب وله بوابة هو:
أ) SCR
ب) TRIAC
ج) DIAC
د) دايود عادي

8. الدياك يتميز بأنه:
أ) له بوابة تحكم
ب) ثنائي الاتجاه وله طرفان ولا بوابة له
ج) يوصل باتجاه واحد فقط
د) ترانزستور BJT

ب- ضع علامة صح أو خطأ (4 درجات)

9. يجب أن يكون عرض نبضة البوابة كافياً لنجاح تثبيت الثايرستور في حالة ON.
10. بمجرد زوال تيار البوابة ينطفئ الثايرستور دائماً حتى لو كان تيار الأنود كبيراً.
11. الترياك مناسب للتحكم في التيار المتناوب لأنه يوصل في كلا الاتجاهين.
12. الدياك له بوابة G مثل الترياك.

ج- مسائل وتحليل (8 درجات)

13. باستخدام معطيات المثال: IG = 0.1 mA، R1 = 100 kΩ، R2 = 10 kΩ، VD = 0.7 V، VG = 0.5 V، Vm = 24 V. احسب Vin اللازمة للقدح ثم زاوية القدح α. (4 درجات)

14. اشرح لماذا يبقى الثايرستور في حالة ON بعد إزالة نبضة البوابة اعتماداً على النموذج المكافئ بترانزستورين. (درجتان)

15. إذا انخفض تيار الأنود إلى قيمة أقل من Holding Current، ماذا يحدث؟ وما الفرق المختصر بين هذا التيار وLatching Current؟ (درجتان)

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

1- مفتاح إجابات الاختبار القبلي

1	2	3	4	5	6	7	8
أ	ب	ب	ب	ب	ب	د	أ

2- مفتاح إجابات الاختبار البعدي

الاختيار من متعدد: 1- ج، 2- ج، 3- ب، 4- ب، 5- ج، 6- د، 7- ب، 8- ب.

الصح والخطأ: 9- صح، 10- خطأ، 11- صح، 12- خطأ.

الحلول النموذجية للأسئلة التحليلية

س: السؤال 13

ج: $V_{in} = I_G(R_1+R_2)+V_D+V_G = 0.1\text{ mA} \times 110\text{ k}\Omega + 0.7 + 0.5 = 12.2\text{ V}$. ثم $\sin(\alpha)=V_{in}/V_m=12.2/24=0.5083$، ومنه $\alpha \approx 30.6°$.

س: السؤال 14

ج: بعد نبضة البوابة يبدأ أحد الترانزستورين المكافئين بالتوصيل، فيغذي تيار مجمعه قاعدة الترانزستور الآخر، ثم يعيد الثاني تغذية الأول. تتولد تغذية تجديدية متبادلة تجعل كليهما في حالة تشبع، لذلك يستمر الثايرستور في ON ما دام تيار الأنود فوق الحد المطلوب.

س: السؤال 15

ج: إذا انخفض تيار الأنود دون Holding Current ينطفئ الثايرستور. Latching Current هو التيار المطلوب لتثبيت حالة ON مباشرة بعد القدح، أما Holding Current فهو الحد الأدنى لاستمرار ON بعد التثبيت، وتذكر المحاضرة أن $I_L > I_H$.

خلاصة المحاضرة

توضح المحاضرة الثانية أن الثايرستور مفتاح قدرة متحكم به يبدأ التوصيل عند توفر انحياز أمامي ونبضة بوابة مناسبة، ثم يثبت في حالة ON بسبب التغذية التجديدية في نموذجه المكافئ. وتربط بين زاوية القدح والتحكم في لحظة بدء التوصيل، وتفرق بين Latching Current وHolding Current. ثم توسع الفكرة إلى TRIAC بوصفه عنصراً ثنائي الاتجاه للتيار المتناوب له بوابة، وإلى DIAC بوصفه عنصراً ثنائي الاتجاه بلا بوابة ويستخدم خصوصاً في دوائر قدح الترياك.

المصادر المعتمدة في إعداد الملف

1. المحاضرة الثانية لمادة الدوائر الإلكترونية / المرحلة الثانية، قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات كلية البوليتكنك - النجف الأشرف.
2. فورمة المناهج الدراسية المعتمدة لتسلسل: مقدمة المادة، النظرة الشاملة، الاختبار القبلي، شرح المحاضرة، الاختبار البعدي، ومفاتيح الإجابات.

المحاضرة الثالثة (Third Lecture)

الاختبار القبلي للمحاضرة الثالثة

الغرض من الاختبار القبلي هو قياس المعرفة السابقة قبل دراسة المحاضرة. اختر الإجابة الأنسب لكل سؤال من دون الرجوع إلى مفاتيح الإجابة.

1. ما الوظيفة العامة لمكبر العمليات؟

أ) تخزين الطاقة فقط
ب) تكبير ومعالجة الجهود والإشارات
ج) تحويل التيار المستمر إلى ميكانيكي
د) قياس المقاومة فقط

2. يرمز للمدخل غير العاكس في مكبر العمليات بالرمز:

أ) -
ب) +
ج) -Vcc
د) NC

3. إذا كان جهد المدخل غير العاكس أكبر من جهد المدخل العاكس في حالة المقارن، فإن الخرج يميل إلى:

أ) +Vsat
ب) -Vsat
ج) صفر دائمًا
د) قيمة مقاومة الحمل

4. ممانعة دخل المكبر المثالي تكون:

أ) صفرًا
ب) صغيرة جدًا
ج) لا نهائية
د) 10 أوم

5. ممانعة خرج المكبر المثالي تكون:

أ) لا نهائية
ب) صفرًا
ج) 10 ميغا أوم
د) تعتمد على Vref فقط

6. يستخدم طرفا Offset Null في 741 من أجل:

أ) زيادة عدد المداخل
ب) موازنة انحياز الخرج عند غياب الإشارة
ج) تغذية الحمل مباشرة
د) تحويل المقارن إلى مرشح

7. أي مما يأتي من قيود مكبر العمليات المذكورة في المحاضرة؟

أ) قيود معدل الانحدار
ب) عدم وجود أي متطلبات للطاقة
ج) ممانعة دخل صفرية
د) عدم إمكان استخدامه في المقارنات

8. كاشف المستوى يقارن:

أ) جهد الدخل بجهد مرجعي

ب) مقاومتين فقط

ج) تيارين متساويين دائمًا

د) ترددين من دون جهد

9. في الكاشف الصفري يكون جهد المرجع:

أ) 0 V

ب) +15 V دائمًا

ج) -15 V دائمًا

د) لا يوجد مدخل مرجعي

10. من تطبيقات مكبر العمليات المذكورة في المحاضرة:

أ) المرشحات النشطة وأنظمة القياس والتحكم

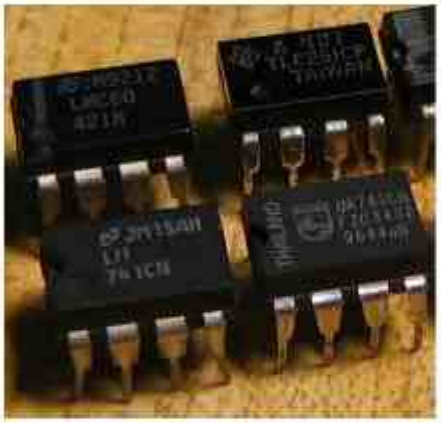
ب) الدوائر الميكانيكية فقط

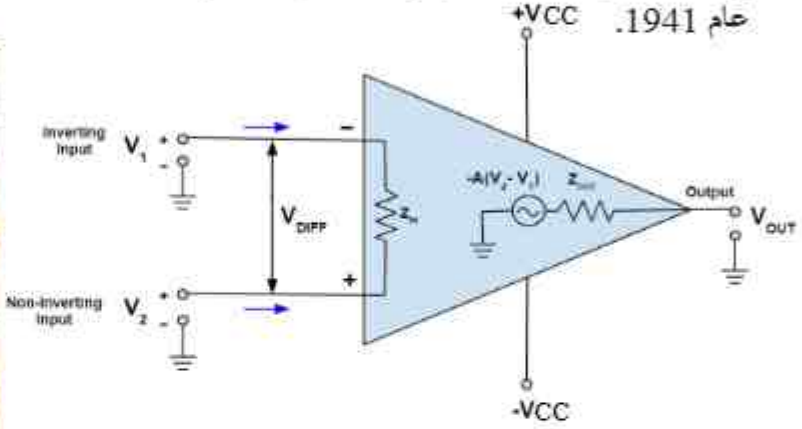
ج) المحولات الكهربائية فقط

د) لا يستخدم في إلكترونيات الطاقة

مكبر العلميات Operational Amplifier (Op-Amp)

- **مكبر العمليات:** هو دائرة متكاملة تستخدم لتكبير وتضخيم الجهود المستمرة والاشارات المتناوبة، وفي بداية تصميمها كان الغرض القيام ببعض العمليات الحسابية، مضخم العمليات ساعد كثيراً في عملية التكبير بتنفيذ العمليات الرياضية مثل الجمع والطرح والضرب والتكامل والتفاضل، وكذلك في بعض التطبيقات الاخرى مثل استخدامه في دوائر المقارنات والمنظمات وأكثرها انتشارا في عالم الإلكترونيات، حيث يدخل في العديد من التطبيقات والدوائر الإلكترونية مثل الأجهزة الاستهلاكية والصناعية والعلمية، ابتكر أول مضخم عملياتي يعمل بالجهد المستمر في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1941.

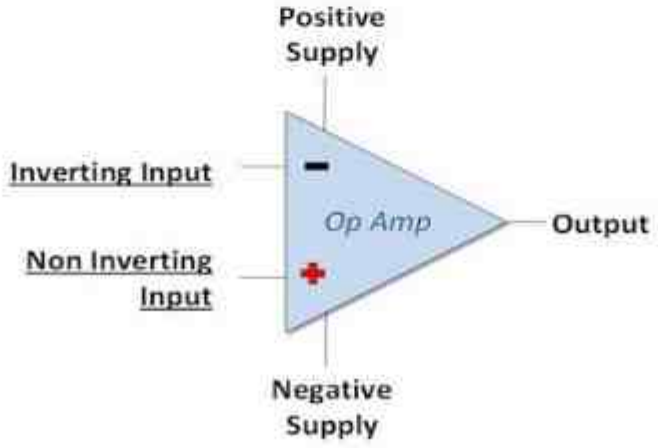




➢ تركيب مكبر العمليات (Constraction of Op-Amp)

يتكون مكبر العمليات من ادخالين (V1, V2) وإخراج واحد (Vo) ومصدري جهد مستمر(+Vcc, -Vcc) وسوف نقوم بدراسة مكبر العمليات كنظام كامل مغلق للتعرف على أطرافه وخواصه وتطبيقاته دون الدخول في تفاصيل تركيبه الداخلي لأن ذلك يحتاج إلى الكثير من الوقت والخلفية الجيدة في مجال الإلكترونيات .

إن مكبر العمليات هو نظام إلكتروني له دخلين (V2 – V1) وخرج واحد فقط (Vo) وعادة نحتاج إلى مصدري جهد أحدهما يعطى جهداً مستمراً موجباً (15 V+) والآخر يعطى جهداً سالباً (15V-)



الشكل رقم (1) يبين الرمز الخاص بمكبر العمليات (Op-Amp)

خرج مكبر العمليات هو عبارة عن الفرق بين قيمة كل من الجهدين V_1 ، V_2 ، الموجودين على لرفي الدخل مضروباً في معامل التكبير لهذا المكبر A_o ويمكن كتابة هذا الخرج كالتالي:

$$V_o = A_o(V_2 - V_1) \quad \text{.....(١)}$$

في المعادلة رقم (١) إذا وضعنا $V_1 = 0$ فإن الخرج يصبح

$$V_o = A_o V_2 \quad \text{.....(٢)}$$

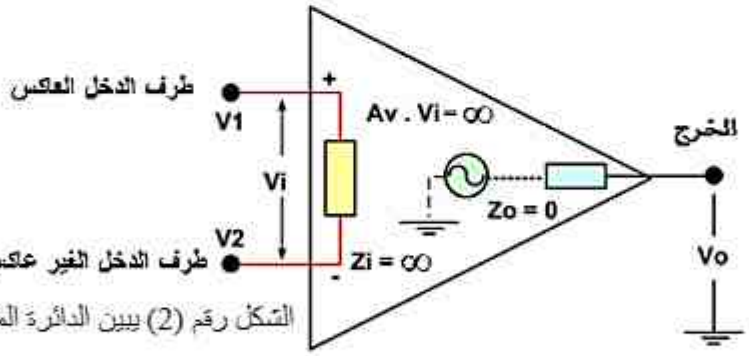
أما إذا وضعنا $V_2 = 0$ فإن الخرج يصبح

$$V_o = -A_o V_1 \quad \text{.....(٣)}$$

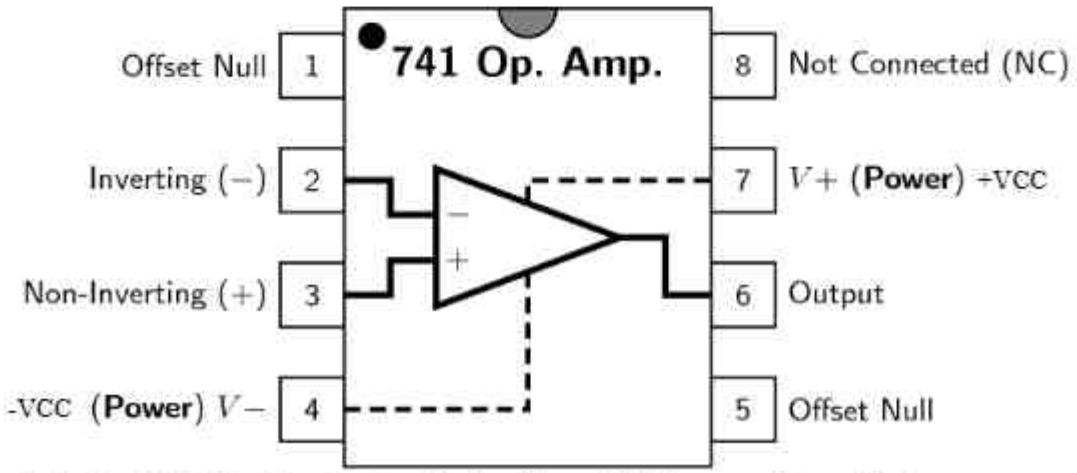
المعادلتان 3 ، 2 معناهما أن أي جهد موجب على الطرف V_2 يعطي في الخرج جهد موجب أيضاً. أما المعادلة (3) فمعناها أن أي جهد موجب على الدخل V_1 يعطي جهد سالب في الخرج نتيجة لوجود الإشارة السالبة لذلك فإن الدخل V_1 عادة يسمى الدخل العاكس والدخل V_2 يسمى الدخل غير العاكس.

و عندما نتكلم عن خواص مكبر العمليات فإننا فسوف نفرق بين مكبر العمليات المثالي ومكبر العمليات الغير مثالي مع العلم أن المكبر المثالي لا يمكن بناؤه.

الدائرة المكافئة لمكبر العمليات :



الشكل رقم (2) يبين الدائرة المكافئة لمكبر العمليات



الشكل رقم (3) يبين مخطط الدبابيس لمكبر العمليات (Op-Amp) (741) ثنائي الخطوط

لاحظ أنه في مخطط الدبابيس يوجد طرفان هما offsetnull ± وذلك لضبط فولتية موازنة الإدخال وذلك لجعل جهد الخرج يساوي صفراً حيث إنه عملياً يكون خرج المكبر ذو قيمة للجهد بالملي فولت رغم عدم تطبيق أي جهد على أي من طرفي الدخل . وسوف نتعرض لذلك فيما بعد لعمل الموازنة . كما أن الدائرة المكافئة له موضحة أيضاً في الشكل(٢٠).

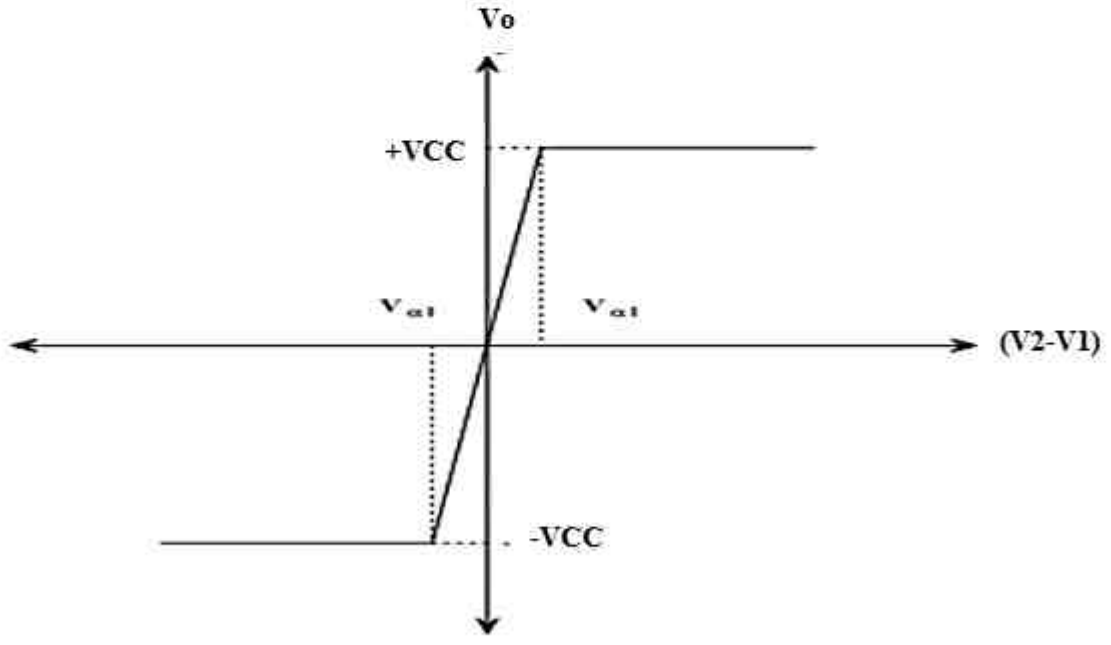
وهذه الخواص يمكن تلخيصها كالتالي:

الخاصية	المكبر المثالي	المكبر الغير مثالي
معامل التكبير	ما لانهاية	حوالي 400.000
مقاومة الدخل	ما لانهاية	من 10MΩ:80MΩ
مقاومة الخرج	صفر	من 10Ω:100Ω

مكبر العمليات كأي دائرة إلكترونية يحتاج إلى مصدر الطاقة لتشغيله، ومكبر العمليات له طرفان لتوصيل مصدر الطاقة ودائماً ما يحتاج إلى مصدر طاقة مزدوج أي سالب وموجب في نفس الوقت.

والشكل (3) يوضح الطرفين المستخدمين لتوصيل مصدر الطاقة.

مكبر العمليات يمتاز بأن خرجه V_o يتغير تغيراً خطياً بالنسبة لتغير الفرق بين الدخلين $(V_2 - V_1)$ كما هو موضح بالشكل (4).



الشكل رقم (4) العلاقة الخطية بين (V1,V2,Vo,+Vcc,-Vcc)

وفي هذا الشكل نلاحظ أن V_o يتغير خطياً مع $(V_2 - V_1)$ طالما أن الأخير له قيمة صغيرة جداً (حوالي واحد مللي فولت) أما إذا زاد الفرق $(V_2 - V_1)$ عن Vα1 أو Vα2 فإن خرج المكبر يصل إلى درجة التشبع ويثبت عند قيمة جهد مصدر الطاقة الخاص به وهو إما $+V_{cc}$ أو $-V_{cc}$ وذلك حسب إشارة $(V_2 - V_1)$. كما نعلم فإن كل نوع من أنواع التطبيقات يحتاج إلى معامل تكبير معين، وكما رأينا فإن مكبر العمليات له معامل تكبير محدد وكبير جداً وغير قابل للتغيير.

وللتغلب على ذلك فإنه من الضروري إضافة بعض المكونات الخارجية مثل المقاومات والمكثفات على حسب التطبيقات التي سيستخدم فيها مكبر العمليات.

➢ مزايا مكبر العلميات Advantage (Op-Amp)

تقدم مكبرات العمليات مجموعة كبيرة من المزايا المهمة .حيث يعمل مستوى التكامل العالي على تكثيف وظائف متعددة في حزمة IC واحدة، مما يبسط تصميم الدائرة ويقلل الحاجة إلى العديد من المكونات المنفصلة .تتميز مكبرات التشغيل بالدقة والموثوقية في معالجة الإشارات، مما يجعلها لا تقدر بثمن للتطبيقات التي تتطلب الحد الأدنى من التشوه والضوضاء .لا تتميز مكبرات التشغيل بالمزايا الفنية فحسب، بل إنها أيضًا فعالة من حيث التكلفة، مما يلغي الحاجة إلى شراء مكونات منفصلة فردية لكل وظيفة تؤديها.

1. **خصائص الكسب العالي :** حيث (يتيح التشغيل الدقيق للحلقة المغلقة ، قدرات تضخيم ممتازة للإشارات الضعيفة)

2. **ممانعة إدخال عالية :** يكون (تأثير تحميل ضئيل على مصادر الإدخال ، يضمن قياس الإشارة ومعالجتها بدقة).

3. **ممانعة خرج منخفضة:** قادر على تشغيل أحمال مختلفة بشكل فعال ، وتحافظ على سلامة الإشارة عبر مراحل متعددة.

4. **نطاق ترددي عريض :** استجابة تردد من تيار مستمر إلى عدة ميغا هرتز ،وهي مناسبة لتطبيقات مختلفة تعتمد على التردد ، ممتاز لأغراض الصوت والأجهزة.

5. **تعدد الاستخدامات :** خيارات تكوين متعددة (عكس، غير عاكس، تفاضلي، وغيرها) ، عمليات حسابية يمكن تنفيذها بسهولة ، قابلة للتكيف مع تكوينات التغذية الراجعة المختلفة.

6. **الحجم الصغير والتصميم المبسط.**

7. **سهولة استبدالها.**

8. **رخيصة التكلفة**

➢ عيوب مكبر العلميات Disadvantage (Op-Amp)

1. محدودة التردد(Frequency Limitations)

2. متطلبات مصدر الطاقة(Power Supply Requirements)

3. تعقيد التصميم التناظري(Analog Design Complexity)

4. قيود معدل الانحدار(Slew Rate Limitations)

- قيود معدل تغيير جهد الإخراج
- يمكن أن يسبب تشوهًا للإشارة في تطبيقات التردد العالي
- يؤثر على استجابة التردد للإشارة الكبيرة

5. قيود الوضع المشترك (Common-Mode Limitations)

- نسبة رفض الوضع المشترك المحدودة
- الوضع المشترك للإدخال قيود النطاق
- تدهور الأداء عند أقصى مدى للوضع الشائع

➢ التطبيقات الشائعة لمكبر العلميات Applications (Op-Amp)

1. الأجهزة : (أنظمة القياس الدقيقة ، واجهات الاستشعار ، المعدات الطبية ، أنظمة اكتساب البيانات

2. معالجة الإشارات:(المرشحات النشطة ، معالجة الإشارات، الحوسبة التناظرية ، توليد الموجة)

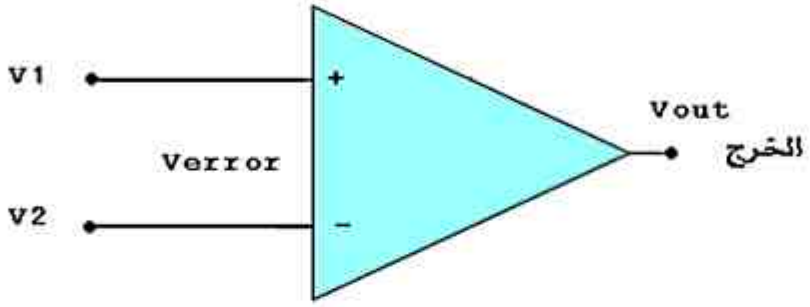
3. أنظمة التحكم: (وحدات تحكم PID، التحكم في المحرك ، التحكم في العمليات الحسابية والمنطقية وغيرها)

4. تطبيقات الصوت :(مكبرات الصوت الأولية ، مكبرات الطاقة ، لوحات التحكم في المزج الصوتي ، موازنات الصوت)

5. إلكترونيات الطاقة :(منظمات الجهد، استشعار التيار، التحكم في مصدر الطاقة، محركات المحرك)

➢ المقارن (Op-Amp Comparator)

الهدف من المقارن هو مقارنة الجهدين عند المدخلين، وإنتاج إشارة تدل على أي الجهدين أكبر، بمفهوم اخر يمكن ان المقارن هو ابسط طريقة لاستخدام مكبر العمليات حيث لايوجد تغذية عكسية. والشكل (5) يوضح المكبر التشغيلي كمقارن حيث لايوجد تغذية عكسية، وللمقارن كسب عالٍ جداً (قد يساوي 300 000) ولذلك فإن أقل فولتية بين طرفي الدخل (عادة بالميكروفولت) تنتج في الخرج أقصى جهد (Vsat) يقل عن Vcc بمقدار واحد أو اثنين فولت .



الشكل رقم (5) يوضح المكبر التشغيلي كمقارن

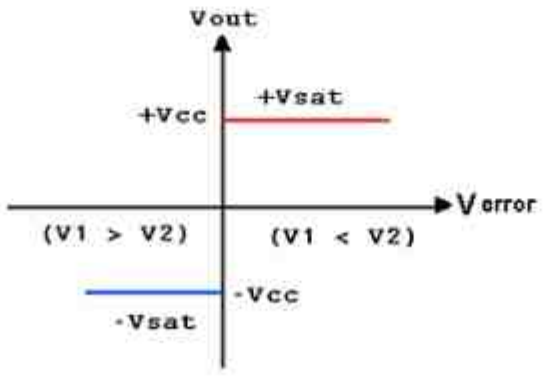
يوضح الشكل (6) منحنى خصائص المقارن وهي العلاقة بين الفرق في جهدي دخل المقارن Vd = V1 – V2 أو مايسمى بجهد الخطأ Verror ومن الواضح أنه :

١. عندما يكون V1 > V2 يكون جهد الخطأ (أو جهد الفرق Vd) موجب فينتج المقارن عندئذ أقصى جهد موجب +Vsat .

٢. عندما يكون V1 < V2 يكون جهد الفرق Vd سالب وينتج المقارن عندئذ أقصى جهد سالب -Vsat .

أي ان هذه الدائرة هي تستخدم للمقارنة بين مستوي فولتية.

$$Vo \approx \begin{cases} +Vsat\ for\ V_1 > V_2 \\ -Vsat\ for\ V_1 < V_2 \end{cases}$$



الشكل رقم (6) يبين منحنى الخصائص للمقارن

جهد الدخل وكسب الجهد :

جهد الدخل للمقارن $Vd = V1 - V2$ ويسمى بجهد الخطأ .

$Vsat = Vout = (V1 - V2)\, Avol$ جهد الخرج (التشبع).

$Avol = \frac{Vsat}{Vd} = \frac{Vsat}{V1-V2}$ كسب الجهد للمقارن وهو كبير جداً .

ومما سبق فالمقارن يعمل مقارنة بين كل من جهدي الدخل V1 و V2 منتجاً جهد خرج التشبع $\pm Vsat$ معتمداً على الفرق بين V1 و V2 وأقصى قيمة لجهد الخرج والتي تسمى بجهد التشبع Vsat وتكون عادة أقل من جهد التغذية المستمرة Vcc بمقدار واحد أو اثنين فولت .

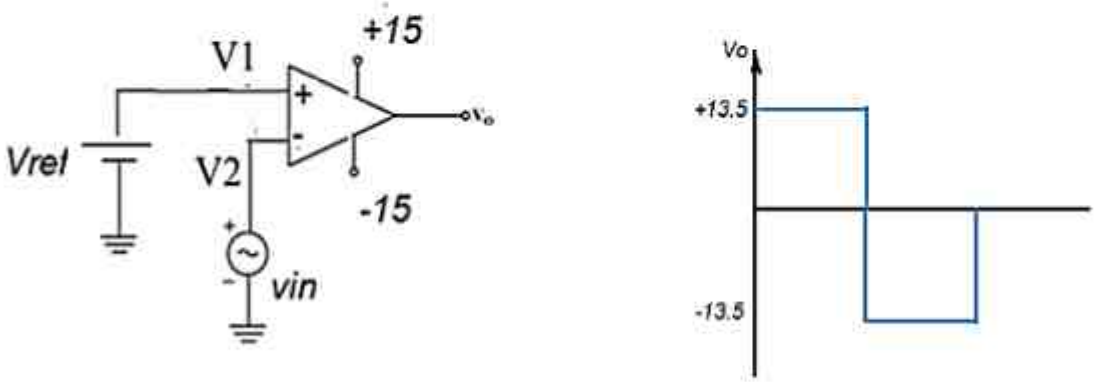
استخدامات المقارن :

للمقارنات تطبيقات مختلفة نذكر منها كاشف الذروة للإشارات الصغيرة وتقويم نصف موجة أو موجة كاملة فعالة والتي من مميزاته تقليل حاجز جهد الثنائي PN من 0.6 إلى جهد في حدود الميكروفولت وكذلك كاشف عبور الصفر ،وكذلك دائرة كاشف اذهب / لاتذهب (كاشف المستوى (Level detection

١- (كاشف المستوى (Level detection

يستخدم مكبر العمليات كمقارن للجهد بحيث يقارن الجهد على أحد المداخل مع جهد الأساس الموجود عند المدخل الآخر . هناك نوعان من المقارنات ، مقارن عاكس وآخر غير عاكس

اي انه يقارن فولتية Vin نسبة الى فولتية المرجع



الشكل رقم (7) يبين دائرة ومنحنى الخصائص لكاشف المستوى (المقارن)

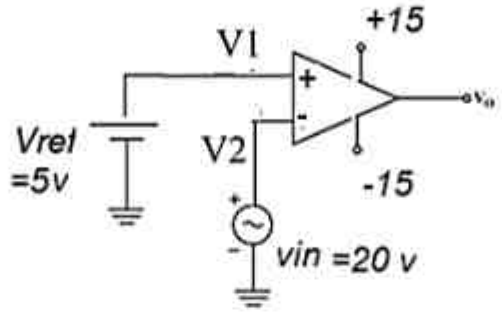
IF:

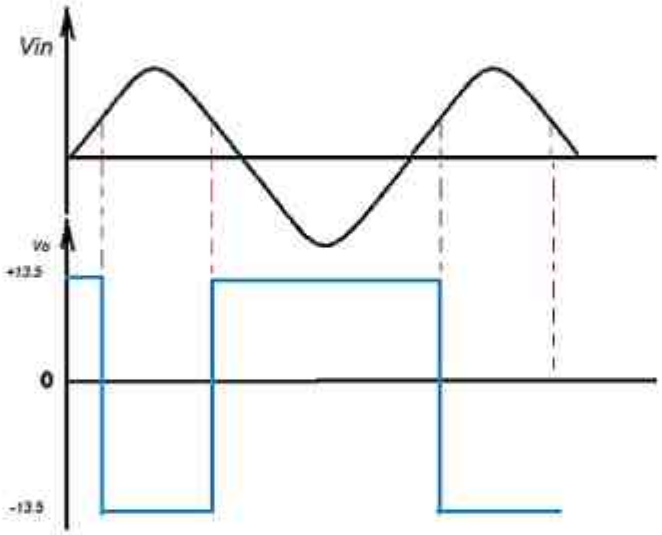
$V_{in} < V_{ref} \rightarrow Vo = +13.5$

$V_{in} > V_{ref} \rightarrow Vo = -13.5$

$V_{in} = V_{ref} \rightarrow Vo = 0$

مثال: ارسم فولتية الاخراج V_o لدائرة كاشف المستوى عندما تكون فولتية الادخال $V_{in} = 40\ Vp.p$ و $V_{ref} = 5V$



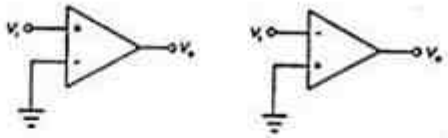


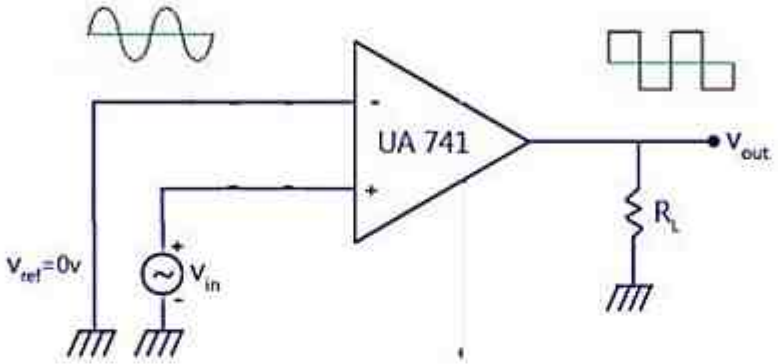
٢- الكاشف الصفري Zero detection

وحيث أن معامل الكسب (التكبير) لمكبر العمليات الذى يعمل فى دائرة مفتوحة كما هو الحال فى المقارن كبير جدا ، لذا فإن جهد إشارة بالملى فولت يكفى لتشبع المكبر ، وخرج مقارن الجهد دائما جهد التشبع موجبا أو سالبا Vsat ± .

فى حالة قيام المقارن بمقارنة إشارة جهد مع (0 V) فإنه يسمى بكاشف عبور الصفرZero Crossing Detector كما فى الشكل التالى :

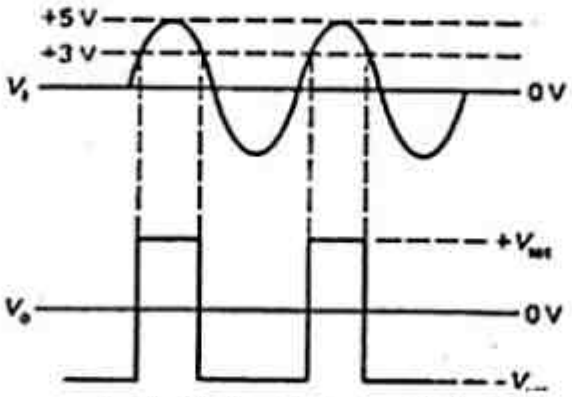
Zero Crossing Detector Using UA 741 op-amp IC





الشكل رقم (8) يبين دائرة الكاشف الصفري

حيث تتغير حالة خرج المقارن عند عبور جهد الدخل بالصفر .
إذا افترضنا أن مقارن للجهد غير عاكس يقارن موجة جيبية جهدها الأقصى 5V بجهد أساس مستمر يساوى 3V+ فإن شكل موجة الدخل وموجة الخرج المتوقع كما في الشكل التالي :



الشكل رقم (9) يبين خصائص الكاشف الصفري

ويلاحظ إنه عندما يكون جهد الدخل أكبر من3V فإن خرج المقارن يكون مساويا Vsat + , وعندما يكون جهد الدخل أصغر من3V فإن خرج المقارن يكون مساويا Vsat – . علما بأن Vsat تساوى 13 V تقريبا عندما يكون جهد VCC مساويا 15 V

. الاختبار البعدي للمحاضرة الثالثة - 20 درجة

أجب عن الأسئلة التالية بعد إكمال دراسة المحاضرة والمراجعة. توزيع الدرجات: 8 درجات اختيار من متعدد + 4 درجات صح/خطأ + 8 درجات مسائل تحليلية.

القسم الأول: اختيار من متعدد - 8 درجات

1. (1 درجة) العلاقة العامة الأدق لفرق الدخل هي:

أ) -Vd = V+ - V

ب) -Vd = Vcc+ + Vcc

ج) Vd = Vo/RL

د) Vd = 0 دائمًا

2. (1 درجة) عند V+ < V- في المقارن يكون الخرج تقريبيًا:

أ) -Vsat

ب) +Vsat

ج) 0 في كل الحالات

د) -Vcc فقط

3. (1 درجة) أي خاصية تمثل المكبر المثالي؟

أ) ممانعة دخل صفرية

ب) ممانعة خرج لا نهائية

ج) كسب لا نهائي

د) كسب يساوي 1 دائمًا

4. (1 درجة) في 741 الطرفان المخصصان لموازنة الانحياز هما:

أ) Offset Null

ب) Output فقط

ج) NC فقط

د) Vref

5. (1 درجة) قيود Slew Rate ترتبط أساسًا بـ:

أ) سرعة تغير جهد الخرج

ب) عدد أرجل المتكاملة

ج) لون الغلاف

د) قيمة Vref فقط

6. (1 درجة) كاشف المستوى هو:

أ) مقارن بجهد مرجعي

ب) مقاومة متغيرة

ج) مرشح سلبي فقط

د) مصدر تغذية

7. (1 درجة) الكاشف الصفري يستخدم:

أ) Vref = 0 V

ب) Vref = +15 V دائمًا

ج) Vref = -15 V دائمًا

د) لا يستخدم مقارنة

(1 درجة) إذا كان Vin موصولًا إلى (-) وVref إلى (+)، وكان Vin > Vref، فإن الخرج:

أ) موجب مشبع
ب) سالب مشبع
ج) يساوي Vin
د) يساوي Vref

القسم الثاني: صح أم خطأ - 4 درجات

9. (1 درجة) ممانعة دخل المكبر المثالي لا نهائية.

أ) صح
ب) خطأ

10. (1 درجة) المقارن يحتاج بالضرورة إلى تغذية راجعة سالبة لكي يعمل كمقارن.

أ) صح
ب) خطأ

11. (1 درجة) الكاشف الصفري هو حالة خاصة من كاشف المستوى.

أ) صح
ب) خطأ

12. (1 درجة) إذا كان V+ أقل من V- فإن المقارن يتجه نحو الإشباع الموجب.

أ) صح
ب) خطأ

القسم الثالث: مسائل تحليلية - 8 درجات

13. (4 درجة) مقارن يعمل بتغذية ±15 V، ونُفترض أن Vsat ≈ ±13.5 V. إذا كان V+ = 5 V وV- = 20 V، احسب Vd وحدد قيمة Vo التقريبية مع تفسير اتجاه الإشباع.

14. (4 درجة) في كاشف عبور صفري موصول فيه Vin إلى (+) وVref = 0 V إلى (-)، حدد حالة الخرج عندما: (أ) Vin = +3 V، (ب) Vin = -2 V. افترض أن الخرج المشبع هو ±13.5 V.

8. مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

8.1 مفتاح الاختبار القبلي

السؤال	الإجابة الصحيحة	تعليل مختصر
1	ب	مكبر العمليات يستخدم لتكبير ومعالجة الجهود والإشارات.
2	ب	الرمز (+) هو المدخل غير العاكس.
3	أ	عندما يكون المدخل (+) أعلى من (-) يتجه الخرج إلى +Vsat.
4	ج	الممانعة المثالية للدخل لا نهائية.
5	ب	الممانعة المثالية للخرج تساوي صفرًا.
6	ب	Offset Null لضبط موازنة انحياز الخرج.
7	أ	قيود معدل الانحدار مذكورة ضمن عيوب المكبر.
8	أ	كاشف المستوى يقارن Vin بمرجع Vref.
9	أ	الكاشف الصفري يستخدم مرجعًا مقداره 0 V.
10	أ	المحاضرة تذكر المرشحات والقياس والتحكم ضمن التطبيقات.

8.2 مفتاح الاختبار البعدي - القسم الأول

السؤال	الإجابة الصحيحة	تعليل مختصر
1	أ	Vd = V+ - V- هو التعريف العام لفرق الدخل.
2	ب	فرق الدخل الموجب يدفع الخرج نحو +Vsat.
3	ج	المكبر المثالي يفترض كسبًا لا نهائيًا.
4	أ	طرفا Offset Null مخصصان لموازنة الانحياز.
5	أ	Slew Rate يصف معدل تغير جهد الخرج.
6	أ	كاشف المستوى مقارن مع عتبة مرجعية.
7	أ	في الكاشف الصفري تكون العتبة 0 V.
8	ب	إذا كان Vin على (-) وأكبر من Vref على (+) يكون Vd سالبًا والخرج سالبًا مشبعًا.

8.3 مفتاح الصح والخطأ

السؤال	الإجابة الصحيحة	تعليل مختصر
9	صح	هذا من افتراضات المكبر المثالي.
10	خطأ	المقارن البسيط يعمل عادة في الحلقة المفتوحة من دون تغذية راجعة سالبة.
11	صح	لأن كاشف المستوى يصبح صفريًا عندما Vref = 0 V.
12	خطأ	عندما V+ < V- يكون Vd سالبًا والخرج يتجه إلى -Vsat.

8.4 الحلول النموذجية للمسائل

حل السؤال 13

$$Vd = V+ - V- = 5 - 20 = -15\ V$$

بما أن Vd سالب، فإن المدخل العاكس أعلى من المدخل غير العاكس، لذلك يتجه خرج المقارن نحو الإشباع السالب. ووفق القيمة المستخدمة في المحاضرة عند تغذية ±15 V:

$$Vo \approx -13.5\ V$$

التوزيع المقترح للدرجات: درجتان لحساب Vd بصورة صحيحة، درجة لتحديد اتجاه الإشباع، ودرجة لقيمة الخرج التقريبية والتفسير.

حل السؤال 14

في كاشف العبور الصفري: Vref = 0 V على المدخل (-)، وVin على المدخل (+). لذلك Vd = Vin - 0.

- عند Vin = +3 V: يكون Vd موجبًا، ولذلك Vo ≈ +13.5 V.
- عند Vin = -2 V: يكون Vd سالبًا، ولذلك Vo ≈ -13.5 V.

التوزيع المقترح للدرجات: درجتان لكل حالة، تشمل تحديد إشارة Vd وحالة الخرج المشبع.

ملاحظات أكاديمية وتدقيقية

- تم الحفاظ على موضوعات المحاضرة الأصلية وتسلسلها المفاهيمي: تعريف مكبر العمليات، تركيبه، الرمز والدبابيس، العلاقة بين فرق الدخل والخرج، الخصائص والمزايا والعيوب والتطبيقات، ثم المقارن وكاشف المستوى والكاشف الصفري.
- استُخدمت قاعدة Vd = V+ - V- لتوحيد التحليل لأن تسمية V1 وV2 تختلف بين بعض رسومات المحاضرة. لم يتم حذف الاختلاف، بل تم التنبيه إليه صراحة.
- القيم 400,000 للكسب، و80-10 MΩ لممانعة الدخل، و10-100 Ω لممانعة الخرج هي القيم التقريبية الواردة في المحاضرة للمكبر غير المثالي، وليست مواصفات عامة لكل Op-Amp.
- القيمة ±13.5 V لجهد الإشباع عند تغذية ±15 V مستخدمة في أمثلة المحاضرة، ولذلك تم اعتمادها في الأسئلة والحلول التي بنيت على هذه الأمثلة.
- المثال الذي يستخدم مرجع +3 V أُبقي كمثال كاشف مستوى بعتبة 3 V، مع تمييزه عن التعريف الصرف للكاشف الصفري الذي يكون مرجعه 0 V.
- الأسئلة والأجوبة والاختبارات والمراجعة أُنشئت لأغراض تعليمية اعتمادًا على محتوى المحاضرة نفسها، ولم يُضف جدول مفردات الأسابيع الخمسة عشر إلى هذا الملف.

خلاصة المحاضرة

مكبر العمليات عنصر أساسي في الدوائر التناظرية. جوهر فهمه في هذه المحاضرة هو إدراك علاقة الخرج بفرق الجهد بين المدخلين، ثم فهم أثر الكسب العالي وحدود الإشباع. عند الانتقال إلى المقارن يصبح القرار تقريبًا: +Vsat عندما يكون V+ أكبر من V-، و-Vsat في الحالة العكسية. ومن هذه الفكرة تنشأ دائرة كاشف المستوى عند استخدام مرجع محدد، ودائرة كاشف العبور الصفري عندما يكون المرجع صفر فولت. إن إتقان هذه القواعد يجعل تحليل الرسومات والأمثلة أكثر وضوحًا ويؤسس للتطبيقات اللاحقة لمكبرات العمليات.

المحاضرة الرابعة (Fourth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يشرح الطالب مبدأ عمل مكبر العمليات العاكس وعلاقة انقلاب الطور بمقدار 180°.
- أن يشتق ويستخدم علاقة كسب المكبر العاكس: $A_v = -R_f/R_{in}$.
- أن يحدد كسب المكبر غير العاكس ويبين سبب بقاء الخرج في طور الدخل.
- أن يفسر تابع الجهد بوصفه حالة خاصة من المكبر غير العاكس بكسب يساوي الوحدة.
- أن يحلل دائرة الجامع ويحسب الخرج للإشارات ذات الأوزان المتساوية أو المختلفة.
- أن يفسر عمل المكبر الفرقي في تكبير الفرق بين إشارتين ورفض المركبة المشتركة.
- أن يقارن بين التكوينات الخمسة من حيث نقطة توصيل الدخل، الكسب، الطور، ومجال الاستخدام.
- أن يكتشف حالات التشبع عندما تتجاوز قيمة الخرج النظرية حدود مصدر التغذية المتاحة.

الاختبار القبلي للمحاضرة الرابعة

الغرض من الاختبار القبلي هو قياس المعرفة السابقة قبل دراسة موضوعات المحاضرة .اختر الإجابة الأنسب أو أجب بإيجاز .من دون الرجوع إلى مفاتيح الإجابة

1. إذا كان المدخل غير العاكس (+)موصولًا بالأرضي وتوجد تغذية راجعة سالبة، فإن جهد المدخل العاكس في التحليل المثالي يكون:

أ) Vcc (ب صفر فولت ج) جهد الخرج د) لا يمكن تحديده

2. إشارة الخرج في المكبر العاكس بالنسبة إلى إشارة الدخل تكون:

أ) بنفس الطور ب) متقدمة 90° ج) معكوسة 180° د) صفر دائمًا

3. في دوائر مكبر العمليات تمثل غالبًا Rf المقاومة:

أ) مقاومة الحمل ب) مقاومة التغذية الراجعة ج) مقاومة مصدر القدرة د) مقاومة حماية فقط

4. في مكبر عاكس مثالي، فإن الكسب الجهدي يساوي Rf = Rin إذا كان:

أ) +1 ب) -1 ج) 0 د) +2

5. المكبر غير العاكس يتميز بأن إشارة الخرج:

أ) معكوسة ب) بنفس طور الدخل ج) لا تعتمد على المقاومات د) دائمًا صفر

6. أي تكوين يُستخدم لعزل مرحلتين مع كسب جهدي يساوي تقريبًا واحدًا؟

أ) الجامع ب) تابع الجهد ج) الطارح د) المقارن

7. ما الوظيفة الأساسية لدائرة الجامع؟

أ) طرح إشارتين فقط ب) جمع عدة إشارات بوزن محدد ج) تثبيت الجهد د) توليد تردد

8. المكبر الفرقي يستجيب أساسًا إلى:

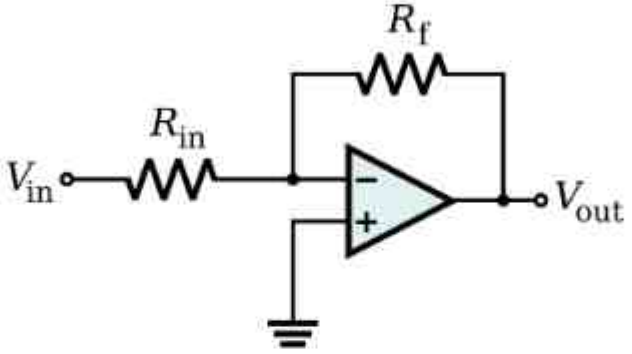
أ) مجموع الدخلين ب) الفرق بين الدخلين ج) جهد التغذية فقط د) تيار الحمل فقط

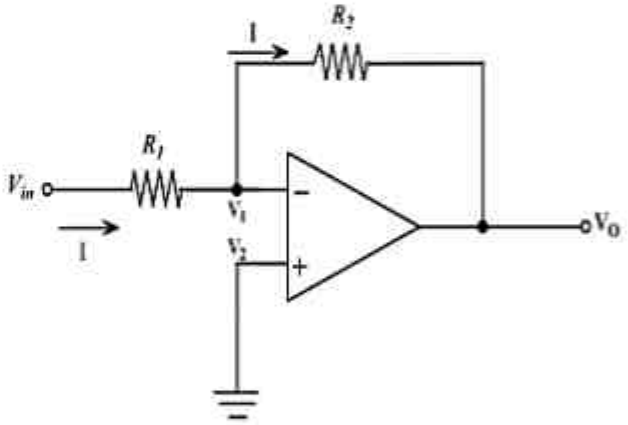
9. اذكر شرطين من شروط التحليل المثالي لمكبر العمليات مع التغذية الراجعة السلبية.

10. إذا كان جهد الخرج النظري لدائرة يساوي 18 V بينما أقصى خرج متاح للمكبر يقارب ±13.5 V، فما الظاهرة المتوقعة؟

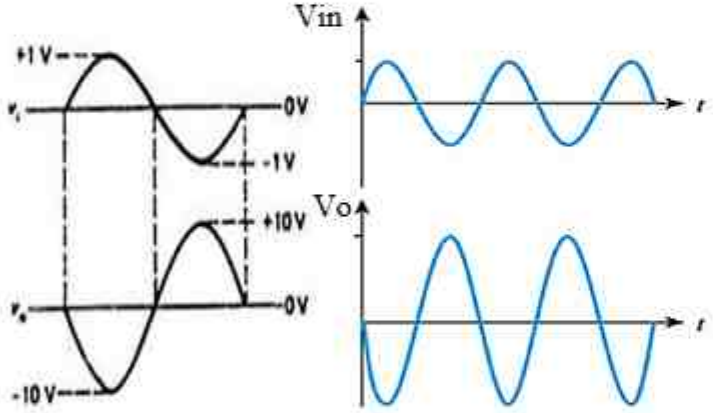
3- مكبر العمليات العاكس (Inverting Operational Amplifiers)

مكبر العمليات العاكس :هو دائرة إلكترونية تستخدم مضخم العمليات لتوليد خرج معكوس الطور مقارنة بإدخاله من خلال 180 درجة مما يعني أنه إذا كانت إشارة الإدخال موجبة (+) ، فإن إشارة الخرج ستكون معاكسة، اي إذا كانت الإشارة الداخلة موجبة، فالإشارة الخارجة تكون سالبة، والعكس صحيح ، تم تصميم جهاز مكبر العمليات العكسي من خلال جهاز مكبر العمليات بمقاومين. الأولى تكون الداخلة للمكبر (R_1 او R_{in}) والثانية تعتبر التغذية الخلفية لاشارة الإخراج (R_2 , R_f) .





الشكل رقم (1) يبين الدائرة الخاصة بمكبر العمليات العاكس



الشكل رقم (2) اشارتي الإدخال والإخراج لمكبر العمليات العاكس

يمكن حساب معامل التكبير لهذه الدائرة:

$$V1=V2=0$$

$$I_{R1} = I_{R2}$$

$$\frac{V_{in} - V_1}{R_1} = \frac{V_1 - V_O}{R_2} \rightarrow \frac{V_{in}}{R_1} = \frac{-V_O}{R_2}$$

$$\therefore \quad \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{-R_2}{R_1} \quad \rightarrow \quad \therefore AV = \frac{-R_2}{R_1}$$

$$Av = -\frac{Rf}{Rin}$$

نلاحظ أن R_1, R_2 هي مكونات خارجية يمكن تغيير قيمتها على حسب الرغبة وعلى ذلك فإن معامل التكبير أصبح من الممكن التحكم فيه وذلك بتغير أي من R_1 أو R_2. ونلاحظ أيضاً أن معامل التكبير الجديد لا يعتمد تقريباً على قيمة التكبير A_0 الخاص بمكبر العمليات.

ملاحظة مهمة يجب أخذها في الاعتبار من المعادلة (علاه) وهي أن A_0 كما نعلم كبيرة جداً. وعلى ذلك فإن قيمة V_i ستكون صغيرة جداً وتقارب الصفر تقريباً، أو بمعنى أصح فإن قيمة V_i تقارب V_2 تقريباً ولا تساويها تماماً و إلا كان الخرج صفر. لذلك فإن من المفيد في كثير من الأحيان خاصة في تحليل دوائر المكبر التشغيلي أو مكبر العمليات أن نفترض أن النقطتين V_i ، V_2 متساويتان تقريباً. لذلك فإن النقطة V_i عادةً تسمى الأرضي التخيلية على اعتبار أن V_2 هي الأرضي الحقيقية.

- مثال : جد مقدار المقاومة Rf اللازمة لجعل معامل التكبير يساوي 100- ،حيث ان Rin=2.2 kΩ

الحل :

$$A = -\frac{Rf}{Rin}$$

$$AR_{in} = -R_f$$

$$Rf = -(-ARin)$$

$$Rf = -(-100 * 2.2\ k\Omega)$$

$$Rf = 220\ k\Omega$$

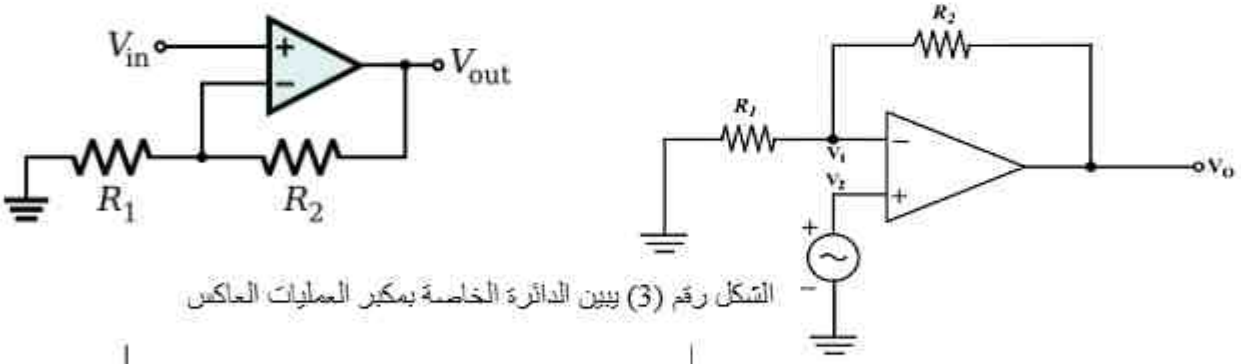
- **مزايا مكبر العمليات العاكس ما يلي:**
  - رخيصة الثمن وحجمها الصغير.
  - تمتاز بالمرونة
  - طرفي الإدخال هما صفر دائمًا بالإضافة إلى ذلك ببساطة سوف توجد إشارة الوضع التفاضلي.
  - يتضمن مكبر العمليات العكسي قدرة قوية على مقاومة التداخل.
  - يستخدم ردود فعل سلبية.
  - عامل الكسب مرتفع للغاية.
  - يكون خرج جهاز مكبر العمليات العاكس هذا خارج الطور من خلال إشارة الإدخال.
- **عيوب مكبر العمليات العاكس ما يلي:**
  - لها مقاومة إدخال صغيرة تساوي(R1)
  - لديها مكاسب عالية ولكن ردود الفعل يجب أن تبقى أقل تشويه.
  - يجب ألا تشتمل إشارة الدخل على الضوضاء لأن القيمة الصغيرة سوف تتضاعف وتحقق عند الخرج تنعكس الإشارة.

استخدامات مكبر العمليات العاكس:

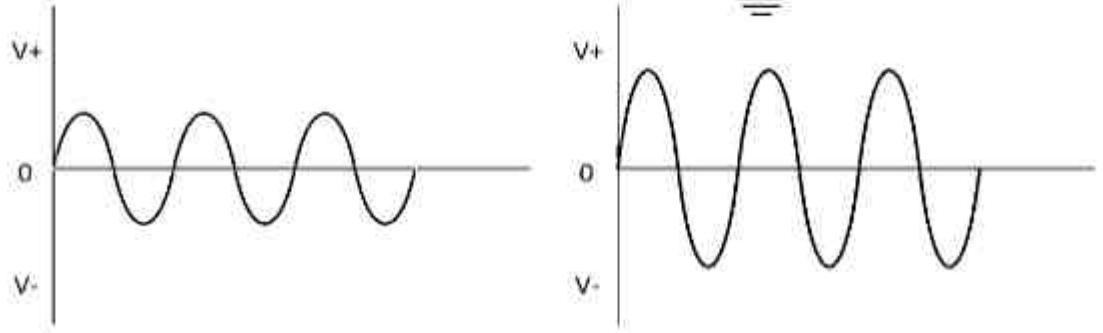
1. يمكن استخدام مكبر الصوت العكسي كمضخم للمقاومة العابرة والذي يسمى أيضًا مضخم المقاومة العابرة.
2. يعمل هذا مكبر الصوت كمحول تيار إلى جهد.
3. يستخدم في التطبيقات التي تعتمد على طاقة أقل.
4. يستخدم مكبر الصوت المقلوب في مرحلة الإخراج عندما يتم تصميم أي نظام بأنواع مختلفة من أجهزة الاستشعار.
5. تُستخدم أجهزة مكبر العمليات العاكس هذه في مفهوم الخلاطات حيث توجد إشارات.RF
6. يمكن استخدامه كمغير طور.
7. يتم استخدام هذه الأنواع من مكبرات العمليات حيث يكون موازنة الإشارة ضرورية.
8. يتم استخدامه عمليا في تطبيقات التكامل.
9. تستخدم هذه في التصفية التناظرية ومعالجة الإشارات.
10. تستخدم في مجالات مختلفة مثل الاتصالات والتحكم في العمليات والشاشات وأجهزة الكمبيوتر وأنظمة القياس ومصادر الطاقة ومصادر الإشارة.

4- مكبر العمليات غير العاكس (Non- Inverting Operational Amplifiers)

مكبر العمليات غير العاكس :هو تكوين شـــائع لمكبرات العمليات (Op-Amps) حيث يكون دخل الإشـــارة موصـــولًا إلى الطرف غير العاكس (+) لمكبر العمليات، يتميز هذا التكوين بأنه يُحافظ على نفس طور الإشـــارة المدخلة عند الإخراج، مع إمكانية تكبير الإشـــارة بحســـب نســـبة مقاومات الدائرة وتتكون من مقاوميتن الأولى تكون الداخلة للمكبر (R_1 او R_{in}) والثانية تعتبر التغذية الخلفية لاشـــارة الإخراج (R_2 , R_f) .



الشكل رقم (3) يبين الدائرة الخاصة بمكبر العمليات العاكس



Input Signal Output Signal

الشكل رقم (4) يبين إشارتي الإدخال والإخراج لمكبر العمليات غير العاكس

➢ **مميزات مكبر العمليات غير العاكس:**

1. الكسب دائمًا أكبر من أو يساوي 1.
2. الإشارة الناتجة تكون بنفس الطور.
3. يمكن تحقيق استقرار جيد باستخدام مقاومات دقيقة.

➢ **عيوب مكبر العمليات غير العاكس:**

1- **استهلاك طاقة أكبر**

2- **الاعتماد على دقة المقاومات**

- أي خطأ في قيم المقاومات Rf) و (Rinسيؤدي إلى انحراف في الكسب، مما يؤثر على دقة الإشارة الناتجة.

3- **عدم الاستقرار عند الترددات العالية:**

- يمكن أن تصبح الدائرة غير مستقرة عند الترددات العالية إذا لم يتم تصميمها بشكل صحيح أو إذا كانت المكبرات ذات عرض نطاق محدود.

4- **تأثيرات الضوضاء:(Noise)**

- يمكن أن تكون الضوضاء الناتجة عن المكونات مثل المقاومات ملحوظة في الدوائر الحساسة.

5- **عدم القدرة على العمل مع بعض المصادر ذات المقاومة العالية:**

- إذا كانت الإشـــارة المدخلة تأتي من مصـــدر ذي مقاومة عالية جدًا، قد لا تكون الدائرة فعالة بدون استخدام مكبر وسيط.(Buffer)

6- **تكاليف إضافية:**

- في حالة الحاجة إلى مقاومات دقيقة أو مكونات منخفضة الضوضاء، قد تزيد تكلفة التصميم.

➢ **استخدامات مكبر العمليات غير العاكس :**

1. تكبير الإشارات الصغيرة دون تغيير الطور.
2. الدوائر التناظرية مثل أجهزة الاستشعار.
3. مكبرات الصوت.
4. تطبيقات الإرسال والاستقبال في الأنظمة اللاسلكية.

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2} * V_O \quad , \quad V_1 = V_{in}$$

$$\text{Since} \quad AV = \frac{V_O}{V_{in}} = \frac{V_O}{V_1} = \frac{R_1+R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \qquad Av = 1 + \frac{Rf}{Rin}$$

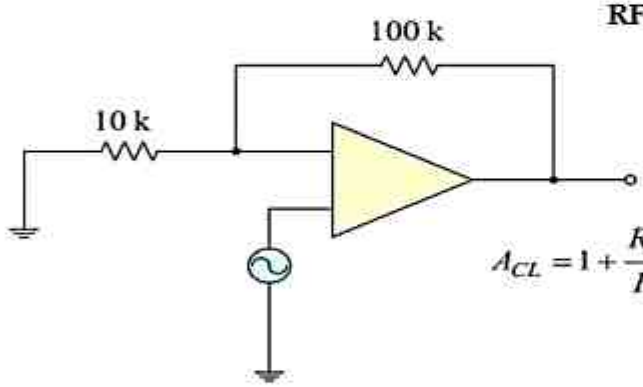
نلاحظ أن معامل التكبير هذا دائماً موجب وأكبر من الواحد الصحيح وهناك فرق مهم جداً بين دائرتي المكبر العاكس والمكبر غير العاكس وهو أن مقاومة الدخل في حالة المكبر العاكس هي المقاومة R_1 فقط ولذلك يجب دائماً العمل على اختيار R_1 كبيرة بقدر الإمكان.

بينما مقاومة الدخل في المكبر غير العاكس هي مقاومة دخل مكبر العمليات نفسه. وكما نعلم فإن هذه المقاومة كبيرة جداً وهذه ميزة تستخدم في كثير من التطبيقات.

مثال :

حدد قيمة كسب الجهد للمكبر الغير عاكس:

فإذا كانت $R1 = 10K\Omega$ و $RF=100\ K\Omega$

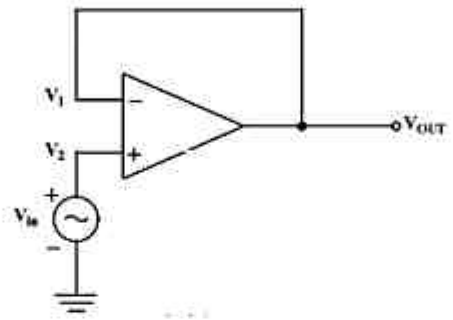


$$A_{CL} = 1 + \frac{R_f}{R_1} = 1 + \frac{100\,\text{k}}{10\,\text{k}} = 11$$

5- تابع الجهد Voltage Follower (VF)

تابع الجهد هو مكبر نسبة تكبيره تساوي الوحدة $A_{CL}=1$

وتابع الجهد ما هو إلا المكبر الغير عاكس ولكن تم جعل الحد $\frac{R_f}{R_1}$ من معادلة كسب الجهد يساوي صفراً. وللوصول لهذه النتيجة، جعلنا قيمة $R_f = 0$ والغينا المقاومة R_1 لكون قسمة صفر على أي قيمة، فالنتيجة صفر. الشكل رقم (5) وضح الدائرة بعد التعديل.



الشكل رقم (5) يوضح شكل الدائرة بعد التعديل

6- دائرة الجامع باستخدام مكبر العمليات(Summing Amplifier):

دائرة الجامع باستخدام مكبر العمليات (Operational Amplifier) هي دائرة إلكترونية تستخدم لتجميع (جمع) الإشارات الكهربائية ذات الجهد المختلف. تُعرف هذه الدائرة باسم الجامع (Summing Amplifier)، وهي واحدة من أكثر التطبيقات شيوعًا لمكبر العمليات.

مفهوم الجامع بمكبر العمليات:

- الهدف الأساسي هو جمع عدة إشارات دخل معًا لإنتاج إشارة خرج تكون محصلة هذه الإشارات.
- يمكن أن تكون الإشارات المجمعة بنفس الكسب (Gain) أو بكسب مختلف لكل إشارة.

تكوين الدائرة:

تتكون دائرة الجامع بمكبر العمليات من:

1. **مكبر العمليات :(Op-Amp)** العنصر النشط الأساسي.
2. **المقاومات :(Resistors)** تستخدم لتحديد كسب كل إشارة دخل، ولتحقيق التوازن الكهربائي في الدائرة.
3. **الإشارات المدخلة :**يمكن أن تكون إشارتين أو أكثر.

4. **التغذية العكسية (Feedback):** مقاومة توصل بين الخرج والمدخل العكسي (inverting input)لتحديد كسب الدائرة.

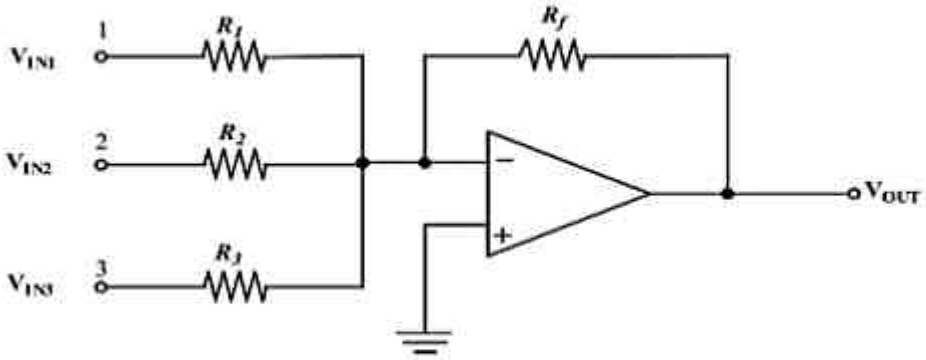
الدائرة الأساسية:

الدخل العكسي:(Inverting Summing Amplifier)

- يتم توصيل إشارات الدخل إلى المدخل العكسي (-) عبر مقاومات فردية.
- المدخل غير العكسي (+) يتم توصيله عادة بالأرضي.(GND)

الدخل غير العكسي:(Non-Inverting Summing Amplifier)

- يتم توصيل إشارات الدخل إلى المدخل غير العكسي (+) مع استخدام شبكة مقاومات لضبط الإشارات.
- معادلة الخرج تختلف لكنها أقل استخدامًا مقارنة بالدخل العكسي.



الشكل رقم (6) يوضح شكل دائرة الجامع

كثير من الأحيان نكون مطالبين بتجميع أكثر من إشارة في خرج واحد. فمثلاً في حالة التسجيل الصوتي على مسرح يكون هناك أكثر من ميكروفون موضوعين في أماكن مختلفة على خشبة المسرح ويراد تجميع هذه الإشارات في خرج واحد مع مراعاة أن يكون لكل إشارة معامل تكبير مستقل يمكن التحكم فيه لإظهارها أو إخفائها على حسب الحاجة دون التأثير على بقية الدخول. كما هو موضح في الشكل رقم (6).

ويمكن إيجاد معامل التكبير كما يلي:

$$I = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_4}{R_4} \dots \dots \frac{V_n}{R_n} = \frac{-V_O}{R_F}$$

$$\therefore V_O = -R_F\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_4}{R_4} + \dots \frac{V_n}{R_n}\right)$$

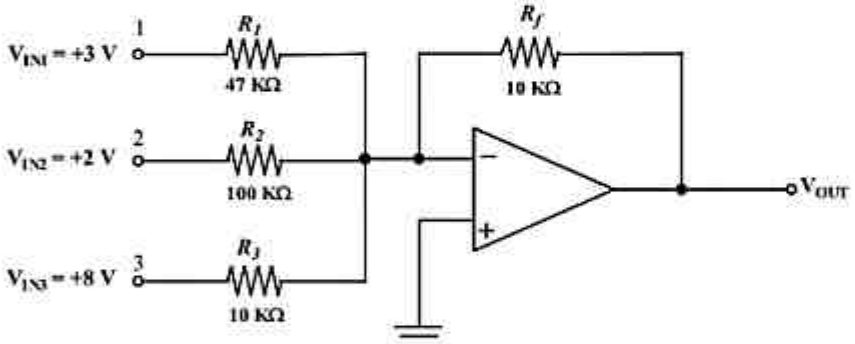
$$\text{IF } R_1=R_2=R_3= \cdots\cdots R_n \longrightarrow V_O = \frac{-R_F}{R_1}(V_1 + V_2 + V_3 + \cdots V_n)$$

$$\text{IF } R_F=R_1=R_2=R_3= \cdots\cdots R_n \longrightarrow V_O = -(V_1 + V_2 + V_3 + \cdots V_n)$$

من المعادلة يمكننا ملاحظة أنه يمكننا التحكم في معامل التكبير وجعله كبيراً أو صغيراً على حسب الرغبة. ويلاحظ أيضاً أن تغير أي معامل تكبير لن يؤثر على أي معامل تكبير آخر وهذا معناه أن مشكلة التداخل غير موجودة.

مثال٣

أوجد جهد الخرج للدائرة التالية



الحل:

$$W_1 = \frac{R_F}{R_1} = \frac{10K\Omega}{47K\Omega} = 0.213$$

$$W_2 = \frac{R_F}{R_2} = \frac{10K\Omega}{100K\Omega} = 0.100$$

$$W_3 = \frac{R_F}{R_3} = \frac{10K\Omega}{10K\Omega} = 1$$

$$V_{out} = -[0.213(3v) + 0.1(2v) + 1(8v)]$$

$$V_{out} = -8.84v$$

المزايا:

1. تعدد الإشارات :يمكن جمع إشارات متعددة.
2. تعديل الكسب :يمكن تعديل الكسب لكل إشارة بشكل منفصل عبر تغيير قيم المقاومات.
3. الدقة العالية :مكبر العمليات يضمن دقة كبيرة في جمع الإشارات.

التطبيقات:

1. معالجة الإشارات :لجمع الإشارات الصوتية أو إشارات الفيديو.
2. تطبيقات التحكم :في الأنظمة الآلية.
3. توليد الإشارات المركبة :مثل إشارات الموجات المختلطة.

العيوب :

على الرغم من أن دائرة الجامع بمكبر العمليات (Summing Amplifier) تعد أداة قوية وفعالة، إلا أنها ليست خالية من العيوب. فيما يلي أبرز المساوئ أو التحديات المرتبطة باستخدامها:

1- تأثير تغيرات المقاومات:

- الحساسية للقيم الدقيقة للمقاومات:
  - أي انحراف صغير في قيم المقاومات المستخدمة يمكن أن يؤثر على دقة جمع الإشارات.
  - تصنيع المقاومات بقيم دقيقة (Tolerances) قد يزيد من التكلفة.

2- مشكلة الحرارة:

a. تغير درجة الحرارة قد يؤدي إلى تغير طفيف في قيم المقاومات، مما يؤثر على الأداء.

3- النطاق الترددي المحدود:

- مكبر العمليات له نطاق تردد محدد، ومع زيادة عدد إشارات الدخل، قد يحدث تدهور في الأداء عند الترددات العالية.
- عند استخدامه مع إشارات متغيرة بسرعة(High-Frequency Signals) ، قد يصبح أقل استجابة.

4- تأثير الإشارة العكسية:

- في حالة الدائرة ذات المدخل العكسي(Inverting Input) ، الإشارة الخارجة تكون معكوسة بالنسبة للدخل، مما قد يتطلب مرحلة إضافية لعكس الإشارة مرة أخرى، وهذا يزيد من التعقيد.

5- انخفاض الكسب عند عدد كبير من الإشارات:

- مع زيادة عدد إشارات الدخل، قد يقل كسب الدائرة إذا لم تُصمم بدقة، لأن مكبر العمليات لديه حدود لكسبه الأقصى.

6- الإشارة الخارجة تكون محدودة بقدرة التغذية لمكبر العمليات.(Power Supply)

- إذا تجاوزت الإشارة الناتجة الحد الأقصى لمصدر الطاقة(Saturation) ، سيتم تشويه الإشارة.

7- تأثير الحمل:

- إذا لم يكن الحمل الموصول بالدائرة (Load) ذا مقاومة عالية بما يكفي، قد يؤثر على استقرار مكبر العمليات وكسبه.

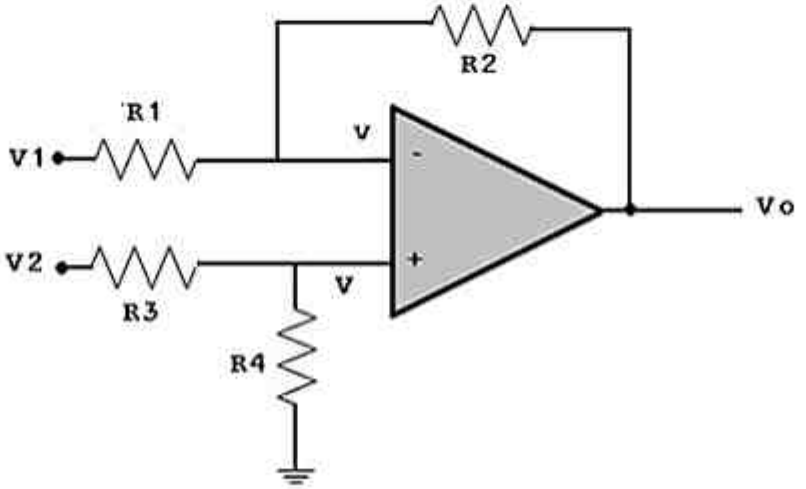
8- تعقيد الدوائر متعددة المدخلات:

- كلما زاد عدد إشارات الدخل، زاد التعقيد في ضبط القيم والتأكد من عمل الدائرة بشكل صحيح.

7-المكبر الفرقي الطارح (Difference Amplifier)

المكبر الطارح كما بالشكل (7) يوضح الدائرة الأساسية للمكبر الفرقي والذي يستخدم لتكبير الفرق بين جهدي طرفي الدخل . وهذا المكبر يمكن أن يسمى باسم مكبر أجهزة القياسInsturmentation Amplifier حيث يستخدم كمكبر لتكبير الإشارات صغيرة المستوى والناتجة من مخرج محولات الطاقة المسماة ب Transducers . ومحولات الطاقة هذه عناصر لها طرفين تحول الكميات الطبيعية مثل الضغط (الاجهاد) الإزاحة - درجة الحرارة إلى فرق جهد ولكنه جهد صغير، لذاك يستخدم المكبر الفرقي لتكبير هذا الجهد وبالتالي يمكن قياسه . أي قياس الكمية الطبيعية بتحويلها إلى كمية كهربية .

ملاحظة: إذا كانت R1 = R2 يكون مقاومتي الدخل لكل من الجهد V1 والجهد V2 متساويان .



الشكل رقم (7) يوضح شكل المكبر الفرقي (الطارح)

عن طريق مقسم الجهد:

$$V = \frac{R2}{R1+R2} * V_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{V_1 - V}{R_1} = \frac{V - Vo}{R2} \rightarrow \left[\frac{V_1}{R_1} - \frac{V}{R_1} = \frac{V}{R2} - \frac{Vo}{R2}\right] \dots\dots\dots \div R_2$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)V - V_1\frac{R2}{R1} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Sub (1) in (2)} \quad \rightarrow V_o = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)\left(\frac{R2}{R1+R2}\right)V_2 - V_1\frac{R2}{R1}$$

$$V_o = \frac{R2}{R1}(V_2 - V_1) \dots\dots\dots (3)$$

المزايا:

1. **القدرة على إلغاء الإشارات المشتركة:(Common-Mode Rejection)**
   - المكبر الفرقي فعال في التخلص من الإشارات المشتركة بين المدخلين، مثل الضوضاء، مما يعزز دقة الإشارة.
2. **الدقة العالية:**
   - يعزز الإشارات التفاضلية الصغيرة التي تمثل الفرق بين الإشارتين المدخلتين، مما يجعله مفيدًا في الأنظمة الحساسة.
3. **البساطة النسبية:**
   - تصميمه بسيط نسبيًا مقارنةً بأنواع مكبرات أخرى عند الحاجة إلى تضخيم الفرق فقط.
4. **كفاءة الطاقة:**
   - يستهلك طاقة أقل مقارنةً ببعض أنواع المكبرات الأخرى.

العيوب:

1. **الحساسية للتفاوتات في القيم:**
   - يعتمد أداء المكبر بشكل كبير على تطابق المقاومات في التصميم. أي عدم تطابق يؤدي إلى تقليل معدل الرفض للوضع المشترك.(CMRR)
2. **محدودية الكسب:**
   - الكسب يعتمد على نسبة المقاومات المستخدمة، مما يحد من قدرته على تضخيم الإشارات الصغيرة جدًا.

3. **النطاق الترددي المحدود:**
   - قد يكون أداؤه محدودًا في تطبيقات التردد العالي.
4. **الضوضاء الداخلية:**
   - بالرغم من إلغاء الإشارات المشتركة، فإن الضوضاء الداخلية الناتجة عن المكونات قد تؤثر على الأداء.

التطبيقات:

1. **قياس الإشارات الحيوية:**
   - يُستخدم في الأجهزة الطبية مثل أجهزة رسم القلب (ECG) وأجهزة قياس الإشارات الحيوية حيث يتم تضخيم الفرق بين الإشارات المستقبلة.
2. **أنظمة التحكم الصناعي:**
   - يُستخدم في مراقبة الأنظمة الحساسة للتغيرات التفاضلية بين إشارتين.
3. **معالجة الإشارات الصوتية:**
   - في تطبيقات تضخيم الصوت لإزالة الضوضاء المشتركة وتحسين جودة الصوت.
4. **دوائر الاستشعار:**
   - يُستخدم في دوائر الاستشعار مثل مستشعرات الضغط والحرارة لقراءة الإشارات التفاضلية الدقيقة.
5. **تطبيقات الاتصال:**
   - يُستخدم في أنظمة الاتصال اللاسلكية واللاسلكية لإزالة الضوضاء من الإشارة.
6. **المعدات الإلكترونية الدقيقة:**
   - في الأجهزة التي تتطلب قياس فرق الجهد بدقة عالية مثل أجهزة القياس العلمية والمختبرية.

مقارنة مركزة بين تكوينات المحاضرة

وظيفة نموذجية	علاقة الطور	الكسب المثالي	موضع الدخل	التكوين
تكبير مع عكس الطور /تحويل تيار إلى جهد	°معكوس 180	-Rf/Rin	Rin الطرف)- (عبر	العاكس
تكبير إشارات الحساسات ذات الممانعة العالية	نفس الطور	1 + Rf/R1	(+) الطرف	غير العاكس
وعزل المراحل Buffer	نفس الطور	1	-) الطرف (+)، والخرج إلى)	تابع الجهد
جمع وخلط عدة إشارات	خرج معكوس	Rf/Ri أوزان يحددها	(-) عدة مداخل إلى	الجامع العاكس
قياس الفرق ورفض المركبة المشتركة	يتبع إشارة الفرق	(R2/R1) للفرق عند التطابق	(-)دخلان إلى (+)و	الفرقي

مراجعة مركزة للمحاضرة 5.1

- في المكبر العاكس: Vo = -(Rf/Rin)Vin، والخرج معكوس الطور.
- في المكبر غير العاكس: Vo = (1 + Rf/R1)Vin، والخرج بنفس الطور والكسب لا يقل عن 1.
- تابع الجهد حالة خاصة من غير العاكس: Vo ≈ Vin وAv = 1.
- في الجامع :كل مدخل يساهم في الخرج بنسبة Rf/Ri، ثم تظهر إشارة سالبة بسبب التكوين العاكس.
- في المكبر الفرقي :الخرج يتناسب مع V2 - V1 عند تطابق نسب المقاومات.
- التغذية الراجعة السلبية هي الأساس في جعل الكسب محددًا بالمقاومات ضمن منطقة التشغيل الخطي.
- أي نتيجة حسابية للخرج يجب مقارنتها بحدود جهد الإشباع؛ لا يستطيع المكبر إعطاء خرج يتجاوز قدرة التغذية.

قاعدة حل سريعة :ابدأ بتحديد نوع الدائرة، ثم اكتب معادلة الكسب أو الخرج المناسبة، وبعد التعويض تحقق أخيرًا من عدم تجاوز الخرج حدود الإشباع.

أسئلة وأجوبة نموذجية للمراجعة

1. ما سبب انقلاب إشارة الخرج في المكبر العاكس؟

ج :لأن الدخل يطبق على الطرف العاكس)-(، والتغذية الراجعة السلبية تجعل المكبر يغير قطبية الخرج بما يحافظ على V-، لذلك تظهر إشارة سالبة في معادلة الكسب+V من.

2. ما المقصود بالأرضي الافتراضي؟

ج :عقدة يكون جهدها قريبًا من جهد الأرضي بسبب فعل التغذية الراجعة، من دون أن تكون موصولة بالأرضي فعليًا.

3. لماذا لا يعتمد كسب الحلقة المغلقة للمكبر العاكس مباشرة على الكسب المفتوح الكبير A0؟

ج :لأن التغذية الراجعة السلبية تجعل الكسب العملي محددًا أساسًا بنسبة المقاومات ضمن افتراضات المكبر المثالي ومنطقة التشغيل الخطية.

4. ما الفرق الأساسي بين العاكس وغير العاكس؟

ج :في العاكس يدخل Vin إلى الطرف)-(ويبقى الطرف (+)إلى الأرض، أما في غير العاكس فيدخل Vin إلى الطرف (+)ويظهر الخرج معكوس الطور، والخرج بنفس الطور.

5. لماذا يكون كسب المكبر غير العاكس أكبر من أو يساوي 1؟

ج :لأن العلاقة A_v = 1 + Rf/R1، ونسبة المقاومات غير سالبة في الدائرة الاعتيادية.

6. ما وظيفة تابع الجهد؟

ج: عزل المراحل وتوفير ممانعة دخل عالية وممانعة خرج منخفضة نسبيًا مع نقل الجهد بكسب يقارب الواحد.

7. كيف يمكن إعطاء أوزان مختلفة لمداخل الجامع؟

ج: باختيار مقاومة دخل مختلفة لكل إشارة؛ وزن كل مدخل في الجامع العاكس يساوي Rf/Ri.

8. متى يصبح الجامع جامعًا بسيطًا بالسالب دون أوزان مختلفة؟

ج: عندما تكون جميع مقاومات الدخل مساوية لـ Rf، فيصبح Vo = -(V1 + V2 + ...).

9. ما الفكرة الأساسية للمكبر الفرقي؟

ج: إنتاج خرج يتناسب مع الفرق بين جهدي الدخل، مع تقليل أثر المركبة المشتركة عند تطابق نسب المقاومات.

10. ما أهمية تطابق المقاومات في المكبر الفرقي؟

ج: لأنه يحدد دقة الكسب التفاضلي وفعالية رفض الوضع المشترك CMRR؛ عدم التطابق يحول جزءًا من الإشارة المشتركة إلى الخرج.

11. ماذا يحدث إذا كان الخرج المحسوب أكبر من جهد الإشباع؟

ج: يدخل مكبر العمليات حالة التشبع، فيتوقف الخرج عن اتباع المعادلة الخطية ويظهر قص أو تشويه.

12. كيف تختار بين غير العاكس وتابع الجهد؟

ج: إذا كان المطلوب كسب أكبر من واحد نستخدم غير العاكس؛ وإذا كان المطلوب العزل ونقل نفس الجهد تقريبًا نستخدم تابع الجهد.

الاختبار البعدي للمحاضرة الرابعة - 20 درجة

أجب عن الأسئلة التالية بعد إكمال الدراسة والمراجعة. توزيع الدرجات: 8 درجات اختيار من متعدد، +4 درجات صح/خطأ، 8 + درجات مسائل تحليلية.

القسم الأول: اختيار من متعدد - 8 درجات

1. كسب المكبر العاكس المثالي يساوي:

أ) 1+Rf/Rin ب) -Rf/Rin ج) Rin/Rf د) صفر

2. إذا كان Rf=40 kΩ وRin=10 kΩ، فإن كسب العاكس:

أ) -5 ب) 5+ ج) -4 د) 4+

3. في المكبر غير العاكس تكون إشارة الخرج:

أ) معكوسة ب) بنفس الطور ج) صفرًا د) مستقلة عن الدخل

4. تابع الجهد يحقق تقريبًا:

أ) Av=-1 ب) Av=0 ج) Av=1 د) Av=10

5. وزن المدخل Vi في الجامع العاكس يساوي:

أ) Ri/Rf ب) Rf/Ri ج) Rf+Ri د) 1/Rf فقط

6. إذا كانت جميع مقاومات مداخل الجامع مساوية لـ Rf، فإن الخرج:

أ) مجموع المداخل موجب ب) سالب مجموع المداخل ج) صفر د) يساوي أحد المداخل فقط

7. أفضل وصف للمكبر الفرقي هو أنه:

أ) يجمع المداخل ب) يضخم الفرق بين المدخلين ج) يولد ترددًا د) ينظم مصدر القدرة

8. عندما تتجاوز قيمة الحرج النظرية حدود التغذية فإن الدائرة تدخل:

أ (الرنين ب (التشبع ج (القطع الدائم د (التضمين

القسم الثاني :صح أم خطأ - 4 درجات

1. المكبر العاكس يعطي خرجًا بنفس طور الدخل.

2. كسب المكبر غير العاكس يساوي 1 + Rf/R1.

3. يمكن للجامع إعطاء أوزان مختلفة للمداخل باستخدام مقاومات دخل مختلفة.

4. تحسين تطابق نسب المقاومات في المكبر الفرقي يساعد على تحسين رفض الوضع المشترك.

القسم الثالث :مسائل تحليلية - 8 درجات

مسألة 1 - درجتان

احسب الكسب وجهد الخرج. Vin = 0.4 V وRf = 25 kΩ وRin = 5 kΩ مكبر عاكس فيه.

مسألة 2 - درجتان

احسب الكسب والخرج. Vin = 0.75 V وRf = 30 kΩ وR1 = 10 kΩ مكبر غير عاكس فيه.

مسألة 3 - درجتان

احسب Vo. V2 = 2 V وV1 = 1 V وكانت R1 = R2 = 10 kΩ، وRf = 10 kΩ، جامع عاكس فيه.

مسألة 4 - درجتان

احسب الخرج النظري. V2 = 0.7 V وV1 = 0.2 V مع R2 = 50 kΩ وR1 = 10 kΩ؛ مكبر فرقي متطابق النسب.

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

مفتاح الاختبار القبلي 8.1

- 1) ب - صفر فولت تقريبًا في حالة الأرضي الافتراضي.
- 2) ج - معكوسة 180°.
- 3) ب - مقاومة التغذية الراجعة.
- 4) ب - Av = -1.
- 5) ب - بنفس طور الدخل.
- 6) ب - تابع الجهد.
- 7) ب - جمع عدة إشارات بوزن محدد.
- 8) ب - الفرق بين الدخلين.
- 9) مثال للإجابة: I+≈I-≈0 وV+≈V-، عند وجود تغذية راجعة سالبة وعدم التشبع.
- 10) التشبع (Saturation)، 18 V. ويتوقف الخرج الفعلي عند حدود المكبر بدل الوصول إلى

مفتاح الاختبار البعدي - القسم الأول 8.2

الإجابات: 1) ب، 2) ب، 3) ب، 4) ج، 5) ب، 6) ب، 7) ب، 8) ب.

مفتاح الصح والخطأ 8.3

1) صح، 2) صح، 3) صح، 4) خطأ.

الحلول النموذجية للمسائل

المسألة 1 :مكبر عاكس

$$A_v = -25/5 = -5$$
$$V_o = A_v V_{in} = -5 \times 0.4 = -2.0\ V$$

.V الإجابة :الكسب -5 والخرج -2

المسألة 2 :مكبر غير عاكس

$$A_v = 1 + 30/10 = 4$$
$$V_o = 4 \times 0.75 = 3.0\ V$$

.V الإجابة :الكسب 4 والخرج +3

المسألة 3 :جامع عاكس

$$V_o = -(V_1 + V_2) = -(1 + 2) = -3\ V$$

الإجابة: Vo = -3 V.

المسألة 4 :مكبر فرقي

$$V_o = (50/10)(0.7 - 0.2) = 5 \times 0.5 = 2.5\ V$$

.وهو ضمن المجال الخطي إذا كانت التغذية تسمح بذلك .V الإجابة :الخرج النظري +2.5

ملاحظات أكاديمية وتدقيقية على المحاضرة الأصلية

- .تم الحفاظ على الموضوعات الأساسية وترتيبها العلمي :العاكس، غير العاكس، تابع الجهد، الجامع، ثم المكبر الفرقي
- لتسهيل الدراسة، مع إبقاء المعنى الوارد في R2و R1و Rinو Rf أعيدت كتابة العلاقات الرياضية بصياغة موحدة للرموز المصدر.
- عندما احتوت المحاضرة الأصلية على تسمية شكل أو سطر يبدو طباعيًا أو متعارضًا، لم يُعدَّل بصمت؛ وُضعت ملاحظات تدقيقية واضحة داخل الشرح.
- أضيفت الشروحات والأمثلة التدريبية والأسئلة والأجوبة والاختبارات لأغراض تعليمية اعتمادًا على موضوعات المحاضرة نفسها، وتم تمييز التوضيحات الأكاديمية عن النص المصدر عند الحاجة.
- .لم يُضف جدول مفردات الأسابيع الخمسة عشر إلى هذا الملف، لأنه سيُعد لاحقًا بصورة مستقلة

خريطة موضوعات المحاضرة إلى صفحات المصدر 9.1

صفحات المحاضرة الأصلية	الموضوع
1-3	المكبر العاكس ومعادلته ومثاله ومزاياه وعيوبه
3-6	المكبر غير العاكس ومعادلته ومثاله
6-7	تابع الجهد
7-11	دائرة الجامع ومعادلاتها ومثالها ومزاياها وعيوبها
11-14	المكبر الفرقي ومعادلته ومزاياه وعيوبه وتطبيقاته

المحاضرة الخامسة (Fifth Lecture)

أولاً: مقدمة المحاضرة

تتناول هذه المحاضرة مجموعة من التطبيقات المتقدمة والمهمة لمكبر العمليات Operational Amplifier (Op-Amp)، والتي تمثل امتدادًا مباشرًا للمفاهيم التي تمت دراستها في المحاضرات السابقة.

تركز المحاضرة على توظيف مكبر العمليات في تنفيذ العمليات الرياضية، وبشكل خاص التفاضل والتكامل، ثم الانتقال إلى عدد من التطبيقات اللاخطية مثل مقومات الإشارة الدقيقة، وصولًا إلى دراسة مفهوم المرشحات الإلكترونية Filtersوتصنيفها إلى مرشحات خاملة وفعالة.

تكمن أهمية هذه الموضوعات في أنها تربط بين المفاهيم الرياضية والنظرية وبين التطبيقات الإلكترونية العملية في أنظمة القياس والتحكم والاتصالات ومعالجة الإشارات.

ثانياً: النظرة الشاملة للمحاضرة

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الثانية في قسم التقنيات الإلكترونية والاتصالات / المعهد التقني – النجف، ضمن مادة الدوائر الإلكترونية.

المبررات

صممت هذه المحاضرة لتمكين الطالب من الانتقال من دراسة التكوينات الأساسية لمكبر العمليات إلى تطبيقاته المتقدمة، وفهم كيفية استخدام العناصر السلبية، وخصوصًا المقاومات والمكثفات، مع مكبر العمليات لتنفيذ وظائف رياضية ومعالجة إشارات ذات أهمية عملية.

الفكرة المركزية

تتمحور المحاضرة حول الموضوعات الآتية:

1. مكبر العمليات التفاضلي أو المفاضل.Differentiator
2. مكبر العمليات التكاملي.Integrator
3. تطبيقات ومسائل رياضية على مكبر العمليات.
4. مقوم نصف الموجة باستخدام مكبر العمليات.
5. مقوم الموجة الكاملة.
6. المرشحات الإلكترونية.Filters
7. المرشحات الخاملة.Passive Filters
8. المرشحات الفعالة.Active Filters
9. أنواع المرشحات الفعالة LPF و HPFو BPFو.BSF

ثالثاً: الأهداف التعليمية

بعد إكمال هذه المحاضرة يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. تعريف دائرة المفاضل باستخدام مكبر العمليات.
2. اشتقاق العلاقة الرياضية بين جهد الدخل وجهد الخرج للمفاضل.
3. تحديد تأثير شكل إشارة الدخل في خرج دائرة المفاضل.
4. تعريف دائرة المكامل وفهم دور المكثف فيها.
5. استخدام معادلة المكامل لحساب إشارة الخرج.
6. المقارنة بين دائرة المفاضل ودائرة المكامل.

7. تحليل دوائر متعددة المراحل لمكبر العمليات.
8. فهم مبدأ المقوم الدقيق باستخدام مكبر العمليات.
9. توضيح سبب تفوق المقوم الدقيق على المقوم التقليدي عند التعامل مع الإشارات الصغيرة.
10. تعريف المرشحات الإلكترونية وشرح وظيفتها.
11. المقارنة بين المرشحات الخاملة والمرشحات الفعالة.
12. التمييز بين أنواع المرشحات الفعالة حسب مجال التردد الذي تسمح بمروره.
13. حل مسائل عددية مرتبطة بتطبيقات مكبر العمليات.

رابعاً: الاختبار القبلي

اختر الإجابة الصحيحة:

1. العنصر الأساسي الذي يميز دائرة المفاضل هو:

أ. الملف
ب. المكثف
ج. الدايود
د. الترانزستور

2. وظيفة دائرة المفاضل هي إيجاد:

أ. القيمة المتوسطة للإشارة
ب. معدل تغير الإشارة بالنسبة للزمن
ج. القيمة القصوى للإشارة
د. مجموع إشارتين

.3في دائرة المكامل يستبدل عنصر التغذية الراجعة في المكبر العاكس عادةً بـ:

أ. دايود
ب. ترانزستور
ج. مكثف
د. ملف

.4عند تطبيق موجة مربعة على مكامل مثالي يكون الخرج المتوقع:

أ. موجة مثلثية
ب. موجة مربعة
ج. إشارة ثابتة دائمًا
د. نبضات ضيقة فقط

.5تستخدم دائرة المقوم الدقيق أساسًا من أجل:

أ. زيادة تردد الإشارة
ب. تقويم الإشارات الصغيرة بدقة
ج. توليد الضوضاء
د. تقليل مقاومة الدخل

.6المرشح الخامل يتكون بصورة أساسية من:

أ. مكبر عمليات فقط
ب. مقاومات ومكثفات وملفات
ج. ترانزستورات فقط
د. دوائر رقمية فقط

.7المرشح LPF يسمح بمرور:

أ. الترددات المنخفضة
ب. الترددات العالية فقط

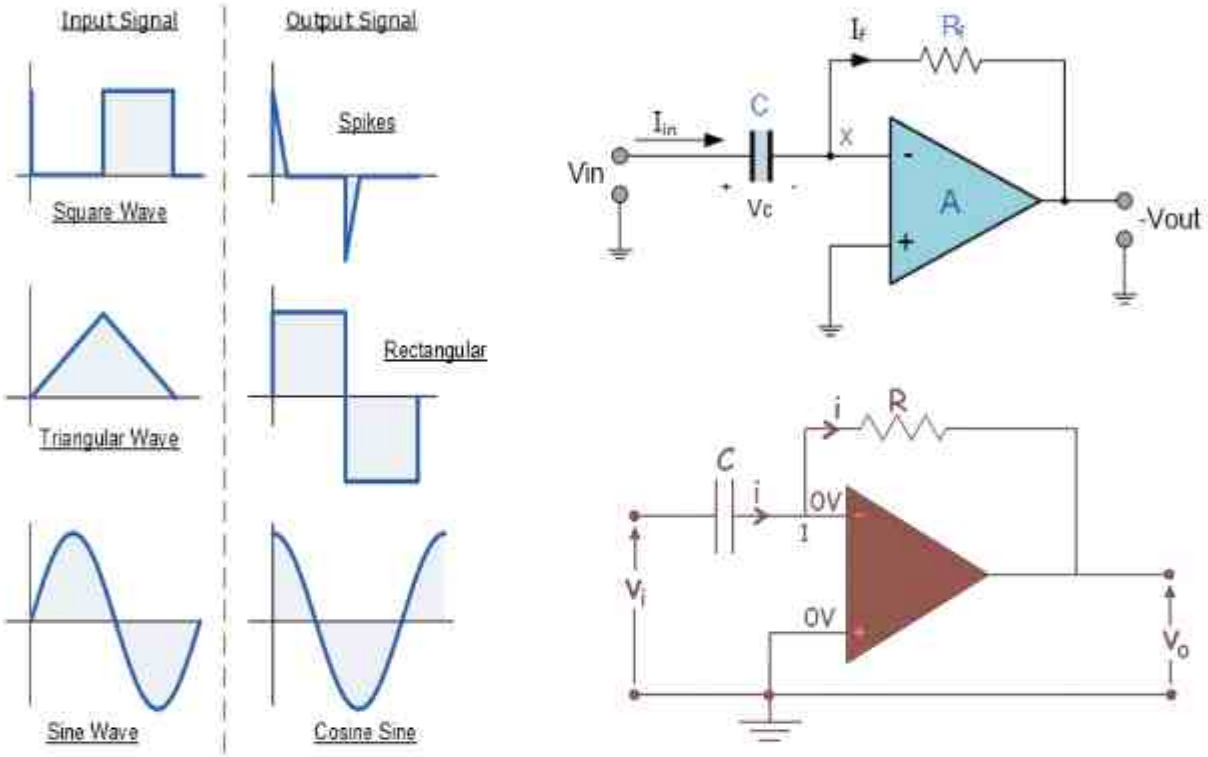
ج. جميع الترددات بالتساوي
د. لا شيء مما سبق

8.المرشح BPF يسمح بمرور:

أ. تردد واحد فقط
ب. حزمة محددة من الترددات
ج. التردد الصفري فقط
د. جميع الترددات ما عدا حزمة محددة

7-مكبر العلميات التفاضلي (Differentiator Op-Amp)

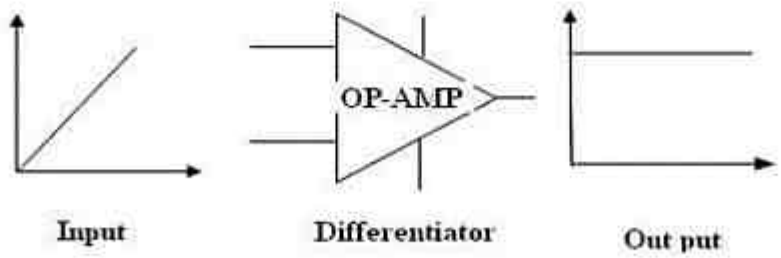
بالإضافة الى العمليات الحسابية فأن لمكبر العلميات استخدامات ايضاً في العمليات الرياضية مثل التكامل والتفاضل ، حيث ان عملية التفاضل هي عملية رياضية وهي إيجاد معدل التغيير لكمية ما ، اما المفاضل فهو دائرة الكترونية لايجاد معدل تغيير إشارة ما، يظهر هذا المعدل على شكل إشارة الخرج، هذا أيضا للمكثف دور في العملية مع مكبر العمليات.



الشكل رقم (1) يبين الدائرة الخاصة بمكبر العمليات التفاضلي

$$I = C\frac{dV_{in}}{dt} = \frac{-V_o}{R_F}$$

$$V_o = -R_F C\frac{dV_{in}}{dt}$$



المزايا:

1. **سهولة التنفيذ** :تصميم بسيط باستخدام عناصر قليلة.
2. **الحساسية العالية للتغيرات السريعة** :يمكنه استجابة التغيرات السريعة في الإشارة.
3. **التطبيقات العملية** :يستخدم في مجالات متنوعة مثل معالجة الإشارات والتناظر الرقمي.

المساوئ:

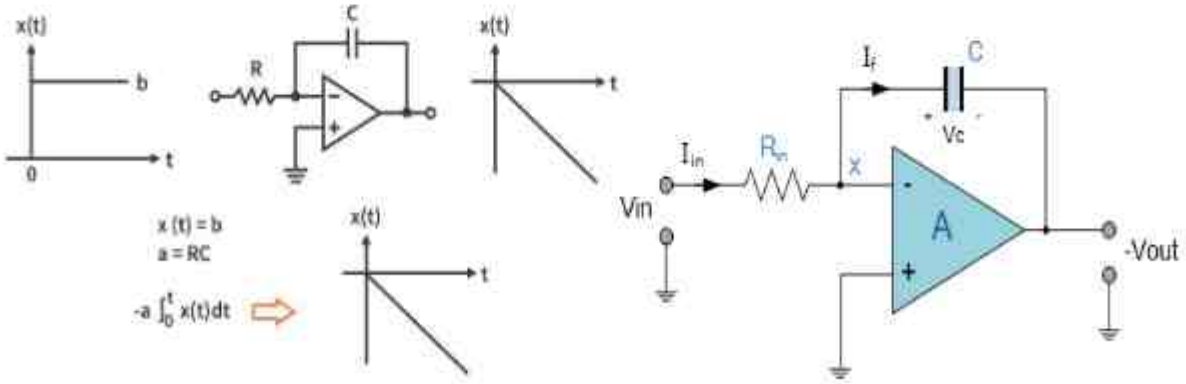
1. **الحساسية للضوضاء:(Noise)**
   - التفاضل عملية حساسة جدًا، مما يؤدي إلى تضخيم الضوضاء والترددات العالية.
2. **عدم الاستقرار:**
   - قد تكون الدائرة غير مستقرة عند استخدام مكبر عمليات غير مثالي أو في حالة وجود ترددات عالية.
3. **انخفاض الأداء مع العناصر غير المثالية:**
   - يعتمد أداء الدائرة على الدقة والقيم المثالية للمكونات.

التطبيقات:

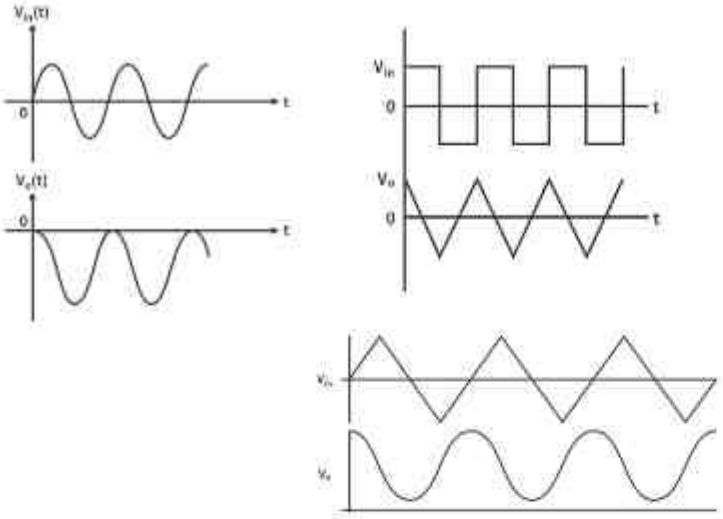
1. **معالجة الإشارات:**
   - استخراج حواف الإشارات (Edge Detection) في الأنظمة الرقمية.
2. **أنظمة التحكم:**
   - تحليل السرعة أو التسارع في أنظمة التحكم.
3. **الرادار والموجات الصوتية:**
   - لتحليل التغيرات السريعة في الإشارات.
4. **المكشافات الطبية:**
   - تحليل إشارات تخطيط القلب أو موجات الدماغ.

8-مكبر العمليات التكاملي (Integrator Op-Amp)

التكامل لاشارة الكترونية هو عبارة عن جمع في الزمن لقيمة إشارة دخل الجهد ، العنصر الرئيسي الذي يقوم بهذه العملية يسمى المكثف. الشكل رقم (2) يعرض دائرة المكامل وهي تشبه دائرة المكبر العاكس عدا ان مقاومة التغذية الخلفية (RF) استبدلت بالمكثف.



الشكل رقم (2) يبين الدائرة الخاصة بمكبر العمليات التكاملي



$$I_R = I_C$$
$$I_R = \frac{V_{in}}{R} \quad , \quad I_C = \frac{dV_C}{dt} * C = \frac{d(0-V_O)}{dt} * C$$
$$I_C = -C\frac{dV_o}{dt} = \frac{V_{in}}{R}$$
$$\frac{dV_o}{dt} = \frac{V_{in}}{-cR}$$ بتكامل الطرفين ينتج

$$V_o = \frac{-1}{Rc}\int_0^t V_{in}\, dt$$

الشكل رقم (3) يبين شكل اشارتي الادخال والإخراج لمكبر العمليات التفاضلي

المزايا:

1. **دقة التكامل:**
   - يقدم عملية تكامل دقيقة للإشارة الداخلة.
   - يحول الإشارة من شكلها الزمني إلى شكلها التكاملي، مما يفيد في التحليل والتحكم.
2. **بساطة التصميم:**
   - يتطلب عدداً قليلاً من العناصر: مقاومة ومكثف، بالإضافة إلى مكبر العمليات.
3. **تكبير عالي عند الترددات المنخفضة:**
   - يمكنه العمل بكفاءة عند الترددات المنخفضة مقارنة ببعض الدوائر الأخرى.
4. **تطبيقات واسعة:**
   - يستخدم في العديد من الأنظمة مثل التحكم التلقائي، ومعالجة الإشارات، وأجهزة القياس.

المساوئ:

1. **الحساسية للترددات العالية:**
   - قد يؤدي إلى عدم استقرار أو تضخيم للضوضاء العالية التردد.
2. **تأثير التيار المسبق:(Offset Current)**
   - يمكن أن يتسبب في انحراف الخرج إذا لم يتم تصحيحه باستخدام عناصر إضافية.
3. **قيود الاستجابة:**
   - الاستجابة غير مثالية عند الترددات العالية أو المنخفضة جداً، بسبب القيود الفيزيائية لمكبر العمليات والعناصر السلبية.
4. **الحاجة إلى معايرة:**
   - لتجنب الانجراف بسبب العوامل البيئية مثل درجة الحرارة.

التطبيقات:

1. **أنظمة التحكم:**
   - في دوائر التحكم التلقائي لمعالجة الإشارات الزمنية.
2. **تصفية الإشارات:**
   - يُستخدم كجزء من دوائر التصفية التماثلية.(Analog Filters)
3. **معالجة الإشارات:**
   - لتحويل إشارات الجهد إلى إشارات متكاملة، مثل عداد النبضات.
4. **توليد الموجات:**
   - يُستخدم لتوليد موجات مثلثية أو موجات الجيبية في دوائر المذبذبات.
5. **أنظمة القياس:**
   - لقياس السرعة أو التسارع عبر الإشارات التكاملية.
6. **دوائر الأتمتة:**
   - مثل نظم الروبوتات التي تحتاج إلى تكامل إشارات الإدخال.

امثلة رياضية على تطبيقات مكبر العلميات

مثال رقم (1)/

مكبر عمليات (LM324) بثلاثة مراحل ربحها يساوي (27-) (18-) (10+) على التوالي فاذا كانت مقاومة (RF=270Ω) لجميع المراحل ، احسب فولتية الإخراج ، فأذا علمت ان فولتية الادخال تساوي (150μV).

Solution

For the gain of +10

$$A_1 = 1 + \frac{Rf}{R_1} = +10$$

$$\frac{Rf}{R_1} = 10 - 1 = 9$$

$$R_1 = \frac{Rf}{9} = \frac{270\ \text{k}\Omega}{9} = 30\ \text{k}\Omega$$

For the gain of −18

$$A_2 = -\frac{Rf}{R_2} = -18$$

$$R_2 = \frac{Rf}{18} = \frac{270\ \text{k}\Omega}{18} = 15\ \text{k}\Omega$$

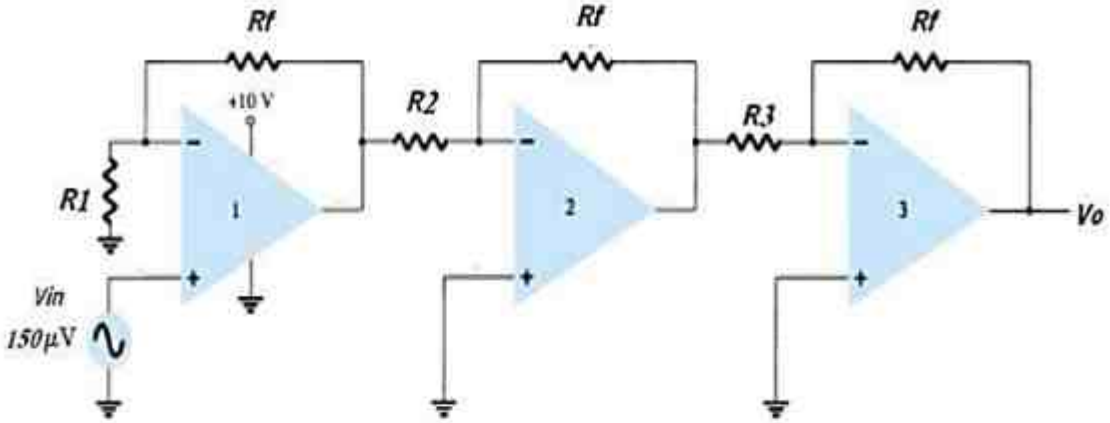
For the gain of −27:

$$A_3 = -\frac{Rf}{R_3} = -27$$

$$R_3 = \frac{Rf}{27} = \frac{270\ \text{k}\Omega}{27} = 10\ \text{k}\Omega$$

$$V_o = A_1A_2A_3V_1 = (10)(-18)(-27)(150\ \mu\text{V}) = 4860(150\ \mu\text{V})$$

$$= 0.729\ \text{V}$$

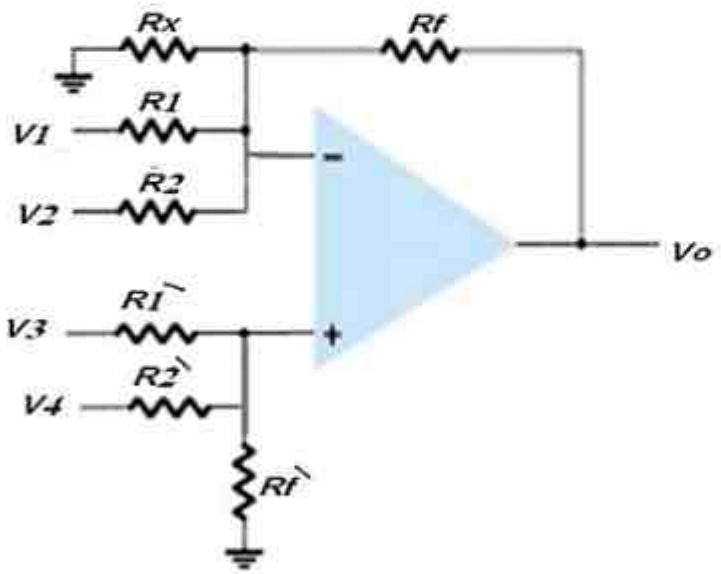


مثال رقم (2)/

صمم دائرة مكبر عمليات جامع طارح لتمثيل المعادلة التالية:

$$Vo= -4V1-2V2+10V3+V4$$

علماً ان $Rf=\overline{Rf}= 100\ K$



$$vo = \frac{Rf'}{R1'}V3 + \frac{Rf'}{R2'}V4 - \frac{Rf}{R1}V1 - \frac{Rf}{R2}V2$$

$$Vo = 10V3 + V4 - 4V1 - 2V2$$

$$\therefore \frac{Rf'}{R1'} = 10 \Rightarrow R1' = 10k, \frac{Rf'}{R2'} = 1 \Rightarrow R2' = 100k$$

$$\frac{Rf}{R1} = 4 \Rightarrow R1 = 25k, \frac{Rf}{R2} = 2 \Rightarrow R2 = 50k$$

$$\frac{100k}{25k} + \frac{100k}{50k} \neq \frac{100k}{10k} + \frac{100k}{100k} \Rightarrow 4 + 2 \neq 10 + 1$$

add .... Rx ... for ..low ..gain (No .Balance)

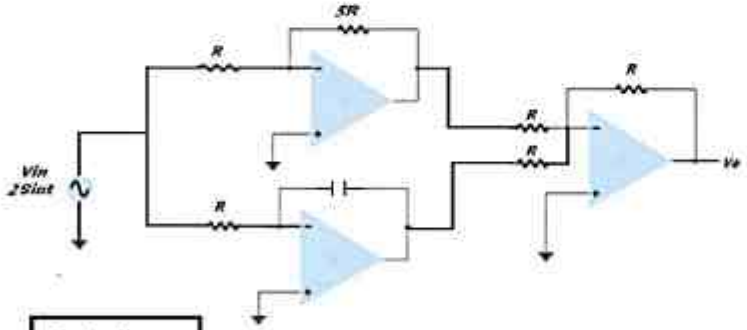
$$\frac{Rf}{R1} + \frac{Rf}{R2} + \frac{Rf}{Rx} = \frac{Rf'}{R1'} + \frac{Rf'}{R2'}$$

$$\frac{Rf}{Rx} = 5 \Rightarrow Rx = 20\ k \Rightarrow \frac{Rf}{Rx} = \frac{100\ k}{20\ k} = 5$$

$$4 + 2 + 5 = 10 + 1 \Rightarrow 11 = 11$$

مثال EXAMPLE

في دائرة مكبر العمليات الموضحة ادناه احسب فولتية الاخراج على فرض ان RC=1



Solution

$$Vo_1 = -\frac{5R}{R} \times 2S\ \text{int} = -10\ S\ \text{int}$$

$$Vo_2 = -\frac{1}{RC}\int Vindt = 1\int 2S\ \text{int}\ dt = 2Cost$$

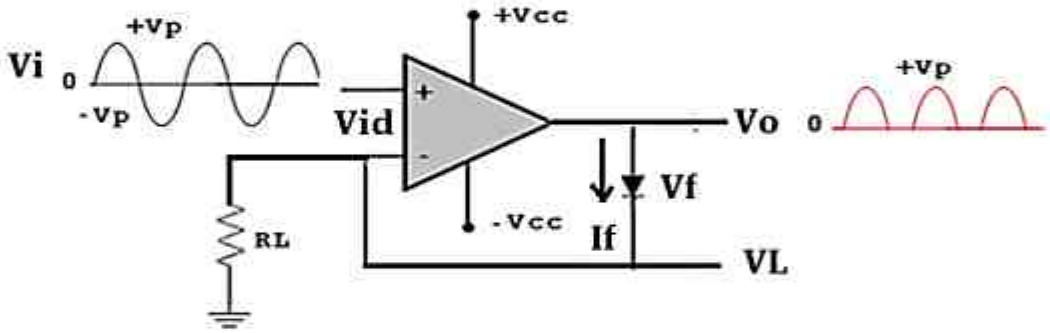
$$Vo = -(-10\ S\ \text{int} + 2Cost) = 10\ S\ \text{int} - 2Cost$$

التطبيقات اللاخطية لمكبر العمليات

ان بعض التطبيقات قد لا تقتضي استخدام مضخمات العمليات لكي تعمل كمضخمات خطية كما في الفقرات السابقة . بينما تدعو بعض التطبيقات الى مضخمات لا خطية بحيث يقتصر عملها من منسوب معين للفولتية الى أخر بالرغم من التغيرات الانية في قيمة فولتية الدخل. وعليه يمكن حصر اشارة الدخل ضمن مدى وقيم معينة في دائرة الخرج. وتتوافر تطبيقات واسعة لمضخم العمليات في مثل هذا المجال وخلال الفقرات التالية، يمكن تحليل بعض هذه التطبيقات والاستفادة منها.

1- مقوم نصف الموجة (Half wave Rectifier)

يظهر الشكل (4) دائرة مقوم نصف موجة فعال.



فعندما تكون إشارة الدخل موجبة، تكون إشارة الخرج موجبة ويقلب الدايود إلى وضعية on (أي يغلق الدايود) وتعمل_ عندئذ_الدائرة كتابع جهد ويظهر نصف الدورة الموجب عبر مقاومة الحمل. وعندما تصير إشارة الدخل سالبة يصير الخرج سالباً ويقلب الدايود إلى وضعيته off (أي يفتح الدايود ولايظهر جهد عبر مقاومة الحمل) .

وهذا هو تفسير أن الخرج النهائي هو إشارة نصف موجة كاملة تقريباً.

ان ثنائيات التوحيد الاعتيادية لا تصلح لتقويم الاشارات الصغيرة. لان هذه الثنائيات تحتاج الى قيمة معينة من فولتية الدخل لكي تنحاز اماميا.

فالثنائيات المصنعة من السليكون تحتاج الى 0.7v ، في حين مثيلاتها من الجرمانيوم تتطلب 0.3v قبل ان يحدث فعل التوصيل فيها، حيث تدعى هذه الفولتيات باسم فولتيات القطع او العتبة، لهذا السبب لا تستطيع الاشارات الصغيرة (مللي فولت مثلا) في اجتياز هذا المنسوب او التغلب عليه لإحداث فعل التوصيل في الثنائي.

لتقليل فولتيات القطع وتمكين الثنائي في تقويم الاشارات الصغيرة يستخدم معه مضخم العمليات حيث يوضع الثنائي في مسار التغذية العكسية لمضخم العمليات، وفي هذه الحالة تقل فولتية القطع للثنائي بمقدار كسب الدائرة المفتوحة ويتم تقويم الاشارات التي هي دون فولتية العتبة.

تكون فولتية الدخل مسلطة عبر الطرف غير القالب والفولتية المقدمة VI، تؤخذ من جهة الطرف القالب. أي ان فولتية الخرج Vo تشغل الثنائي، والمقاومة RL تمثل الحمل. فإذا كانت Vo كافية لتوصيل الثنائي ،عندئذ تغلق دائرة التغذية العكسية خلال الثنائي ، مما تولد فولتية تفاضلية Vid صغيرة جدا. وتصبح $VL \cong Vi$ (من مواصفات مضخم العمليات).

لكن لو كانت Vo اقل من فولتية القطع، فأن دائرة التغذية العكسية تكون مفتوحة وتصبح VL صفرا، وعليه فأن

$$V_{id} = Vi - VL \rightarrow V_{id} = Vi$$
$$A_V = \frac{V_o}{Vi} \rightarrow V_{id} = \frac{V_o}{A_V}$$

$$Vi - VL = \frac{V_o}{A_V}$$

اذن

$$Vi - VL = \frac{VL + 0.7}{A_V}$$

ومنها يمكن تحديد قيمة Vi اللازمة

$$Vi = VL\left(1 + \frac{1}{A_V}\right) + \frac{0.7}{A_V}$$

وعندما $VL = 0$ تكون

$$Vi = \frac{0.7}{A_V}$$

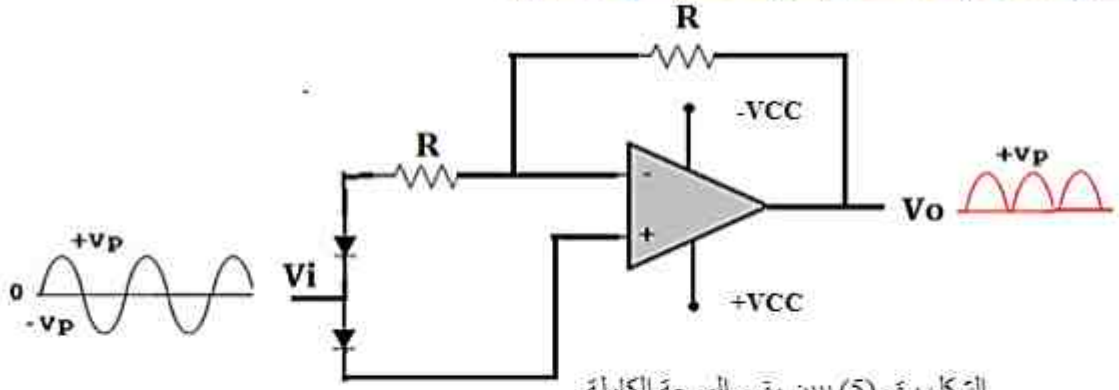
وهكذا تستخدم هذه الدائرة كموحد نصف موجة وبفولتيات دون فولتية القطع (العتبة)

مثال: اذا كان كسب الدائرة المفتوحة لمضخم العمليات 10^5 وفولتية القطع لثنائي السليكون V_D=0.7V . احسب قيمة الفولتية التفاضلية اللازمة لدائرة الثنائي الدقيق.

$$Vi = V_{id} = \frac{V_D}{A_V}$$
$$V_{id} = \frac{0.7}{10^5} = 7\mu V = Vi$$

2- مقوم الموجة الكاملة (Full wave Rectifier)

تتضح دائرة تقويم الموجة الكاملة باستخدام مضخم العمليات في الشكل التالي
ومن اجل فهم هذه الدائرة يمكن مناقشتها في مرحلتين .



الشكل رقم (5) يبين مقوم الموجة الكاملة

النصف الموجب من الموجة يمر خلال الادخال القالب، اما النصف السالب فيعمل كمكبر قالب وبذلك يكون كلا الجزئين موجب عند الاخراج.اما في حالة قلب الدايودين يكون التقويم سالب.

المرشحات (Filters)

دوائر إلكترونية ذات بوابة دخل وبوابة خرج مكونة من عناصر فعالة أو غير فعالة (أو ذات تركيب خاص أحياناً)، ولها خواص ترددية انتقائية؛ أي إنها مصممة من أجل تمرير الإشارات الكهربائية المتناوبة المترددة الواقعة في إحدى المجالات الترددية أو نقلها وفي الوقت نفسه تضعيف الإشارات ذات المجالات الترددية الأخرى بمعنى اخر (دوائر الكترونية تعمل على تمرير الإشارات الكهربائية عند ترددات معينة أو بمدى ترددي محدد ، ويمنع مرور الإشارات الأخرى ، تستخدم دوائر المرشحات في مجالات وتطبيقات مختلفة وبشكل خاص في مجالات الاتصالات) وتقسم المرشحات الى نوعين :

1- **المرشحات الخاملة :** تتكون هذه المرشحات من العناصر الإلكترونية غير الفعالة، مثل: الملفات، والمتسعات ، والمقاومات المادية. ولبساطة مكونات هذه المرشحات؛ فإنه من السهل تنفيذ داراتها، ومن عيوبها أنها تسبب بعض الفقد في الإشارات المارة بها.

➢ **مزايا المرشحات الخاملة:**

- **بساطة التصميم والصيانة :** المرشحات الخاملة تعتمد على مكونات بسيطة مثل المقاومات والمكثفات، مما يجعل تصميمها سهلاً وغير مكلف وصيانتها قليلة التعقيد.
- **عدم الحاجة لمصدر طاقة إضافي :** تعمل دون الحاجة إلى مصدر طاقة خارجي، مما يقلل من استهلاك الطاقة والتكاليف المرتبطة بها.

➢ **مساوئ المرشحات الخاملة:**

- **تأثيرات فقد الإشارة :**يمكن أن تسبب ضعفًا في الإشارة عند تمريرها عبر المرشح بسبب الاعتماد على العناصر السلبية.
- **محدودية الأداء عند الترددات العالية :**تصـــبح أقل كفاءة عند الترددات المرتفعة، حيث تتأثر خصائصها بالتحولات الطورية والتوهين.

➢ **تطبيقات المرشحات الخاملة:**

- **معالجة الإشارات الصوتية :**تُستخدم في أنظمة الصوت لتصفية الترددات غير المرغوب فيها مثل إزالة الضوضاء أو تعزيز نطاقات تردد معينة.
- **دارات الاتصالات :**تُستخدم في أنظمة الاتصالات لفصل الترددات المختلفة، مثل تقسيم قنوات التردد في الهواتف والشبكات اللاسلكية.

2- المرشحات الفعالة (Active Filters)

هي عبارة عن دوائر تستخدم المقاومات والمتسعات والمكبرات عادة تستخدم مكبرات العمليات حيث تسمح هذه الدوائر بمرور الترددات المختارة من ادخال المرشح الى اخراجه وتستخدم هذه الدوائر لتعزيز او اضاعة ترددات معينة وتستخدم في الدوائر التالية: الدوائر المعينة ، مولد الموسيقي الإلكترونية اجهزة الزلزال، دوائر الاتصالات وكذلك تستخدم في البحوث عند دراسة عناصر التردد للإشارات المختلفة كموجات الدماغ وكذلك في التنفيذيات الميكانيكية، تستخدم المرشحات الفعالة تقريبا في كل مجالات الإلكترونيات ولهذا ستتم دراستها.

فوائد المرشحات الفعالة:

المرشحات الخاملة تتكون من محاثات ومتسعات ومقاومات حيث ان اغلب المرشحات الخاملة تحتاج الى محاثات كبيرة وثقيلة الوزن وغالية الثمن وكذلك فائد المرشحات الخاملة تضعف الترددات في حزمة الامواج حتى عند تصنيف ترددات حزمة الايقاف كذلك فانه المحاثات التي تستخدم في المرشحات الخاملة تحتوي على مقاومة للاسلاك في القلب الحديدي ومتسعات مابين الاسلاك او مابين الملفات التي تجعلها تتصرف بشكل غير مقبول بعيدا عن المثالية ((ان فوائد المرشحات الفعالة من المرشحات الخاملة هي:

١- تستخدم متسعات ومقاومات تتصرف بمثالية اكثر من تلك التي فيها محاثات

٢- رخيصة الثمن نسبيا

٣- توفر كسب في حزمة الامرار ونادرا ما تحتوي على خسائر كما تفعل المرشحات الخاملة

٤- استخدام مكبر العمليات في المرشحات العالية يوفر عزل بين الادخال والاخراج وهذه الخاصية تسمح بربط مشرحات فعالة بسهولة بشكل متوالي للحصول على انواع مختلفة من المرشحات.

٥- سهولة تقيم المرشحات الفعالة

٦- المرشحات الفعالة تكون صغيرة وخفيفة الوزن

اما مساوي المرشحات الفعالة فهي انها تتطلب مصدر قدرة للتجهيز ومحدود بالتردد الاعلى الذي يعمل عليه مكبر العمليات (عدة ميكاهرتز) ولكن يمكن زيادة هذه الترددات باستخدام مكبرات متصلة سواء

كان فعال ام غير فعال يسمح لجزء معين من طيف التردد ان يمر من خلاله الى الاخراج يتم تصنيف المرشحات حسب نوع الترددات التي تمر بها.

والمرشح الفعال : هو مرشح يستخدم عنصر فعال (المكبر التشغيلي) وعناصر غير فعالة (مقاومات ومكثفات).

مميزات المرشحات الفعالة :

١) حذف الملفات غالية الثمن كبيرة الحجم .

٢) يعطى كسب للجهد .

٣) لها مقاومة خرج صغيرة ، بمعنى أنها لاتسبب أي حمل للدائرة الموجود بها المرشح .

أنواع المرشحات الفعالة :

1- المرشح الفعال لإمرار الترددات المنخفضة ((Active Low- Pass Filter(LPF)

2- المرشح الفعال لإمرار الترددات العالية ((Active High- Pass Filter(HPF)

3- المرشح الفعال امرار حزمة ((Active Band- Pass Filter(BPF)

4- المرشح الفعال منع حزمة ((Active Band- Stop-Filter(BSF)

المراجعة المركزة

يجب على الطالب قبل إنهاء المحاضرة أن يتذكر النقاط الآتية:

- **المفاضل ينتج خرجًا يتناسب مع مشتقة الدخل.**
- **معادلة المفاضل هي: $Vo = -Rf\ C\ dVin/dt$.**
- **المكامل ينتج خرجًا يتناسب مع التكامل الزمني للدخل.**
- **معادلة المكامل هي: $Vo = -(1/RC)\int Vin\ dt$.**
- **الموجة المربعة تعطي تقريبًا موجة مثلثية عند تمريرها خلال المكامل.**
- **يستخدم المفاضل في كشف الحواف والتغيرات السريعة.**
- **يستخدم المكامل في معالجة الإشارات وأنظمة التحكم.**
- **المقوم الدقيق يسمح بالتعامل مع إشارات أصغر بكثير من جهد عتبة الدايود التقليدي.**
- **المرشحات الخاملة تستخدم العناصر R و L وC.**
- **المرشحات الفعالة تستخدم عنصرًا فعالًا مثل Op-Amp.**
- **أنواع المرشحات الفعالة الأساسية LPF :و HPF وBPF وBSF.**

الثامن عشر: أسئلة وأجوبة نموذجية

س1: ما المقصود بالمفاضل الإلكتروني؟

ج: دائرة تستخدم مكبر العمليات لإنتاج جهد خرج يتناسب مع معدل تغير جهد الدخل بالنسبة للزمن.

س2: ما معادلة خرج المفاضل؟

ج:

$Vo = -Rf\ C\ dVin/dt$

س3: لماذا يكون المفاضل حساسًا للضوضاء؟

ج: لأن التفاضل يعزز المركبات ذات التردد العالي، والضوضاء غالبًا تحتوي على مركبات ترددية مرتفعة.

س4: ماذا يحدث عند إدخال موجة مربعة إلى المفاضل؟

ج: تظهر نبضات عند الحواف الصاعدة والهابطة.

س5: ما المقصود بالمكامل؟

ج: دائرة إلكترونية تنتج خرجًا متناسبًا مع التكامل الزمني لإشارة الدخل.

س6: ما معادلة المكامل؟

ج:

$$Vo = -(1/RC)\int Vin\ dt$$

س7: ما خرج المكامل عند إدخال موجة مربعة؟

ج: موجة مثلثية تقريبًا.

س8: ما الفرق الأساسي في موضع المكثف بين المفاضل والمكامل؟

ج: يكون المكثف في مسار الدخل في المفاضل، بينما يكون في مسار التغذية الراجعة في المكامل.

س9: ما المقوم الدقيق؟

ج: دائرة تستخدم مكبر العمليات والدايود لتقويم الإشارات الصغيرة مع تقليل أثر جهد عتبة الدايود.

س10: لماذا يستخدم مكبر العمليات في المقوم الدقيق؟

ج: لأن كسبه المفتوح الكبير يقلل الجهد التفاضلي اللازم لتشغيل الدايود.

س11: ما المرشح الإلكتروني؟

ج: دائرة تسمح بمرور نطاق معين من الترددات وتضعف نطاقات أخرى.

س12: ما الفرق بين المرشح الخامل والفعال؟

ج: المرشح الخامل يعتمد على عناصر غير فعالة، في حين يتضمن المرشح الفعال عنصرًا فعالًا مثل مكبر العمليات.

س13: ماذا يعني LPF ؟

ج: مرشح إمرار الترددات المنخفضة.

س14: ماذا يعني BPF ؟

ج: مرشح إمرار حزمة محددة من الترددات.

س15: ماذا يعني BSF ؟

ج: مرشح منع حزمة محددة من الترددات.

التاسع عشر: الاختبار البعدي

الدرجة الكلية: 20 درجة

القسم الأول – اختر الإجابة الصحيحة

10درجات – درجة واحدة لكل سؤال

1. **معادلة خرج المفاضل هي:**
   - **أ. $Vo = Vin$.**
   - **ب. $Vo = -Rf\ C\ dVin/dt$.**
   - **ج. $Vo = \int Vo\ dt$.**
   - **د. $Vo = R/C$.**
2. **العنصر الموجود في دخل المفاضل هو:**
   - **أ. مكثف**
   - **ب. ملف**
   - **ج. دايود**

- د. ترانزستور

3. العنصر الموجود في التغذية الراجعة للمكامل هو:
   - أ. دايود
   - ب. مكثف
   - ج. ملف
   - د. بطارية
4. الموجة المربعة الداخلة إلى المكامل تعطي:
   - أ. موجة مثلثية
   - ب. موجة مربعة مطابقة
   - ج. موجة ثابتة
   - د. لا يوجد خرج
5. يستخدم المفاضل في:
   - أ. كشف الحواف
   - ب. تخزين الطاقة فقط
   - ج. تنظيم الحرارة
   - د. تقويم القدرة فقط
6. المرشح الخامل:
   - أ. يحتاج بالضرورة إلىOp-Amp
   - ب. يمكن أن يتكون من R و LوC
   - ج. لا يتعامل مع التردد
   - د. يستخدم الدوائر الرقمية فقط

7. LPFيسمح بمرور:
   - أ. الترددات المنخفضة
   - ب. الترددات العالية فقط
   - ج. حزمة ممنوعة
   - د. لا شيء
8. HPFيسمح بمرور:
   - أ. الترددات العالية
   - ب. الترددات المنخفضة فقط
   - ج. التيار المستمر فقط
   - د. جميع الترددات دون تغيير
9. BPFيسمح بمرور:
   - أ. حزمة ترددية محددة
   - ب. كل الترددات
   - ج. لا تردد
   - د. الترددات الصفرية فقط
10. الهدف من المقوم الدقيق هو:

- أ. التعامل بكفاءة مع الإشارات الصغيرة
- ب. زيادة مقاومة الدايود
- ج. إلغاء مكبر العمليات
- د. توليد الضوضاء

القسم الثاني – الأسئلة التحليلية

10درجات – درجتان لكل سؤال

.11اكتب معادلة خرج المفاضل ووضح معنى عناصرها.

.12قارن بين المفاضل والمكامل من حيث الوظيفة وموقع المكثف.

.13إذا كان كسب الدائرة المفتوحة لمكبر العمليات:

$$Av = 10^5$$

وكان جهد الدايود:

$$VD = 0.7\ V$$

احسب أقل جهد تفاضلي تقريبي مطلوب لتشغيل الدايود.

.14وضح الفرق بين المرشحات الخاملة والمرشحات الفعالة.

.15اذكر الأنواع الأربعة للمرشحات الفعالة ووظيفة كل نوع.

العشرون: مفتاح إجابات الاختبار البعدي

القسم الأول

1. ب

2. أ

3. ب

4. أ

5. أ

6. ب

7. أ

8. أ

9. أ

.10 أ

القسم الثاني

السؤال 11

$$Vo = -Rf\ C\ dVin/dt$$

حيث Rf مقاومة التغذية الراجعة، و Cالمكثف، و dVin/dtمعدل تغير جهد الدخل مع الزمن.

السؤال 12

المفاضل ينتج مشتقة الدخل ويكون المكثف في مسار الدخل، أما المكامل فينتج التكامل الزمني للإشارة ويكون المكثف في مسار التغذية الراجعة.

السؤال 13

$$Vi = VD / Av$$

$$Vi = 0.7 / 10^5$$

$$Vi = 7 \times 10^{-6}\ V$$

إذن:

$$Vi = 7\ \mu V$$

السؤال 14

المرشح الخامل يعتمد على العناصر غير الفعالة مثل R و Cو Lولا يوفر عادةً كسبًا، أما المرشح الفعال فيستخدم عنصرًا فعالًا مثل مكبر العمليات ويمكنه تحقيق الترشيح والتكبير معًا.

السؤال 15

- **LPF: تمرير الترددات المنخفضة.**
- **HPF: تمرير الترددات العالية.**
- **BPF: تمرير حزمة محددة.**
- **BSF: منع حزمة محددة.**

الحادي والعشرون: ملاحظات تدقيقية أكاديمية

1. **ورد في المحاضرة الأصلية مصطلح »مكبر العمليات التفاضلي«Differentiator ، والمقصود في هذا السياق هو دائرة المفاضل التي تنفذ التفاضل الرياضي، وليس المكبر الفرقي Difference Amplifier الذي تمت دراسته في المحاضرة السابقة.**
2. **في المثال الأول تظهر قيم مقاومة التغذية الراجعة والحل في الرسم الأصلي بوحدة kΩ؛ لذلك يجب الانتباه إلى وحدة القياس عند نقل المثال أو استخدامه في الحساب.**
3. **ورد وصف أحد الأشكال المرتبطة بالمكامل بصياغة قد توحي بأنه خاص بالمفاضل؛ لذلك ينبغي الاعتماد على الدائرة والمعادلات نفسها عند تفسير الشكل وعدم تغيير نص المصدر الأصلي بصمت.**

خلاصة المحاضرة

توضح المحاضرة الخامسة مدى تنوع استخدامات مكبر العمليات؛ فالمكبر نفسه يمكن أن يتحول بتغيير شبكة العناصر الخارجية من مكبر جهد تقليدي إلى دائرة تنفذ التفاضل أو التكامل أو التقويم الدقيق أو الترشيح.

ومن هنا يتضح أن فهم علاقة مكبر العمليات بالعناصر الخارجية، ولا سيما المقاومات والمكثفات والدايودات، يمثل أساسًا مهمًا لتحليل وتصميم العديد من الدوائر الإلكترونية الحديثة.

المحاضرة السادسة (Sixth Lecture)

الأهداف التعليمية

بعد إكمال المحاضرة يكون الطالب قادرًا على:

1. تعريف الميكروكنترولر بصورة علمية.
2. تحديد المكونات الأساسية الموجودة داخله.
3. توضيح الفرق بين النظام الإلكتروني الثابت والنظام القابل للبرمجة.
4. ذكر أهم تطبيقات المتحكمات الدقيقة.
5. شرح وظيفة CPU داخل الميكروكنترولر.
6. توضيح وظيفة Instruction Decoder.
7. شرح دور ALU في معالجة البيانات.
8. توضيح وظيفة Accumulator.
9. التمييز بين ROM و RAMو EEPROM.
10. شرح وظيفة Program Counter.
11. التمييز بين Address Bus و Data Busو Control Bus.
12. شرح الخطوات الأساسية لعمل الميكروكنترولر.
13. التعرف على أشهر عائلات المتحكمات الدقيقة.
14. تعريف الميكروبروسيسور.
15. إجراء مقارنة أكاديمية بين الميكروكنترولر والميكروبروسيسور.

الاختبار القبلي

اختر الإجابة الصحيحة:

1. الميكروكنترولر هو:

أ. مقاومة إلكترونية
ب. حاسوب صغير مدمج في شريحة

ج. مكثف قابل للبرمجة
د. ترانزستور قدرة

.2الوحدة المسؤولة عن تنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية هي:

أ. RAM .
ب. ALU .
ج. EEPROM .
د. ROM .

.3الذاكرة التي تفقد محتوياتها عند انقطاع التغذية هي:

أ. RAM .
ب. ROM .
ج. EEPROM .
د. Flash .فقط

4. Program Counter يستخدم لتحديد:

أ. درجة الحرارة
ب. عنوان التعليمة التالية
ج. فولتية التغذية
د. مقاومة الحمل

.5من أمثلة استخدام الميكروكنترولر:

أ. أنظمة السيارات
ب. الأجهزة الطبية
ج. الأجهزة المنزلية
د. جميع ما سبق

.6الميكروبروسيسور يحتاج عادةً إلى:

أ. ذاكرة ووحدات إدخال/إخراج خارجية
ب. مقاومة واحدة فقط
ج. مكثف فقط
د. لا يحتاج إلى أي مكونات

7. EEPROM تمتاز بأنها:

أ. تفقد البيانات فور قطع التيار
ب. تحتفظ بالبيانات بعد قطع التيار

ج. لا يمكن الكتابة عليها
د. تستخدم للحسابات فقط

.8من أشهر عائلات الميكروكنترولر:

أ. PIC .
ب. AVR .
ج. 8051
د. جميع ما سبق

➢ الميكروكنترولر Microcontroller ((MC, uC, or µC))

الميكروكنترولر أو وحدة المتحكم الدقيق (MCU) هو حاسوب صغير مُركّب على دائرة متكاملة واحدة. يحتوي المتحكم الدقيق على وحدة معالجة مركزية (CPU) واحدة أو أكثر، بالإضافة إلى ذاكرة وملحقات إدخال/إخراج قابلة للبرمجة. غالبًا ما تتضمن الشريحة ذاكرة برنامج على شكل ذاكرة فلاش NOR، أو ذاكرة قراءة فقط OTP، أو ذاكرة وصول عشوائي (RAM) كهربائية حديدية، بالإضافة إلى كمية صغيرة من ذاكرة الوصول العشوائي (RAM). صُممت المتحكمات الدقيقة للتطبيقات المدمجة، على عكس المعالجات الدقيقة المستخدمة في الحواسيب الشخصية أو غيرها من التطبيقات العامة التي تتكون من شرائح منفصلة متنوعة.

- **ويمكن تمثيلة بانه قطعة إلكترونية تعمل بالنظام الرقمي تم اكتشافها وتطويرها بعد الكمبيوتر، وهو يقوم بحفظ مجموعة من الأوامر والتي تتم من خلال عملية البرمجة التي يخضع لها قبل استخدامه، خلافا بـ الدوائر التماثلية التي يتم تصميمها لتقوم بوظيفة معينة ثابتة.**

وفي حالة الرغبة في التعديل عليها يتطلب ذلك تغيير في التوصيلات وفي معظم الحالات يتطلب ذلك تغيير **المكونات الالكترونية** ايضاً، اما الميكروكنترولر فهو **يستخدم ليقوم بمجموعة من الوظائف المختلفة، ويستخدم في المصانع والآلات التي يقوم عملها على مجموعة من الخطوات والأوامر والتعليمات.**

وفي بعض تطبيقات الميكروكنترولر هو ليتجاوب مع العنصر البشري كما في الأجهزة المنزلية الحديثة كـ الغسالة والثلاجة والتكييف والأنظمة الذكية وانظمة الانذار السرقة ، تسريب الغاز، الحركة لتأمين البشر والمنشآت والكثير من التطبيقات الأخرى.

ومن اسمه تستطيع ان تعرفه بأنه متحكم صغير او كمبيوتر صغير والرأس المدبرة لإدارة عملية كاملة للمكونات الاخرى مثل الحساسات لكي يقوم بالتواصل مع العالم الخارجي، واضافة له محركات ومكونات تتفاعل معه، وايضاً مدخلات كـ لوحة المفاتيح للتعامل مع العنصر البشري.

الشكل رقم (1) يبين بعض اشكال(**Microcontroller**).

➢ تطبيقات واستخدامات الميكروكنترولر

يستخدم الميكروكنترولر في الاجهزة التي يتم التحكم فيها اتوماتيكياً وتوجد الكثير الاجهزة التي تجعل استخدامنا للميكروكنترولر يومياً دون ان ندرك ذلك، إذا كان ذلك في المنزل أو العمل:

1- في الأجهزة الطبية والاتصالات:(Medical & Communication)

- أجهزة القياس الحيوية (مثل أجهزة قياس السكر أو الضغط).
- أجهزة تنظيم ضربات القلب.
- أجهزة الاتصالات الرقمية والمحمولة.
- أجهزة المراقبة الطبية الذكية.

الهدف: جمع البيانات، معالجتها بدقة، وإصدار استجابات تلقائية.

2- في الحواسيب والأنظمة المدمجة:(Embedded Systems)

- لوحات المفاتيح والفأرة.
- الطابعات والماسحات.
- أجهزة USB والـ Modems.
- أنظمة الأمن والبطاقات الذكية.

2- المنزل: التلفزيون، مشغل دي في دي، الهاتف، جهاز فاكس، الهواتف الخلوية، أنظمة الأمن، كاميرا، آلة الخياطة، آلة موسيقية، ممارسة آلة، ألعاب الفيديو، الكمبيوتر، المايكروويف.

3- المكتب: أجهزة الكمبيوتر والطابعات والهواتف، وأجهزة الفاكس وأنظمة الأمن والسيارة.

4- في الأنظمة الصناعية والتحكم الآلي:(Industrial Control)

يُستخدم الميكروكنترولر على نطاق واسع في:

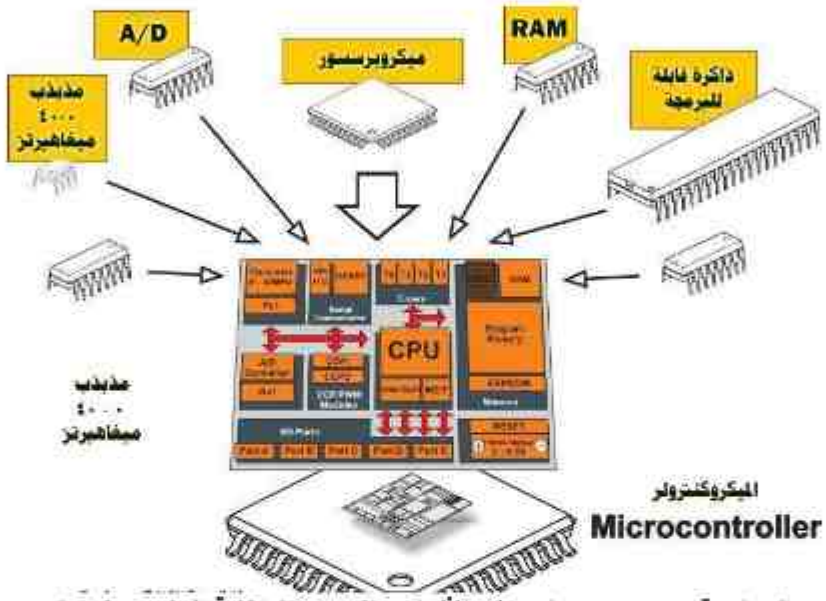
- خطوط الإنتاج الآلية.
- أجهزة القياس والمراقبة.
- التحكم في المحركات والأنظمة الميكانيكية.
- أنظمة الأمان والتنبيه في المصانع.

الهدف: أتمتة العمليات، رفع الدقة، وتقليل الحاجة للتدخل البشري.

5- **في السيارات والمركبات:(Automotive Applications)**

المايكروكنترولر يُعد مكونًا أساسيًا في الأنظمة الحديثة للسيارات مثل:

- أنظمة الفرامل.ABS
- التحكم في الوسائد الهوائية.Airbags
- التحكم في المحرك وإدارة الوقود.
- أنظمة الإضاءة الذكية.
- شاشات العرض الرقمية وأنظمة الترفيه داخل السيارة.

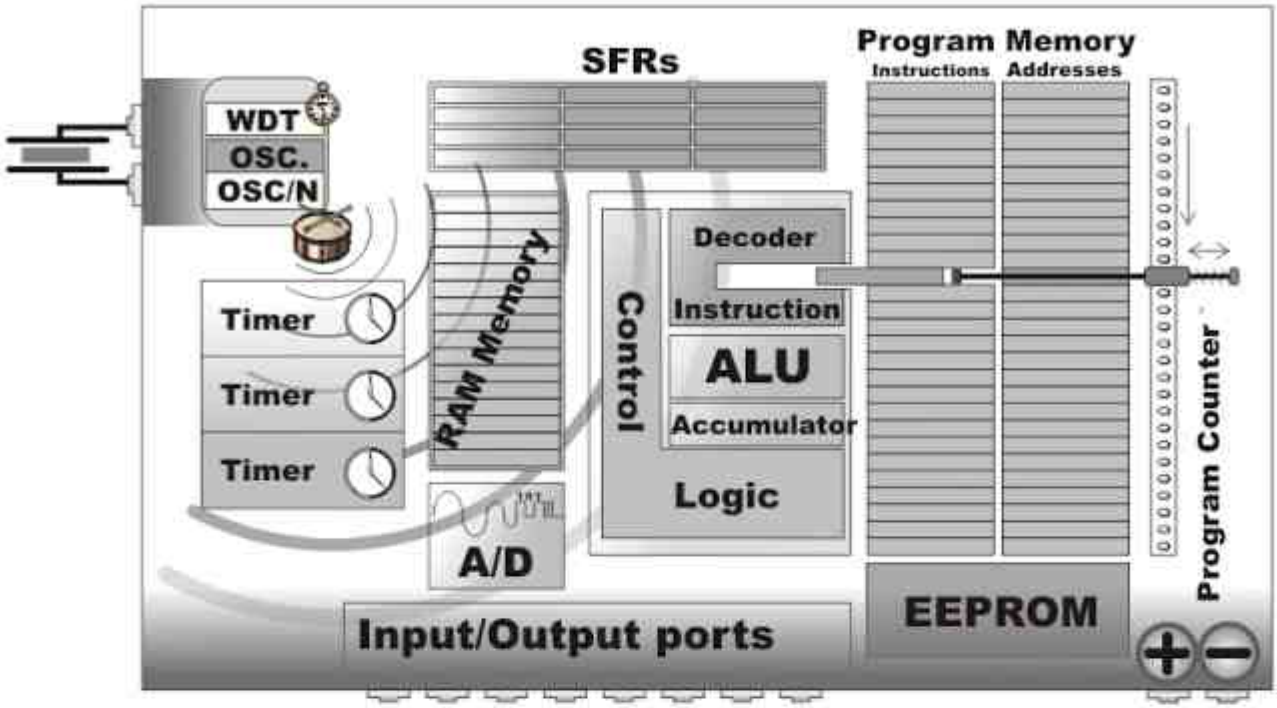


الشكل رقم (2) يبين شكل بعض الأنواع والاجزاء الداخلية المايكروكنترولر.

➢ **التركيب الداخلي للميكروكنترولر**

- CPU وهي إختصـــاراً (Center Processor Unit) :ومن إســـمها فهي وحدة التحكم والمراقبة جميع البيانات داخل الميكروكنترولر، حيث ان المبرمج او المستخدم لا يستطيع التأثير أو التعديل على عملها، وهي تتكون من وحدات فرعية أصغر ومن أهمها:

- Instruction Decoder :هو جزء من الالكترونيات يقوم بالتعرف على تعليمات البرنامج وتشـغيل باقي الدوائر بناءاً على ذلك.
- ALU وهي اختصـاراً (Arithmetic Logical Unit)هي المسؤولة عن عمليات المعالجة للبيانات داخل الميكروكنترولر، قد تكون هذه العمليات عمليات حسابية كالـ (+ , – , % , *) او عمليات منطقية كالـ (... , AND , NOT , OR) إلخ.
- **Accumulator** :هو ســجل مرتبطا بعمل ALU ويســتخدم لتخزين جميع البيانات التي توجب تنفيذ بعض العمليات (إضـــافة و تحول ..إلخ). كما يتم فيه تخزين النتائج الجاهزة لإســـتخدمها في المعالجات الاضـافية. ويوجد سـجيل يسـمى Status Register يرتبط ارتباطاً وثيقاً بال accumulator **ووظيفته تبين في اي وقت من الأوقات وضع العدد المخزن في accumulator اكبر من او اصغر من الصفر.**



الشكل رقم (3) يبين شكل (CPU) داخل المايكروكنترولر.

- SERs وهي اختصـــار Special Function Registers :وهي جزء داخـل قســم Memory في الميكروكنترولر وهو مجموعة من السجلات المسئولة عن عمل كلاً من :

I/O Ports, PWM ،ADC Interface, Serial Interface بـالشـــكـل الـمـطـلـوب. وكل سـجل يكون متصـل مع جزء من اجزاء الميكروكنترولر لتنفيذ العمليات، والغرض منها محدد مسـبقاً من قبل الشركة المصنعة ولا يمكن تغييره او التعديل عليه.

➢ **Memory (الذاكرة)**

- ROM: هي اختصاراً لــ Read Only Memory حيث يتم تخزين فيها الكود او البرنامج وتقوم بحفظ البرنامج بشـــكل دائم لكي يقوم المتســـخدم بتغييره او التعديل عليه حالة قطع التيار عن الميكروكنترولر، حيث ان حجم البرنامج الذي يمكن كتابته يعتمد على حجم هذا الذاكرة، و ROMيوجد منها من يكون داخل الميكروكنترولر او تستطيع اضافة رقاقة ROM خارجية اكبر مساحة وتعتمد على نوع الميكروكنترولر و النوعين من ROM لهم سلبيات.
  - واما اذا كانت ROM داخلية فإنها ترفع من قيمة الميكروكنترولر ومســاحتها تكون صــغيرة وحجم الروم عادة يتراوح بين (**512B الى 64KB).**
- **RAM**: هي اختصـــار Random Access Memory تقوم بعملية تخزين مؤقت للبيانات Data وتخزين النتائج التي تم إنشـائها واسـتخدامها أثناء عمل الميكروكنترولر. ويتم مسـح محتويات هذه الذاكرة بمجرد انقطاع التيار عن الميكروكنترولر. وحجم ذاكرة RAM تصل إلى بضعة كيلوبايت.

- **EEPROM**:هي اختصـــار Electrically Erasable Programmable وهي نوع من انواع الذاكرة ليســـت موجودة في كل الميكروكنترولر وقد يتم تغيير محتوياتها أثناء تنفيذ البرنامج شـــبه عملRAM ، ولكن يحفظ فيها البيانات حتى بعد قطع التيار عن الميكروكنترولر مثل ذاكرة.ROM ويقوم عملها غالباً على تخزين القيم والتي تم إنشـاؤها واستخدامها أثناء عمل المتحكم الدقيق مثل (قيم المعايرة ,الرموز وقيم العد .. الخ) والتي يحتاج الميكروكنترولر حفظها حتى بعد قطع التيار عنه، ومن عيوب هذه الذاكرة ان عملية البرمجة بطيئة نسبياً وتقاس بالميلي ثانية.
- **Program Counter**:هو المحرك لتنفيذ خطوات البرنامج ويشـــير إلى عنوان الذاكرة Address التي تحتوي على التعليمات التالية للتنفيذ، وبعد كل عملية تنفيذ لتعليمات، تزيد قيمة العداد بمقدار واحد. لهذا السبب ينفذ البرنامج تعليمات او أمر واحد في كل مرة كما مكتوب البرنامج.

- **BUS :هي توصيلات بين أجزاء الميكروكنترولر داخلياً لتداول ونقل البيانات ومنها:**
  - Address bus
  - Data bus
  - Control Bus
  - A / D Converter

➢ كيف يعمل الميكروكنترولر

على الرغم من ان هناك عدد كبير من أنواع المتحكمات الدقيقة والعديد من البرامج التي تم إنشـــاؤها خصـيصـاً لها، إلا ان كل الميكروكنترولر لديها العديد من الأشـياء المشـتركة بينها ، طريقة عمل الميكروكنترولر كلها واحدة بين أنواعها المختلفة وكما موضح كالتالي:

1. في حالة ان Power Supply لا يعمل (turn off) فإن اجزاء ومكونات الميكروكنترولر لا تعمل ايضـاً والبرنامج كما هو مثبت داخله.
2. في حالـة ان Power Supply يعمل (turn ON) فإن اجزاء ومكونات الميكروكنترولر تبدأ بالعمل بســـرعة عالية. تُبقي وحدة التحكم المنطقية (CLU) كل شـــئ تحت الســـيطرة وتقوم بتعطيل المكونات والأجزاء حتى يبدأ Quartz Crystal بالعمل اولاً، وهذه العملية تحدث في الملي الثانية الاولى.
3. بعد وصـول جهد Power Supply إلى اقصـى مسـتوى، ويسـتقر Oscillator Frequency في عمله. وتبدأ SFRs بعملها. يتم تكوين Pins كمدخلات.input
4. حالة Program Counter قيمته صفر. يتم إرسال التعليمات من هذا العنوان إلى المسئول عن فك ترميز التعليمات وهو Instruction Decoder والذي يقوم بالتعرف عليها ثم يقوم بتنفيذ هذه التعليمات.
5. وتزداد قيمة Program Counter بمقدار 1 وتكرار العملية برمتها عدة ملايين مرة في الثانية الواحدة.

➢ انواع الميكروكنترولر

تنوعت رقاقة الميكروكنترولر لتصنيعه من قبل شركات عدة وبمواصفات وقيم مختلفة، ومن الشركات التي قامت بتصميم وتطوير المايكروكنترولر:

➢ **انواع الميكروكنترولر من حيث الشركة المصنعة:**

- Intel
- Motorola
- Microchip "pic"
- Hitachi
- Atmel
- National
- Toshiba
- Zilog
- Texas Instruments

➢ **انواع الميكروكنترولر من حيث الاسم:**

- 8051 Microcontrollers
- AVR Microcontrollers
- PIC Microcontrollers

المايكروبروسيسور (Microprocessor)

- هو **العقل الرئيسي للحاسوب**، وهو عبارة عن شريحة إلكترونية صغيرة تحتوي على وحدة المعالجة المركزية (CPU) فقط.
- يقوم بمعالجة البيانات وتنفيذ الأوامر، لكنه لا يحتوي على ذاكرة أو مداخل ومخارج مدمجة، لذلك يحتاج إلى مكونات خارجية – RAM – ROM) وحدات إدخال وإخراج (ليكوّن نظامًا كاملاً.

الوظيفة الأساسية:

- تنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية (مثل الجمع، الطرح، المقارنات)
- معالجة البيانات حسب البرنامج الموجود في الذاكرة.
- التحكم في تدفق المعلومات بين المكونات المختلفة للنظام.

الخصائص العامة:

- يعتمد على نموذج فون نيومان(Von Neumann) ، حيث تُستخدم نفس الذاكرة للتعليمات والبيانات.
- يتميز بسرعة عالية وقدرة على تنفيذ عمليات معقّدة.
- يستخدم في الحواسيب الشخصية، الخوادم، والأجهزة التي تتطلب معالجة قوية.
- يحتاج إلى مكونات مساعدة خارجية ليعمل كنظام متكامل.

أمثلة على الميكروبروسيسورات:

- مثل(Intel, Core i7, Pentium) وغيرها

الشكل رقم (4) يبين **(Microprocessor)**

مقارنة بين (الميكروبروسيسور(Microprocessor) و الميكروكنترولر(Microcontroller))

الميكروبروسيسور(Microprocessor)	الميكروكنترولر(Microcontroller)
❖ الميكروبروسيسور هو الجزء الرئيسي من نظام الحاسوب.	❖ الميكروكنترولر هو جزء من نظام مدمج (Embedded System).
❖ يحتوي فقط على المعالج، أما الذاكرة ومكونات الإدخال/الإخراج فيجب توصيلها خارجيًا.	❖ يحتوي على معالج (Processor) بالإضافة إلى الذاكرة الداخلية ومكونات الإدخال/الإخراج.(I/O)
❖ الذاكرة ومكونات الإدخال/الإخراج يتم توصيلها خارجيًا، وبالتالي يصبح حجم الدائرة كبيرًا.	❖ الذاكرة ومكونات الإدخال/الإخراج مدمجة داخليًا، لذلك يكون حجم الدائرة صغيرًا.
❖ لا يمكن استخدامه في الأنظمة الصغيرة والمدمجة.	❖ يمكن استخدامه في الأنظمة الصغيرة والمدمجة.
❖ تكلفة النظام الكامل للميكروبروسيسور مرتفعة.	❖ تكلفة النظام الكامل للميكروكنترولر منخفضة.
❖ غير مناسب للعمل بالبطاريات بسبب الحاجة لمكونات خارجية كثيرة، مما يؤدي إلى استهلاك طاقة مرتفع.	❖ يمكن استخدامه في الأجهزة التي تعمل على البطاريات نظرًا لقلة المكونات الخارجية وانخفاض استهلاك الطاقة.
❖ العديد من الميكروبروسيسورات لا توفر أوضاع توفير الطاقة.	❖ العديد من الميكروكنترولرات توفر أوضاع توفير الطاقة.
❖ يُستخدم في الحواسيب الشخصية.	❖ تطبيقات الميكروكنترولر واسعة، مثل: الغسالات، مشغلات MP3، السيارات، والأنظمة المدمجة.
❖ يعتمد على نموذج فون نيومان (Von Neumann Model).	❖ يعتمد على معمارية هارفارد.(Harvard Architecture)
❖ لا يحتوي على RAM أو ROM أو محيطات أخرى في نفس الشريحة.	❖ يحتوي على وحدة المعالجة المركزية (CPU) مع ذاكرة RAMو ROMومحيطات أخرى مدمجة في شريحة واحدة.
❖ يمكن أن تعمل هذه الأنظمة بسرعات عالية جدًا.	❖ تعمل هذه الأنظمة بسرعة تصل إلى 200 ميغاهيرتز أو أكثر حسب المعمارية.
❖ يُستخدم للتطبيقات العامة.(General Purpose)	❖ يُستخدم عادةً للتطبيقات المتخصصة-(Application Specific).
❖ معقد ومكلف ويحتوي على عدد كبير من التعليمات.	❖ بسيط ومنخفض التكلفة ويحتوي على عدد قليل من التعليمات.

أسئلة وأجوبة نموذجية

س1: عرف الميكروكنترولر.

ج: هو حاسوب صغير مدمج في دائرة متكاملة واحدة يحتوي على وحدة معالجة وذاكرة ووحدات إدخال وإخراج ووحدات طرفية قابلة للبرمجة.

س2: ما أهم ميزة للميكروكنترولر مقارنة بالدائرة التقليدية؟

ج: إمكانية تغيير الوظيفة عن طريق البرنامج بدل تغيير التوصيلات والمكونات في كل مرة.

س3: ما وظيفة CPU ؟

ج: تنفيذ التعليمات والتحكم في العمليات والتنسيق بين أجزاء النظام.

س4: ما وظيفة ALU ؟

ج: تنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية على البيانات.

س5: ما وظيفة Instruction Decoder ؟

ج: التعرف على التعليمة وتحديد العملية المطلوب تنفيذها.

س6: ما وظيفة Accumulator ؟

ج: التخزين المؤقت للبيانات والنتائج المستخدمة في عمليات المعالجة.

س7: ما المقصود بـ SFRs ؟

ج: سجلات خاصة تستخدم للتحكم في الوحدات الطرفية مثل I/O و PWM والاتصالات و ADC.

س8: ما الفرق بين ROM و RAM؟

ج ROM :أو ذاكرة البرنامج تحتفظ بالمحتوى بعد قطع التغذية، بينما RAM تستخدم للتخزين المؤقت وتفقد محتوياتها عند قطع التغذية.

س9: لماذا تستخدم EEPROM ؟

ج: لحفظ بيانات يجب الاحتفاظ بها حتى بعد قطع التغذية مثل قيم المعايرة والإعدادات.

س10: ما وظيفة Program Counter ؟

ج: تحديد عنوان التعليمة التالية التي سيقوم المعالج بتنفيذها.

س11: ما أنواع Buses الأساسية؟

ج Address Bus :و Data Busو Control Bus.

س12: ما دورة تنفيذ التعليمة؟

ج: جلب التعليمة ثم فك شفرتها ثم تنفيذها.

س13: اذكر ثلاثة تطبيقات للميكروكنترولر.

ج: السيارات، الأجهزة الطبية، الأجهزة المنزلية أو أنظمة التحكم الصناعي.

س14: ما الفرق الأساسي بين الميكروكنترولر والميكروبروسيسور؟

ج: الميكروكنترولر يجمع المعالج والذاكرة والوحدات الطرفية في شريحة متكاملة مخصصة غالبًا للأنظمة المدمجة، بينما الميكروبروسيسور يركز على المعالجة ويستخدم في أنظمة الحاسوب العامة مع مكونات مساعدة.

س15: اذكر ثلاث عائلات للميكروكنترولر.

ج: 8051 و AVRو PIC.

الحادي والعشرون: الاختبار البعدي

الدرجة الكلية: 20 درجة

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة

10درجات

1. MCU تعني:

أ. وحدة قياس
ب. وحدة متحكم دقيق
ج. وحدة ذاكرة فقط
د. محول قدرة

2.الجزء المسؤول عن العمليات الحسابية والمنطقية هو:

أ. ALU
ب. EEPROM
ج. ROM
د. Bus

3.الذاكرة المؤقتة هي:

أ. RAM
ب. EEPROM
ج. ROM
د. Flash فقط

4.الذاكرة المستخدمة للاحتفاظ ببعض البيانات بعد قطع التيار هي:

أ. RAM
ب. EEPROM
ج. Accumulator
د. ALU

5.الجزء الذي يحدد عنوان التعليمة التالية هو:

أ. Program Counter
ب. ADC
ج. PWM
د. I/O Port

6.الناقل المسؤول عن نقل البيانات هو:

أ. Data Bus
ب. Address Bus
ج. Control Bus
د. جميعها بنفس الوظيفة

7.من تطبيقات الميكروكنترولر:

أ. أنظمة ABS
ب. الأجهزة الطبية
ج. التحكم الصناعي
د. جميع ما سبق

8.من عائلات الميكروكنترولر:

أ. AVR
ب. PIC
ج. 8051
د. جميع ما سبق

9.دورة تنفيذ التعليمة بصورة مبسطة هي:

أ. Execute → Stop .

ب. Fetch → Decode → Execute .

ج. Input → Off .

د. Memory → Power .

10. الميكروبروسيسور يستخدم بصورة رئيسية في:

أ. أنظمة المعالجة العامة والحواسيب

ب. المقاومات

ج. المكثفات

د. الدايودات

ثانياً: الأسئلة التحليلية

10 درجات – درجتان لكل سؤال

11. ارسم مخططًا كتليًا مبسطًا يوضح العلاقة بين المدخلات والميكروكنترولر والمخرجات.

12. وضح الفرق بين RAM و EEPROM.

13. اشرح تسلسل تنفيذ التعليمة داخل الميكروكنترولر.

14. قارن بين Address Bus و Data Bus و Control Bus.

15. اذكر خمسة فروق بين Microcontroller و Microprocessor.

الثاني والعشرون: مفتاح الإجابات

إجابات الاختيار من متعدد

1. ب
2. أ
3. أ
4. ب
5. أ
6. أ
7. د

8. د

9. ب

10. أ

الحلول النموذجية للأسئلة التحليلية

السؤال 11

المخطط الأساسي:

Sensors / Inputs → Microcontroller → Output Devices

ويحتوي الميكروكنترولر داخليًا على:

CPU + Memory + I/O + Peripherals

السؤال 12

RAM:
ذاكرة مؤقتة تستخدم أثناء تشغيل البرنامج وتفقد محتوياتها عند انقطاع التغذية.

EEPROM:
ذاكرة غير متطايرة تحتفظ بالمعلومات بعد انقطاع التغذية، وتستخدم لحفظ الإعدادات وقيم المعايرة وغيرها.

السؤال 13

التسلسل العام:

1. **يحدد Program Counter عنوان التعليمة.**
2. **يتم جلب التعليمة من ذاكرة البرنامج.**
3. **ترسل إلى.Instruction Decoder**
4. **يفك Decoder شفرة التعليمة.**
5. **تقوم CPU أو ALU بتنفيذها.**
6. **يتم تحديث.Program Counter**

7. تبدأ دورة جديدة.

السؤال 14

Address Bus: ينقل عنوان الموقع المطلوب.

Data Bus: ينقل البيانات الفعلية.

Control Bus: ينقل إشارات التحكم والتنسيق بين الوحدات.

السؤال 15

من الفروق:

- الميكروكنترولر مخصص غالبًا للأنظمة المدمجة.
- الميكروبروسيسور يستخدم في أنظمة المعالجة العامة.
- الميكروكنترولر يدمج الذاكرة ووحدات I/O.
- الميكروبروسيسور التقليدي يحتاج إلى مكونات إضافية.
- حجم نظام الميكروكنترولر أصغر.
- استهلاك الطاقة أقل عادة في أنظمة التحكم الصغيرة.
- تكلفة النظام المدمج أقل في كثير من التطبيقات.

الثالث والعشرون: ملاحظات تدقيقية أكاديمية

1. تسمية CPU

وردت في النص الأصلي صياغة قريبة من Center Processor Unit.

أما المصطلح القياسي المستخدم أكاديميًا فهو:

Central Processing Unit – CPU

ولذلك تم استخدام المصطلح القياسي مع الإبقاء على الفكرة التعليمية نفسها.

2. SFRs

تظهر في رسم التركيب الداخلي عبارة:

SFRs – Special Function Registers

وهي التسمية التي تم اعتمادها في تنظيم المحاضرة.

.3ذاكرة البرنامج

تستخدم المحاضرة لفظ ROM في بعض المواضع، بينما تذكر في مقدمتها أنواعًا مختلفة من ذاكرة البرنامج مثل Flash و.OTP

لذلك يستخدم مصطلح Program Memoryكمفهوم عام، مع إبقاء ROM ضمن المصطلحات التي يعرضها المصدر.

Von Neumannو4. Harvard

تعرض المقارنة الأصلية الميكروكنترولر باعتباره مرتبطًا بمعمارية Harvard والميكروبروسيسور بنموذج.Von Neumann

يجب التعامل مع ذلك باعتباره تبسيطًا تعليميًا في إطار المحاضرة؛ لأن المعماريات العملية الحديثة قد تتضمن ترتيبات مختلفة وفق التصميم.

.5مستوى التكامل

تعرض المحاضرة الميكروبروسيسور في صورته التعليمية التقليدية بوصفه وحدة معالجة تحتاج إلى ذاكرة ووحدات خارجية.

تم الحفاظ على هذا النموذج لأنه المقصود بالمقارنة التعليمية في المادة.

الخلاصة

الميكروكنترولر هو أحد أهم مكونات الأنظمة المدمجة، إذ يجمع وحدة المعالجة والذاكرة ووحدات الإدخال والإخراج والعديد من الوظائف الطرفية داخل شريحة واحدة.

تعتمد طريقة عمله على تنفيذ برنامج مخزن في الذاكرة وفق دورة متكررة من جلب التعليمات وفك شفرتها وتنفيذها.

وتظهر أهميته في العدد الكبير من التطبيقات الطبية والصناعية والمنزلية والسيارات وأنظمة التحكم.

أما الميكروبروسيسور فيركز بصورة أكبر على عمليات المعالجة ويستخدم بصورة رئيسية في أنظمة الحاسوب والتطبيقات العامة التي تتطلب إمكانات معالجة أكبر.

ويعد فهم الفرق بينهما أساسًا مهمًا لفهم الأنظمة الإلكترونية والأنظمة المدمجة الحديثة.

المحاضرة السابعة (Seventh Lecture)

الأهداف التعليمية

بعد إكمال المحاضرة يُتوقع من الطالب أن يكون قادرًا على:

1. تعريف منصة Arduino.
2. بيان العلاقة بين Arduino والميكروكنترولر.
3. ذكر أهم أنواع لوحات Arduino.
4. تحديد الأجزاء الرئيسة في لوحة Arduino Uno.
5. شرح وظيفة المتحكم ATmega328P.
6. التعرف على المنافذ الرقمية في اللوحة.
7. التمييز بين منافذ الإدخال والإخراج.
8. شرح مفهوم PWM كما ورد في المحاضرة.
9. تحديد منافذ الاتصال UART و SPI.
10. توضيح وظيفة منفذ AREF.
11. شرح وظيفة منافذ الطاقة.
12. توضيح وظيفة منفذ USB.
13. شرح وظيفة منظم الجهد.
14. شرح أهمية Crystal Oscillator.
15. توضيح وظيفة زر Reset.
16. التعرف على مؤشرات TX و RX.
17. ترتيب خطوات برمجة لوحة Arduino.
18. ذكر أهم مزايا منصة Arduino.
19. التعرف على بعض مكتبات Arduino.
20. ربط Arduino بتطبيقات عملية في التحكم والروبوتات وإنترنت الأشياء.

الاختبار القبلي

اختر الإجابة الصحيحة:

1. Arduino هو:

أ. مقاومة متغيرة
ب. منصة إلكترونية قابلة للبرمجة
ج. مكثف
د. دايود

2. العنصر المسؤول بصورة رئيسة عن تنفيذ البرنامج داخل Arduino Uno هو:

أ. LED .
ب. ATmega328P .
ج. منظم الجهد
د. منفذ USB فقط

3. عدد المنافذ الرقمية المذكورة للوحة Arduino Uno هو:

أ. 6
ب. 8
ج. 14
د. 20

4. المنفذان 0 و1 يستخدمان في:

أ. SPI .
ب. UART .
ج. الطاقة
د. Reset .

5. أي مجموعة من المنافذ توفر PWM حسب المحاضرة؟

أ. 0 و1 فقط
ب. 3 و5 و6 و9 و10 و11
ج A0 .و A1فقط
د GND .وV5

6. وظيفة زر Reset هي:

أ. زيادة الجهد
ب. إعادة تنفيذ البرنامج من البداية
ج. تخزين البيانات
د. زيادة الذاكرة

7. Crystal Oscillator يستخدم أساسًا من أجل:

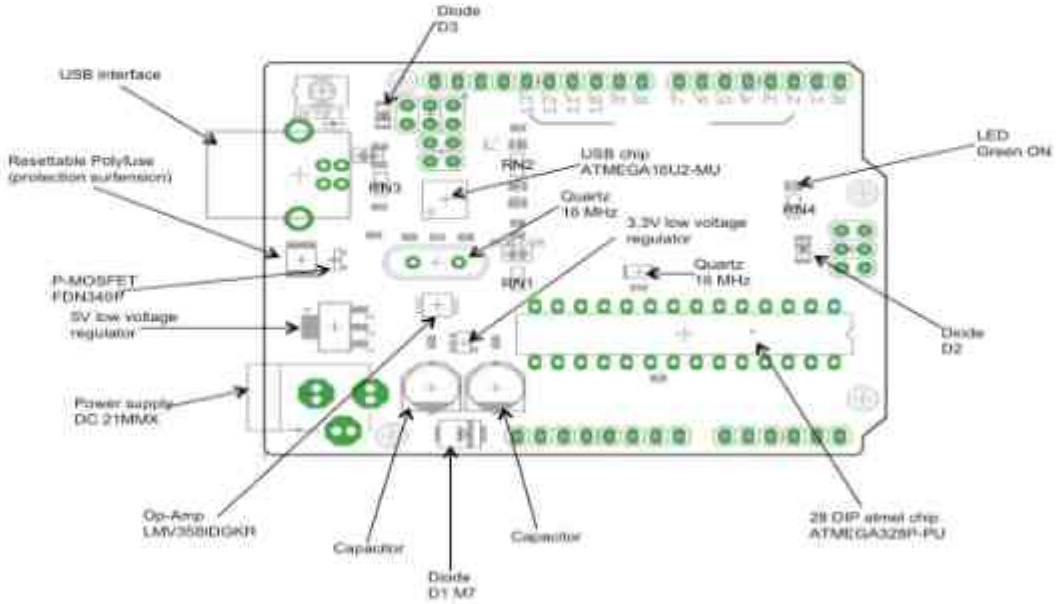
أ. توليد نبضات التوقيت
ب. تخزين البرنامج
ج. إضاءةLED
د. رفع جهد التغذية

8. Arduino IDE يستخدم من أجل:

أ. كتابة وتحميل البرنامج
ب. قياس المقاومة
ج. تنظيم الجهد
د. تشغيل المحرك مباشرة

➢ الأردوينو (Arduino):

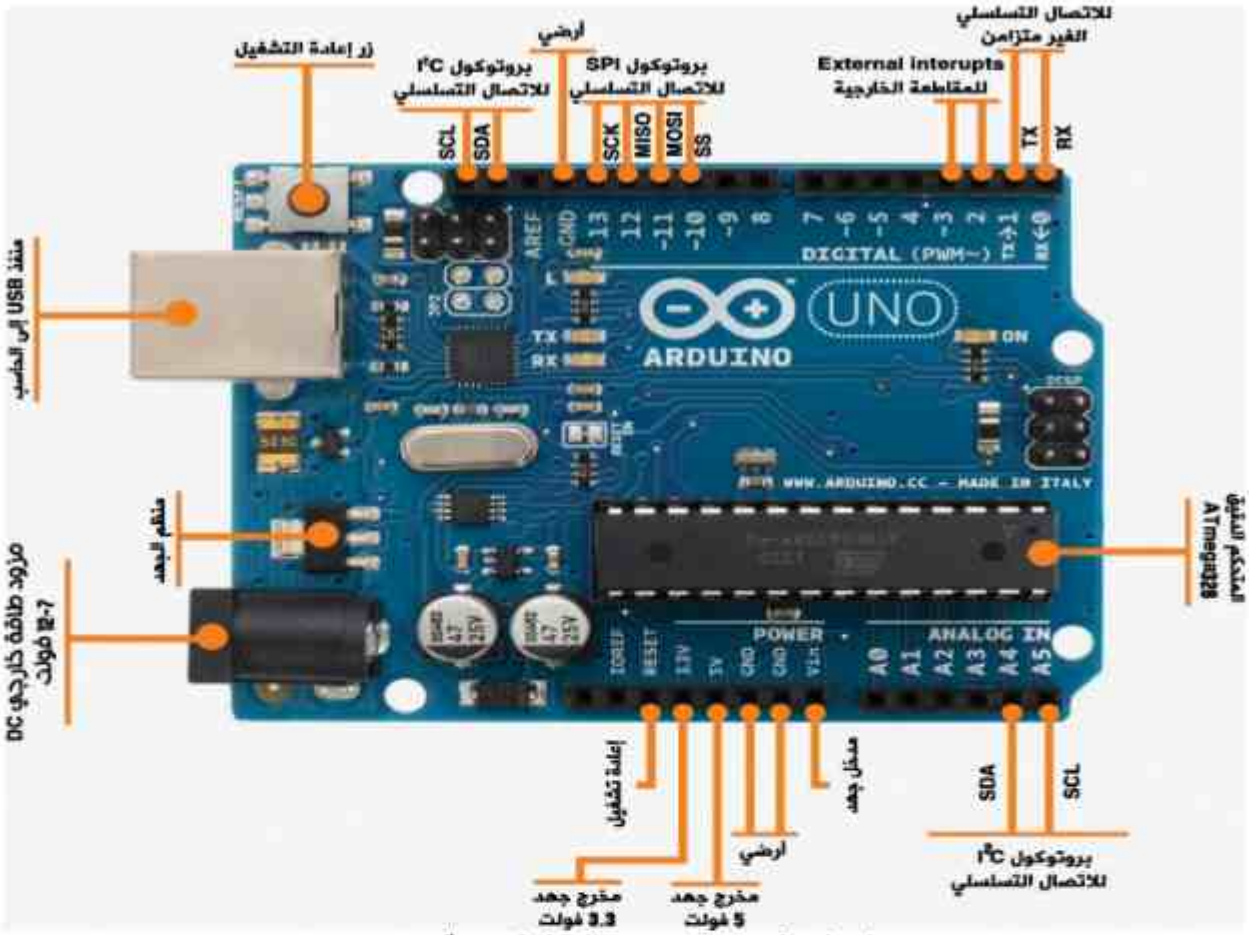
- ظهرت فكرة الاردوينو من معهد التصميم التفاعلي في إفريا بإيطاليا فكرة الأردوينو من قبل فريق صغير يتكون من خمس أشخاص فقط، وهم ماسيمو بانزي وديفيد كوارتيليس وجيانلوكا مارتينو وتوم إجوي وديفيد ميليس ، حيث يعتبر الاردوينو منصة مفتوحة المصدر لتطوير الأجهزة الإلكترونية المستخدمة في مجال صناعة الروبوتات والأنظمة المدمجة، حيث يتكون من لوحة إلكترونية تحتوي على متحكم مبرمج قادر على تشغيل برامج محملة عليه. الشكل رقم (1) يمثل الرمز الخاص بالاردوينو ، تم تطوير الأردوينو في إيطاليا من عام 2005 ليساعد في تعليم الطلاب الدوائر الإلكترونية والبرمجة.
- يتم برمجة الأردوينو باستخدام لغة برمجة خاصة وبيئة تطوير مرئية توفر مجموعة كبيرة من الدوال والمكتبات الجاهزة لتسهيل عملية البرمجة، تتيح أجهزة الأردوينو للمستخدمين توصيل مجموعة متنوعة من الدوائر الإلكترونية ومستشعرات ومحركات وغيرها من الأجهزة لتطوير أنظمة قابلة للتحكم والتفاعل.
- بالإضافة الى انه يتكون من لوحة إلكترونية صغيرة الحجم، رخيصة السعر وسهلة الاستخدام، تعمل كمتحكم ورابط بين المكونات الكهربائية المختلفة يتم التحكم بطريقة عملها عن طريق برمجتها.



الشكل رقم (1) يوضح الرمز الداخلي للاردوينو.

يمتاز الأردوينو بسهولة الاستخدام وتوافره وتكلفته المنخفضة مقارنة بمنصات التطوير الأخرى، مما يجعله مناسبًا للمبتدئين والهواة والمحترفين على حد سواء.

يمكن استخدام الأردوينو في تنفيذ مشاريع وأنظمة متنوعة مثل التحكم في الإضاءة والمنزل الذكي والروبوتات وأجهزة الاستشعار والقياس وغيرها. هناك العديد من أنواع الأردوينو المتاحة في السوق، وتتوفر كل منها بمواصفات وميزات مختلفة لتلبية احتياجات المستخدمين المختلفة.



الشكل رقم (2) يوضح المنافذ الخاصة بالاردوينو.

وفيما يلي بعض أنواع الأردوينو الشائعة:

1. Arduino Uno: يُعتبر Uno هو النموذج الأكثر شهرة واستخدامًا في عالم Arduino. يتميز بذاكرة برمجة كبيرة ومجموعة واسعة من المداخل والمخارج وهو مثالي للمبتدئين.

2. Arduino Nano: يتميز Nano بحجمه الصغير وقدرته على العمل على تيار منخفض. يُفضل بشكل خاص للمشاريع الصغيرة أو المشاريع التي تتطلب حجماً صغيراً.

3. Arduino Mega: يأتي Mega بعدد كبير من المداخل والمخارج، بما في ذلك المخارج الرقمية والمداخل التناظرية. يُستخدم بشكل عام في المشاريع الكبيرة والتطبيقات التي تتطلب مزيدًا من الإدخالات والإخراجات.

4. Arduino Due: يتميز Due بقوة المعالج وسرعته العالية، ويعمل بجهد 3.3 فولت. يُنصح به للمشاريع التي تتطلب قوة معالجة أعلى.

وهناك العديد من الإصدارات المختلفة الأخرى مثل Leonardo, Mini وMicro ولوحات Arduino قائمة على 8266ESP وغيرها. يُنصح بالتحقق من الموقع الرسمي للأردوينو أو البائعين المعتمدين للحصول على قائمة كاملة بجميع الأنواع المتاحة وخصائصها.

➢ محتويات بورد الأردوينو أونو :

توجد في أسفل البورد من جهة اليمين شريحة المايكروكنترولر (ATmega328p) قابلة للاستبدال تحتوي على (28 طرف pin)، يستخدم لتشغيل الأردوينو وربطه بالحاسب للبرمجة مدخل الطاقة (Power External) يمكن استخدامه لتوصيل الطاقة للأردوينو من شاحن أو بطارية ، بالإضافة الى زر (Reset) ، عند الضغط عليه يعيد الأردوينو تشغيله (إعادة تنفيذ البرنامج) بجانب زر Reset يوجد 6 دبابيس معدنية ، يمكن استخدامها بدل منفذ الـ USB للاتصال مع الكمبيوتر.

بالإضافة إلى ذلك، فإن بعض المنافذ لها وظائف متخصصة:

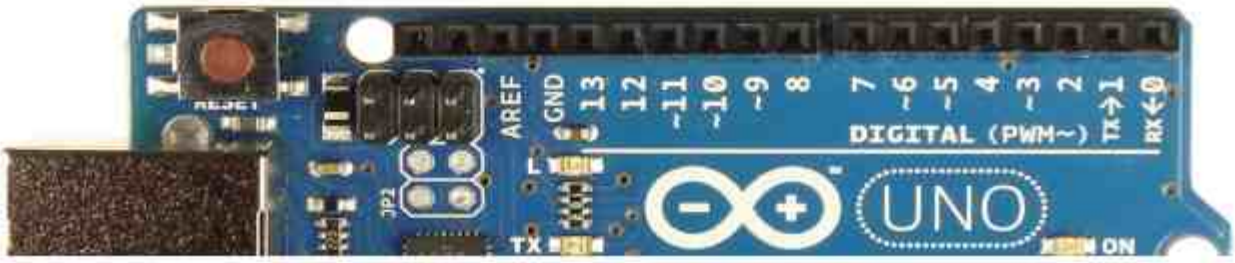
- Serial / UART :المنافذ 0 (RX) و 1 .(TX). يستخدم لتلقي (RX) ونقل (TX) بيانات TTL التسلسلية، هذه المسامير متصلة بالمسامير المقابلة لشريحة ATmega8U2 USB-to-TTL التسلسلية.
- External Interrupts : منافذ 2 و 3، يمكن تكوين هذه المنافذ لإطلاق مقاطعة عند قيمة منخفضة، أو حافة مرتفعة أو منخفضة، أو تغيير في القيمة.
- PWM(تعديل عرض النبضة): المنافذ 3 و 5 و 6 و 9 و 10 و 11، يمكن أن توفر إخراج 8 PWM بت مع دالة.(Write analog)
- SPI(الواجهة المحيطية التسلسلية): المنافذ 10 (SS) و 11 (MOSI) و 12 (MISO) و 13 .(SCK). تدعم هذه المنافذ اتصال SPI باستخدام مكتبة.SPI
- AREF(مرجع تناظري): الجهد المرجعي للمدخلات التناظرية.

داخلياً تحتوى شريحة الـ ATmega328p على التالي:

- معالج CPU يعمل بتردد 16 MHz
- ذاكرة RAM سعتها 2 KB
- ذاكرة فلاش Memory Flash وسعتها 32-KB وتستخدم لتخزين الكود sketches.
- ذاكرة EEPROM سعتها 1-KB وتستخدم لتخزين بيانات إضافية (غير الكود)
- دائرة للربط مع المنفذ التسلسلي المستخدم في البرمجة وتسمى UART
- دوائر لتشغيل منافذ الدخل و الخرج I/O Ports.

منافذ الادخال والإخراج I/O Ports

1- المنافذ الرقمية Digital Pins



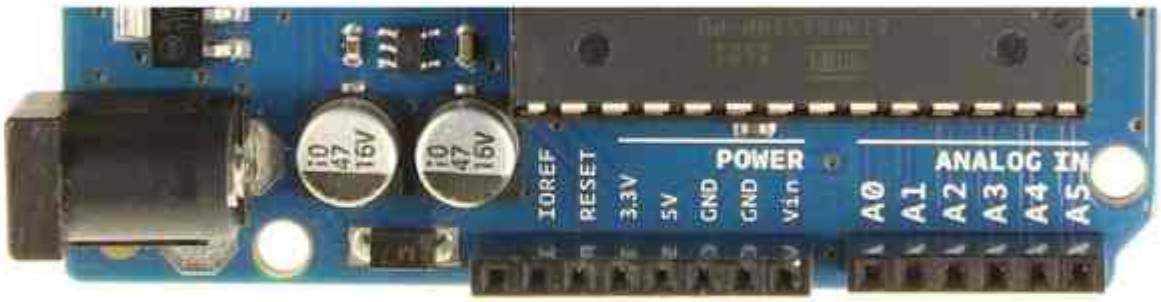
الشكل رقم (3) يوضح منافذ الادخال والإخراج الخاصة

المنافـــذ الرقمية والتي عددها 14 منفـــذ ، مرقمة (0 - 13) ويمكن في الكود تحديد عمل كل منفذ عندما تعمل المنافذ كمخارج ؛ يمكنك حســب كتابة الكود إخراج(5v أو 0v). كما يمكن جعل هذه المنافذ تعمل كمداخل رقمية (لاستشعار حالة زر مثلاً).

المنـفـذ الرقمي يمكن أن يمـــد الحمل (الشـــيء المتصل بالمنـفـذ) بـ 5v و أمبير 20 mA ، هذا التيار مناسب لتشغيل ضوئي LED لكنه بالتأكيد لا يكفي لتشغيل محرك.

- المنفذ 13 وهو يعمل عندما يكون في حالة التشغيل ويتكون من ضوئي LED صغير
- المنفذ GND يعمل كأرضي للدائرة الإلكترونية 0v
- العلامة ~ تعني أن هذا الطرف يصلح لإخراج قيمة جهد تماثلية ويسمى أيضاً PWM
- المنفذين(1, 0)يسميان RX , TX ويستخدمان للتواصل مع الكمبيوتر
- المنفذ AREF نادر الاستخدام ويستخدم لضبط أعلى قيمة في نطاق الجهود للمداخل التماثلية (0-5v)

منافذ الطاقة : في الجهة السفلية يسار (Pins Power)



الشكل رقم (4) يوضح منافذ الطاقة الخاصة بالاردوينو.

بعـد تشـغيل الأردوينـو و توصـيل الطاقـة المناسـبة لـه ، يمكـن أن نسـتخدم هـذه المجموعـة لتمـد الـدائرة الإلكترونيـة بالطاقـة المناسـبة (5v أو 3.3v) الطـرفين GND تسـمى الأرضـي و جهـدها 0v ، تعمـل Reset إعـادة تشـغيل للأردوينـو عبـر اسـتخدام المنفـذ Reset ، يسـتخدم هـذا المأخـذ لتغذيـة لوحـة أردوينـو أونـو بالطاقـة الكهربائيـة بجهـد يتـراوح بـين 7 V و V12، وعـادة مـا تُسـتخدم بطاريـة 9 فولـت أو مكيّـف Adapterمن 220 Vتيار متردد AC إلى 12 أو 9 فولت تيار مستمر.DC

الشكل رقم (5) يوضح توصيل الاردوينو بالطاقة.

يتم برمجة الاردوينو باستخدام لغة البرمجة المسماة "أردوينو" التي تعتمد على لغة C,C++، ويمكن استخدام بيئة التطوير المتكاملة (IDE) المتاحة من موقع الأردوينو لكتابة وتحميل البرامج إلى الأردوينو.

- **منفذ البرمجة USB Programming Port**

نستطيع من خلال هذا المنفذ وصل لوحة أردوينو مع الحاسوب لنقل البيانات ورفع الكـــــود البرمـــجي ، حيث يمكن وصلها مع الحاسوب من خلال كابل USB Cable على اللوحة من خـــلال كابل البرمـــجة كما يمكن تغذية لوحة أردوينو بالطاقة من خلال هذا المـــــنفذ، توصيل USB A - USB B من نـــوع (Power Bank مثل شاحن الموبايل أو وحدة التغذية) وبجهد DC 5v اللوحة مع أي مصدر تغذية من نوع لأنه الجهد المناسب لعمل هذه اللوح.

الشكل رقم (6) يوضح منفذ البرمجة الخاصة بالاردوينو.

- **منظم الجهد Voltage Regulator**

تتمثل وظيفة منظم الجهد في التحكم بالجهد المزود إلى لوحة أردوينو من خلال تنظيمه وتثبيت قيمته كي يتناسب مع الجهد المطلوب للوحة والعناصر الإلكترونية الأخرى المتصلة بها.

الشكل رقم (7) يوضح منظم الجهد الخاص بالاردوينو.

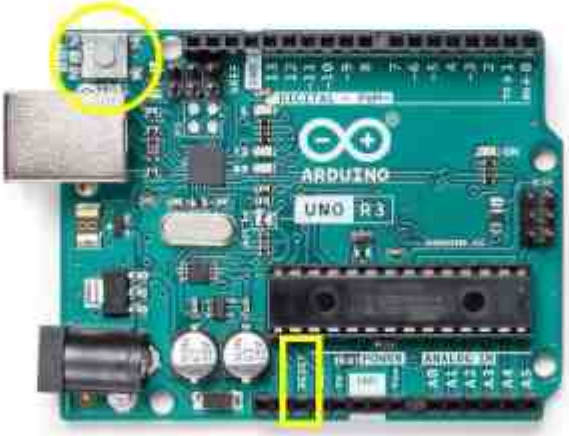
-الهزازة الكريستالية Crystal Oscillator

الهزازة الكريستالية :هي عنصر إلكتروني أساسي في لوحة أردوينو، حيث تستخدم لتوليد نبضات كهربائية بتردد محدد بدقة، هذه النبضات ضرورية لمعرفة كيفية حساب الوقت أثناء قيام اللوحة بتنفيذ التعليمات البرمجية وضمان تنفيذها بدقة.

الشكل رقم (8) يوضح الهزازة الكريستالية الخاصة بالاردوينو.

- **زر إعادة التشغيل Reset**

يستخدم هذا الزر لمقاطعة عمل المتحكم وإعادة تشغيله من البداية، ويتم ذلك من خلال طريقتين: إما بالضغط مباشرة على الزر الموجود في اللوحة، أو من خلال سلك بين قطب Reset وقطب الأرضي GND كما هو موضح بالصورة ادناه.



الشكل رقم (9) يوضح زر إعادة التشغيل الخاص بالاردوينو.

- **المتحكم المصغرMicrocontroller**

يعد المتحكم المصغر المتحكم الرئيسي للوحة، فهو بمثابة عقل الدارة ويتكون من شريحة إلكترونية صغيرة تحتوي على وحدة المعالجة المركزية CPU، وذاكرة، ومجموعة من الدوائر الكهربائية المخصصة لإدخال البيانات ومعالجتها وإخراجها، وتحتوي كل لوحة أردوينو متحكمًا خاصًا بها يختلف من نوع لوحة إلى آخر.

الشكل رقم (10) يوضح المتحكم المصغر الخاص بالاردوينو.

- **ليد مؤشر التشغيل(LED)**

وظيفة هذا LED هي مراقبة حالة تشغيل اللوحة، ففي حالة تغذية اللوحة بمصدر طاقة كهربائية سيعمل LED مباشرة ويضيء باللون الأخضر بشكل مستمر، وفي حالة عدم تغذية اللوحة لن يعمل.

الشكل رقم (11) يوضح ليد مؤشر التشغيل الخاص بالاردوينو.

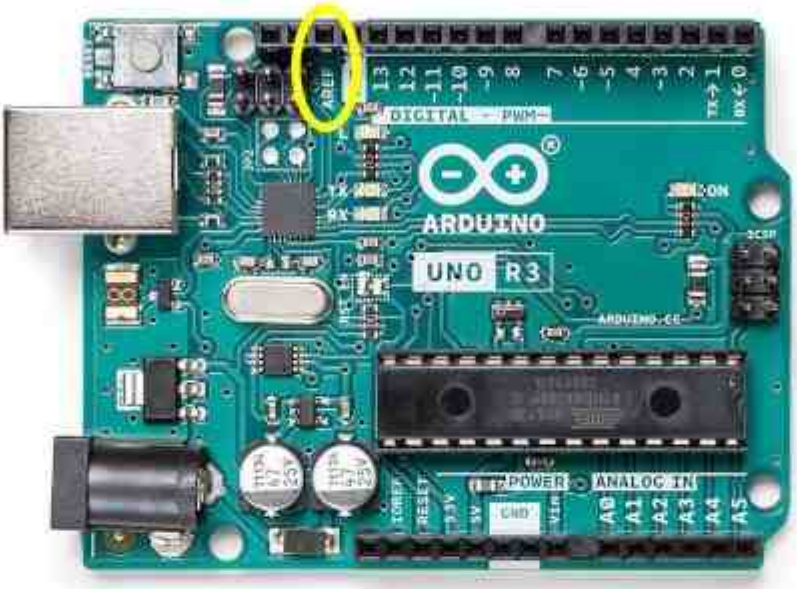
- **ليدات بروتوكول الاتصالUART**

تفيد في مراقبة حالة نقل البيانات، إذ تجد في لوحة الأردوينو هذه الكتابة "TX" و "RX"في مكانين مختلفين: الأول في الأقطاب 0 و1 المسؤولة عن الاتصال التسلسلي لإرسال واستقبال البيانات، والثاني في ليدات تحديد حالة إرسال البيانات واستقبالها، ففي حالة إرسال الأردوينو للبيانات سيضيء الليد الخاص بـــTX ، وفي حالة استقبال البيانات يضيء الليد الخاص بـ.RX

الشكل رقم (12) يوضح ليدات بروتوكولات الاتصال الخاصة بالاردوينو.

- **قطب الجهد المرجعيAREF**

هو قطب لتحديد قيمة الجهد المرجعي المستخدم كمعيار أو موجه أجل تحويل الإشارة التشابهية Analog إلى رقميةDigital ، ويكون ضمن مجال تغذية اللوحة ففي حال لوحتنا ستكون قيمة المجال من 0 إلى 5 فولت.



الشكل رقم (13) يوضح منفذ قطب الجهد المرجعي الخاصة بالاردوينو.

لبرمجة الأردوينو، يجب اتباع الخطوات التالية:

1. نقوم بتوصيل الأردوينو بجهاز الكمبيوتر الخاص بك باستخدام كابل USB.
2. نقوم بتنزيل وتثبيت بيئة التطوير المتكاملة (IDE) من موقع الأردوينو الرسمي.
3. نقوم بفتح IDE واختيار نوع الأردوينو الذي تستخدمه من قائمة الأجهزة.
4. نقوم بكتابة برنامجك باستخدام لغة الأردوينو والسي/سي++ في محرر النص في IDE.
5. نقوم بتحميل البرنامج إلى الأردوينو عن طريق النقر على زر "تحميل".
6. ننتظر حتى يتم تحميل البرنامج إلى الأردوينو وتأكد من عدم وجود أخطاء في العملية.
7. بعد تحميل البرنامج، يمكن فصل الأردوينو عن الكمبيوتر وتوصيله بالدوائر الخارجية لتشغيل البرنامج.

يمكن استخدام لوحات Arduino Uno كما ذكرت. ومن الممكن أيضًا استخدام أنواع أخرى من اللوحات Arduinoإذا كانت متاحة وتلبي متطلبات المشروع.

➢ **لماذا الأردوينو Arduino بالتحديد: مميزاته**

1- **تكلفة الأردوينو** : الأردوينو رخيص الثمن كثيرًا مقارنة بمنصات بوحدات التحكم المصغرة Microcontrollersالأخرى المنافسة له.

2- **متعدد المنصات** : بيئة الأردوينو من الممكن أن تعمل على عدة أنظمة تشغيل كالويندوز والماك و اللينكس، وهذا ما يوفر لك حرية كبيرة في استخدامه على عكس منصات وحدات التحكم المصغرة Microcontrollers الأخرى المحدودة بنظام التشغيل ويندوز فقط.

3- **بساطة ووضوح البيئة البرمجية الخاصة به.**

4- هاردوير الأردوينو مفتوح المصدر: كون الهاردوير الخاص بالأردوينو مفتوح المصدر أيضًا جعل من الممكن للشركات والمصممين حول العالم أن يصنعوا نسخهم الفريدة والمعدلة من ألواح تحكم الأردوينو، وهو ما ساهم في خلق تحسينات وميزات كثيرة للعديد من هذه الألواح المحسنة، ويمكنك الاطلاع على تصميم لوحة التحكمArduino Uno .

5- **مجتمع الأردوينو الكبير للغاية**: مجتمع الأردوينو الضخم هو عامل جذب شديد لتعلم والعمل بالأردوينو، لأنك ستجد الكثير من الحلول وستستطيع سؤال المختصين أو حتى إيجاد إجابات الأسئلة التي ستواجهك أثناء تعلمك، كما أنك سوف تجد الكثير من التجارب الخاصة بالعمليات التجارية أو التصنيعية أو البرمجية.

6- المكتبات الكثيرة للغة الأردوينو: هناك العديد من المكتبات البرمجية للأردوينو، والتي ستسهل عليك بشكل كبير استخدامه فبدلًا من أن تحتاج إلى كتابة عشرات الأسطر من أجل تعريف دالة معينة سوف تستطيع أن تستخدمها بمجرد استيرادها من المكتبة، ومن أشهر هذه المكتبات:

- مكتبة :EEPROM هذه المكتبة تستطيع التعامل مع الذاكرة الدائمة الخاصة بلوحة التحكم.
- مكتبة :Ethernet من خلالها تستطيع توصيل لوحة التحكم الخاصة بك بالإنترنت.
- مكتبة :SD عبر هذه المكتبة تستطيع أن تجعل لوحة التحكم تتفاعل مع بطاقات.SD
- مكتبة :TFT هذه المكتبة مختصة بالتعامل مع الصور والنصوص والأشكال على شاشة TFT الخاصة بالأردوينو

➢ **بعض استخدامات الاردوينو :**

1. **التطبيقات التعليمية**

- تعليم أساسيات الإلكترونيات والبرمجة.
- مشاريع الطلاب في الجامعات والمدارس.
- بناء نماذج أولية لأنظمة التحكم.

2. **الروبوتات والتحكم الآلي**

- برمجة الروبوتات للتحرك وأداء المهام.
- التحكم في المحركات والذراع الآلي.

- استخدامه في مشاريع الذكاء الاصطناعي والأنظمة الذكية.

3. إنترنت الأشياء(IoT)

- بناء أنظمة المنازل الذكية (مثل التحكم في الإضاءة والتكييف).
- جمع البيانات من الحساسات وإرسالها عبر الإنترنت.
- أنظمة مراقبة الطقس والبيئة.

4. المشاريع المنزلية والهوايات

- أنظمة الأمان والمراقبة بالكاميرات والحساسات.
- التحكم في الأجهزة الكهربائية عبر الهاتف أو الإنترنت.
- بناء أدوات قياس مثل مقياس الحرارة والرطوبة.

5. التطبيقات الصناعية

- مراقبة خطوط الإنتاج والتحكم فيها.
- أنظمة الإنذار والكشف عن الأعطال.
- أنظمة التشغيل الآلي في المصانع.

6. الزراعة الذكية

- قياس رطوبة التربة والتحكم في الري تلقائيًا.
- مراقبة الظروف البيئية للنباتات.
- تشغيل أجهزة التسميد والتغذية الآلية.

أسئلة وأجوبة نموذجية

س1: ما هو Arduino ؟

ج: منصة إلكترونية مفتوحة المصدر تحتوي على متحكم قابل للبرمجة وتستخدم لتطوير الأنظمة الإلكترونية والروبوتات والأنظمة المدمجة.

س2: ما الفرق بين Arduino والميكروكنترولر؟

ج: الميكروكنترولر هو الشريحة التي تنفذ البرنامج، أما Arduino فهي لوحة متكاملة تحتوي على الميكروكنترولر ودوائر التغذية والبرمجة والمنافذ والعناصر المساعدة.

س3: ما المتحكم المستخدم في Arduino Uno حسب المحاضرة؟

ج: ATmega328P.

س4: ما تردد المتحكم في Arduino Uno ؟

ج: 16 MHz وفق القيم المذكورة في المحاضرة.

س5: ما سعة Flash Memory المذكورة؟

ج: 32.KB

س6: ما سعة RAM ؟

ج: 2.KB

س7: ما سعة EEPROM ؟

ج: 1.KB

س8: كم عدد المنافذ الرقمية في Uno ؟

ج: 14 منفذاً مرقمة من 0 إلى 13.

س9: ما وظيفة TX ؟

ج: إرسال البيانات التسلسلية.

س10: ما وظيفة RX ؟

ج: استقبال البيانات التسلسلية.

س11: ما وظيفة PWM ؟

ج: توفير خرج يعتمد على تعديل عرض النبضة من المنافذ المخصصة لذلك.

س12: ما منافذ PWM المذكورة؟

ج: 3 و5 و6 و9 و10 و11.

س13: ما وظيفةSPI ؟

ج: توفير اتصال تسلسلي مع الأجهزة والوحدات التي تدعم بروتوكول.SPI

س14: ما وظيفةAREF ؟

ج: تحديد الجهد المرجعي المستخدم مع المداخل التناظرية.

س15: ما وظيفةVoltage Regulator ؟

ج: تنظيم الجهد الداخل إلى اللوحة وتثبيته بالمستوى المناسب.

س16: ما وظيفةCrystal Oscillator ؟

ج: توليد نبضات التوقيت اللازمة لتنفيذ التعليمات.

س17: ما وظيفة زرReset ؟

ج: إعادة تشغيل المتحكم وتنفيذ البرنامج من البداية.

س18: ما وظيفة TX وRX LEDs؟

ج: مراقبة عملية إرسال واستقبال البيانات.

س19: ما برنامجArduino IDE ؟

ج: بيئة تستخدم لكتابة برامج Arduino وفحصها وتحميلها إلى اللوحة.

س20: اذكر ثلاثة تطبيقات لـArduino.

ج: الروبوتات، المنازل الذكية، أنظمة القياس والتحكم، أو الزراعة الذكية.

الرابع والثلاثون: الاختبار البعدي

الدرجة الكلية: 20 درجة

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة

10درجات

1.المتحكم المستخدم في Arduino Uno وفق المحاضرة هو:

أ. ATmega328P .
ب. 8051 فقط
ج. LM741 .
د. LM317 .

2.عدد Digital Pins المذكورة في Uno هو:

أ. 6
ب. 8
ج. 14
د. 32

3.المنفذ RX هو:

أ. Pin 0 .
ب. Pin 1 .
ج. Pin 13 .
د. AREF .

4.المنفذ TX هو:

أ. Pin 0 .
ب. Pin 1 .
ج. GND .
د. Reset .

5.أي منفذ مما يأتي من منافذ PWM المذكورة؟

أ. 5
ب. AREF .
ج. GND .
د. Reset .

6.الوظيفة الأساسية لـ Crystal Oscillator هي:

أ. تخزين البرنامج
ب. توفير التوقيت
ج. تنظيم الجهد
د. تشغيل المحرك مباشرة

7. Flash Memory تستخدم أساسًا في:

أ. تخزين Sketch
ب. تنظيم الطاقة
ج. إرسال البيانات
د. تشغيل LED فقط

8. وظيفة Reset هي:

أ. زيادة الذاكرة
ب. إعادة تشغيل البرنامج
ج. تحويل الجهد
د. زيادة عدد المنافذ

9. أي لوحة تتميز بعدد أكبر من المداخل والمخارج وفق المحاضرة؟

أ. Mega .
ب. Nano .
ج Uno .فقط
د. لا توجد

10. Arduino IDE تستخدم في:

أ. كتابة وتحميل البرنامج
ب. زيادة جهد التغذية
ج. قياس التيار
د. استبدال المتحكم

خامس وثلاثون: الأسئلة التحليلية

10 درجات – درجتان لكل سؤال

11. وضح الفرق بين Arduino Board والميكروكنترولر.

12. اشرح وظيفة المنافذ 0 و1 في Arduino Uno.

13. اذكر مكونات ATmega328P الأساسية الواردة في المحاضرة مع السعات المذكورة للذاكرة.

14. اشرح خطوات برمجة Arduino باستخدام IDE.

15. اذكر خمسة تطبيقات عملية لمنصة Arduino.

السادس والثلاثون: مفتاح إجابات الاختبار البعدي

إجابات الاختيار من متعدد

1. أ
2. ج
3. أ
4. ب
5. أ
6. ب
7. أ
8. ب
9. أ
10. أ

الإجابات النموذجية للأسئلة التحليلية

السؤال 11

الميكروكنترولر هو الشريحة الإلكترونية التي تنفذ التعليمات وتحتوي على وحدة معالجة وذاكرة ووحدات طرفية.

أما Arduino Board فهي لوحة تطوير تحتوي على الميكروكنترولر بالإضافة إلى دوائر التغذية والبرمجة والمنافذ والعناصر المساعدة التي تسهل استخدامه.

السؤال 12

المنافذ 0 و1 مرتبطة بالاتصال التسلسلي.UART

Pin 0 = RXلاستقبال البيانات.

Pin 1 = TXلإرسال البيانات.

السؤال 13

وفق القيم الواردة في المحاضرة:

- CPUبتردد MHz.16
- RAM = 2 KB.
- Flash Memory = 32 KB.
- EEPROM = 1 KB.
- UART.
- I/O Ports.

السؤال 14

1. توصيل Arduino بالحاسوب باستخدام.USB
2. تثبيت.Arduino IDE
3. فتح البرنامج واختيار نوع اللوحة.
4. كتابة البرنامج.
5. تحميل البرنامج إلى.Arduino
6. التأكد من عدم وجود أخطاء.
7. تشغيل اللوحة مع الدائرة الخارجية المطلوبة.

السؤال 15

يمكن ذكر خمسة من التطبيقات الآتية:

- التعليم.
- الروبوتات.
- المنازل الذكية.
- إنترنت الأشياء.
- أنظمة القياس.
- المشاريع المنزلية.

- التطبيقات الصناعية.
- الزراعة الذكية.
- أنظمة الأمان والمراقبة.

السابع والثلاثون: ملاحظات تدقيقية أكاديمية

1.تسمية ATmega328P

ورد اسم المتحكم في بعض أجزاء النص بترتيب غير منتظم نتيجة تنسيق النص، بينما يظهر في الرسومات والمحتوى المقصود على أنه:

ATmega328P

وتم اعتماد هذه الكتابة القياسية في ترتيب المحاضرة.

2.لغة البرمجة

وردت في المصدر صياغات مثل:

C,C+

والمقصود في السياق التعليمي هو اعتماد Arduino على بيئة برمجية مرتبطة بلغة:

C/C++

وقد تم تنظيم الكتابة فقط دون تغيير الفكرة الأساسية للمصدر.

---

3. PWM

تعرض المحاضرة المنافذ التي تحمل علامة ~بوصفها منافذ يمكن استخدامها مع PWM ودالة analogWrite().

ينبغي للطالب عدم الخلط بين PWM وبين وجود محول خرج تناظري حقيقي؛ والمطلوب في هذه المحاضرة هو الالتزام بمفهوم PWM كما ورد في المصدر.

4.تيار المنفذ

تذكر المحاضرة قيمة **20 mA** لتوضيح قدرة المنفذ على تشغيل LED وعدم ملاءمته لتشغيل المحركات مباشرة.

ينبغي التعامل مع هذه القيمة في إطار التوضيح التعليمي الوارد بالمحاضرة والرجوع إلى مواصفات اللوحة والمتحكم عند التصميم العملي.

---

5. Arduino Due

تذكر المحاضرة أن Arduino Due تعمل بجهد **3.3 V**، ولذلك يجب الانتباه في التطبيقات العملية إلى اختلاف مستويات الجهد بين أنواع لوحات Arduino.

6.منافذ الاتصال

تم الحفاظ على أرقام المنافذ الواردة في المحاضرة:

- UART: 0 و1.
- External Interrupts: 2 و3.
- PWM: 3، 5، 6، 9، 10، 11.
- SPI: 10، 11، 12، 13.

الخلاصة

تقدم منصة Arduino نموذجًا عمليًا يربط بين دراسة الميكروكنترولر من الناحية النظرية وتطبيقه في الدوائر الإلكترونية الحقيقية.

تسمح Arduino باستقبال الإشارات من الحساسات والمفاتيح، ومعالجتها وفق البرنامج المخزن في المتحكم، ثم التحكم بعناصر الخرج.

وتعد Arduino Uno نموذجًا مناسبًا للتعليم بسبب وضوح مكوناتها وتوفر منافذ رقمية وتناظرية واتصالات تسلسلية وإمكانات PWM وSPI، إضافة إلى سهولة البرمجة باستخدام Arduino IDE.

ومن خلال فهم مكونات اللوحة ووظائف منافذها وطريقة برمجتها، يصبح الطالب قادرًا على الانتقال إلى تصميم مشاريع عملية في مجالات الروبوتات والتحكم والقياس وإنترنت الأشياء والزراعة الذكية والأنظمة الصناعية.

المحاضرة الثامنة (Eighth Lecture)

الأهداف التعليمية

1. يعدّد الطالب أنواع لوحات Arduino الواردة في المحاضرة.
2. يقارن بين Uno وNano وPro Mini وLeonardo وMicro وMega وLilyPad من حيث المتحكم والمنافذ والذاكرة والجهد.
3. يشرح سبب ملاءمة بعض اللوحات لتطبيقات محددة مثل الأجهزة القابلة للارتداء أو المشاريع كبيرة المنافذ.
4. يحسب عدد مستويات ADC عند دقة bit-10 ويستخرج قيمة خطوة القياس.
5. يحوّل جهد الإدخال إلى قراءة رقمية ويحوّل قراءة ADC إلى جهد أو نسبة مئوية.
6. يحسب نسبة التشغيل التقريبية لدالة analogWrite() في المثال المعطى.
7. يميّز وظيفياً بين Arduino وRaspberry Pi.
8. يشرح مفهوم SoC ويذكر مميزات واستخدامات ESP32.
9. يستنتج المنصة الأنسب لمتطلبات مشروع إلكتروني بسيط انطلاقاً من مواصفات المحاضرة.

الاختبار القبلي للمحاضرة الثامنة

تعليمات الاختبار القبلي

أجب قبل دراسة الشرح التفصيلي. الهدف تشخيص المعرفة السابقة وليس احتساب درجة نهائية. استخدم إجابات قصيرة وواضحة.

1. اختر الإجابة الصحيحة: المتحكم المستخدم في Arduino Uno حسب المحاضرة هو: (ATmega328P / ATmega32U4 / ATmega2560 / Xtensa LX6).
2. اختر الإجابة الصحيحة: اللوحة المصممة لتطبيقات الإلكترونيات القابلة للارتداء هي: (Mega / LilyPad / Leonardo / Nano).
3. صح أم خطأ: Arduino Pro Mini يحتوي على شريحة برمجة USB مدمجة على اللوحة.
4. صح أم خطأ: Arduino Leonardo يدعم اتصال USB مدمجاً ويمكن استخدامه في تطبيقات HID أو COM.
5. كم مستوى رقمياً ينتج عن محول بدقة bit-10؟
6. إذا كان الجهد المرجعي 5V، فما أعلى قيمة رقمية في ADC ذي bit-10 وفق المحاضرة؟
7. ما المجال العددي الذي تقبله دالة analogWrite() في المثال الوارد؟
8. اذكر فرقاً مفاهيمياً واحداً بين Arduino وRaspberry Pi.
9. اذكر تقنيتي الاتصال اللاسلكي المدمجتين في ESP32 وفق المحاضرة.

10. أي لوحة من لوحات Arduino الواردة أنسب عندما يحتاج المشروع عدداً كبيراً من المداخل والمخارج وذاكرة أكبر؟

ملاحظة: مفتاح الإجابات موجود في نهاية المحاضرة ضمن قسم مفاتيح الإجابات.

➢ انواع الأردوينو (Types Of Arduino) و (ESP 32):

Arduino
Leonardo

Arduino
Mega

Arduino
Uno

Arduino
LilyPad

Arduino
Pro Mini

Arduino
Micro

Arduino
Nano

1- أردوينو أونو Arduino Uno

أشهر نوع من انواع الأردوينو وأكثرها انتشاراً وتعد الخيار الأفضل لإجراء التجارب والنماذج الأولية للمشاريع وذلك بسبب ثمنها المنخفض وسهولة استخدامها، ومن أهم مواصفاتها:

- نوع المتحكم: Atmega328p
- عدد أقطاب الدخل والخرج: 22
- عدد أقطاب إشارة :تحتوي 6 PWM
- عدد الأقطاب التشابهية: 6
- سرعة المعالج: 16MHz
- جهد العمل: 3.3V-5V
- حجم ذاكرة البرنامج :Flash تأتي بحجم 32KB
- حجم ذاكرة البيانات :SRAM تأتي بحجم 2KB
- حجم ذاكرة القراءة القابلة للبرمجة :EEPROM تأتي بحجم 1KB

الشكل رقم (1) يوضح لوحة **أردوينو أونو Arduino Uno**

2- أردوينو نانو Arduino Nano

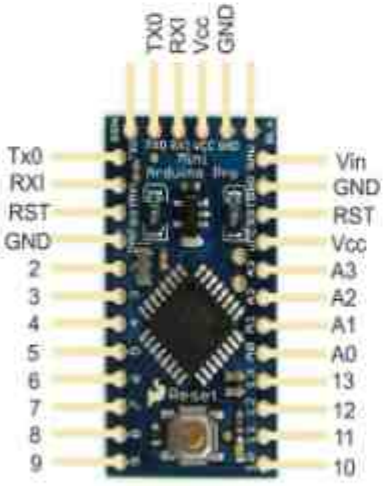
تشبه لوحة Arduino Uno من حيث المواصفات ولكن بحجم صغير وشكل مناسب للتركيب على لوحة التجارب BreadBoard وتعد أيضًا من الخيارات المفضلة للمطورين بسبب صغر حجمها وسعرها المنخفض، ومن أهم مواصفاتها:

الشكل رقم (2) يوضح أردوينو نانو Arduino Nano

- نوع المتحكم: ATmega328p
- عدد أقطاب الدخل والخرج: 22
- عدد أقطاب إشارة :تحتوي 6 PWM
- عدد الأقطاب التشابهية: 8
- سرعة المعالج: 16MHz
- جهد العمل: 5V
- حجم ذاكرة البرنامج :Flash تأتي بحجم 32KB
- حجم ذاكرة البيانات :SRAM تأتي بحجم 2KB
- حجم ذاكرة القراءة القابلة للبرمجة :EEPROM تأتي بحجم 1KB

3- لوحة أردوينو برو مينى Arduino Pro Mini

نسخة مصغرة من لوحة Arduino Uno ومشابهة لها في بعض المميزات، ولكن تختلف بعدم وجود شريحة برمجة مدمجة مع اللوحة وتحتاج أداة منفصلة لبرمجتها تسمى USB-TTL وتوصل بها من خلال طرفية الاتصال التسلسلي UART وهي مناسبة للمشاريع التي تكون فيها المساحة محدودة وصغيرة ومن أهم مواصفاتها:



الشكل رقم (3) **Arduino Pro Mini**

- نوع المتحكم : Atmega328p
- عدد أقطاب الدخل والخرج: 14
- عدد أقطاب إشارة :تحتوي 6PWM
- عدد الأقطاب التشابهية: 6
- سرعة المعالج: 8MHz/16MHz
- جهد العمل: 5V/V3.3
- حجم ذاكرة البرنامج :flash تأتي بحجم 32KB
- حجم ذاكرة البيانات :SRAM تأتي بحجم 2KB
- حجم ذاكرة القراءة القابلة للبرمجة :EEPROM تأتي بحجم 1KB

4- لوحة أردوينو ليوناردو Arduino Leonardo

يختلف عن الأنواع السابقة بنوع المتحكم الموجود فيه ويتحوي بروتوكول اتصال USB مدمج والذي يلغي الحاجة إلى وجود شريحة برمجة خاصة ويمكن استخدامه في تطبيقات الأجهزة التي تستخدم كمنفذ HIDأو منفذ COM ومن أهم مواصفاته:

- نوع المتحكم :ATmega32U4
- عدد أقطاب الدخل والخرج: 22
- عدد أقطاب إشارة :تحتوي 7 PWM
- عدد الأقطاب التشابهية: 12
- سرعة المعالج: 16 MHz
- جهد العمل: 5V
- حجم ذاكرة البرنامج :Flash تأتي بحجم 32KB
- حجم ذاكرة البيانات :SRAM تأتي بحجم 2.5KB
- حجم ذاكرة القراءة القابلة للبرمجة :EEPROM تأتي بحجم 1KB

الشكل رقم (4) Arduino Leonardo.

5- لوحة أردوينو مايكرو Arduino Micro

تشبه لوحة Arduino Nano من حيث الشكل والحجم بالضبط ولكن من حيث المميزات والمواصفات فهي مماثلة للوحة Arduino Leonardo فهي تحوي المتحكم نفسه والإمكانيات نفسها ومن أهم مواصفاته:

- نوع المتحكم:ATmega32U4
- عدد أقطاب الدخل والخرج: 20
- عدد أقطاب إشارة :تحتوي PWM7
- عدد الأقطاب التشابهية: 12
- سرعة المعالج: 16MHz
- جهد العمل: 5V
- حجم ذاكرة البرنامج :flash تأتي بحجم 32 KB
- حجم ذاكرة البيانات :SRAM تأتي بحجم 2.5KB
- حجم ذاكرة القراءة القابلة للبرمجة :EEPROM تأتي بحجم KB1

الشكل رقم (5)Arduino Micro

6- لوحة أردوينو ميغا Arduino Mega

يعد الأكبر من جميع اللوحات التي تحدثنا عنها ويستخدم في التطبيقات والمشاريع الكبيرة التي تتطلب عدداً كبيراً من الأقطاب وتحتاج حجم ذاكرة أكبر من الأنواع السابقة ومن أهم مواصفاته:

- نوع المتحكم :ATMEGA2560
- عدد أقطاب الدخل والخرج: 54
- عدد أقطاب إشارة :تحتوي 15 PWM

- عدد الأقطاب التشابهية: 16
- سرعة المعالج: 16MHz
- جهد العمل: 5V
- حجم ذاكرة البرنامج :Flash تأتي بحجم 256KB
- حجم ذاكرة البيانات :SRAM تأتي بحجم 8KB
- حجم ذاكرة القراءة القابلة للبرمجة :EEPROM تأتي بحجم 4KB4

الشكل رقم (6)Arduino Mega

7- لوحة أردوينو ليلي بادArduino LilyPad

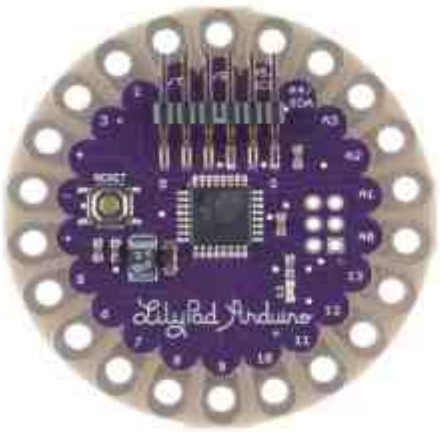
تُعد **لوحة أردوينو ليلي باد (Arduino LilyPad)** إحدى أنواع المتحكمات الدقيقة (Microcontrollers) المنتمية إلى عائلة الأردوينو، تم تطويرها خصيصًا لتطبيقات **الإلكترونيات القابلة للارتداء (Wearable Electronics)**. تم تصميمها من قبل الباحثة **Leah Buechley** بالتعاون مع شركة **SparkFun Electronics** لتوفير منصة مرنة ومتكاملة تُمكّن المستخدمين من دمج الأنظمة الإلكترونية في المواد القماشية بطريقة آمنة وعملية.

تتميز لوحة **LilyPad** بتصميمها الدائري ذي الأطراف الكبيرة المسطحة، والتي تُمكّن من توصيل المكوّنات الإلكترونية باستخدام خيوط موصلة كهربائيًا بدلًا من الأسلاك التقليدية، مما يجعلها ملائمة لتطبيقات التصميم التفاعلي والمشاريع الفنية والتعليمية. تعتمد اللوحة غالبًا على المتحكم الدقيق **ATmega328P**، وتعمل بجهد تشغيل منخفض يبلغ **3.3فولت** وسرعة **8 ميجاهرتز**، مما يتيح لها أداءً كافيًا مع استهلاك طاقة منخفض.

تُبرمج لوحة **Arduino LilyPad**باستخدام بيئة تطوير الأردوينو (Arduino IDE) عبر واجهة برمجة تسلسلية(USB-to-Serial Interface) ، وتدعم مجموعة واسعة من الحساسات والوحدات الإضافية الخاصة بها مثل وحدات الإضاءة (LEDs) والحساسات والمبدّلات وأجهزة التغذية.

ومن أهم مواصفاته:

- نوع المتحكم : Atmega328/Atmega168
- عدد أقطاب الدخل والخرج: 14
- عدد أقطاب إشارة :تحتويPWM 6
- عدد الأقطاب التشابهية: 6
- سرعة المعالج: 8MHz
- جهد العمل: V5.5-V2.7
- حجم ذاكرة البرنامج :Flash تأتي بحجم 16KB
- حجم ذاكرة البيانات :SRAM تأتي بحجم 1KB
- حجم ذاكرة القراءة القابلة للبرمجة :EEPROM تأتي بحجم 512B



الشكل رقم (7)Arduino LilyPad

❖ بعض الأمثلة و القوانين المهمة

- **منفذ ADC في الأردوينو**

$$ADC\ value = \frac{V_in}{V_ref}(2^n - 1)$$

أولاً: ما الذي يفعله محوّلADC ؟
الـ ADCفي الأردوينو يأخذ جهد كهربائي تماثلي — (analog) أي قيمة مستمرة مثل:
0.0V, 0.1V, 1.7V, 3.3V … إلخ
ثم يحوّله إلى رقم يستطيع الحاسوب (الميكروكنترولر) فهمه.

ثانيًا: كيف يعرف الأردوينو كم مستوى من الجهد يميّز؟
لكي يحوّل الجهد إلى رقم، يجب أن يقرر:
إلى كم "مستوى" سأقسم الجهد من 0 Vإلى 5V؟
كلما زاد عدد المستويات، زادت الدقة في قراءة الجهد.

ثالثًا: ما علاقة "الـ 10" بالموضوع؟
كلمة "10 بت" معناها أن الأردوينو يستخدم 10خانات ثنائية (bits) لتخزين الرقم الناتج.
كل خانة ثنائية يمكن أن تكون:
0 أو 1
فإذا كانت لديك خانة واحدة:

- 1بت ← قيمتان فقط ← 0 و 1

إذا كانت لديك خانتان:

- 2بت4 = 2^2 ← قيم(00, 01, 10, 11) ←

إذا كانت لديك ثلاث خانات:

- 3بت8 = 2^3 ← قيم

إذن إذا كانت لديك 10خانات (10 بت):

$$2^{10} = 1024 \text{ قيم مختلفة}$$

أي أن الأردوينو يمكنه تمييز 1024مستوى من الجهد بين 0 و5 فولت.

رابعًا: كيف يستعمل هذا الرقم؟
الجهد 0 Vيعطينا قيمة رقمية = 0
الجهد 5 Vيعطينا قيمة رقمية = 1023
كل زيادة صغيرة في الجهد تعني زيادة 1في القراءة الرقمية.
الخطوة الواحدة تساوي:

$$\frac{5V}{1023} = 0.00488V = 4.88mV$$

❖ مثال1: منفذ ADC في الأردوينو يحول جهد من 0 إلى 5 V إلى قيمة رقمية من 0 إلى 1023.
احسب القراءة الرقمية عند جهد 3.3V.؟
المعطيات:

$$V_{in} = 3.3V, V_{ref} = 5V, n = 10$$

نطبق القانون:

$$\text{ADC value} = \frac{3.3}{5} \times (2^{10} - 1)$$
$$= 0.66 \times 1023 = 675.18 \approx 675$$

❖ مثال2 : لو كان لديك مستشعر يستهلك **5mA** ومشغل *(Relay)* يستهلك **70mA**، والأردوينو نفسه يستهلك **40mA** احسب **إجمالي التيار والقدرة الكلية** عند تشغيل الدائرة بجهد **5V**.

$$\text{Itotal}=15+70+40=125\text{mA}$$
$$\text{P} = \text{V} \times \text{I} = 5 \times 0.125 = 0.625\text{W}$$

❖ **مثال 3:**دالة analogWrite() تقبل قيم من **0إلى 255**، عند القيمة 128، كم تكون نسبة التشغيل؟

$$\frac{128}{255} \times 100 = 50.2\%$$

❖ **مثال 4: تحويل قراءة الجهد إلى نسبة مئوية للبطارية**

المعطيات:

- **لدينا حساس (أو مدخل تماثلي في الأردوينو) يقيس جهد البطارية.**
- **الجهد المرجعي للأردوينو هو 5فولت ←أي أن أعلى قراءة ممكنة.1023 =**
- **عندما نقرأ 512من المدخل التماثلي، نريد معرفة كم تمثل هذه القراءة من النسبة المئوية للبطارية؟**

الفكرة الأساسية:

الأردوينو عندما يقرأ إشارة تماثلية (Analog) يستخدم محوّل من الجهد إلى رقم رقمي.(ADC)
وهذا التحويل يتم على الشكل التالي:

$$\textbf{analogRead value} = \frac{V_{input}}{V_{ref}} \times 1023$$

- V_{input} ←**الجهد الذي نقيسه**
- V_{ref} ←**الجهد المرجعي) عادة 5(V**
- **الناتج رقم بين 0 و 1023**

الخطوة 1: نحسب الجهد المقاس فعليًا

إذا كانت القراءة = 512، نحسب الجهد المقابل:

$$V_{input} = \frac{512}{1023} \times 5 = 2.5\,V$$

أي أن البطارية تعطي الآن 2.5فولت من أصل 5 فولت.

الخطوة 2: نحسب النسبة المئوية

نسبة البطارية تساوي:

$$\text{نسبة البطارية} = \frac{\text{الجهد المقاس}}{\text{الجهد الكامل}} \times 100$$

لكن بما أننا نحسب مباشرة من القيم الرقمية (بدون الحاجة لحساب الجهد أولًا)، يمكننا استخدام نفس الفكرة على القيم:

$$\text{نسبة البطارية} = \frac{512}{1023} \times 100 \approx 50\%$$

❖ **الفرق بين أردوينو Arduino وراسبيري باي Raspberry Pi**

إذا كنت قد بدأت حديثًا في عالم برمجة المتحكمات والأنظمة الرقمية، فقد تتساءل ما الاختلاف بين لوحة أردوينو Arduino ولوحة راسبيري باي Raspberry Pi ، في الواقع كلاهما لوحتان رائعتان لإنجاز مشاريع إلكترونية مبتكرة وإبداعية، ولكن هناك بعض الاختلافات بينهما، دعنا نتعرف عليها.

- **أردوينو Arduino**: كما وضحنا سابقًا هي لوحة مبنية بالاعتماد على متحكمات مصغرة Microcontrollers، والمتحكم هو حاسوب صغير مناسب لتشغيل برنامج واحد في كل مرة، وهو ملائم للمهام البسيطة مثل قياس درجة الحرارة أو تشغيل مجموعة من الليدات LED.
- **راسبيري باي Raspberry Pi**: هي عبارة عن حاسوب مبني بالاعتماد على معالج مصغر microprocessor يمكنه تشغيل عدة برامج معقدة في الوقت نفسه مثل أنظمة التشغيل.

وقد تتساءل ماذا أختار بينهما؟ والجواب هو أن الخيار المناسب لك على نوع المشاريع التي تريد القيام بها فلوحة أردوينو مناسبة للمشاريع الإلكترونية الصغيرة والتعامل مع بيانات صغيرة نسبياً، أما لوحة راسبيري باي فمثالية للاستخدام مع المشاريع الكبيرة وتنفيذ عمليات الحوسبة المعقدة.

❖ **ESP 32 (Espressif Systems) :**

- تُعد لوحة **ESP32** متحكمًا دقيقًا (**Microcontroller**) ونظامًا متكاملًا على شريحة (**System on Chip – SoC**) طُوّر بواسطة شركة **Espressif Systems.** الصينية ، تتميز بدعمها المدمج لتقنيتي **Wi-Fi** و**Bluetooth/BLE**، مما يجعلها منصة مثالية لتطبيقات **إنترنت الأشياء (IoT)** والأنظمة المدمجة منخفضة التكلفة والطاقة.
- يُعرّف نظام الشريحة(**system on a chip**) (**SoC**) :بأنه دائرة متكاملة تجمع في شريحة واحدة جميع مكوّنات النظام الإلكتروني من معالج، وذاكرة، وواجهات اتصال، ووحدات إدخال وإخراج، مما يوفر أداءً عاليًا وكفاءة في استهلاك الطاقة مقارنة بالمتحكمات البسيطة مثل **ATmega328P** في لوحة **Arduino Uno.**
- تعتمد **ESP32** على معالج **Tensilica Xtensa LX6** ثنائي النواة يعمل بتردد يصل إلى **160 ميجاهرتز**، وتحتوي على **ذاكرة SRAM بسعة 520 كيلوبايت وذاكرة فلاش 4 ميجابايت**، إضافةً إلى **34 منفذ إدخال/إخراج** .(**GPIO**) كما تعمل بجهد تشغيل يتراوح بين **2.2إلى 6 فولت** عبر منظم جهد مدمج، وتُبرمج باستخدام بيئات تطوير متعددة مثل **Arduino IDE** و**MicroPython** و**ESP-IDF**، و**JavaScript**.
- تتميز اللوحة بقدرتها على العمل ضمن مدى حراري واسع من **40°C–إلى +125°C**، ما يجعلها مناسبة للتطبيقات الصناعية والبيئية الذكية.

➢ **استخدامات ESP32 في العديد من المجالات:**

1. أجهزة إنترنت الأشياء: تُستخدم ESP32 غالبًا في بناء أجهزة إنترنت الأشياء بفضل إمكانياتها المدمجة في الواي فاي والبلوتوث. ويمكن استخدامها لإنشاء أجهزة منزلية ذكية، وأجهزة استشعار بيئية، وغيرها.

2. أتمتة المنزل: يمكن للأجهزة القائمة على ESP32 التحكم في الأضواء، وأجهزة تنظيم الحرارة، والأجهزة المنزلية الأخرى عبر اتصالات Wi-Fi أو Bluetooth، مما يجعلها خيارًا شائعًا لمشاريع أتمتة المنزل المنزلية.
3. الاتصالات اللاسلكية: يمكن استخدامها للاتصالات اللاسلكية في تطبيقات متنوعة، مثل إنشاء شبكات شبكية، وأنظمة التحكم عن بُعد، ونقل البيانات بين الأجهزة (انظر بروتوكولات إنترنت الأشياء).
4. الروبوتات: يمكن استخدام ESP32 كوحدة تحكم في مشاريع الروبوتات، مما يوفر قدرات تحكم واتصال لاسلكية للروبوتات.
5. الأجهزة القابلة للارتداء: بفضل حجمها الصغير واستهلاكها المنخفض للطاقة، تُعد ESP32 مناسبة لأجهزة إنترنت الأشياء القابلة للارتداء، بما في ذلك الساعات الذكية، وأجهزة تتبع اللياقة البدنية، ومنتجات مراقبة الصحة.
يمكن استخدام هذه التقنية لجمع البيانات وتسجيلها من أجهزة استشعار مختلفة، مثل أجهزة استشعار درجة الحرارة، وأجهزة استشعار الرطوبة، ومقاييس التسارع. يمكن تخزين هذه البيانات محليًا أو نقلها إلى السحابة لتحليلها.
6. الأتمتة الصناعية: يُمكن دمج متحكم ESP32 في الأنظمة الصناعية للمراقبة والتحكم عن بُعد، بالإضافة إلى الصيانة التنبؤية. يُعدّ هذا حالاً مثاليًا لتطبيقات إنترنت الأشياء الصناعية، حيث يُمكن للشركات تحسين عملياتها بمساعدة هذه التقنية.
7. مراقبة البيئة: يُمكن استخدامه لبناء أنظمة مراقبة بيئية لقياس جودة الهواء، ومستويات التلوث، وأحوال الطقس.
8. التعليم والنماذج الأولية: يُعدّ متحكم ESP32 شائعًا في الأوساط التعليمية لتدريس الإلكترونيات والبرمجة نظرًا لسعره المناسب وتعدد استخداماته؛ في الواقع، قمنا بتصميم شيء رائع باستخدام لوحة ESP32 - كيفية بناء ساعة ميكانيكية بعرض ٧ أجزاء.
يُستخدم ESP32 أيضًا على نطاق واسع في النماذج الأولية السريعة لمشاريع إنترنت الأشياء والأنظمة المدمجة (انظر أمثلة النماذج الأولية).
9. أنظمة الأمان: يُمكن استخدامه في أنظمة الأمان المنزلية، بما في ذلك الكاميرات وأجهزة الإنذار وأنظمة التحكم في الوصول.
10. الرعاية الصحية: يمكن استخدام ESP32 في العديد من حلول الرعاية الصحية، مثل مراقبة المرضى، وتذكير الأدوية، وأجهزة التطبيب عن بُعد.

بعض السلبيات في ESP32:

1- التعقيد البرمجي العالي
2- حساسية الجهد الكهربائي
3- تعقيد التوصيلات وتعدد الوظائف على المنافذ
4- التوافق المحدود مع بعض المكتبات

الشكل رقم (8) ESP32

مقارنة بين لوحة الاردوينو و لوحة ESP32

البند	لوحة Arduino Uno	لوحة ESP32
النوع	لوحة تطوير مفتوحة المصدر تعتمد على المتحكم ATmega328P	نظام على شريحة (SoC) منخفض التكلفة واستهلاك الطاقة، يدعم تقنيتي Wi-Fiو Bluetooth
المعالج	متحكم ATmega328Pبمعمارية 8 بت	Tensilica Xtensa LX6ثنائي النواة بمعمارية 32 بت
جهد التشغيل	5-3.3 فولت	3.3 فولت
الذاكرة العشوائية(RAM)	2 كيلوبايت	520 كيلوبايت
الذاكرة الفلاشية (Flash Memory)	32 كيلوبايت (قد تختلف حسب الطراز)	حتى 16 ميجابايت
التردد التشغيلي	16ميجاهرتز	حتى 240 ميجاهرتز
الاتصال اللاسلكي	لا يحتوي على اتصال لاسلكي مدمج	مدمج Wi-Fiو Bluetoothمزدوج الوضع
الاتصال الشبكي (سلكي)	يحتاج إلى Ethernet Shield إضافي	يحتوي على منفذ Ethernet في بعض الإصدارات
عدد مداخل الإشارة التماثلية (Analog Inputs)	6 مداخل	18 مدخلًا
عدد المنافذ العامة(GPIO)	20منفذًا منها 6 تدعم (PWM) وغيرها	48 منفذ إدخال/إخراج
لغات البرمجة المدعومة	C، C++	C، C++، Python، MicroPython
بيئات التطوير المتوافقة	Arduino IDE	Arduino IDE، ESP-IDF، MicroPython، PlatformIO
الأنواع المتوفرة	Arduino Uno، Mega، Nano، Leonardoوغيرها	ESP32 DevKit، DevKitC، PICO، CAM، Thing، EYE وغيرها
المزايا الرئيسية	سهولة الاستخدام، مجتمع داعم واسع، مناسب للمبتدئين	أداء عالٍ، دعم شبكات لاسلكية، ومعالجة متعددة النوى
التكلفة	منخفضة إلى متوسطة	منخفضة نسبيًا
العائلة المصنعة	من عائلة ATmegaالتابعة لشركة Microchip	من عائلة ESP التابعة لشركة Espressif Systems

مراجعة مركزة للمحاضرة

1. Uno: منصة شائعة للتجارب والنماذج الأولية، ATmega328P، 16MHz، وذاكرة Flash 32KB وفق المصدر.
2. Nano: قريبة من Uno لكن بحجم أصغر ومناسبة للـBreadBoard، مع 8 مداخل تماثلية وفق المصدر.
3. Pro Mini: صغيرة وتحتاج إلى USB–TTL خارجي للبرمجة عبر UART.
4. Leonardo وMicro: يستخدمان ATmega32U4، مع USB مدمج وإمكانات مرتبطة بـHID/COM في Leonardo.
5. Mega: مناسبة للمشاريع كبيرة المنافذ، وتذكر المحاضرة 54 قطب دخل/خرج و15 PWM و16 مدخلاً تماثلياً.
6. LilyPad: مخصصة للإلكترونيات القابلة للارتداء ويمكن توصيلها بالخيوط الموصلة.
7. ADC 10-bit: 1024 مستوى، والقيم الرقمية من 0 إلى 1023.
8. خطوة ADC عند مرجع 5V ≈ 4.88mV في المثال.
9. analogWrite(128) من مجال 0–255 تعطي نسبة تشغيل تقارب 50.2%.
10. Arduino يعتمد على Microcontroller للمهام المباشرة، وRaspberry Pi يعتمد على Microprocessor لتشغيل مهام أكثر تعقيداً.
11. ESP32: SoC بدعم Wi-Fi وBluetooth/BLE، وتستخدم في IoT والأتمتة والروبوتات والمراقبة والتعليم.
12. المقارنة بين Uno وESP32 يجب أن تراعي الأداء والذاكرة والمنافذ والاتصال وبيئة التطوير، وليس عامل التكلفة فقط.

أسئلة وأجوبة نموذجية

س: لماذا تُعد Arduino Uno مناسبة للمبتدئين والنماذج الأولية؟ ج: لأنها شائعة وسهلة الاستخدام ومنخفضة التكلفة وفق وصف المحاضرة، كما أن بيئتها ومجتمعها الداعم يجعلانها منصة تعليمية عملية.

س: ما الفرق الأساسي بين Nano وUno في سياق المحاضرة؟ ج: التشابه كبير في المتحكم والسرعة والذاكرة، بينما Nano أصغر حجماً ومناسبة للتركيب على BreadBoard، وتذكر المحاضرة لها 8 مداخل تماثلية.

س: لماذا يحتاج Pro Mini إلى أداة USB–TTL؟ ج: لأن شريحة البرمجة المدمجة غير موجودة على اللوحة حسب المصدر، لذلك تتم البرمجة عبر UART بواسطة محول خارجي.

س: ما الميزة البارزة في Leonardo؟ ج: استخدام ATmega32U4 مع دعم USB مدمج، ما يسمح بتطبيقات HID أو COM كما ورد في الشرح.

س: متى تكون Mega خياراً مناسباً؟ ج: عندما يحتاج المشروع عدداً كبيراً من المداخل والمخارج وذاكرة أكبر من اللوحات الأصغر.

س: لماذا تختلف LilyPad في الشكل عن معظم اللوحات؟ ج: لأنها مصممة للإلكترونيات القابلة للارتداء، ولها أطراف كبيرة مسطحة تسمح باستخدام خيوط موصلة في الأقمشة.

س: ماذا يعني ADC بدقة 10-bit؟ ج: يعني وجود $2^{10} = 1024$ مستوى رقمياً ممكناً، وتُمثل في أمثلة المحاضرة بقيم من 0 إلى 1023.

س: كيف نحسب قراءة ADC من جهد معلوم؟ ج: باستخدام $ADC = (Vin/Vref) \times (2^n-1)$.

س: ما الفرق بين Arduino وRaspberry Pi؟ ج: Arduino مبني على متحكم دقيق لمهام التحكم المباشر، بينما Raspberry Pi حاسوب بمعالج دقيق قادر على تشغيل برامج وأنظمة أكثر تعقيداً.

س: ما أهم سبب يميز ESP32 في تطبيقات IoT؟ ج: وجود Wi-Fi وBluetooth/BLE مدمجين إلى جانب قدرات معالجة وذاكرة أعلى وفق محتوى المحاضرة.

س: اذكر أربع استخدامات لـESP32. ج: إنترنت الأشياء، أتمتة المنزل، الاتصالات اللاسلكية، الروبوتات، ويمكن أيضاً استخدامها في المراقبة الصناعية والبيئية والتعليم والأمان والرعاية الصحية.

س: هل القيم العددية لـESP32 متطابقة في جميع صفحات المصدر؟ ج: لا. توجد قيم مختلفة بين الشرح النصي وجدول المقارنة؛ لذلك يجب التعامل معها كاختلافات داخل المصدر وذكرها تدقيقياً بدلاً من إخفائها.

الاختبار البعدي للمحاضرة الثامنة — 20 درجة

تعليمات

أجب عن جميع الأسئلة. الدرجة الكلية 20. تُحتسب درجات الأسئلة كما هو مبين. ومفتاح الإجابة والحلول النموذجية في الصفحات التالية.

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة — 5 درجات

1. المتحكم المستخدم في Arduino Leonardo هو:

أ) ATmega328P ب) ATmega32U4 ج) ATmega2560 د) Xtensa LX6

2. اللوحة الأنسب للإلكترونيات القابلة للارتداء هي:

أ) Nano ب) Mega ج) LilyPad د) Uno

3. عدد مستويات ADC عند دقة bit-10 هو:

أ) 255 ب) 512 ج) 1023 د) 1024

4. القيمة 128 ضمن المجال 0–255 تمثل تقريباً:

أ) %25 ب) %50 ج) %75 د) %100

5. الميزة اللاسلكية الأساسية في ESP32 هي:

أ) USB فقط ب) Wi-Fi وBluetooth ج) Ethernet فقط د) لا يوجد اتصال

السؤال الثاني: صح أم خطأ مع تصحيح الخطأ — 4 درجات

1. Pro Mini تحتوي على واجهة USB مدمجة ولا تحتاج إلى محول خارجي للبرمجة.
2. Arduino Mega مخصصة للمشاريع التي تحتاج عدداً كبيراً من المداخل والمخارج.
3. Raspberry Pi في المحاضرة مبني على Microcontroller ويشغل برنامجاً واحداً فقط.
4. ESP32 تدعم تطبيقات إنترنت الأشياء والأتمتة والروبوتات.

السؤال الثالث: أسئلة قصيرة — 5 درجات

1. اذكر فرقين بين Arduino Uno وArduino Nano وفق المحاضرة. (1 درجة)
2. لماذا تُستخدم Arduino Leonardo في تطبيقات HID أو COM؟ (1 درجة)
3. عرّف SoC باختصار. (1 درجة)
4. اذكر سليبتين من سليبات ESP32 المذكورة. (1 درجة)
5. اذكر عاملين يجب مراعاتهما عند اختيار لوحة لمشروع إلكتروني. (1 درجة)

السؤال الرابع: مسائل حسابية وتحليلية — 6 درجات

1. إذا كان Vin = 2.0V وVref = 5V ودقة ADC هي bit-10، احسب القراءة الرقمية التقريبية. (2 درجتان)
2. إذا كانت قراءة ADC = 800 من أصل 1023 وVref = 5V، احسب الجهد المقابل تقريباً. (2 درجتان)

3. اختر لوحة من اللوحات الواردة لمشروع يحتاج: عدداً كبيراً من المداخل والمخارج، وفسر اختيارك اعتماداً على المحاضرة. (2 درجتان)

نهاية الأسئلة — الدرجة الكلية: 20

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

أ. مفتاح الاختبار القبلي

1. ATmega328P.
2. LilyPad.
3. خطأ، تحتاج Pro Mini إلى USB–TTL خارجي وفق المحاضرة.
4. صح.
5. 1024 مستوى.
6. 1023.
7. 0 إلى 255.
8. Arduino مبني على Microcontroller للمهام المباشرة، وRaspberry Pi مبني على Microprocessor ويمكنه تشغيل برامج أكثر تعقيداً.
9. Wi-Fi وBluetooth/BLE.
10. Arduino Mega.

ب. مفتاح الاختبار البعدي

السؤال الأول: 1) ب 2) ج 3) د 4) ب 5) ب.

السؤال الثاني:

1. خطأ: Pro Mini لا تحتوي على شريحة برمجة مدمجة وتحتاج إلى USB–TTL.
2. صح.
3. خطأ: Raspberry Pi مبني على Microprocessor وفق المحاضرة.
4. صح.

السؤال الثالث — إجابات نموذجية مختصرة:

1. Nano أصغر حجماً ومناسبة للBreadBoard، وتذكر المحاضرة لها 8 مداخل تماثلية مقابل 6 في Uno؛ بينما يشتركان في ATmega328P وسرعة 16MHz وFlash 32KB.
2. لأن Leonardo تستخدم ATmega32U4 وتحتوي على USB مدمج، ما يسمح بتطبيقات HID أو COM.
3. SoC: دائرة متكاملة تجمع مكونات النظام مثل المعالج والذاكرة والاتصالات وواجهات الإدخال والإخراج في شريحة واحدة.
4. مثال: التعقيد البرمجي العالي، حساسية الجهد، تعقيد التوصيلات وتعدد وظائف المنافذ، أو التوافق المحدود مع بعض المكتبات.
5. مثال: عدد المنافذ، الذاكرة، الحجم، طريقة البرمجة، الجهد، الاتصال، أو طبيعة التطبيق.

ج. الحلول النموذجية للمسائل الحسابية

المسألة 1: $n = 10$ ، $Vref = 5V$ ، $Vin = 2.0V$.

$$\mathbf{ADC = (2 / 5) \times 1023 = 409.2 \approx 409}$$

الإجابة: القراءة الرقمية التقريبية = 409.

المسألة 2: $ADC = 800$ ، $Vref = 5V$.

$$\mathbf{Vin = (800 / 1023) \times 5 \approx 3.91\ V}$$

الإجابة: الجهد المقابل ≈ 3.91V.

المسألة 3: الاختيار المقترح هو Arduino Mega؛ لأن المحاضرة تصفها بأنها مناسبة للمشاريع الكبيرة التي تحتاج عدداً كبيراً من الأقطاب وذاكرة أكبر، وتذكر 54 قطب دخل/خرج و15 PWM و16 مدخلاً تماثلياً.

د. معايير تصحيح السؤال التحليلي

- تحديد اللوحة المناسبة: 1 درجة.
- الاستناد إلى مواصفات وردت في المحاضرة وتبرير منطقي للاختيار: 1 درجة.

خلاصة المحاضرة

تقدم المحاضرة الثامنة خريطة عملية لاختيار لوحة التحكم المناسبة: تبدأ بعائلة Arduino التقليدية واختلافاتها، ثم تربطها بقياس الإشارات التماثلية من خلال ADC وPWM، وتوضح الفرق بين المتحكم الدقيق والحاسوب ذي المعالج الدقيق، وتختتم بمنصة ESP32 باعتبارها SoC ذات اتصال لاسلكي مدمج وتطبيقات واسعة في إنترنت الأشياء والأتمتة. ويُعد فهم متطلبات المشروع ومقارنة المواصفات هو الأساس الصحيح للاختيار الهندسي.

المحاضرة التاسعة (Ninth Lecture)

الأهداف التعليمية

1. يعرّف الطالب مفهوم Arduino ودوره التعليمي والتطبيقي.
2. يسمّي المكونات الرئيسة في مخطط Arduino Uno الوارد في المحاضرة.
3. يشرح وظيفة المنافذ التناظرية A0–A5 ووحدة ADC.
4. يفسر العلاقة بين 0V و2.5V و5V وبين القراءات الرقمية التقريبية 0 و512 و1023.
5. يميز بين setup() وloop() من حيث زمن التنفيذ والغرض.
6. يوظف pinMode() وdigitalWrite() لتشغيل LED.
7. يفسر أثر delay() في تسلسل تنفيذ البرنامج.
8. يستخدم متغيرات مناسبة لتنظيم الكود.
9. يبني شرطاً باستخدام if/else وحلقة تكرار باستخدام for.
10. يشرح PWM ويستخدم analogWrite() للتحكم النسبي في خرج يدعم PWM.
11. يستخدم map() لتحويل قراءة 0–1023 إلى مجال 0–255 في المثال التطبيقي.

ثانياً: الاختبار القبلي للمحاضرة التاسعة

تعليمات الاختبار القبلي

يُجاب عن الأسئلة قبل البدء بشرح المحاضرة. الهدف تشخيص المعرفة السابقة ولا تدخل الدرجة في التقييم النهائي.

1. ما المقصود بالمتحكم الدقيق في لوحة Arduino؟

2. اختر الإجابة الصحيحة: المنافذ A0–A5 في Arduino Uno هي منافذ (تناظرية / رقمية فقط / تعدّية فقط / اتصال USB).

3. صح أم خطأ: تعمل الدالة setup() بصورة متكررة طوال فترة تشغيل اللوحة.

4. صح أم خطأ: الدالة loop() تنفذ بصورة مستمرة ما دام Arduino يعمل.

5. ما وظيفة pinMode()؟

6. ما الفرق بين HIGH وLOW عند استخدام digitalWrite()؟

7. ما الوحدة الزمنية المستخدمة في delay() وفق المثال الوارد؟

8. ما المجال العددي المستخدم مع analogWrite() في أمثلة المحاضرة؟

9. ما وظيفة حلقة for؟

10. ما الغرض من الدالة map() في مثال المقاومة المتغيرة؟

الدوال والامثلة البرمجية للأردوينو (Arduino)

يُعد الأردوينو (Arduino) من أكثر الأنظمة التعليمية انتشارًا في مجال الإلكترونيات والبرمجة، إذ يوفّر وسيلة سهلة وفعّالة لربط البرمجة بالعالم المادي. يقوم مبدأ عمله على استقبال إشارات من عناصر استشعار مختلفة (مثل حساس الحرارة أو الضوء)، ثم معالجتها عبر المتحكم الدقيق الموجود على اللوحة، وإرسال أوامر للتحكم بعناصر خارجية مثل المصابيح أو المحركات.

بهذه الفكرة البسيطة، يستطيع الطالب أن يفهم عمليًا كيف تنتقل البيانات من البيئة إلى المعالج ثم إلى المخرجات، مما يجعله وسيلة ممتازة للتعلّم التطبيقي.

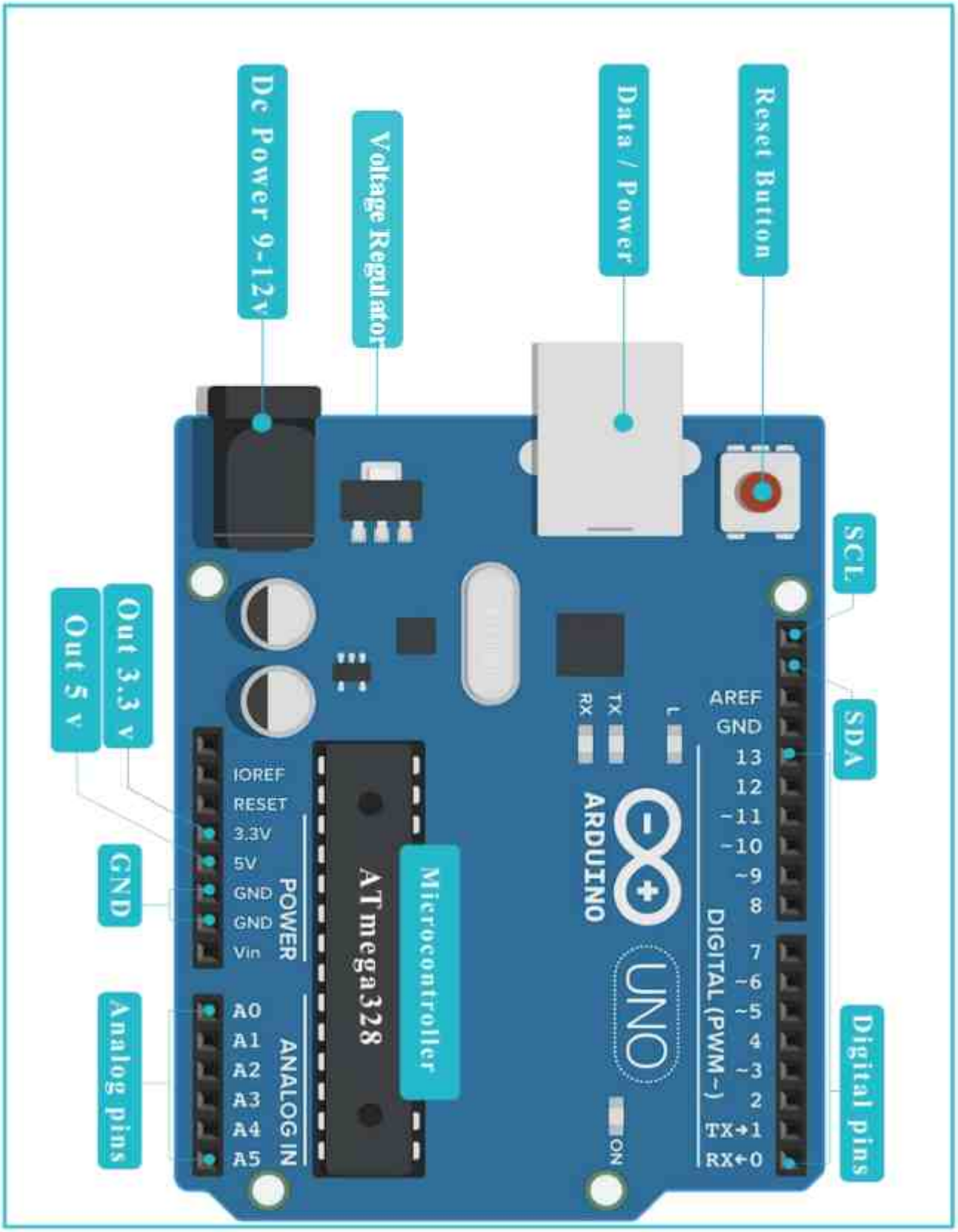
ظهرت فكرة الأردوينو عام 2005في إيطاليا ضمن معهد التصميم التفاعلي (Interaction Design Institute Ivrea)، حيث أراد مجموعة من الباحثين تطوير أداة منخفضة الكلفة وسهلة الاستخدام تمكّن الطـــلاب والفنانين من

بناء مشاريع إلكترونية دون الحاجة إلى خبرة كبيرة في الإلكترونيات.

اختير اسم "Arduino" نسبةً إلى مقهى في مدينة إيفريا الإيطالية كان يجتمع فيه مؤسسو المشروع لمناقشة أفكارهم.

تميّز الأردوينو بأنه مفتوح المصدر(Open Source) ، مما سمح بتطويره وانتشاره عالميًا بسرعة كبيرة، إذ يمكن لأي شخص تصميم نسخ خاصة منه أو تعديل برمجياته بحرية. واليوم أصبح الأردوينو يُستخدم في مجالات واسعة تشمل التعليم، والبحوث، والهندسة، وحتى المشاريع الصناعية الصغيرة.

مكونات لوحة الأردوينو | Arduino Board Components



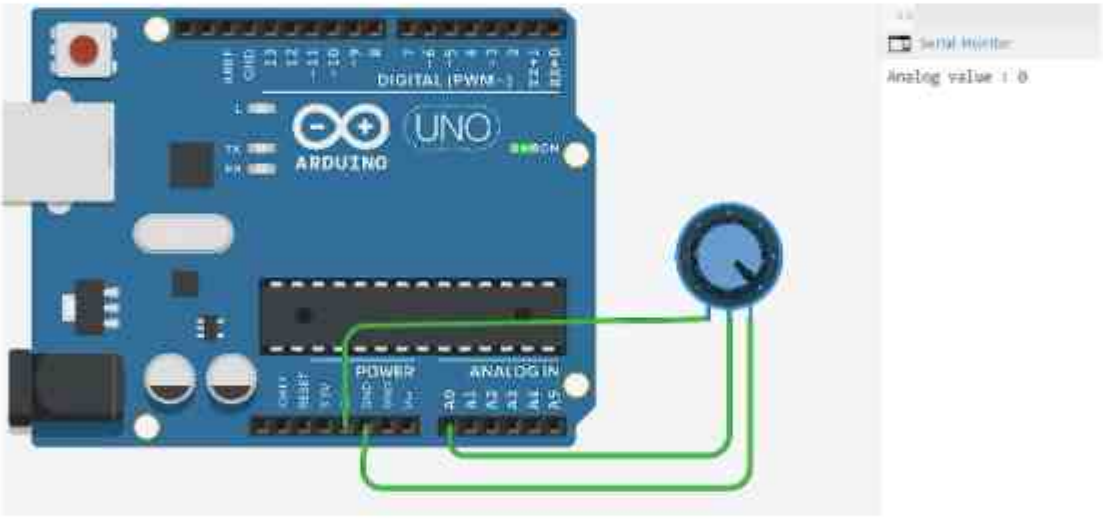
مخطط لتوضيح اهم مكونات الاردوينو

- **المنافذ التناظرية | Analog Pins (A0–A5)**

المنافذ التناظرية في الأردوينو مخصصة لقياس الإشارات المتغيرة باستمرار، مثل إشارة من حساس حرارة أو حساس ضوء. هذه المنافذ تستطيع قراءة قيم متعددة تتراوح من 0 إلى 1023، وتمثل مستويات الجهد من 0 إلى 5 فولت. داخل المتحكم الدقيق ATmega328P توجد وحدة مدمجة تُسمّى (ADC) مهمتها تحويل الجهد الداخل من المنافذ التناظرية (0–5 فولت) إلى قيمة رقمية تتراوح بين (0 - 1023) بحيث تمثل كل قيمة رقمية مقدارًا معينًا من الفولتية يمكن للمتحكم التعامل معه برمجيًا.

خلاصة: كل منفذ تناظري يحوّل الجهد الداخل (0–5 فولت) إلى قيمة رقمية (0–1023) باستخدام (ADC)، مما يتيح للأردوينو قراءة المتغيرات التناظرية والتحكم بها برمجيًا.

- **إذا دخل للمنفذ 0 فولت ← تكون القراءة 0**
- **إذا دخل 2.5 فولت ← تكون القراءة تقريبًا 512**
- **إذا دخل 5 فولت ← تكون القراءة 1023**



الفصل البرمجي

لغة البرمجة في الأردوينو

الأردوينو ليس لغة جديدة، بل هو إطار عمل (Framework) مبني على لغةC.++ يسهّل الأردوينو على المبتدئين التعامل مع العتاد الإلكتروني مثلLED ، الحساسات، والمحركات دون الحاجة لكتابة أكواد منخفضة المستوى.يحتوي على مكتبات و دوال جاهزة مثل digitalWrite(), pinMode(), analogRead() لتسهيل البرمجة.

بنية برنامج الأردوينو الأساسية انه يتكون من دالتين أساسيتين:

1- **دالة void setup()**

تعمل مرة واحدة فقط عند تشغيل اللوحة تستخدم لـ تهيئة المنافذ، إعداد الاتصالات، أو أي إعدادات أولية.

2- **دالة void loop()**

تعمل بشكل متكرر ومستمر عملها تنفيذ الأوامر التي يجب تكرارها باستمرار مثل قراءة الحساسات أو التحكم بالمخرجات وغيرها.

هنالك بعض الدوال الأخرى وهي :

1- **دالة الشرط (if & else)** : هي طريقة لاتخاذ قرار داخل الكود بمعنى :
إذا تحقق الشرط، نفّذ كذا؛ وإلا (إذا لم يتحقق)، نفّذ شيء آخر".

2- **دالة for loop : هي حَلقة تكرار (loop) تُستخدم لتكرار تنفيذ مجموعة أوامر عددًا معينًا من المرات.**

3- **دالةanalogWrite(pin, value) : تُستخدم لإرسال إشارة تماثلية (PWM) إلى مخرج (pin) معيّن في الأردوينو**

4- **دالة map() في الأردوينو من أهم الدوال التي تسهّل التعامل مع القيم التناظرية (Analog values) ـــخصوصًا لما تريد تحويل مدى قراءة إلى مدى آخر)مثل تحويل قراءة حساس إلى نسبة أو سرعة أو درجة حرارة، حيث انها تُعيد قيمة جديدة ناتجة عن تحويل (إعادة تعيين) رقم من مدي إلى مدي آخر.**

ببساطة :

اذا كان لديك قيمة في نطاق معيّن، وتريد تحويلها إلى نطاق آخر يناسبك ـــ تستخدم map()بدل ما تحسبها يدويًا.

بعض الامثلة عن الدوال البرمجية في الاردوينو

سنتناول بعض التطبيقات البسيطة لفهم الدوال وبعض المفاهيم البرمجية

1. مثال تشغيل LED: لشرح مفهوم الـ pinMode و digitalWrite

```
void setup () {
 pinMode(7, OUTPUT);
 digitalWrite(7, HIGH);
}
void loop() {}
```

حيث ان pinMode المسؤولة عن تحديد نوع الـــ pin

ويكون اما OUTPUT او INPUT

وان digitalWrite المسؤولة عن أوامر التشغيل والاطفاء

---

2. **مثال تشغيل الـ LED لفترة زمنية: لشرح مفهوم دالة ()delay**

```
void setup() {
 pinMode(7, OUTPUT);
 digitalWrite(7, HIGH);
 delay(1000);
 digitalWrite(7, LOW);
 delay(1000);
}
void loop() {}
```

دالة ()delay: تستخدم للانتظار حيث توقف المتحكم عن العمل لفترة زمنية نحددها في الكود وتكون بالملي ثانية

---

3. **تطبيق الأمثلة السابقة مع ()void loop : لشرح مفهوم التكرار**

```
void setup() {
 pinMode(7, OUTPUT);
}
void loop() {
 digitalWrite(7, HIGH);
 delay(1000);
 digitalWrite(7, LOW);
 delay(1000);
}
```

سنتعرف هنا عن احد الدوال الرئيسية وهي دالة () void loop مبدأ عملها باختصار تكرار تنفيذ الكود الموجود ضمنها طالما الاردوينو شغال.

4. مثال LED : لشرح مفهوم المتغيرات

```
int LED = 2;
void setup() {
 pinMode(LED, OUTPUT);
}
void loop() {
 digitalWrite(LED, HIGH);
 delay(500);
 digitalWrite(LED, LOW);
 delay(500);
```

المتغير هو مكان نخزن فيه قيمة نستخدمها أو نغيرها أثناء البرنامج، وهذا يسهل تكرار القيم، تعديلها بمكان واحد، تخزين بيانات مؤقتة، إجراء حسابات عليها، وتنظيم الكود ليكون أوضح وأسهل للفهم.

من اهم المتغيرات:

Int: يخزن أرقام صحيحة (16bit).

Long: يخزن ارقام صحيحة (32bit) رينج كبير جدا

Float: يخزن أرقام عشرية

String: يخزن نصوص

bool: يخزن قيمتين فقط true :أو) false صح أو خطأ

---

5. مثال مبسط لشرح مفهوم الشرط (if & else)

```
int LED1 = 7;
int LED2 = 8;
int bool = true;
void setup() {
 pinMode(LED1, OUTPUT);
 pinMode(LED2, OUTPUT);
}
void loop() {
 if (X == true) {
 digitalWrite(LED1, HIGH);
 }else{
 digitalWrite(LED2, HIGH);
```

هي شرط نستخدمه لتحديد أي جزء من الكود ينفذ حسب حالة معينة. يعني "إذا تحقق الشرط نفذ هذا، وإلا نفذ غيره"

if (الشرط){ الكود المراد تشغيله عند حصول الشرط }

else: ينفذ في حال عدم حصول الشرط

6. مثال مبسط لشرح مفهوم الـ for loop

تسمح بتكرار جزء من الكود عدد محدد من المرات، بعكس دالة loop() التي تعمل بلا نهاية وتكرر الكود دائمًا، مما يجعل for مفيدة للتحكم بعدد التكرارات بدقة.

For (int i = 0 ; i < 5 ; i++)

for (قيمة الزيادة ; الشرط ; المتغير مع القيمة)

```
int LED = 2;
void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
}
void loop() {
for(int i = 0; i < 5; i++) {
  digitalWrite(LED, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(LED, LOW);
  delay(1000);
```

---

7. مثال منافذ (PWM): لشرح مفهوم دالة analogWrite

هو طريقة للتحكم في مقدار الطاقة المرسلة إلى جهاز مثل LED أو محرك، عن طريق تشغيل وإيقاف الكهرباء بسرعة كبيرة جدًا. الفكرة تعتمد على تعديل مدة التشغيل مقابل مدة الإيقاف في كل دورة كهربائية، وهذا ما يسمى دورة العمل (Duty Cycle) حيث ان:

PWM = 255 × النسبة المئوية

PWM	نسبة التوهج
64	25%
128	50%
192	75%
255	100%

```
int led1 = 9;
int led2 = 10;
int led3 = 11;
void setup() {
pinMode(led1, OUTPUT);
pinMode(led2, OUTPUT);
pinMode(led3, OUTPUT);
}
void loop() {
  analogWrite(led1, 64);
  analogWrite(led2, 128);
  analogWrite(led3, 255);
}
```

8. مثال مبسط لشرح مفهوم دالة (Map) : التحكم في سطوع LED عبر مقاومة متغيرة (Potentiometer)

```
int pot = A0;   // المقاومة المتغيرة
int led = 9;    // البن يدعم PWM


void setup() {
  pinMode(led, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int sensorValue = analogRead(pot);            // قراءة 0–1023
  int ledValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255); // تحويلها إلى 0–255
  analogWrite(led, ledValue);  // تحكم بالسطوع
  Serial.println(ledValue);
  delay(50);
}
```

أسئلة وأجوبة نموذجية

س1: لماذا يعد Arduino مناسباً للتعليم؟
الجواب: لأنه يربط البرمجة مباشرة بعناصر فيزيائية مثل الحساسات والمصابيح والمحركات، ويتيح رؤية أثر الكود عملياً.

س2: ما وظيفة المتحكم الدقيق في اللوحة؟
الجواب: تنفيذ البرنامج وقراءة المداخل ومعالجة البيانات وإصدار أوامر للمخرجات.

س3: ما وظيفة A0–A5؟
الجواب: قراءة إشارات تناظرية متغيرة تم تحويلها إلى قيم رقمية بواسطة ADC.

س4: ما الفرق بين setup() وloop()؟
الجواب: setup() تعمل مرة واحدة للتهيئة، أما loop() فتتكرر ما دامت اللوحة تعمل.

س5: لماذا نستخدم pinMode()؟
الجواب: لتحديد ما إذا كان المنفذ سيستخدم كدخل أو خرج.

س6: ما وظيفة digitalWrite()؟
الجواب: تحديد الحالة المنطقية للمخرج HIGH أو LOW.

س7: ما المقصود بالمتغير؟
الجواب: مكان يحمل قيمة يمكن الرجوع إليها أو تعديلها أثناء البرنامج، ويساعد على تنظيم الكود.

س8: متى تستخدم if/else؟
الجواب: عندما تحتاج إلى اتخاذ قرار وتنفيذ جزء مختلف من الكود بحسب تحقق شرط.

س9: متى تكون for أنسب من loop()؟
الجواب: عندما نريد تكرار مجموعة أوامر عدداً محدداً ومعروفاً من المرات.

س10: ما معنى PWM في سياق المثال؟
الجواب: تغيير نسبة زمن التشغيل إلى الإيقاف للتحكم في التأثير المتوسط على الحمل.

س11: ما المجال المستخدم في analogWrite() ضمن المحاضرة؟
الجواب: من 0 إلى 255.

س12: ما الغرض من map()؟
الجواب: إعادة تمثيل قيمة من مجال إلى مجال آخر، مثل تحويل 0–1023 إلى 0–255.

س13: ماذا تعني قراءة 512 تقريباً عند مرجع 5V وفق المثال؟
الجواب: تمثل تقريباً منتصف مجال الجهد، أي نحو 2.5V.

س14: لماذا يظهر Serial Monitor في المثال؟
الجواب: لعرض القيمة الرقمية ومتابعة أثر تغيير المقاومة المتغيرة على القراءة أو القيمة المحولة.

<u>الاختبار البعدي للمحاضرة التاسعة — 20 درجة</u>

السؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة — 5 درجات

1. الدالة التي تعمل مرة واحدة عند بدء التشغيل هي: (loop / setup / map / analogWrite).
2. الدالة المسؤولة عن تحديد المنفذ كدخل أو خرج هي: (pinMode / delay / digitalWrite / Serial.println).
3. أعلى قيمة ضمن مجال analogWrite() الوارد في المحاضرة هي: (1023 / 512 / 255 / 100).
4. البنية المناسبة لتكرار الأوامر عدداً محدداً من المرات هي: (if / for / setup / map).

5. عند تحويل قراءة 0–1023 إلى 0–255 نستخدم في المثال: (pinMode / digitalWrite / map / delay).

السؤال الثاني: صح أم خطأ مع تصحيح الخطأ — 4 درجات

1. تعمل loop() مرة واحدة فقط ثم يتوقف البرنامج.
2. القيمة 128 في مجال PWM تمثل تقريباً 50% حسب الجدول الوارد.
3. يمكن استخدام digitalWrite() لتحديد الحالة HIGH أو LOW لمخرج رقمي.
4. المنافذ A0–A5 مخصصة في المثال للقراءات التناظرية.

السؤال الثالث: أسئلة قصيرة — 5 درجات

1. اشرح الفرق الوظيفي بين setup() وloop(). (2 درجة)
2. اذكر فائدتين لاستخدام المتغيرات في البرنامج. (1 درجة)
3. ما وظيفة map() في مثال المقاومة المتغيرة؟ (1 درجة)
4. ما المقصود بـ Duty Cycle في سياق PWM؟ (1 درجة)

السؤال الرابع: تطبيقات وتحليل كود — 6 درجات

1. اكتب مقطعاً برمجياً يجعل LED على المنفذ 7 يومض كل ثانية: ثانية تشغيل ثم ثانية إطفاء. (2 درجتان)
2. إذا كانت analogRead() قد أعطت 512، فما القيمة التقريبية بعد تحويلها بـ map() من 0–1023 إلى 0–255؟ فسّر النتيجة. (2 درجتان)
3. حلل الكود الآتي وحدد عدد مرات تشغيل وإطفاء LED داخل حلقة for، ثم اذكر دور i++. (2 درجتان)

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
digitalWrite(LED, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(LED, LOW);
delay(1000);
}
```

مجموع الدرجة

السؤال الأول 5 + السؤال الثاني 4 + السؤال الثالث 5 + السؤال الرابع 6 = 20 درجة.

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

أ. مفتاح الاختبار القبلي

- 1. المتحكم الدقيق هو الجزء الذي ينفذ البرنامج ويتعامل مع المداخل والمخرجات.
- 2. تناظرية.
- 3. خطأ؛ setup() تعمل مرة واحدة.
- 4. صح.
- 5. تحديد نمط المنفذ INPUT أو OUTPUT.
- 6. HIGH حالة منطقية مرتفعة وLOW حالة منطقية منخفضة.

- 7. الملي ثانية (ms).
- 8. من 0 إلى 255.
- 9. تكرار مجموعة أوامر عدداً محدداً من المرات.
- 10. تحويل مجال القراءة 0–1023 إلى مجال 0–255 في المثال.

ب. مفتاح الاختبار البعدي

السؤال الأول: 1) map (5 for (4 255 (3 pinMode (2 setup.

السؤال الثاني: 1) خطأ: loop() تتكرر باستمرار. 2) صح. 3) صح. 4) صح.

السؤال الثالث: يقيّم وفق وضوح تعريف وظيفة كل مفهوم وربطه بالمثال البرمجي. الإجابات النموذجية موضحة في شرح المحاضرة.

ج. الحلول النموذجية للتطبيقات

1. كود الوميض:

```
void setup() {
pinMode(7, OUTPUT);
}

void loop() {
digitalWrite(7, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(7, LOW);
delay(1000);
}
```

2. التحويل: القيمة تكون تقريباً 128، لأنها تمثل منتصف المجال تقريباً، وبذلك تعادل نحو 50% من مجال PWM.

3. تنفذ حلقة for خمس مرات لأن i تبدأ من 0 وتستمر للقيم 0،1،2،3،4. التعليمة i++ تزيد العداد بمقدار واحد بعد كل دورة.

خلاصة المحاضرة

تنتقل المحاضرة التاسعة بالطالب من معرفة لوحة Arduino إلى فهم كيفية التحكم بها برمجياً. ويبدأ ذلك من معرفة المداخل التناظرية وقراءة ADC، ثم فهم بنية setup() وloop()، واستخدام أوامر الإدخال والإخراج والمتغيرات والشروط وحلقات التكرار، وصولاً إلى PWM وتحويل المجالات بواسطة map(). وتمثل هذه العناصر الأساس اللازم لبناء تطبيقات Arduino أبعد من الأمثلة البسيطة نحو مشاريع تعتمد على الحساسات والتحكم في المخرجات.

نتائج التعلم النهائي

بعد إتمام المحاضرة ينبغي أن يكون الطالب قادراً على قراءة برنامج Arduino بسيط، تفسير كل سطر رئيسي فيه، وربط تغير المدخلات باستجابة المخرجات بطريقة منظمة.

المحاضرة العاشرة (Tenth Lecture)

الفكرة المركزية

- المذبذب يولد إشارة متغيرة اعتماداً على مصدر مستمر ومكونات الدائرة، ولا يعتمد في التشغيل المستمر على إشارة دخل خارجية كما في المضخم.
- التغذية الراجعة تعيد جزءاً من الخرج إلى الدخل، ويحدد الطور ما إذا كانت التغذية موجبة أم سالبة.
- التغذية الراجعة السالبة تقلل الكسب وفق العلاقة الواردة في المصدر، بينما الموجبة تزيده وقد تقود إلى التذبذب عند تحقق الشرط المحدد.
- استجابة الترانزستور للنبضات تتضمن أزمنة تأخير وارتفاع وخزن وهبوط، ويُعرّف زمن التشغيل والإطفاء كمجموعات من هذه الأزمنة.
- المذبذب غير المستقر لا يمتلك حالة استقرار ثابتة، بل يتبادل الترانزستوران حالتي التوصيل والقطع بصورة دورية.

الأهداف التعليمية

1. يعرّف الطالب المذبذب ويميزه عن المضخم من حيث الحاجة إلى إشارة دخل.
2. يشرح مفهوم التغذية الراجعة ووظيفتها العامة في الدائرة.
3. يميز بين التغذية الراجعة الموجبة والسالبة من حيث علاقة الطور والأثر على الكسب.
4. يستخدم علاقات الكسب المغلق الواردة في المحاضرة لحل أمثلة عددية بسيطة.
5. يفسر معنى معامل التغذية الراجعة β ومعامل الحلقة βA.
6. يحدد شرط التذبذب كما ورد في المصدر.
7. يعرّف td وtr وts وtf وton وtoff ويعرض النبضة.
8. يصنف المذبذبات المتعددة إلى الأنواع الثلاثة المذكورة في المصدر.
9. يشرح تركيب المذبذب غير المستقر باستخدام ترانزستورين وربط تبادلي بالمكثفات.
10. يصور مفاهيمية Q2 وQ1 بين OFF وON ويتتبع انتقال حالتي.
11. يستخدم علاقة التردد f = 1/(t1+t2) والعلاقة المتماثلة الواردة في المحاضرة.

الاختبار القبلي للمحاضرة العاشرة

الغرض من هذا الاختبار تشخيص المعرفة السابقة قبل البدء بالشرح. لا تُحتسب درجته ضمن الاختبار اليومي.

1. ما الفرق الأساسي بين المضخم والمذبذب من حيث وجود إشارة الدخل؟
2. عرّف التغذية الراجعة Feedback بصورة مختصرة.
3. اختر: الإشارة الراجعة في التغذية الموجبة تكون (بنفس الطور / بعكس الطور 180° مع إشارة الدخل).
4. اختر: الإشارة الراجعة في التغذية السالبة تكون (بنفس الطور / بعكس الطور 180° مع إشارة الدخل).
5. في العلاقات الواردة بالمحاضرة، ماذا يمثل الرمز A؟
6. ماذا يمثل الرمز β؟
7. صح أم خطأ: التغذية الراجعة السالبة تزيد كسب المضخم دائماً.
8. ما المقصود بزمن الارتفاع tr؟
9. اذكر أنواع المذبذبات المتعددة الثلاثة التي يذكرها المصدر.
10. ما الحالة المميزة للمذبذب غير المستقر Astable Multivibrator؟

الهزازات (المذبذبات) Multividrator

المذبذب دائرة الكترونية تقوم بتحويل التيار او الفولتية المستمرة (D.C) الى تيار او فولتية متناوبة ذات تردد عالي واشكال موجية مختلفة مثل موجة جيبية او مربعة او موجة من المنشار وغيرها. ويختلف المذبذب عن المكبر هو ان المكبر يجب ان يحتوي على اشارة ادخال حتى يظهر اشارة اخراج لها نفس الشكل ولكنها مكبرة بمساعدة مصدر مستمر وهذا يعني ان المكبر اساسا يأخذ الطاقة من المصدر المستمر ويحولها الى طاقة متناوبة بوجود اشارة ادخال وفي حالة عدم وجود اشارة ادخال فان الاخراج يكون صفر اما المذبذب فانه لا يحتاج الى اشارة ادخال ولكنه يحتاج الى مصدر مستمر اما تردد الاشارة الخارجية فيعتمد على مكونات المذبذب.

الشكل رقم (1) يوضح رمز المكبر بدون التغذية الراجعة

➢ التغذية الخلفية: Feedback

تعني ان جزء من اشارة الاخراج يعاد الى الادخال وهذا الاشارة الراجعة تشترك مع ادخال الاصلي منتجة تغييراً ملحوظا على اداء المنظومة وبالتالي السيطرة على اشارة الاخراج سيطرة دقيقة وتقسم التغذية الخلفية الى النوعين:

١- التغذية الخلفية الموجبة:

تعني ان طور الاشارة الراجعة بنفس الطور مع اشارة الادخال وبذلك تساعد على زيادة اشارة الادخال يستخدم في دوائر المبذبذبات او الهزازات.

٢- التغذية الخلفية السالبة

يعني ان طور الاشارة الراجعة يعاكس طور اشارة الادخال (فرق طور مقداره ١٨٠) ويستخدم في دائرة المكبرات لعلاقة الخاصة بالتكبير النهائي لمنظومة التغذية الخلفية:-

يحسب كسب المكبر بدون تغذية خلفية من العلاقة التالية

كما مبين في الشكل رقم (2) الذي يوضح ربط المكبر مع التغذية الراجعة

A=Vo/Vin----(1)

A=Vo/Ai -----(2)

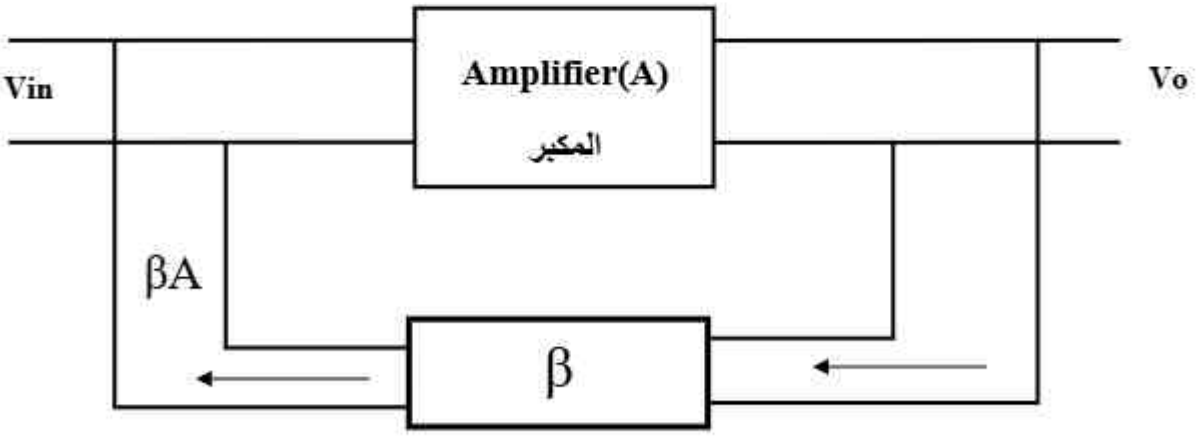
حيث يمثل A كسب الحلقة المفتوحة (Open loop gain) ، وعند إضافة دائرة تغذية خلفية للمكبر كما في الشكل رقم (2) ، ولنفرض ان (Vo) هي فولتية الإخراج مع تغذية خلفية ، حيث ان جزءاً من هذه الفولتية يعاد الى الادخال (VB) والتي تصبح A(Vin=βVo) ، اعتماداً على كون الإشارة الراجعة بنفس الطور او عكس الطور مع الادخال وبذلك فأنها تكبر ب (A) من المرات وتصبح فولتية الإخراج تساوي (A(Vin ± Bvo)) وكما يلي:-

$$Vo^{-}(Vin \pm Bvo^{-}) \Longrightarrow Vo^{-}(1 \pm BA) = AVin$$

وبذلك فأن كسب التكبير بالتغذية الخلفية

$$A^{-} = \frac{Vo^{-}}{Vin} = \frac{A}{1 \pm \beta A}$$

$$A^{-} = \frac{A}{1-\beta A} + \text{Ve Feed back} \,, \quad A^{-} = \frac{A}{1+\beta A} - \text{Ve Feed back}$$



الشكل رقم (2) يوضح رمز المكبر مع التغذية الراجعة

يعد المقدار (βA)معامل التغذية الخلفية ، يدعى المقدار (β) نسبة التغذية الخلفية ويدعى المقدار (1+ βA) كسب الدارة او الحلقة ويدعى كذلك كسب الحلقة المغلقة وذلك لانه يحسب بعد غلق حلقة التغذية الخلفية ويدعى المقدار (A^- /A) بعامل التضحية (Sacrifice Factor) ((S))

* For – Ve Feeb Back $A^- = \frac{A}{1+\beta A}$

$A^- < A$ because $(1 + \beta A) > 1$

EX; A= 90 , β = 1/ 10 = 0.1

$A^- = \frac{A}{1+\beta A} = 9$

التغذية الخلفية السالبة تزيد عرض الخدمة وتفيد ممانعات الادخال والاخراج وتقلل التشويه في الاشارة الخارجة وكذلك الدائرة تكون اكبر استقرارا لانها تعتمد على قيم مكونات الدائرة الخارجية اكثر من اعتمادها على المكونات الفعاله ، من ذلك نلاحظ ان التغذية الخلفية السالبة للمكبر تقلل الكسب ويعني ان الكسب بدون تغذية خلفية سالبة =٩٠ ومع تغذية خلفية سالبة يكون=٩

وعندما $(\beta A \gg 1)$ فأن $(A^- = \frac{A}{\beta A} = \frac{1}{\beta})$ وذلك يعني(A^-) يعتمد فقط على قيمة β .

* +Ve feed back $A^- = \frac{A}{1-\beta A}$

$A^- > A$ because $(1- \beta A) < 1$

ويعني ان الكسب بدون تغذية خلفية موجبة = 90 ومع تغذية خلفية موجبة يكون 900

Ex: β =0.01 , A= 90

$$A^- = \frac{90}{1-(0.01 \times 90)} = 900$$

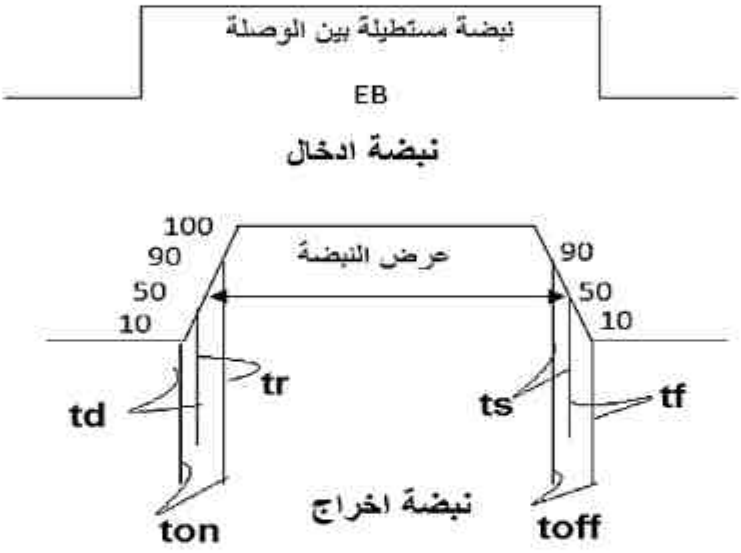
ومن ذالك نلاحظ ان التغذية الموجبة للمكبر تزيد الكسب

وعندما ($\beta A = 1$) فان الكسب يصبح باللانهاية وهذا يعني ان هناك اشارة اخراج بدون اشارة ادخال ويصبح المكبر بذلك مذبذب والشروط الاساسية الحصول التذبذب هي:-

١- التغذية يجب ان تكون موجبة

٢- عامل التغذية الخلفية او كسب الدارة يجب ان يساوي ١، أي ان ($AB= 1$)

استجابة الترانستور لموجبة ادخال مستطيلة



نتيجة للتأثير السعوي للترانستور والمكونات الخارجية في دائرته فان موجة الاخراج له لا تتبع مباشرة موجة الادخال فعند تسليط نبضة ادخال الى وصلة EB فان هناك زمن تأخير قبل ان يبدأ تيار الجامع (Ic) بالزيادة ونفس الشيء يحصل عندما تصبح الفولتية صفر فان هناك زمن تأخير قليل قبل ان يبدأ (Ic) بالنقصان

وبذلك فان هناك زمن تأخير بين موجة الادخال والاخراج ولمعرفة اشتغال الترانستور NO, OFF فأنتا يجب ان نعرف بعض المصطلحات وازمنة التأخير المختلفة كما يظهر في الشكل اعلاه

زمن التأخير Time Delay ((td))

هو الفترة الزمنية بين بداية نبضة الادخال حتى وصول تيار او فولتية الاخراج الى (10%) من قيمتها العظمى ويعتمد على سعة منطقة الوصلة وتيار القاعدة وقيمة B للتراستور.

زمن الارتفاع Rise Time : ((tr))

الزمن اللازم لتيار او فولتية الاخراج حتى ترتفع من ((10%)) الى (90%) من قيمتها العظمى الاولية.

زمن التشغيل Turn On Time

يساوي مجموع زمن التأخير من من الارتفاع . (ton = td + tr)

زمن الخزن Storege Time ((ts))

الفترة الزمنية بين نهاية نبضة الادخال (حافة النزول) او الزمن عندما تقل نهية فولية او تيار الاخراج الى (90%) من قيمتها الاولية

زمن التغذية Fall Time ((tf))

الفترة الزمنية والتي خلالها تقل فولتية او تيار الاخراج من (90%) من قيمتها العظمى الاولية.

زمن الاطفاء Turn off time ((toff))

يساوي مجموع زمن النزول والخزن (toff = ts + tf)

عرض النبضة Band width ((BW))

الفترة الزمنية لموجة الاخراج مقاسة بين 50% من زمن ارتفاع ونزول الموجه.

الهزازات Multivibrator AMV

هي احدى انواع المذبذبات وهي عبارة عن داوائر الكترونية تستخدم الترانستورات او الدوائر المتكاملة لتوليد موجات مربعة او مستطيلة حيث تستخدم ترانستورين مع توقيت نوع R – c مربوطتين على شكل تغذية خلفية بحيث يكون احد هذين الترانستورين في حالة توصيل بينما يكون الترانستور الثاني في حالة قطع بصورة منظمة ولذلك فان الاخراج سوف يتذبذب بني القيمة العظمى او القيمة السفلى بحيث يكون شكل الموجة الناتجة هو موجة مربعة تتضمن الدورة الكاملة في موجة الاخراج على زمنين هما زمن التوصيل وزمن القطع ولذلك تسمى هذه الهزازات مذبذبات الارتخاء لوجود حالة القطع التي يكون فيها المذبذب في حالة ارتخاء.

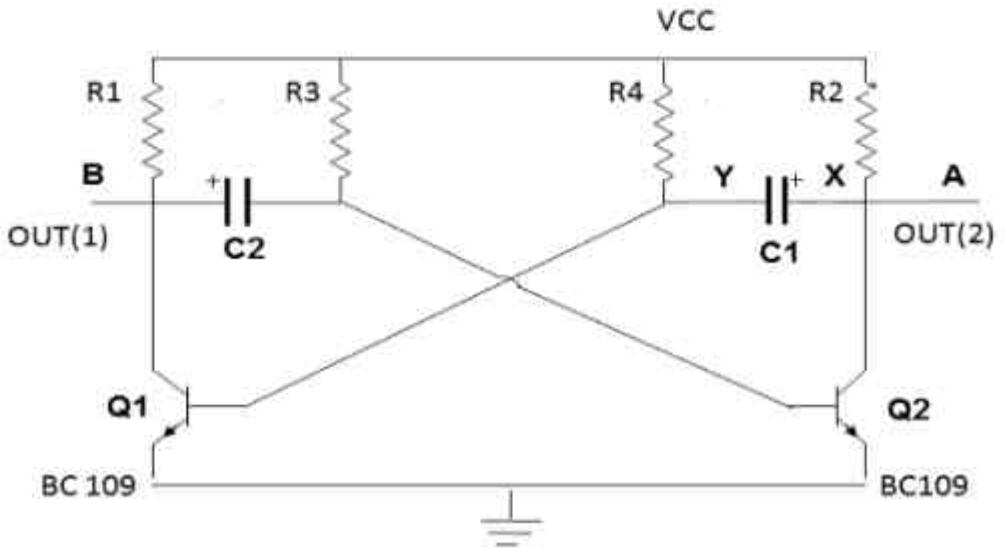
للهزازات اخراجان هما Vo1 و Vo2 حيث Vo1 هو اخراج الترانستور الاول و Vo2 هو اخراج الترانستور الثاني وبسبب الشكل الذي يربط به الهزاز فأنه قيمة Vo1 هي معكوس Vo2

يوجد نوعين من الهزازات الاول النوع مهتزات حرة الدوران، ويحدث فيها التذبذب تلقائيا عند ربطها الى المصدر وهي لا تحتاج الى تحفيز خارجي والنوع الثاني مهتزات ذات اشارة قدح(trigger). ويشترط في عملها ان تسلط اشارة تحفيز خارجية كإشارات قدح تسوق المهتز.

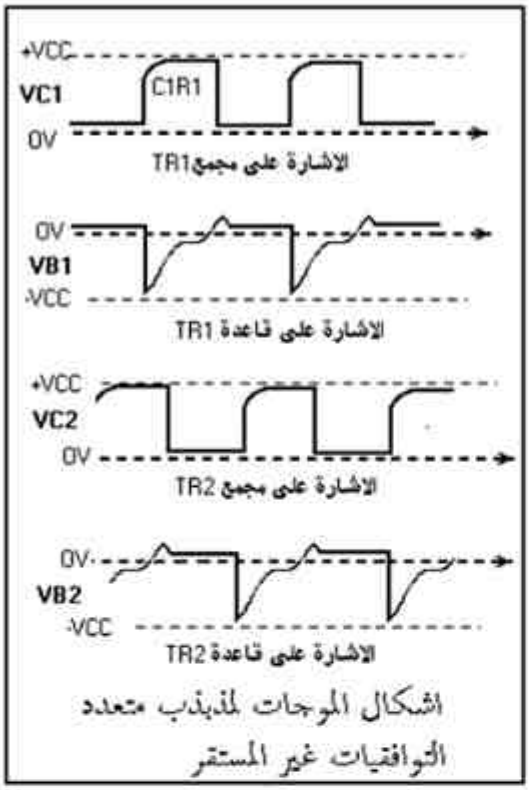
وتقسيم الهزازات الى ثلاثة اقسام

١- الهزاز الغير المستقر (Astable multivibrator) 2- احادي الاستقرار 3- ثنائي الاستقرار

وهو مثال على النوع الاول من المهتزات سمي هذا الهزاز بهذا الاسم لعدم وجود حالة مستقرة له فهو يتأرجح بين حالتين هما القطع والتوصيل وهذه الحالة ناتجة بسبب وجود شكلين التوصيل (R_{B1} C_1 , $_{RB2}$ C_2) حيث تعمل هاتان الشبكتان على تغيير الحالة للهزاز بشكل مستمر ومنظم



تتكون دائرة الهزاز عديم الاستقرار من ترانزستورين مربوطين كمكبر باعث مشترك لمرحلتين كل منهما تجهز تغذية خلفية للأخرى وتكون موجبة لانه هناك فرق طور مقداره ١٨٠ لكل مرحلة.



اشكال الموجات لمذبذب متعدد التوافقيات غير المستقر

يكون Q1 منحاز اماميا عن طريق Vcc والمقاومة Rc_1 بينما Q2 منحاز عن طريق Vcc والمقاومة Rc_2 . الفولتية V_{CE} لكل من Q2 و Q1 توجد على الترتيب بواسطة RB_1 و RB_2 مع Vcc ونلاحظ انه اخراج Q1 بواسطة C2 بينما اخراج Q2 يقرن الى ادخال Q1 بواسطة C1 ويؤخذ الاخراجان من النقاط A و B

عمل الدائرة:

لأجل فهم عمل الدائرة نفرض Q1 في حالة ON لذلك فأن Q2 في حالة OFF ، ولنفرض الان ان الترانستور Q1 تحول الى حالة OFF بينما Q2 تحول الى حالة ON ولنأخذ الان حالة فروق الجهد عبر صفائح (x,y) المتسعةC1 قبل لحظة التحول.

نلاحظ ان الصفيحة x مربوطة الى جامع Q2 والذي كان في حالة off لذلك فأن فولتية جامعه تساوي Vcc بينما الصفيحة y مربوطة الى الترانزستر Q1 والذي كان في حالة ON و فولتية قاعدته مقدارها (0.6V) تقريبا أي ان للمتسعة C1 فرق جهد يساوي (Vcc -0.6) في لحظة التحول واشتغال Q1 (ON) سوف تهبط فولتية جامعه الى صفر فولت تقريبا وبذلك تصبح فولتية الصفيحةx صفر فولت في هذه اللحظة تحاول المستعة ان تحافظ على فرق الجهد بين صفيحته Y الى (Vcc -0.6) هبوط جهد الصفيحة Y الى هذه القيمة السالبة يؤثر على اشارة Q1 ويحوله الى حالة قطع بعد هذه اللحظة تبدأ المتسعة C1 بالشحن مرة اخرى .

فأذ اكان C1=C2 و $R_{B1}=R_{B2}$ ،فأن الفترة الزمنية لكل حالة تكون متساوية T1=T2

لذلك فأن الزمن الدوري للنبضة الخارجة يكون 2T1 ويحسب التردد من العلاقة

$$f = \frac{1}{(t_1 + t_2)}$$

اما عند تماثل مقاومات ومتسعات الدائرة ، فيمكن حساب التردد كما يلي $f = \frac{1}{1.4\,R_B C)}$

معادلات تصميم الهزاز الغير مستقر

$$RB = \frac{V_{CC} - V_{CE(ON)}}{Ic_{(max)}} \quad , \quad R_{C1} = R_{C2} = \frac{V_{CC} - V_{BE(ON)}}{IB_{(ON)}}$$

$$e^{T/R_C} = \frac{V_{CC}-V_{BE(ON)}}{2V_{CC}-V_{CE(ON)}-V_{BE(ON)}} \xrightarrow{\text{بتبسيط}} \frac{T}{R_C} = ln\left[\frac{V_{CC}-V_{BE(ON)}}{2V_{CC}-V_{CE(ON)}-V_{BE(ON)}}\right]$$

أسئلة وأجوبة نموذجية :

س1 :ما المقصود بالمذبذب؟

ج :دائرة إلكترونية تحول طاقة المصدر المستمر إلى إشارة متغيرة/دورية، ويحدد سلوكها مكونات الدائرة وفق شرح المصدر.

س2 :ما الفرق بين المذبذب والمضخم؟

ج :المضخم يحتاج إلى إشارة دخل ليعطي نسخة مكبرة منها، بينما المذبذب لا يعتمد على إشارة دخل خارجية مستمرة التشغيل.

س3 :ما التغذية الراجعة؟

ج :إعادة جزء من إشارة الخرج إلى الدخل.

س4 :كيف تميز التغذية الموجبة؟

ج :تكون الإشارة الراجعة بنفس طور الدخل وفق المحاضرة.

س5 :كيف تميز التغذية السالبة؟

ج :تكون الإشارة الراجعة بعكس طور الدخل بفرق 180 °وفق المحاضرة.

س6 :ما علاقة الكسب في التغذية السالبة؟

ج: A_f=A/(1+βA).

س7 :ما علاقة الكسب في التغذية الموجبة؟

ج: A_f=A/(1−βA).

س8 :ماذا يحدث للكسب في مثال التغذية السالبة A=90, β=0.1؟

ج :يصبح 9.

س9 :ماذا يحدث للكسب في مثال التغذية الموجبة A=90, β=0.01؟

ج :يصبح 900.

س10 :ما شرط التذبذب المذكور؟

ج :تغذية راجعة موجبة مع وفق المصدر Aβ=1.

س11 :ما زمن التأخير td؟

ج :من بداية نبضة الدخل حتى يصل الخرج إلى 10 %من قيمته العظمى.

س12 :ما زمن الارتفاع tr؟

ج :زمن ارتفاع الخرج من 10 %إلى 90 %.

س13 :كيف يحسب ton؟

ج: ton=td+tr.

س14 :كيف يحسب toff؟

ج: toff=ts+tf.

س15 :ما أنواع Multivibrator المذكورة؟

ج :غير مستقر، أحادي الاستقرار، ثنائي الاستقرار.

س16 :لماذا يسمى Astable غير مستقر؟

ج :لأنه لا يبقى في حالة ثابتة، بل يتبادل الترانزستوران حالتي التوصيل والقطع.

س17 :كيف يرتبط Q1 وQ2؟

ج :يربط متبادل عبر المكثفين C1 وC2، وشبكة المقاومات كما في الرسم.

س18 :ما علاقة التردد العامة؟

ج: f=1/(t1+t2).

س19 :ما صيغة التردد المتماثل في المصدر؟

ج: f=1/(1.4 RB C).

الاختبار البعدي للمحاضرة العاشرة — 20 درجة

السؤال الأول :اختر الإجابة الصحيحة — 5 درجات

1) في التغذية الراجعة السالبة، علاقة الكسب هي:

أ) A/(1+βA) ب) A/(1−βA) ج) Aβ د) A/β

2) إذا كان A=90 وβ=0.1 فإن الكسب في التغذية السالبة يساوي:

أ) 9 ب) 90 ج) 900 د) 0.9

3) زمن التشغيل للترانزستور يساوي:

أ) td+tr ب) ts+tf ج) tr+tf د) td+ts

4) المذبذب الذي لا يمتلك حالة استقرار ثابتة هو:

أ) Astable ب) Monostable ج) Bistable د) Amplifier

5) العلاقة العامة للتردد هي:

1) أ) 1/(t1+t2) ب) t1+t2 ج) 1.4RBC د) A/β

السؤال الثاني :صح أم خطأ مع تصحيح الخطأ — 4 درجات

1. التغذية الراجعة الموجبة تكون الإشارة الراجعة فيها بعكس الطور 180°.
2. زمن الإطفاء يساوي ts + tf.
3. المذبذب غير المستقر يحتوي على حالة استقرار واحدة ثابتة.
4. في المثال الوارد، التغذية الموجبة رفعت الكسب من 90 إلى 900.

السؤال الثالث :أسئلة قصيرة — 5 درجات

1. عرّف التغذية الراجعة واذكر نوعيها.
2. عرّف td وtr.
3. اذكر أنواع المذبذبات المتعددة الثلاثة.
4. اكتب شرط التذبذب الوارد في المحاضرة.
5. اكتب العلاقة العامة لتردد المذبذب غير المستقر.

السؤال الرابع :مسائل وتحليل — 6 درجات

1. احسب الكسب مع التغذية الراجعة β=0.1 ومعامل التغذية الراجعة السالبة A=90 أ) (3 درجات (مضخم كسبه

باستخدام العلاقة العامة الواردة f والتردد T احسب الزمن الدوري، t2=2.5 msو t1=1.5 ms ب) (3 درجات (إذا كان
في المحاضرة

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

أ .مفتاح الاختبار القبلي

1. المضخم يحتاج إلى إشارة دخل، أما المذبذب فلا يعتمد على إشارة دخل خارجية مستمرة التشغيل وفق المصدر.
2. إعادة جزء من إشارة الخرج إلى الدخل.
3. بنفس الطور.
4. بعكس الطور 180°.
5. كسب الحلقة المفتوحة.
6. نسبة/معامل التغذية الراجعة.
7. خطأ، وفق المصدر تقلل الكسب.
8. الزمن الذي ترتفع فيه قيمة الخرج من 10 %إلى 90%.
9. غير مستقر، أحادي الاستقرار، ثنائي الاستقرار.
10. دورياً ON/OFF لا يمتلك حالة استقرار ثابتة ويتبادل حالتي.

ب .مفتاح الاختبار البعدي

السؤال الأول :1- أ، 2- أ، 3- أ، 4- أ، 5- أ

السؤال الثاني :1- خطأ)الموجبة بنفس الطور(، 2- صح، 3- خطأ)لا يمتلك حالة استقرار ثابتة(، 4- صح

السؤال الثالث :تُقبل الإجابات المطابقة للتعريفات والعلاقات الواردة في الشرح، مع منح درجة واحدة لكل فقرة

ج .حلول السؤال الرابع

أ) $A_f = 90/(1+0.1\times90) = 90/10 = 9$. إذن الكسب مع التغذية الراجعة السالبة يساوي 9.

ب) $T = t1+t2 = 1.5\ ms + 2.5\ ms = 4\ ms = 0.004\ s$، ومنه $f = 1/0.004 = 250\ Hz$.

$$\mathbf{T = 4\ ms \ \rightarrow \ f = 250\ Hz}$$

خلاصة المحاضرة

تربط المحاضرة العاشرة بين مفهوم التغذية الراجعة وسلوك المضخم وبين تكوين المذبذبات. تبدأ بفهم أثر التغذية السالبة والموجبة على الكسب، ثم تنتقل إلى شرط التذبذب وأزمنة تبديل الترانزستور، وصولاً إلى المذبذب غير المستقر الذي يعتمد متبادل لإنتاج خرج دوري. وتمثل العلاقات الرياضية والرسومات الأصلية أساساً لفهم هذا R–C على ترانزستورين وربط التسلسل بصورة تطبيقية.

للمراجعة قبل الامتحان :ركز على :نوعي Feedback، شرط Aβ=1، صيغتي الكسب، المثالين العدديين)9 و900(، وعلاقتي التردد Astable، آلية Multivibrator، تعريفات أزمنة التبديل، أنواع.

المحاضرة الحادية عشرة (Eleventh Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يعرّف الطالب الهزاز أحادي الاستقرار ويحدد حالته المستقرة والحالة غير المستقرة المؤقتة.
- أن يفسر تسلسل انتقال الترانزستورين T1 وT2 بين حالتي التوصيل والقطع في الدائرة الأحادية.
- أن يستخدم العلاقة $T = 0.7\ R3\ C1$ لحساب زمن نبضة الهزاز أحادي الاستقرار في المثال الوارد بالمصدر.
- أن يميز بين الهزاز أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار من حيث عدد الحالات المستقرة وآلية الرجوع للحالة الأصلية.
- أن يعدد مزايا وعيوب وتطبيقات كل من الهزازين كما وردت في المحاضرة.
- أن يحلل الأمثلة العددية المرتبطة بزمن الدورة، التردد، وجهود القاعدة والجامع.
- أن يحدد الملاحظات التدقيقية المتعلقة بالوحدات أو التقريب الحسابي في الأمثلة الأصلية.

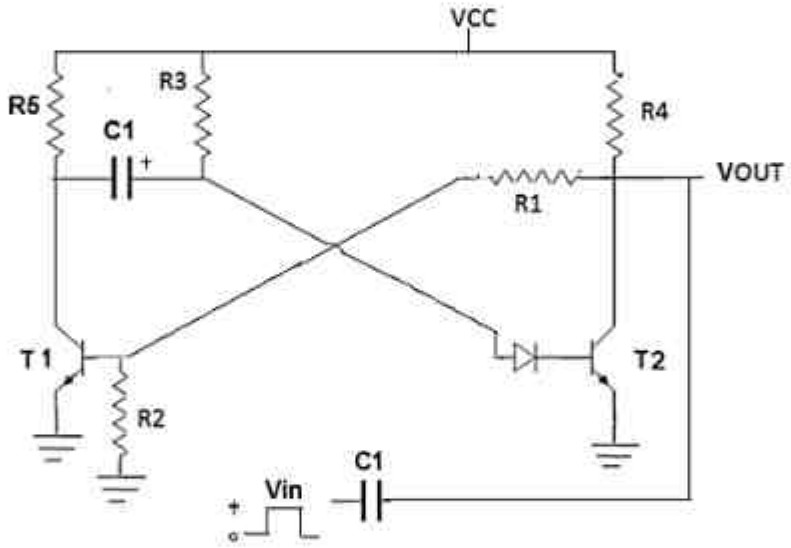
الاختبار القبلي (تشخيصي – 10 فقرات)

1. الهزاز أحادي الاستقرار يمتلك: (أ) حالتين مستقرتين، (ب) حالة مستقرة واحدة، (ج) لا يمتلك حالة مستقرة، (د) ثلاث حالات.
2. ماذا تحتاج الدائرة الأحادية لكي تغادر حالتها المستقرة؟
3. ما العنصران اللذان يحددان زمن النبضة في العلاقة الواردة بالمحاضرة؟
4. صح أم خطأ: يعود الهزاز أحادي الاستقرار تلقائيًا إلى حالته المستقرة بعد انتهاء الزمن المحدد.
5. اذكر تطبيقًا واحدًا للهزاز أحادي الاستقرار.
6. الهزاز ثنائي الاستقرار يمتلك كم حالة مستقرة؟
7. ما الاسم المرتبط بالهزاز ثنائي الاستقرار في المصدر؟
8. صح أم خطأ: التغذية الخلفية في الهزاز ثنائي الاستقرار تكون عبر المتسعات بحسب النص الأصلي.
9. اذكر تطبيقين للهزاز ثنائي الاستقرار.
10. ما الفرق الأساسي بين الهزاز أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار من حيث العودة إلى الحالة الأصلية؟

الهزاز احادي الاستقرار Monostable Multivibrator

ويسمى هذا المهتز ايضا بالمولد ذو الطلقة الواحدة (on shot) لأنه يحتاج الى نبضة قدح لتحويله من الوضع المستقر الى الوضع غير المستقر، اما عملية رجوعه الى الوضع المستقر ثانية فتتكفل بها ثوابت الدائرة .

تتكون دائرة المهتز احادي الاستقرار من ارتباط دائرة مهتز غير مستقر ويمكن استعمال دائرة هذا المهتز كدائرة لتأخير النبضات ، وذلك للتأخير الزمني الناتج لنبضة اخراج الدائرة مقارنة بإشارة الادخال والدائرة موضحه بالشكل الاتي



عمل الدائرة

في حالة الوضع المستقر يكون الترانزستور (T2) في حالة التوصيل وذلك بسبب تيار المار بالقاعدة I_{B2} المجهز من المصدر المستمر.

اما الترانزستور (T1) فيكون في حالة قطع وذلك لان قيمة الجهد (V_{BE1}) تقارب الجهد الارضي لأنها جزء من جهد التغذية الخلفية الناتج من جامع الترانزستور الثاني والذي يكون مؤرض لأنه في حالة توصيل.

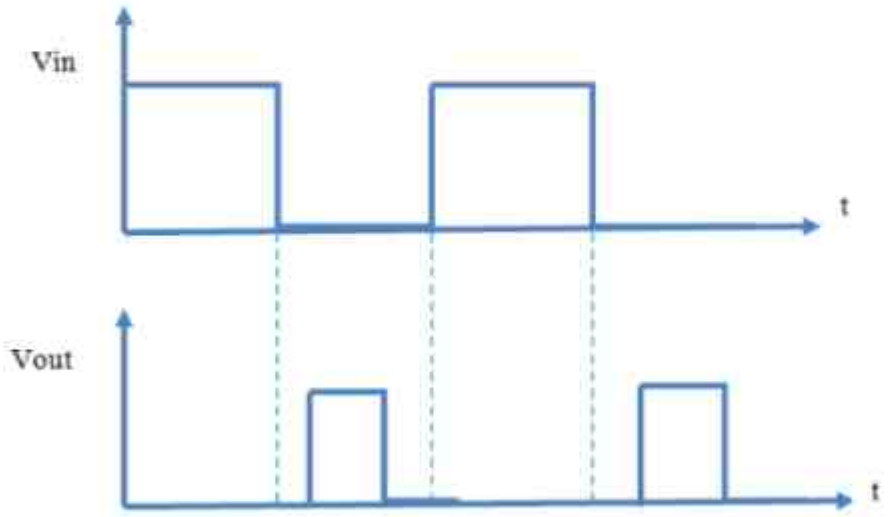
الحالة المستقرة لهذا المذبذب لا تتغير الا بعد تسويقه بواسطة مصدر خارجي يكون بإجبار ترانزستور الثاني على التحول الى حالة القطع عند ذلك يقوم مقسم الجهد (R_1,R_2,R_4) بتوفير جهد الانحياز الامامي اللازم لتحويل ترانزستور الاول الى حالة توصيل ، ان بقاء (T1) في حالة التوصيل سيسبب شحن المتسعة (C_1) عن طريق المقاومة (R_3) وسيكون جهد هذه المتسعة مسلط مباشرة على قاعدة وباعث (T_2)وبالاتجاه الامامي بسبب توصيل (T_1) لذلك يتحول (T_2) الى التوصيل عند بلوغ شحنة المتسعة الى قيمه محددة .

وسيكون جهد جامع (T_2) المؤرض بإجبار (T_1) على التحول الى حالة القطع يبقى وضع الدائرة ثابت على حالته المستقرة الى ان تصل نبضة ادخال تجبرها على التحول الى وضع القطع للترانزستور الثاني(T2) ثم تعود الدائرة الى الحالة المستقرة كما بينا ..... وهكذا

يعتمد رجوع (T_2) الى التوصيل و(T_1) الى القطع على ثابت زمن شحنة المتسعة الذي يمكن حسابه كما يلي

$$T = 0.7R_3C_1$$

الشكل الاتي يوضح الاشارات الكهربائية لإدخال واخراج هذه الدائرة



مزايا الهزاز أحادى الاستقرار

تتضمن بعض المزايا الرئيسية لجهاز الهزاز أحادي الاستقرار ما يلي:

1- يوفر نبضات ذات مدة ثابتة مستقلة عن عرض نبضة القدح (الطلقة).
2- تصميم دائرة بسيط باستخدام 2 ترانزستور فقط ومكثف واحد وعدد قليل من المقاومات.
3- يمكن تعديل معلمات التوقيت عن طريق تغيير قيم المقاوم والمكثف.
4- التوقيت دقيق للغاية بسبب استخدام شبكة RC للتوقيت.
5- مفيد جدًا للتطبيقات التي تتطلب توليد النبضات أو تشغيل النبضات دفعة واحدة.

عيوب جهاز الهزاز أحادى الاستقرار

على الرغم من مزاياه، فإن جهاز الهزاز أحادي الاستقرار لديه بعض القيود:

1- متطلبات القدح الخارجي: يحتاج إلى قدح(طلقة) خارجي للعمل.
2- اعتماد عرض النبضة: يتم تثبيت عرض النبضة الناتجة بناءً على مكونات RC، مما يحد من المرونة.

تطبيقات جهاز الهزاز أحادى الاستقرار

تستخدم الهزازات أحادية الاستقرار في العديد من التطبيقات:

1- دوائر التوقيت: تستخدم في المؤقتات ودوائر التأخير وتوليد نبضات الساعة.
2- تشكيل النبضات: تحويل النبضات غير المنتظمة إلى نبضات منتظمة.
3- إزالة الارتداد من المفاتيح: يساعد في إزالة الضوضاء من المفاتيح الميكانيكية.
4- تقسيم التردد: يستخدم في مقسمات التردد الرقمية.

تركيب جهاز الهزاز أحادى الاستقرار: يمكن ان يكون تركيبه في احد الأنواع

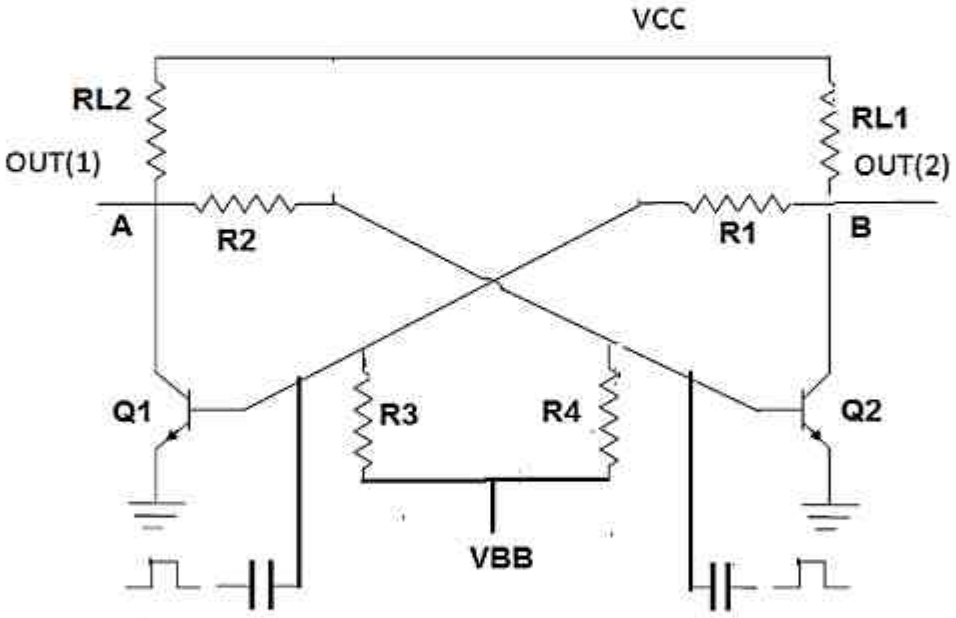
1- متعدد الاهتزازات أحادي الاستقرار باستخدام مؤقت 555 .
2- متعدد الاهتزازات أحادي الاستقرار باستخدام الترانزستور.

الهزاز ثنائي الاستقرار Bistable Mulltivibrator :-

لهذا الهزاز حالتان مستقرتان ويمكن ان يبقى على أي من الحالتين الى ما لانهاية طالما هناك قدرة مجهزة ويتغير الى الحالة المستقرة الاخرى فقط عندما يستلم نبضة قدح من الخارج وعندما يقدح مرة اخرى يعود الى حالته الاصلية . وبما ان نبضة القدح الواحدة تجعل الهزاز ينقلب من حالة الى اخرى والنبضة الاخرى تجعله يرجع الى حالته الاصلية فأن الهزاز ثنائي الاستقرار يعرف باسمه الشائع النطاط (flip flop).

تختلف الهزازات ثنائية الاستقرار عن الهزاز احادي الاستقرار حيث:- ١- مقاومة القاعدة غير مربوطة الى V_{CC} لكنها مربوطة مع $-V_{BB}$

٢-التغذية الخلفية مربوطة عبر المقاومات وليس عبر المتسعات.



اذا كان Q_1 في حالة ON فأن جهد النقطة A يكون تقريبا صفر فولت مما يؤدي الى جعل قاعدة ذات جهد سالب بواسطة مجزء الجهد R_2,R_4 ويبقى Q_2 في حالة قطع.

مزايا الهزاز ثنائي الاستقرار

يوفر جهاز الهزاز ثنائي الاستقرار العديد من الفوائد:

1- تخزين الذاكرة: مثالي لتخزين البيانات الثنائية في الدوائر الرقمية.
2- الموثوقية: تشغيل مستقر وموثوق به مع الحد الأدنى من استهلاك الطاقة في الحالات المستقرة.
3- التنوع: يستخدم في مجموعة متنوعة من التطبيقات، بما في ذلك العدادات والسجلات الرقمية.

عيوب الهزاز ثنائي الاستقرار

1- يتطلب نبضتين محفزتين بقطبية صحيحة لدورة كاملة
2- أكثر تعقيدًا من جهاز الاهتزاز المتعدد أحادي الاستقرار

تطبيقات الهزاز ثنائي الاستقرار

1- القلابات في الدوائر الرقمية (Flip-flops in digital circuits)
2- توليد النبضات
3- تحويل الإشارة من أحادي الاستقرار إلى غير مستقر
4- العدادات
5- السجلات
6- تقسيم التردد
7- المفاتيح
8- تخزين الذاكرة

تركيب جهاز الهزاز ثنائي الاستقرار: يمكن ان يكون تركيبه في احد الأنواع

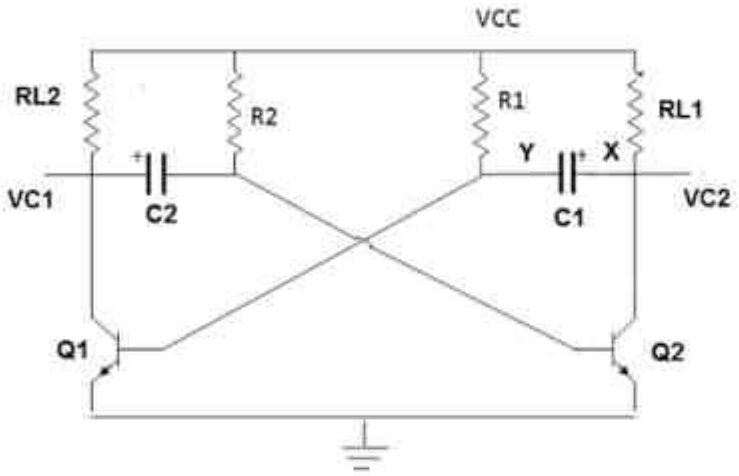
1- متعدد الاهتزازات ثنائي الاستقرار باستخدام مؤقت 555 .
2- متعدد الاهتزازات ثنائي الاستقرار باستخدام الترانزستور.
3- متعدد الاهتزازات ثنائي الاستقرار باستخدام مكبر العمليات (operation Amplifier)

امثلـــة على المهتزات

مثال (١)

مهزاز غير مستقر كما في الشكل الاتي ، اوجد تردد التذبذب اذا كانت $R_1 = R_2 = 10K\Omega$ و $C_1 = C_2 = 0.01\mu F$

الحل:-



يكون ثابت الزمن في الحالتين متساوي لذلك

$$\begin{bmatrix} t_1 = 0.7R_1c_1 \\ t_2 = 0.7R_2c_2 \end{bmatrix}$$

$$t_1 = t_2 0.7 * 10^4(10^{-8}) = 69\mu s$$

ويكون تردد الدورة الواحدة

$$t_1 + t_2 = 2(69 * 10^{-6}) = 138\mu s$$

يكون تردد التذبذب او الاهتزاز

$$f_o = \frac{1}{138 * 10^{-9}} = 7.250H_Z$$

مثال (٢)

في دائرة مهتز احادي الاستقرار افرض ان الترانزستورات مثالية .

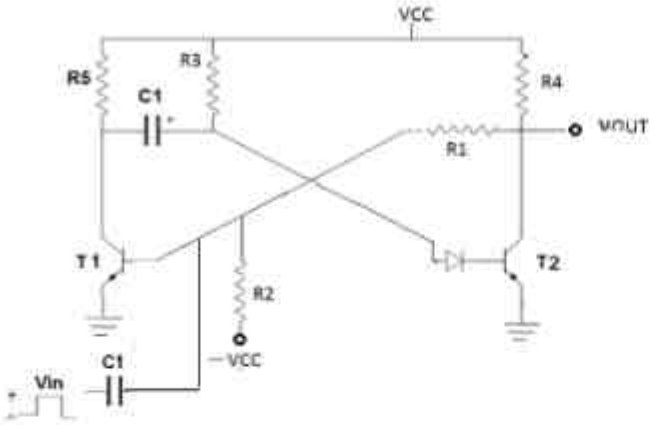
$$R_2 = 30K\Omega \quad , \quad R_1 = R_3 = 15K\Omega \ , \ R_4 = R_5 = 1.5K\Omega \ , \ V_{CC} = 12V$$

وان

$$C_1 = 0.1\mu f$$

احسب :-

١- زمن دورة المهتز
٢- قيمة (V_{C2}) خلال دورة كاملة للمهتز
٣- قيمة (V_{B1}) خلال حالة الاستعداد *stand by*



الحل:-

١- يحسب زمن دورة المهتز من R_3, C_1

$$1 - T = 0.7R_3C_1$$

$$T = 0.7 * (15 * 10^3) * (10^{-7}) = 1ms$$

٢- خلال دورة كاملة تزداد قيمة V_{C2} الى:

$$2 - V_{C2} = \frac{R_1}{R_1+R_4} = 12 * \frac{15*10^3}{16.5*10^3} = 10.9V \qquad V_{C2}=VCC\frac{R1}{R1+R4}$$

٣- خلال حالة الاستعداد *stand by* ، $(T1)$ يكون مقطوع ،وتكون فولتية القاعدة للترانزستور في هذه الحالة معتمده على المقاومات R_2 و R_1 وتحسب V_{B1} كما يلي:

$$V_{B1}=-VCC\frac{R1}{R1+R2}$$

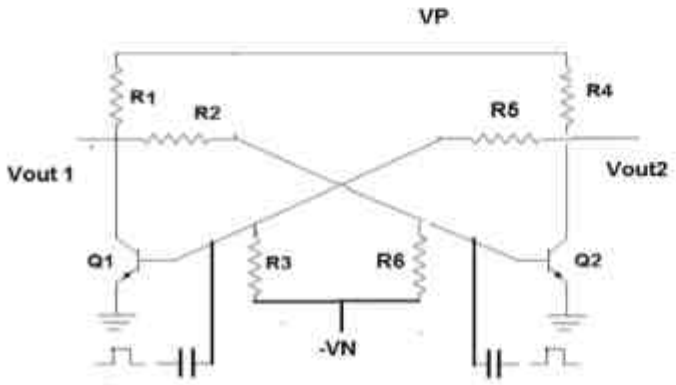
$$3 - \quad V_{B1} = -12 * \frac{R_1}{R_1+R_2} = -12 * \frac{15*10^3}{45*10^3} = -4V$$

مثال (٣)

اوجد قيمة فولتية القاعدة وفولتية الجامع لكل ترانزستور للدائرة المبينة بالشكل

افرض ان $R_3 = R_6 = 100k\Omega$, $R_2 = R_5 = 18k\Omega$, $R_1 = R_4 = 2.7k\Omega$

$$V_N = V_P = 15V$$



الحل :-

نفرض ان (T_1) موصل ، (T_2) مقطوع ، لنفرض ان $(V_{sat} = 0.3\ V)$ وكذلك $(V_{sat} = 0.7\ V)$ ويكون

$$V_{B1} = 0.7\ V$$

$$V_{c1} = 0.3\ V$$

ولكي نوجد قيمة V_{B2} ، فان فرق الجهد عبر مقاومات التوالي R_2 و R_6 يكون مساويا لـ:

$$V_{C1} - \ V_N = 0.7\ V$$

ويكون فرق الجهد عبر R_6 مساويا لـ

$$V_{R6} = 15.3 * \frac{R_6}{R_2 + R_6} \cong 13\ V$$

وتكون فولتية قاعدة الترانزستور (T_2) نسبة الى الارضي:

$$V_{B2} = \ V_N + V_{R6} \ , \quad V_{B2} = -15 + 13 = -2$$

ويمكن حساب V_{C2} وذلك بوجود فرق جهد مقداره

$$V_P - \ V_{B1} = 14.3\ V$$

عبر مقاومات التوالي R_{56} , R_4 ويكون فرق الجهد عبر R_4 مساويا :

$$V_{R4} = 14.3 * \frac{R_4}{R_5 + R_4} \cong 1.86\ V$$

$$V_{C2} = \ V_P - V_{R4}$$

$$= 15 - 1.86 = 13.14V$$

تقسم الدوائر المتكاملة من حيث تعاملها مع الاشارات الداخلة والخارجة الى قسمين :

١- الدوائر المتكاملة الخطية

٢- الدوائر المتكاملة غير الخطية (المنطقية)

سميت بهذا الاسم وذلك بسبب تغير الفولتية في الاخراج تغير خطي مع الادخال واذا كانت فولتية الادخال صفر فولت فان الاخراج يكون صفر فولت واذا ازدادت الفولتية في الادخال تزداد الفولتية في الاخراج وبالعكس ومن امثلة الدوائر المتكاملة الخطية مكبر العمليات.

أسئلة واجوبة

س1: عرّف الهزاز أحادي الاستقرار.
ج: دائرة متعددة الاهتزازات لها حالة مستقرة واحدة، تنتقل إلى حالة مؤقتة غير مستقرة عند القدح ثم تعود تلقائيًا بعد زمن تحدده ثوابت الدائرة.

س2: لماذا يسمى مولد الطلقة الواحدة؟
ج: لأن نبضة قدح واحدة تطلق نبضة خرج زمنية واحدة قبل عودة الدائرة إلى الحالة المستقرة.

س3: ما حالة T2 في الوضع المستقر وفق المصدر؟
ج: يكون في حالة توصيل بسبب تيار القاعدة المجهز من المصدر المستمر.

س4: ما حالة T1 في الوضع المستقر؟
ج: يكون في حالة قطع وفق وصف المحاضرة.

س5: ما العلاقة المستخدمة لحساب زمن النبضة؟
ج: $T = 0.7\ R3\ C1$.

س6: ما أثر زيادة R3 مع ثبات C1؟
ج: يزداد زمن T وعرض النبضة الناتجة.

س7: اذكر ميزتين للهزاز الأحادي.
ج: نبضة ذات مدة ثابتة، وإمكانية تعديل التوقيت بتغيير R وC؛ كما يذكر المصدر بساطة التصميم.

س8: اذكر عيبين للهزاز الأحادي.
ج: الحاجة إلى قدح خارجي، واعتماد عرض النبضة على عناصر RC.

س9: اذكر ثلاثة تطبيقات للهزاز الأحادي.
ج: دوائر التوقيت، تشكيل النبضات، إزالة ارتداد المفاتيح؛ ويذكر المصدر أيضًا تقسيم التردد.

س10: ما نوعا تركيب الهزاز الأحادي المذكوران؟
ج: باستخدام مؤقت 555 أو باستخدام الترانزستور.

أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الثاني

س11: عرّف الهزاز ثنائي الاستقرار.
ج: دائرة لها حالتان مستقرتان ويمكنها البقاء في أي منهما إلى أن تصل نبضة قدح تنقلها إلى الحالة الأخرى.

س12: ما الاسم المرتبط بالهزاز الثنائي في المصدر؟
ج: القالب النطاط Flip-Flop.

س13: كيف تختلف التغذية الخلفية في الهزاز الثنائي عن الأحادي وفق النص؟
ج: يذكر المصدر أنها مربوطة عبر المقاومات وليس عبر المتسعات.

س14: لماذا يصلح الهزاز الثنائي لتخزين الذاكرة؟
ج: لأن كل حالة مستقرة يمكن أن تمثل حالة ثنائية وتبقى محفوظة حتى نبضة التبديل التالية.

س15: اذكر ميزتين للهزاز الثنائي.
ج: تخزين البيانات الثنائية والتشغيل المستقر؛ ويذكر المصدر تنوع التطبيقات.

س16: اذكر عيبين للهزاز الثنائي.
ج: يتطلب نبضتين محفزتين بقطبية صحيحة لدورة كاملة، وهو أكثر تعقيدًا من الأحادي وفق المصدر.

س17: اذكر أربعة تطبيقات للهزاز الثنائي.
ج: القلابات، العدادات، السجلات، تقسيم التردد؛ كما يذكر المصدر المفاتيح وتخزين الذاكرة وتوليد النبضات.

س18: ما أنواع تركيب الهزاز الثنائي المذكورة؟
ج: 555، الترانزستور، ومكبر العمليات.

س19: في المثال الأحادي، ما قيمة VC2؟
ج: تقريبًا 10.9 V وفق المعطيات والحل في المصدر.

س20: في المثال الثنائي، ما قيم VB2 وVC2؟
ج: $VB2 \approx -2$ V و$VC2 \approx 13.14$ V وفق الحل المعروض.

الاختبار البعدي – 20 درجة

أولًا: اختر الإجابة الصحيحة (5 درجات)

1. الهزاز الذي يمتلك حالة مستقرة واحدة هو: (أ) ثنائي الاستقرار، (ب) أحادي الاستقرار، (ج) كلاهما، (د) لا شيء.

2. العلاقة الواردة لحساب زمن الهزاز الأحادي هي: (أ) T=R/C، (ب) T=0.7R3C1، (ج) f=RC، (د) T=1/RC.

3. الهزاز ثنائي الاستقرار يرتبط في المصدر بـ: (أ) المقوم، (ب) Flip-Flop، (ج) منظم الزينر، (د) ADC.

4. أحد تطبيقات الهزاز الأحادي هو: (أ) تشكيل النبضات، (ب) تقويم الموجة، (ج) تضخيم القدرة، (د) تنظيم الجهد فقط.

5. العودة إلى الحالة الأصلية في الهزاز الثنائي تتطلب: (أ) انقضاء زمن RC تلقائيًا، (ب) نبضة قدح أخرى، (ج) فصل VCC دائمًا، (د) لا شيء.

ثانيًا: صح أم خطأ (5 درجات)

1. يمكن للهزاز ثنائي الاستقرار أن يبقى في إحدى حالتيه المستقرتين لمدة غير محددة ما دامت الدائرة تعمل.

2. عرض نبضة الهزاز الأحادي مستقل تمامًا عن قيم R وC.

3. يذكر المصدر استخدام الهزاز الأحادي في إزالة ارتداد المفاتيح.
4. التغذية الخلفية في الهزاز الثنائي موصوفة في المصدر بأنها عبر المتسعات.
5. إذا كان $T = 138\ \mu s$ فإن استخدام 10^-6 هو التحويل الصحيح من µs إلى s.

ثالثًا: أسئلة قصيرة (4 درجات)

1. قارن باختصار بين أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار من حيث عدد الحالات المستقرة وطريقة العودة للحالة الأصلية. (درجتان)
2. اذكر تطبيقين لكل من الهزاز أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار. (درجتان)

رابعًا: مسائل حسابية (6 درجات)

1. إذا كانت $R3 = 15\ k\Omega$ و$C1 = 0.1\ \mu F$، احسب زمن T باستخدام العلاقة $T = 0.7\ R3\ C1$. (3 درجات)
2. إذا كان $t1 = t2 = 69\ \mu s$، احسب زمن الدورة T ثم التردد f بوحدة kHz. (3 درجات)

مفاتيح الإجابات والحلول + الملاحظات التقويمية

مفتاح الاختبار القبلي

1) ب. 2) نبضة قدح خارجية. 3) R3 و4 ،C1) صح. 5) أي تطبيق صحيح من: التوقيت/التأخير/تشكيل النبضات/إزالة ارتداد المفاتيح/تقسيم التردد. 6) حالتان. 7) Flip-Flop. 8) خطأ؛ يذكر المصدر أنها عبر المقاومات. 9) أي اثنين من التطبيقات المذكورة. 10) الأحادي يعود تلقائيًا بعد زمن محدد، والثنائي يحتاج نبضة أخرى.

مفتاح الاختبار البعدي

أولًا: 1) ب، 2) ب، 3) ب، 4) أ، 5) ب. ثانيًا: 1) صح، 2) خطأ، 3) صح، 4) خطأ، 5) صح.

حل الأسئلة القصيرة

- أحادي الاستقرار: حالة مستقرة واحدة، وعودة تلقائية بعد زمن تحدده RC. ثنائي الاستقرار: حالتان مستقرتان، ولا عودة تلقائية بل نبضة قدح أخرى.
- تطبيقات الأحادي: التوقيت، تشكيل النبضات، إزالة ارتداد المفاتيح، تقسيم التردد. تطبيقات الثنائي: القلابات، العدادات، السجلات، تخزين الذاكرة، المفاتيح، تقسيم التردد.

المحاضرة الثانية عشر (Twelve Lecture)

الأهداف التعليمية

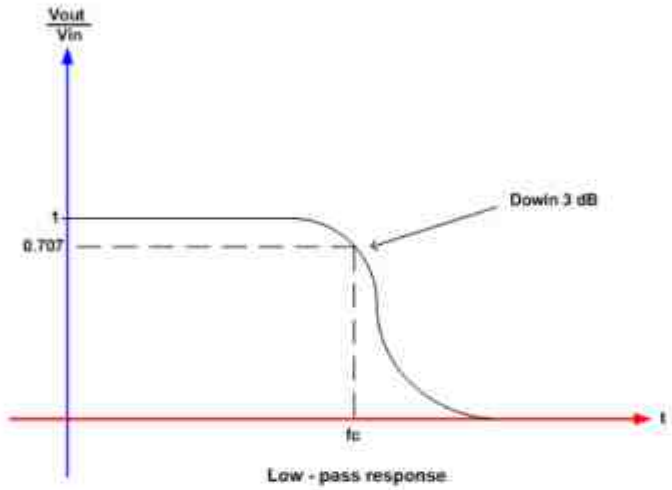
- أن يعرّف الطالب الأنواع الأربعة للمرشحات الفعّالة الواردة في المحاضرة ويحدد وظيفة كل نوع.
- أن يفسر معنى تردد القطع fc ونقطة 0.707 (−3 dB) على منحنى الاستجابة.
- أن يميز بين حزمة الإمرار وحزمة الإيقاف والمنطقة الانتقالية في المنحنيات المعروضة.
- أن يستخدم معادلات تردد القطع الواردة لمرشحي LPF وHPF.
- أن يحدد ترددي القطع السفلي والعلوي والتردد المركزي لمرشح BPF وفق الصيغ المعروضة.
- أن يقارن بين BPF وBSF من حيث النطاق المسرر والنطاق الممنوع.
- أن يحلل مثال تصميم BPF ومثال تصميم LPF ويضبط تحويلات kΩ وμF وnF.
- أن يتعرف على الاختلافات الحسابية أو الاصطلاحية الموجودة في المصدر دون تعديلها بصمت.

الاختبار القبلي (تشخيصي – 10 فقرات)

1. مرشح LPF يمرر بصورة أساسية: (أ) الترددات المنخفضة، (ب) الترددات العالية، (ج) حزمة وسطية فقط، (د) لا شيء.
2. ما المقصود بتردد القطع fc في منحنى المرشح؟
3. عند نقطة القطع يظهر في المصدر مقدار نسبي يساوي تقريبًا كم؟
4. صح أم خطأ: مرشح HPF يضعف الترددات الأقل من fc.
5. اذكر تطبيقًا واحدًا لمرشح LPF ورد في المحاضرة.
6. ما الرمزان المستخدمان لتردد طرفي حزمة BPF؟
7. اكتب العلاقة التي أعطاها المصدر للتردد المركزي Fo في مرشح BPF.
8. ما الاسم الآخر الذي يورده المصدر لمرشح BSF؟
9. صح أم خطأ: BPF وBSF يعطيان السلوك نفسه داخل المجال بين F1 وF2.
10. ما العنصران السلبيان الأساسيان اللذان يتكرر استخدامهما في دوائر المرشحات المعروضة؟

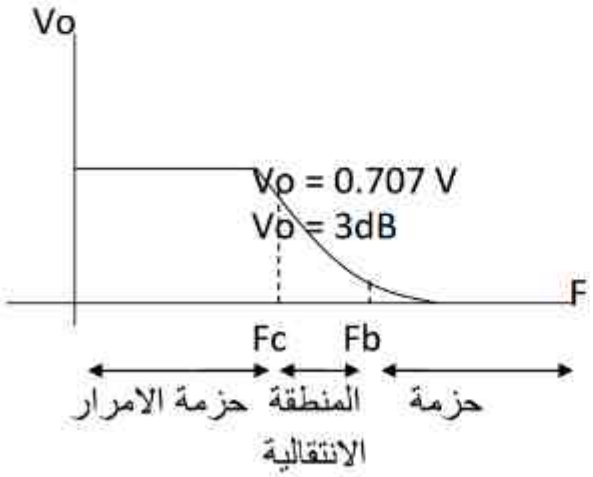
1- مرشح فعال لإمرار ترددات منخفضة (Active Low Pass Filter) (LPF)

يسمح بمرور الترددات من الصفر لغاية تردد قطع منتخب والترددات التي فوق تردد القطع يتم اضعافها وكما في الشكل ان مدى الترددات من صفر الى (fc) يسمى حزمة الامرار اما مدى الترددات فوق (fc) يسمى حزمة الايقاف.



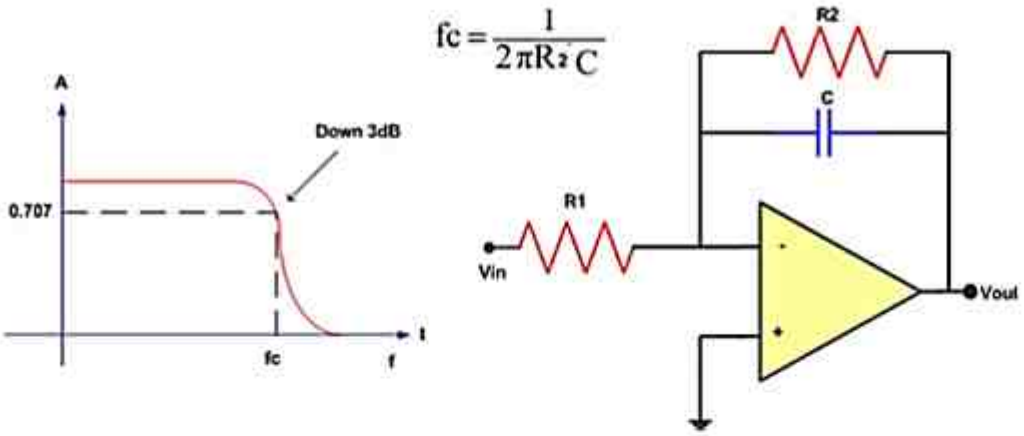
شكل -١-منحني الخواص المثالي

ان هذا المنحني لايمكن الحصول عليه عمليا بواسطة مكونات الدائرة المتوفرة لذلك يستخدم المنحني في الشكل (2) حيث تسمى مدى الترددات بين (Fb&Fc) بالمنطقة الانتقالية حيث ان في هذه المنطقة تعتمد خصائص المرشح والتي فيها يتغير مقدار الانحناء.



تردد القطعFC فهو التردد الذي تكون عنده فولتية الاخراج بمقدار (3dB).

الشكل رقم (2) يبين مدى الترددات لمرشح فعال تردد منخفض



الشكل (٣) مرشح مرور واطئ فعال

الشكل (٣) بين مرشح مرور واطئ فعال ويحمل هذا المرشح كالتالي عند التردد الواطئة تظهر المتسعة مفتوحة والدائرة تعمل مثل مكبر قالب بكسب فولتية مقدار (-RF /R1) مرفع زيادة التردد تقل المانعة السعوية مسببة هبوط كسب الفولتية وعندما يقترب التردد من ما لانهاية تظهر المتسعة كدائرة قصر ويقترب كسب الفولتية من صفر.

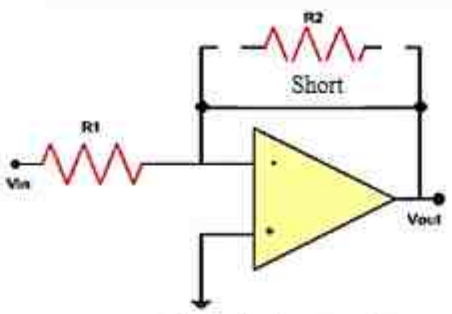
عمل الدائر :

معاوقة المكثف

$$Xc = \frac{1}{2\pi f C}$$

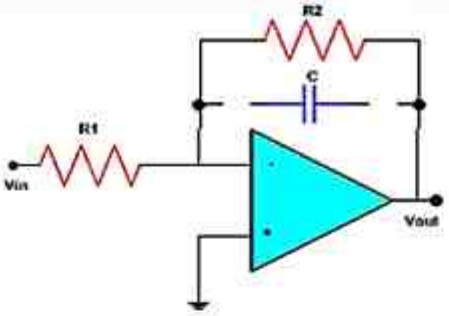
١) عند التردد المنخفض F << صغيرة ، فتكون مقاومة المكثف كبيرة ويظهر كأنه دائرة مفتوحة. ويعمل المكبر التشغيلي كأنه مكبر عاكس له كسب جهد يساوي $\frac{-R2}{R1}$.

٢) عند التردد العالي F >> كبيرة . تكون مقاومة المكثف صغيرة جداً ، وكأنه دائرة قصر (short) فيقل كسب الجهد حتى يصبح صفراً عند الترددات العالية جداً ، فيصبح جهد الخرج صفر .



عند الترددات العالي جداً

$$VO \cong \frac{O}{R2} Vi = 0$$



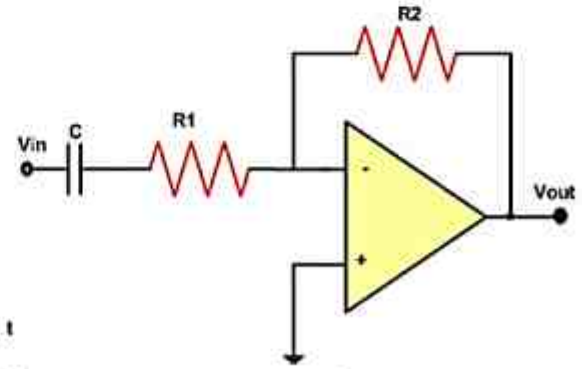
عند التردد المنخفض

$$VO = \frac{-R2}{R1} V$$

- تطبيقاته تشمل :
  - معالجة الإشارات الصوتية وإزالة الضوضاء العالية التردد
  - تنعيم الإشارات الرقمية في أنظمة المعالجة
  - تحسين جودة الإشارات في أنظمة الاتصالات
  - عزل الإشارات الأساسية في دوائر التحكم

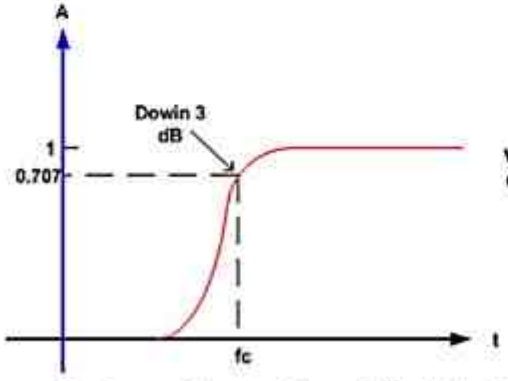
2- مرشح فعال لإمرار الترددات العالية (Active High Pass Filter) (HPF)

يقوم هذا المرشح بإضعاف جميع الترددات من الصفر الى قيمة تردد القطع (fc) ، ويمرر جميع الترددات التي تكون اعلى (فوق) تردد القطع (fc) ، لغاية حدود تردد مرشح امرار العالي ، وكما مبين في الشكل رقم (4) وهو يمثل منحني الخواص المثالية والذي لايمكن الحصول عليه علمياً اما المنحني الواقعي فهو في الشكل رقم (5).



شكل مبسط لمرشح فعال امرار تردد عالي
(درجة اولى)

الشكل رقم (5) مرشح فعال لامرار الترددات العالية



شكل العلاقة بين التردد والكسب لمرشح
HPF

الشكل رقم (6) يبين العلاقة بين التردد والكسب لمرشح HPF

الشكل رقم (6) بين مرشح مرور عالي فعال وعمله يكون كالتالي عند الترددات الواطئة تظهر المتسعة مفتوحة ويقترب كسب الفولتية من الصفر. اما عند الترددات العالية تظهر المتسعة مقصور وتصبح الدائرة مكبرا قالبا بكسب فولتية قدرة (-RF /R1) . حيث ان

$$fc = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$

استخداماته الرئيسية :

- إزالة التيار المستمر (DC) من الإشارات
- معالجة الإشارات الصوتية لتعزيز الترددات العالية
- حماية الدوائر الإلكترونية من التداخل المنخفض التردد
- تحليل الإشارات الديناميكية في أنظمة الاستشعار

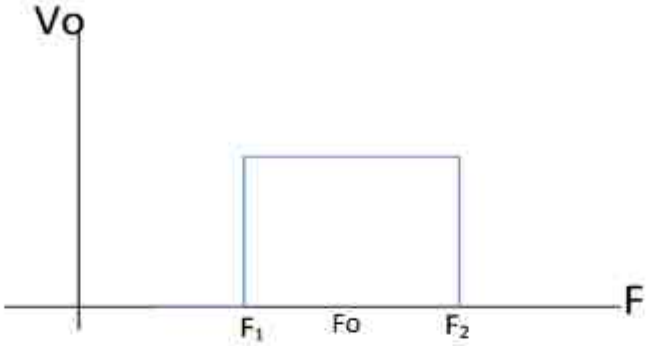
3- مرشح فعال لإمرار حزمة (Active Bandpass Filter) (BPF)

يقوم هذا المرشح بإمرار كل الترددات التي تقع بين تردد القطع الادنى F_1 وتردد القطع الاعلى F_2 اما الترددات التي قبل F1 وبعد F2 فيتم اضعافها ولا تمر ويوضح الشكل (7) الخواص المثالية لهذا المرشح اما منحني الخواص الواقعية فيظهر في الشكل رقم (8) وتوجد في هذا المنحني منطقتين انتقاليتين بين الطرفين (F_1 .F_2) اما F_0 فيمثل الوسط الهندسي بين F1 & F2 وقيمته تساوي

$$F_o = \sqrt{F_1 F_2}$$

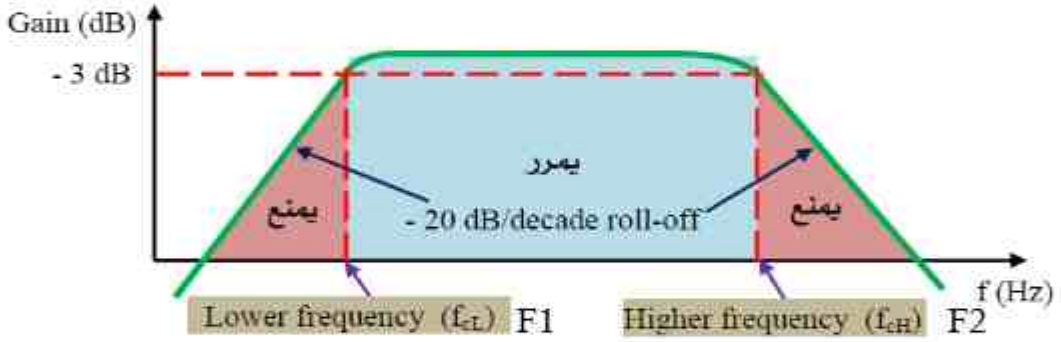
حيث ان $W_{c1} = \frac{1}{R_H C_H}$ و $W_{c2} = \frac{1}{R_L C_L}$ والكسب يساوي $\frac{R_f}{R_i} = \frac{k\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}}$

أو $R_f = \frac{k\, R_i\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}}$

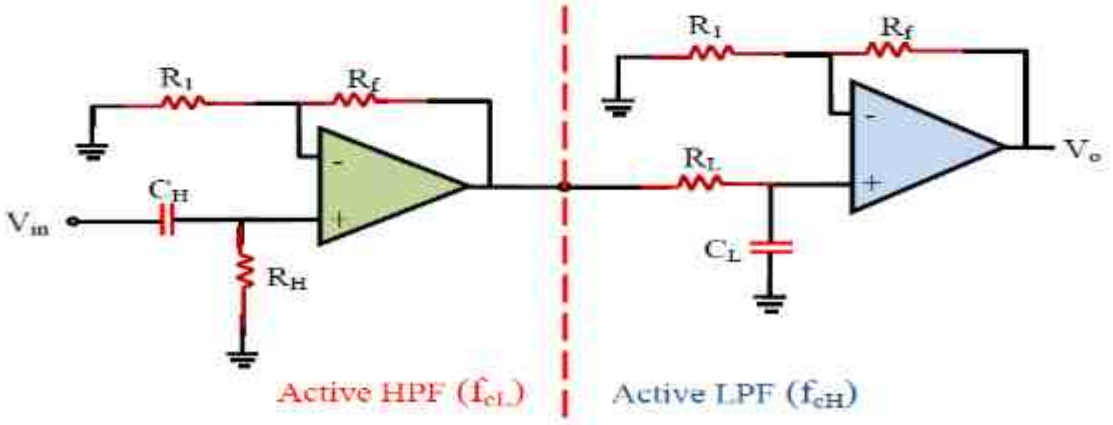


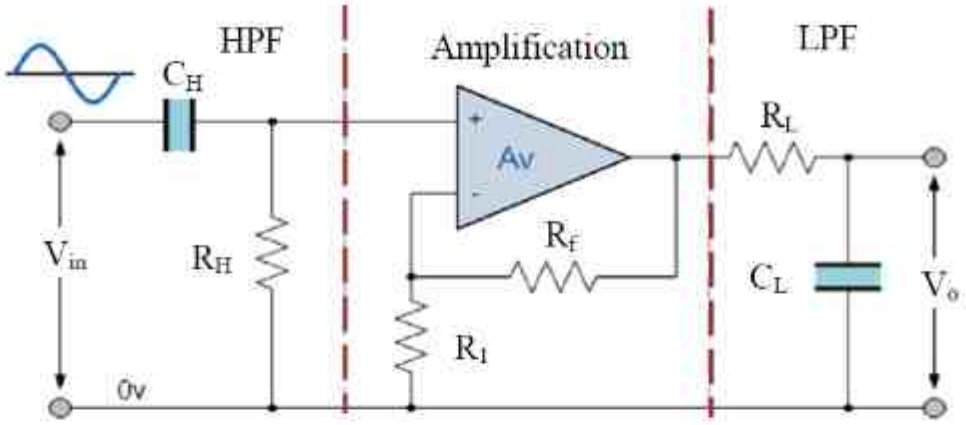
الشكل رقم (7) الخواص المثالية لمرشح BPF

ويمكن الحصول على هذا المرشح يدمج مرشحين الاول للترددات العالية والثاني للترددات الواطئة وكما في الشكل رقم (9).



الشكل رقم (8) الخواص الواقعية لمرشح BPF





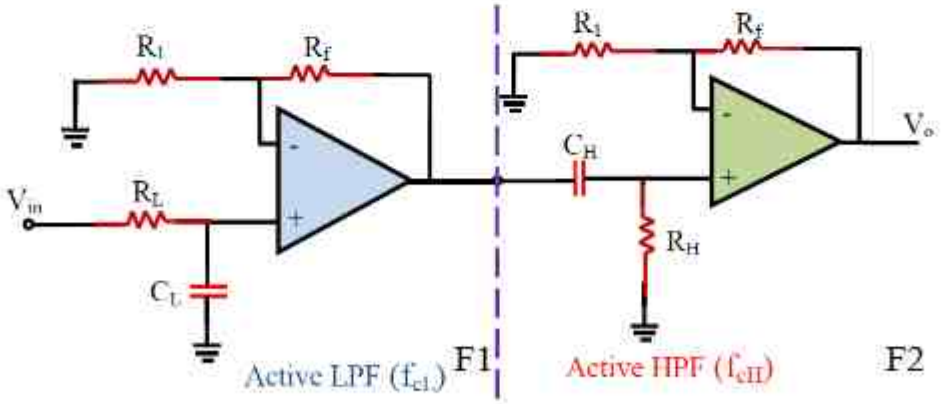
الشكل رقم (9) يبين تركيب BPF من المرشحين (LPF) و (HPF)

تطبيقاته تشمل :

- استقبال الموجات الراديوية في أنظمة الاتصالات
- فصل نطاقات التردد المحددة في المعالجة الإشارية
- تصميم أجهزة الراديو والتلفزيون
- تنقية الإشارات في أنظمة الاستشعار الطبي

4- مرشح فعال لإيقاف (منع) حزمة (Active Band Reject Filter) (BSF)
(Active Band Stop Filter)

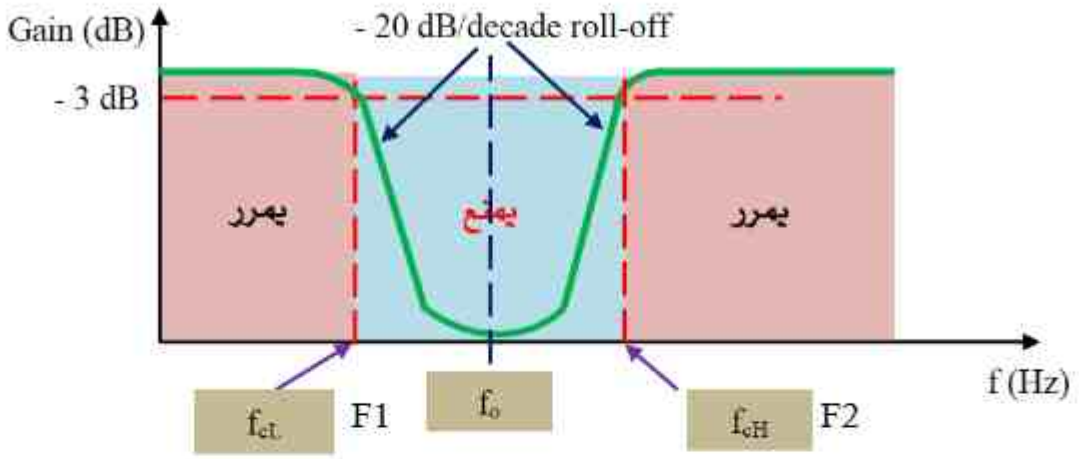
يقوم المرشـــح الفعّال لإيقاف نطاق ترددي (Active BSF) على إلغاء وحذف أو منع مرور الترددات ضـــمن نطاق معين والســـماح بمرور جميع الترددات التي تقع خارج هذا النطاق ، يمكن الحصـــول على المرشح (Active BSF) وذلك بتوصيل مرشح (Active LPF) على التوالي مع مرشح Active) HPFكما هو موضح بالشكل رقم (10)



الشكل رقم (10): دائرة مرشح فعّال لإمرار نطاق ترددي(Active BSF)

يطلق عادةً على المرشح (Active BSF) اسم المرشح الشّقّي (Notch Filter) ويكون النطاق الترددي له محصـورًا بين تردد القطع السـفلي (fcL - F1) و تردد القطع العلوي (F2- fcH) ،حيث يكون تردد

القطع السفلي (fcL) محددًا من قبل المرشح (Active LPF) وأما تردد القطع العلوي فيتم تحديده من قبل المرشح (Active HPF) يبين الشكل رقم (11) الاستجابة- الترددية للمرشح (Active BSF)



الشكل رقم (11): الاستجابة الترددية للمرشح(Active BSF)

استخداماته الرئيسية :

- إزالة التداخل في الإشارات الكهربائية
- حذف الترددات غير المرغوب فيها في الاتصالات
- تنقية الإشارات من الضوضاء المحددة
- تحسين جودة الإشارات في الأنظمة الإلكترونية المعقدة

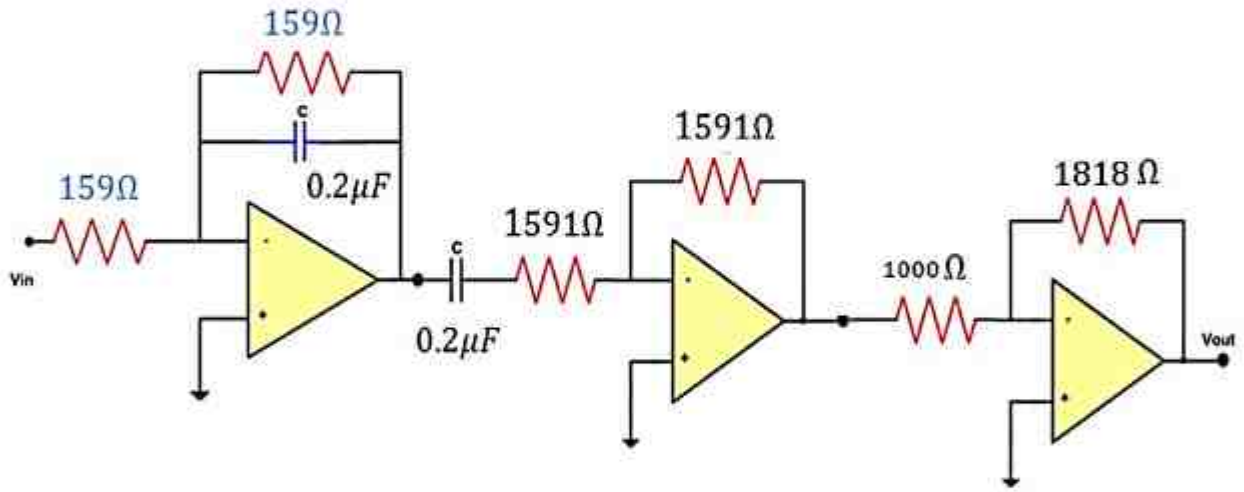
مثال : صمم مرشح مرشح امرار الحزمة (Band pass filter) اذا علمت الكسب هو ٢، و $w_{c2} = 5000$ و $w_{c1} = 500$ والمتسعة $C = 0.2\mu F$. اذا علمت ان (Wc) هو تردد القطع

الحل:

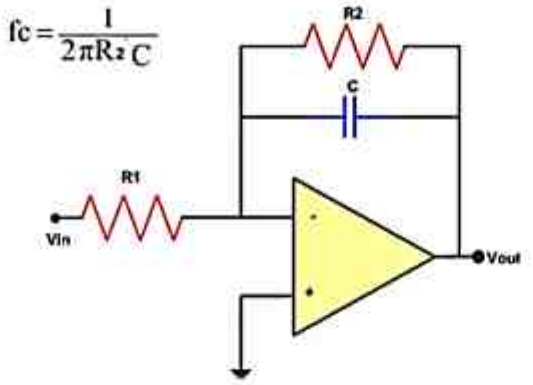
$$w_{c1} = \frac{1}{2\pi R_H C_H} \rightarrow \quad R_H = \frac{1}{2\pi w_{c1} C_H} = \frac{1}{2*\pi*500*0.2*10^{-6}} = 1591\Omega$$

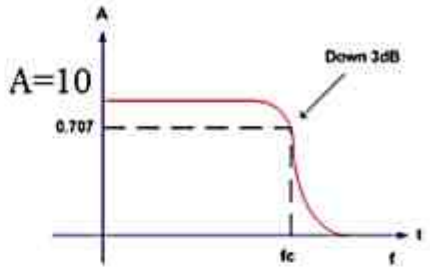
$$\text{و } w_{c2} = \frac{1}{2\pi R_L C_L} \rightarrow \quad R_L = \frac{1}{2\pi w_{c2}\, C_L} = \frac{1}{2*\pi*5000*0.2*10^{-6}} = 159\Omega$$

الكسب يحدد قيم المقاومات لذلك نختار واحدة من المقاومات ونحدد الثانية على اساسها. سوف نختار $R_i = 1k\Omega$ ، سوف ينتج $R_f = \frac{k\, R_i\, w_{c1}}{w_{c1} + w_{c2}} = \frac{2*1000*500}{5000+500} = 1818\Omega$



مثال (٢): صمم دائرة مرشح امرار واطيء فعال يستجيب الى الترددات الواطئة لحد $(f_c = 1KHz)$.





نفرض ان قيمة الكسب $\frac{R_2}{R_1} = 10$ ، ونفرض قيم المقاومة$R_1 = 1k\Omega$ ، اذا $R_2 = 10k\Omega$

$$f_c = \frac{1}{2 * \pi * 10000 * C}$$

$$C = \frac{1}{2 * \pi * 10000 * 1000} = 15.9\,nF$$

وبذلك تكون قيمة المتسعة $15.9\,nF$لكي يستجيب المرشح للترددات المطلوبة.

خلاصة المحاضرة

- LPF يمرر الترددات المنخفضة حتى تردد القطع، ثم يضعف الأعلى.
- HPF يضعف الترددات المنخفضة ويمرر الأعلى من تردد القطع.
- BPF يمرر حزمة بين F1 وF2، ويحدد المصدر Fo بالعلاقة Fo=√(F1F2).
- BSF يمنع حزمة بين F1 وF2 ويسمح بمرور الترددات خارجها، ويسمى أيضًا Notch Filter.
- تظهر نقطة القطع في الرسومات عند مستوى 0.707 تقريبًا وبانخفاض 3 dB.
- تستخدم دوائر المصدر مكبر العمليات مع المقاومات والمتسعات لتشكيل الاستجابة الترددية المطلوبة.

أخطاء شائعة ينبغي تجنبها

- الخلط بين وظيفة LPF وHPF عند تحديد أي جانب من fc يمر.
- اعتبار BPF وBSF مترادفين؛ الأول يمرر الحزمة الوسطية والثاني يمنعها.
- إهمال تحويل µF إلى F أو kΩ إلى Ω قبل التعويض.
- الخلط بين Fo وترددي القطع F1 وF2.
- استخدام قيمة R خاطئة في معادلة fc؛ المصدر يكتب R2 في LPF وR1 في HPF للنموذجين المعروضين.
- تجاهل الاختلاف الحسابي في Rf بمثال BPF بدل توثيقه.

أسئلة تطبيقية قصيرة

1. إشارة تحتوي ضوضاء عالية التردد ونريد الاحتفاظ بمكوناتها المنخفضة، أي نوع ينسجم مع تطبيقات المصدر؟ الإجابة: LPF.
2. نريد حذف مكون DC وتمرير المكونات الأعلى، أي نوع يذكره المصدر لهذا الاستخدام؟ الإجابة: HPF.
3. نريد استخراج حزمة ترددات محددة من إشارة اتصالات، أي نوع؟ الإجابة: BPF.
4. نريد حذف ترددات غير مرغوبة ضمن نطاق محدد، أي نوع؟ الإجابة: BSF/Notch.

أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الأول

س1: عرّف مرشح LPF الفعّال.

ج: مرشح يسمح بمرور الترددات المنخفضة حتى قرب تردد القطع fc ويضعف الترددات الأعلى وفق الوصف الوارد في المصدر.

س2: ماذا تمثل النقطة 0.707 في منحنى المصدر؟

ج: مستوى الخرج النسبي عند تردد القطع، ويظهر بجانبها انخفاض مقداره 3 dB.

س3: ما الفرق بين المنحنى المثالي والواقعي؟

ج: المثالي ينتقل بصورة حادة عند القطع، أما الواقعي فيتضمن منطقة انتقالية يتدرج فيها الكسب.

س4: اكتب مفاعلة المتسعة.

ج: $Xc = 1/(2\pi fC)$.

س5: كيف تتغير Xc عند زيادة التردد؟

ج: تتناقص لأن التردد يقع في المقام.

س6: ما معادلة القطع لمرشح LPF المعروض؟

ج: $fc = 1/(2\pi R2C)$.

س7: اذكر تطبيقين لـ LPF.

ج: إزالة الضوضاء العالية التردد من الإشارات الصوتية، وتنعيم الإشارات الرقمية؛ ويذكر المصدر أيضًا الاتصالات ودوائر التحكم.

س8: عرّف مرشح HPF.

ج: مرشح يضعف الترددات من الصفر حتى fc ويمرر الترددات الأعلى من fc ضمن استجابة المرشح.

س9: ما معادلة القطع لمرشح HPF المعروض؟

ج: $fc = 1/(2\pi R1C)$.

س10: اذكر تطبيقين لـ HPF.

ج: إزالة DC من الإشارات وتعزيز الترددات العالية؛ ويذكر المصدر حماية الدوائر من التداخل المنخفض وتحليل الإشارات الديناميكية.

أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الثاني

س11: عرّف مرشح BPF.

ج: مرشح يمرر الترددات الواقعة بين F1 وF2 ويضعف ما دون الحد السفلي وما فوق الحد العلوي.

س12: ما المقصود بـ Fo في BPF؟

ج: التردد المركزي الذي يعطيه المصدر بالوسط الهندسي Fo=√(F1F2).

س13: اذكر تطبيقين لـ BPF.

ج: استقبال الموجات الراديوية وفصل نطاقات محددة في المعالجة الإشارية؛ كما يذكر المصدر الراديو والتلفزيون والاستشعار الطبي.

س14: عرّف مرشح BSF.

ج: مرشح يمنع مرور الترددات ضمن نطاق محدد ويسمح بمرور الترددات الواقعة خارج هذا النطاق.

س15: ما الاسم الآخر لـ BSF في المصدر؟

ج: المرشح الشقّي Notch Filter.

س16: ما الفرق الجوهري بين BPF وBSF؟

ج: BPF يمرر المجال بين F1 وF2، بينما BSF يمنع المجال نفسه ويمرر ما خارجه.

س17: ما قيمة RH في مثال BPF؟

ج: نحو 1591 Ω وفق الحساب المعروض.

س18: ما قيمة RL في المثال نفسه؟

ج: نحو 159 Ω.

س19: ما قيمة C في مثال LPF عند fc=1 kHz وR2=10 kΩ؟

ج: نحو 15.9 nF كما في المصدر.

س20: ما الملاحظة الحسابية المتعلقة بـ Rf في مثال BPF؟

ج: المصدر يعرض 1818 Ω، بينما التعويض المباشر في المعادلة المكتوبة يعطي 181.8 Ω؛ لذلك تم توثيق الفرق صراحة.

الاختبار البعدي – 20 درجة

أولًا: اختر الإجابة الصحيحة (5 درجات)

1. المرشح الذي يمرر الترددات المنخفضة هو: (أ) HPF، (ب) LPF، (ج) BPF، (د) BSF.
2. المستوى المرتبط بتردد القطع في الرسومات هو: (أ) 0.1، (ب) 0.5، (ج) 0.707، (د) 2.
3. المرشح الذي يمرر المجال بين F1 وF2 هو: (أ) BPF، (ب) BSF، (ج) LPF، (د) HPF.
4. الاسم الآخر الذي يذكره المصدر لـ BSF هو: (أ) Rectifier، (ب) Notch Filter، (ج) Oscillator، (د) ADC.
5. العلاقة المعطاة للتردد المركزي هي: (أ) Fo=F1+F2، (ب) Fo=√(F1F2)، (ج) Fo=F1/F2، (د) Fo=1/(F1F2).

ثانيًا: صح أم خطأ (5 درجات)

1. LPF يضعف الترددات العالية وفق وظيفته الأساسية.
2. HPF يمرر DC بصورة أساسية.
3. BPF له حدان ترددیان F1 وF2 في الرسومات المعروضة.
4. BSF يمنع الترددات داخل المجال بين F1 وF2.
5. مفاعلة المتسعة Xc تزداد بزيادة التردد وفق المعادلة المعروضة.

ثالثًا: أسئلة قصيرة (4 درجات)

1. قارن بين LPF وHPF من حيث نطاق الإمرار بالنسبة إلى fc. (درجتان)
2. قارن بين BPF وBSF من حيث المجال بين F1 وF2. (درجتان)

رابعًا: مسائل حسابية (6 درجات)

1. إذا كان fc = 1 kHz وR2 = 10 kΩ في دائرة LPF المعروضة، احسب C. (3 درجات)
2. في مثال BPF إذا كان C = 0.2 µF وf1 = 500 وf2 = 5000 بحسب صيغة المثال، احسب RH وRL باستخدام 1/(2πfC). (3 درجات)

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

مفتاح الاختبار القبلي

1) أ. 2) التردد الفاصل/المرجعي الذي ترتبط به نقطة القطع في استجابة المرشح. 3) 0.707 تقريبًا (−3 dB). 4) صح. 5) أي تطبيق صحيح من التطبيقات المذكورة لـ F1 (6 .LPF وF2. 7) Notch Filter. 8) (Fo=√(F1F2). 9) خطأ. 10) المقاومة والمتسعة (R وC).

مفتاح الاختبار البعدي

أولًا: 1) ب، 2) ج، 3) أ، 4) ب، 5) ب. ثانيًا: 1) صح، 2) خطأ، 3) صح، 4) صح، 5) خطأ.

حل الأسئلة القصيرة

- LPF: يمرر الترددات الأدنى من fc ويضعف الأعلى. HPF: يضعف الأدنى ويمرر الأعلى من fc.
- BPF: يمرر المجال F1–F2. BSF: يمنع المجال F1–F2 ويمرر ما يقع خارجه

المحاضرة الثالثة عشرة (Thirteenth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يشرح الطالب المبدأ العام لتوليد الموجة المربعة باستخدام مكبر العمليات كما يقدمه المصدر.
- أن يحسب معامل التغذية الراجعة β من R3 وR4 ويستنتج مستوى التبديل في المثال المعطى.
- أن يتتبع شحن وتفريغ المتسعة في مولد الموجة المربعة وعلاقتهما بانقلاب خرج المقارن.
- أن يطبق علاقة الفترة/التردد المستخدمة في المثال العددي للموجة المربعة.
- أن يفسر تكوين مولد الموجة المثلثة من مقارن ذي هسترة ومكامل.
- أن يطبق علاقة تردد الموجة المثلثة في المثال الوارد ويضبط تحويلات kΩ وμF.
- أن يحدد مزايا ومساوئ واستخدامات الموجة المثلثة المذكورة في المصدر.
- أن يشرح تسلسل عمل المهزاز أحادي الاستقرار ويكتب علاقته الزمنية الواردة.
- أن يميز بين المحتوى الأصلي والملاحظات التدقيقية عند وجود اختلاف رمزي أو جبري في المصدر.

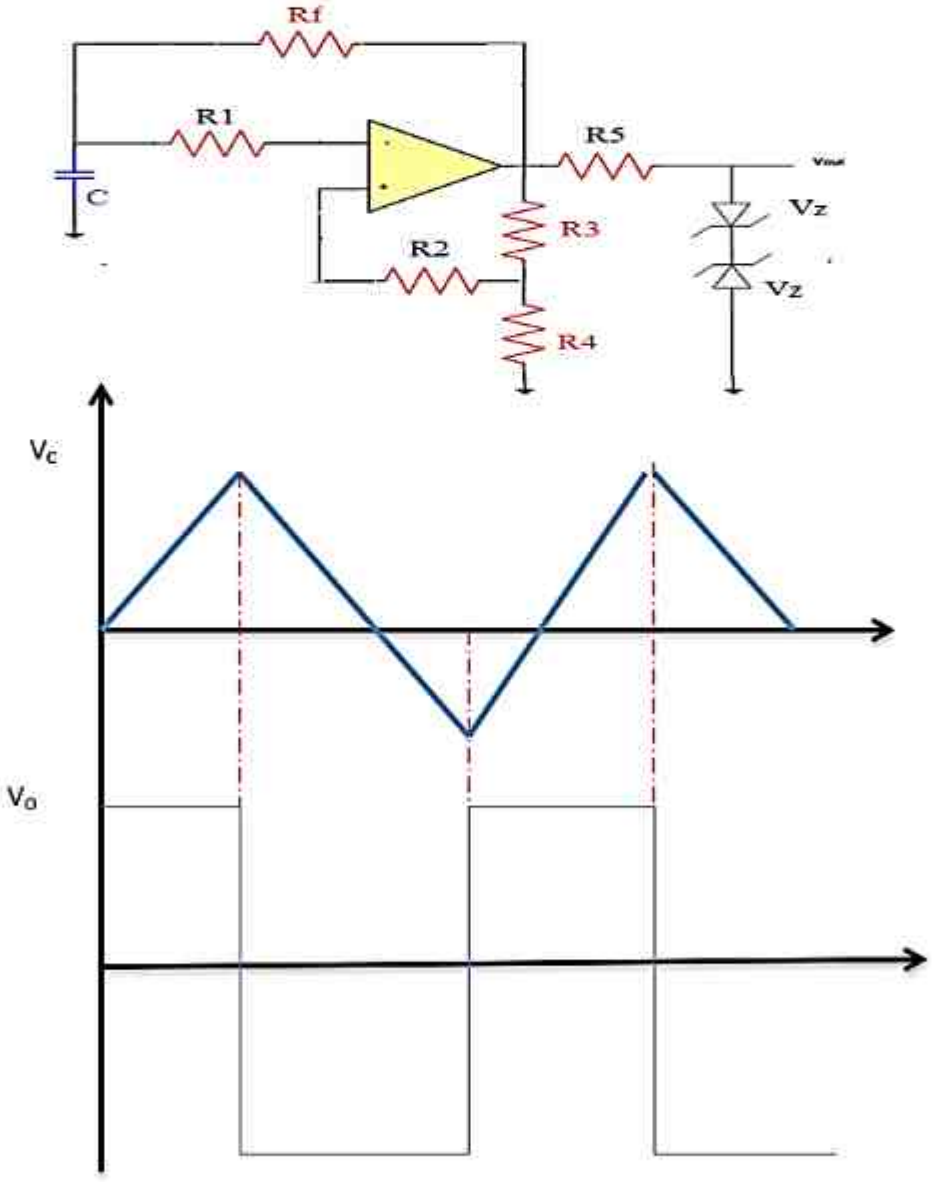
الاختبار القبلي (تشخيصي – 10 فقرات)

1. ما الوظيفة الأساسية لمكبر العمليات عندما يعمل كمقارن؟
2. ما المقصود بالتغذية الراجعة الموجبة في دوائر المقارن ذي الهسترة؟
3. صح أم خطأ: يمكن لشبكة RC أن تحدد زمن التبديل في مولد موجة.
4. اكتب العلاقة العامة بين التردد f والزمن الدوري T.
5. ما شكل الموجة الناتجة من مكامل عندما يكون دخله موجة مربعة مثالية في النموذج المعروض؟
6. اذكر وظيفة المتسعة في دائرة التكامل.
7. صح أم خطأ: الإشارة المثلثة تتغير خطيًا أثناء الصعود والهبوط في النموذج المثالي.
8. ما الفرق العام بين مولد دوري ومهزاز أحادي الاستقرار؟
9. ما وظيفة الدايود في دوائر القدح والحماية بصورة عامة؟
10. ما الوحدات التي يجب تحويلها عند استخدام kΩ وμF في علاقة تردد؟

➢ مولدات الموجات باستخدام مكبر العلميات: تقسم مولدات الموجات الى :

1- مولد الموجة المربعة (Square wave Generator)

ان ربط دايودين من الزنر دايود بشكل متعاكس يسيطر على سعة فولتية الاخراج ويتم تحديدها بقيمة ($+V_2$ $-V_{2,}$) .المقاومة R_f والمتسعة C توفر دائرة توقيت للمكبر عند عمله كمقارن. تربط التغذية الخلفية الى الطرف الغير قالب وتتم بواسطة مجزئ الجهد R_3 و R_4، حيث يكون معامل التغذية الخلفية (β) يساوي $\beta=\frac{R4}{R3+R4}$.



الشكل رقم (1) يبين الدائرة العملية لمولد الموجة المربعة مع شكل اشارتي الادخال والاخراج

مقاومة الادخال R1 تفيد في ضمان ممانعة عالية للمكبر ولحماية الادخال. ولتوضيح عمل الدائرة ، فعند تغذية المذبذب بالقدرة اللازمة من المصدر المستمر $(\mp V_{CC})$ سوف تظهر فولتية عبر طرفي الدخل وبخاصة عند الطرف الغير قالب . هذه الاشارة تدفع المضخم الى التشبع بسبب الكسب العالي للدارة المفتوحة ولنفرض ان المضخم قد وصل الى التشبع باتجاه الفولتية الموجبة $(+V_{CC})$ ،فأن جزء من هذه الاشارة ترتد الى الطرف غير القالب وتصبح الفولتية الراجعة (المرتدة) بمقدار β v.

بما ان فولتية الاخراج موجبة تبدأ المتسعة (C) بالشحن ومن خلال المقاومة R_f. وتستمر بالشحن الى ان تصبح فولتية المتسعة اكبر من الفولتية المرتدة عند ذلك يدخل المضخم الى التشبع ولكن باتجاه الفولتية السالبة($-V_{CC}$) ،لان عمله كمقارن، وفي هذه الاثناء تبدأ المتسعة بالتفريغ خلال المقاومة R_f. غير ان اسبب التفريغ عن الفولتية المرتدة عندها تقفز فولتية الخرج الى منسوب التشبع الموجب وتعاد الدورة من جديد.

ان الفترة الزمنية المولد الموجه المرتبة تساوي

$$T = 2R_f c\, Ln\left(1 + \frac{1+\beta}{1-\beta}\right) \quad = 2R_f c\, Ln(1 + \frac{2R_4}{R_3}) =$$

ان اقصى تردد لهذه الدائرة يحدد حسب نوع المذبذب واستقرارية التردد تعتمد بشكل اولي على استقرارية الزنر دايود والمقاومة R5 تفيد في منع مرور تيار زائد في الزنر دايود

مثال:١

اذا علمت ان مكونات المذبذب الغير مستقر(مولد الموجة المربعة) هي

$R_f = R_3 = R_4 = 10k\Omega$ ، $C = 0.22\mu F$. احسب تردد التذبذب

الحل:

يكون زمن الدورة الواحدة

$$T = 2R_f c\, Ln\left(1 + \frac{1+\beta}{1-\beta}\right)$$

$$= 2R_f c\, Ln\left(1 + \frac{2R_4}{R_3}\right) = 2 * 10 * 10^{3} * 0.22 * 10^{-6} * Ln(1 + \frac{2 * 10 * 10^{3}}{10 * 10^{3}})$$

$$T = 4.8\, ms$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.8 * 10^{-3}} = 207Hz$$

مثال: ٢

اذا كانت $R_4 = 50k\Omega$ ، $R_3 = 100k\Omega$ ، $\mp V_{CC} = \mp 15$. استخرج قيمة الفولتية المرتدة(V_b).

الحل:

$$V_b = \beta V_{CC}$$

$$= \left(\frac{R4}{R3+R4}\right) * V_{CC}$$

$$\left(\frac{50*10^3}{100*10^3+50*10^3}\right) * 15 = 5V$$

بما ان الفولتية المرتدة متماثلة حول المحور المرجعي وذات سعة واحدة في الاتجاهين السالب والموجب اذن

$$V_b = \mp 5V$$

الخواص العامة لمولد الموجة المربعة :

1. التردد :يمكن تعديله عن طريق تغيير قيم المقاومات أو المكثفات.
2. النسبة الزمنية للحالة العالية والمنخفضة :(Duty Cycle) إذا كانت قيم الشحن والتفريغ متماثلة، ينتج المولد موجة مربعة مثالية.
3. ثبات التردد :يتمتع بثبات عالٍ بفضل استخدام مكبر العمليات.

استخدامات مولد الموجة المربعة :

- في توليد نبضات الساعة الرقمية.(Clock Pulses)
- كمصدر إشارة للمفاتيح الإلكترونية.
- لتحفيز الأنظمة الميكانيكية أو الكهربائية لتحليل استجابتها.

2- مولد الموجة المثلثة (Triangle wave Generator)

يقوم مولد الموجة المثلثة بتوليد فولتية مشابهة لشكل المثلث وبصورة دورية ويتكون المولد من مقارن ذي هسترة ومكامل وكما في الشكل حيث يولد المقارن ذي الهسترة موجة مربعة تدخل الى المكامل الذي يحولها الى موجة مثلثة

اذا كانت اقصى فولتية موجة على اخراج المقارن هي (+13V) فأن تيار شحن المستعة $I_{C=} Iin = \frac{V_1}{R_1}$ ويكون هذا التيار ثابتا والشحنة على المتسعة تساوي $Q = Iin * t$ وبما

$$Q = C * V_C$$

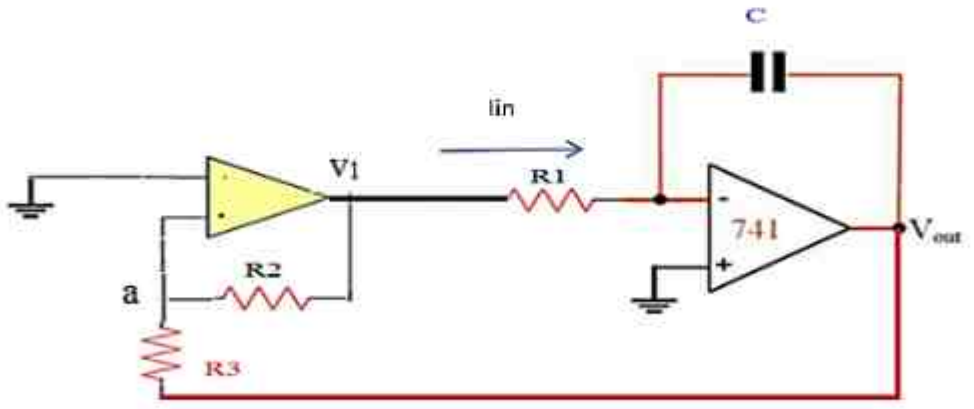
$$\therefore C * V_C = Iin * t = \frac{V_1}{R_1} * t$$

وبما ان اخراج المكامل هو

$$V_{out} = -V_C$$

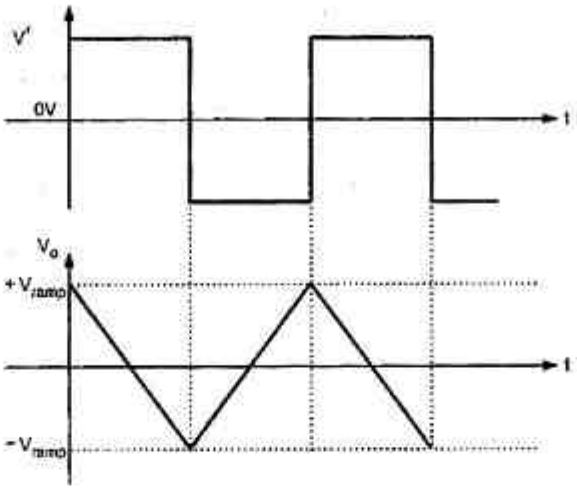
$$V_{out} = -\frac{V_1}{C*R_1} * t$$

$$f = \frac{1}{R_1 * C}\left(\frac{R_2}{R_3}\right)$$



مولد موجة مثلثة

الشكل رقم (1) يبين الدائرة العملية لمولد الموجة المثلثة



الشكل رقم (2) يبين اشارتي الادخال والإخراج لموجة المثلثة

وهذا يعني ان الفولتية المتكاملة تهبط بصورة خطية وعندما تصبح فولتية المقارن سالبة كما في الشكل اعلاه فان فولتية الاخراج للمقارن تنتقل من (+13V) الى (-13V) أي سوف تغذي فولتية سالبة الى ادخال المكامل و بذلك يقوم المكامل الان بتكامل الفولتية بالاتجاه الموجب ويستمر التكامل بهذا الاتجاه الى ان تثير فولتية اخراج المقارن الى الحالة الموجبة حيث تحدث نقطة انقلاب المقارن وتكون

فولتية مقدارها صفر على طرف الادخال الموجب للمقارن التيار IR1 دائما يساوي IR2 عند نقطة الانقلاب .

مثال :

احسب تردد الإشارة المتولدة لمولد الموجه المثلثة اذا علمت ان $R2 = 56k\Omega$, $C = 0.022\ \mu f$ $R3=18k\Omega$, $R1= 22k\Omega$,

الحل

$$F = \frac{1}{R1C}\left(\frac{R2}{R3}\right)$$

$$= \frac{1}{(22k\Omega)(0.022\mu f)}\left(\frac{56k\Omega}{18k\Omega}\right)$$

$$F = 6.43kHz$$

المزايا:

1. سهولة التوليد:
   - يمكن توليد الإشارة المثلثة بسهولة باستخدام دوائر تكاملية بسيطة.
2. إشارة خطية:
   - تتميز الإشارة المثلثية بخطية الموجة في صعودها وهبوطها، مما يجعلها مفيدة في التطبيقات التي تحتاج تغييرات منتظمة.
3. مناسبة للتحليل:
   - تُستخدم كمصدر إشارات في التحليل الكهربائي والاختبارات، حيث تعطي إشارات متوازنة مقارنة بإشارات ذات أشكال معقدة.
4. استهلاك طاقة منخفض:
   - توليد الإشارات المثلثية غالباً ما يكون أكثر كفاءة من الإشارات ذات أشكال معقدة أخرى.

المساوئ:

1. الترددات المحدودة:
   - يصعب تحقيق ترددات عالية جداً مع بعض مولدات الإشارة المثلثية.
2. تشوه الإشارة:
   - قد تحدث تشوهات في الإشارة المثلثية عند ارتفاع أو انخفاض التردد بشكل كبير، مما يسبب عدم دقة النتائج.
3. حساسية للتغيرات البيئية:
   - قد يتأثر استقرار الإشارة بالتغيرات في درجة الحرارة أو الأحمال الكهربائية.
4. دقة محدودة:
   - مقارنة بالإشارات الرقمية أو السينية، قد تكون دقة الإشارة المثلثية أقل في بعض التطبيقات الحرجة.

الاستخدامات:

1. اختبار وتحليل الدوائر الإلكترونية:
   - تُستخدم الإشارات المثلثية لاختبار استجابة الدوائر مثل مضخمات العمليات، والفلاتر، ودوائر التعديل.
2. توليد الإشارات الموجية الأخرى:
   - تُستخدم كمصدر أساسي لتوليد إشارات أخرى مثل الإشارات السينية من خلال دوائر تحويل.
3. التطبيقات التعليمية:
   - تُستخدم في مختبرات الفيزياء والإلكترونيات لتوضيح مفاهيم الموجات.
4. أنظمة الصوت والموسيقى:
   - تُستخدم في توليد الأصوات في بعض أدوات الموسيقى الإلكترونية.
5. التحكم الصناعي:
   - تُستخدم كإشارات تحكم في الأنظمة الصناعية للتحكم في السرعات أو المخرجات.

الخلاصة:

مولد الإشارة المثلثة جهاز متعدد الاستخدامات، لكنه يأتي مع بعض القيود مثل الترددات المحدودة وتشوه الإشارة. ومع ذلك، فإن فوائده في التطبيقات المختلفة تجعله أداة لا غنى عنها في الهندسة الإلكترونية.

➢ المهزاز احادي الاستقرار باستخدام مكبر العلميات

الدائرة في الشكل تمثل دائرة هزاز احادي الاستقرارية وباستخدام مكبر العمليات والذي يعمل كمقارن للفولتية المسلطة على الادخال القالب مع الفولتية المسلطة على الادخال غير القالب ولنوضح عمل الدائرة نفرض انها في حالة الاستقرار حيث الاخراج (Vo=+Vcc) والثنائي D1 يكون في حالة انحياز امامي مما يجعل فولتية المتسعة تساوي (0.7v) أي ان (Va=Vc=0.7) وبما انه

$$V_b = \left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right) * Vo$$

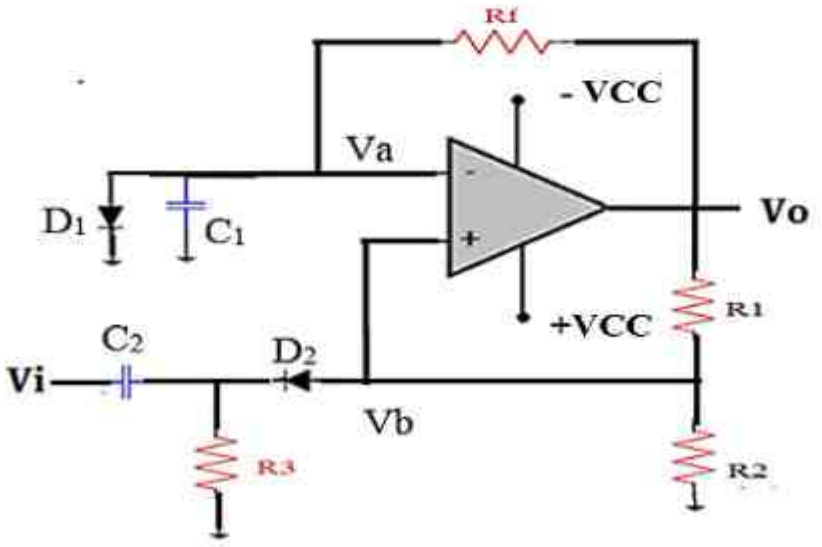
وبالتأكيد (V_b) اكبر من الفولتية (Va) لذلك تحافظ على حالة الاستقرار الموجب لفولتية الاخراج vo وتكون القيمة (+Vcc) .

وعند تحفيز المذبذب بنبضة قدح سالبة (Vi−) على الطرف الغير قالب لمكبر العمليات عبر الثنائي D2 واذا كانت قيمتها تتجاوز قيمة (V_b) سوف تؤدي هذه النبضة الى تغيير حالة الاخراج الى

(Vo= -Vcc). عندها يكون D_1 بالانحياز العكسي وتبدأ المتسعه C_1 بالشحن بالتجاه السالب، فأذا صارت (Va) اكثر سلبا من (V_b) أي تكون V_b اكبر من Va فأن خرج المكبر سيعود الى التشبع الموجب وعندما تصبح Vo = +Vcc .

ان قيمة Va السالبة لفترة معينة تحدد بقيم العناصر (R_f & C_1) بالإضافة للنسبة بينR_1 الى R_2 وعلى فرض ان النسبة تساوي 10 فعليه تكون فترة الاستقرار السالبة في خرج المذبذب (t_p) هي:

$$t_p = 0.1\, R_f\, C_1$$



➢ الشكل رقم (3) يبين المهزاز احادي الاستقرار باستخدام مكبر العلميات

خلاصة المحاضرة

- الموجة المربعة تتولد من انقلاب المقارن الدوري عندما يعبر جهد شبكة التوقيت حدود التبديل.
- الموجة المثلثة في الدائرة المعروضة تنتج من تكامل موجة مربعة، لذلك يكون ميلها خطيًا في كل نصف دورة.
- المهزاز أحادي الاستقرار يحتاج نبضة قدح خارجية ولا يواصل التذبذب ذاتيًا.
- المقاومة والمتسعة تظهران في جميع الدوائر بوصفهما عنصرين أساسيين في تحديد الزمن.
- تغيير قيمة عنصر توقيت ينعكس مباشرة على T أو f أو tp وفق العلاقة الخاصة بكل دائرة.

أخطاء شائعة ينبغي تجنبها

- الخلط بين الموجة المربعة الخارجة من المقارن والموجة المثلثة الخارجة من المكامل.
- نسيان تحويل µF إلى F وkΩ إلى Ω عند التعويض العددي.
- استخدام الصيغة الأولى لتوقيت الموجة المربعة وكأنها مطابقة جبريًا للصيغة الثانية من دون ملاحظة الاختلاف في المصدر.
- اعتبار المهزاز أحادي الاستقرار مولدًا دوريًا مستمرًا من دون قدح.

أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الأول

س1: ما الموضوعات الثلاثة الرئيسة في المحاضرة؟

ج: مولد الموجة المربعة، مولد الموجة المثلثة، والمهزاز أحادي الاستقرار باستخدام مكبر العمليات.

س2: ما وظيفة Rf وC في مولد الموجة المربعة؟

ج: تكوين شبكة التوقيت التي تحدد شحن وتفريغ المتسعة ومن ثم زمن التبديل.

س3: كيف يعرف المصدر معامل β؟

ج: $\beta = R4/(R3+R4)$.

س4: ما دور R3 وR4 في مولد الموجة المربعة؟

ج: تكوين مقسم جهد للتغذية الراجعة الموجبة وتحديد مستوى التبديل.

س5: ما وظيفة دايودي الزينر في دائرة الموجة المربعة؟

ج: السيطرة على سعة جهد الخرج عند مستويين بحسب شرح المصدر، مع R5 للحد من التيار الزائد.

س6: ما العلاقة بين f وT؟

ج: $f = 1/T$.

س7: ما نتيجة مثال الموجة المربعة الأول؟

ج: $T \approx 4.8$ ms و$f \approx 207$ Hz وفق الصيغة الثانية المستخدمة في المصدر.

س8: ما قيمة β في المثال الثاني عندما R3=100kΩ وR4=50kΩ؟

ج: $\beta = 1/3$.

س9: ما قيمة Vb في المثال الثاني عند VCC=15V؟

ج: Vb=±5 V كما يعرض المصدر.

س10: اذكر استخدامين للموجة المربعة من المصدر.
ج: نبضات الساعة الرقمية، ومصدر إشارة للمفاتيح الإلكترونية؛ ويذكر أيضًا تحليل استجابة الأنظمة.

أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الثاني

س11: مم يتكون مولد الموجة المثلثة في المصدر؟
ج: من مقارن ذي هسترة ومكامل؛ المقارن يولد موجة مربعة والمكامل يحولها إلى مثلثة.
س12: لماذا يكون خرج المكامل خطيًا في كل نصف دورة؟
ج: لأن دخل المكامل يكون مستوى ثابتًا تقريبًا، فيكون تيار شحن المتسعة ثابتًا تقريبًا وفق النموذج المعروض.
س13: ما علاقة خرج المكامل التي يوردها المصدر؟
ج: $Vout = -(V1/(CR1))\cdot t$، مع $Vout = -Vc$.
س14: ما علاقة تردد الموجة المثلثة؟
ج: $f=(1/(R1C))(R2/R3)$.
س15: ما نتيجة مثال الموجة المثلثة؟
ج: $f\approx 6.43$ kHz.
س16: اذكر ميزتين للموجة المثلثة من المصدر.
ج: سهولة التوليد وخطية الصعود والهبوط؛ ويذكر المصدر ملاءمة التحليل وانخفاض استهلاك الطاقة.
س17: اذكر قيدين للموجة المثلثة من المصدر.
ج: صعوبة الترددات العالية جدًا مع بعض المولدات وإمكانية تشوه الإشارة؛ ويذكر أيضًا الحساسية البيئية والدقة المحدودة.
س18: ما المقصود بالمهزاز أحادي الاستقرار؟
ج: دائرة لها حالة مستقرة، تنتقل بعد نبضة قدح إلى حالة مؤقتة ثم تعود تلقائيًا.
س19: كيف يكتب المصدر Vb في دائرة أحادي الاستقرار؟
ج: $Vb=[R2/(R1+R2)]Vo$.
س20: ما علاقة الفترة المؤقتة التي يوردها المصدر عند الفرض المذكور؟
ج: $tp=0.1RfC1$.

الاختبار البعدي – 20 درجة

أولًا: اختر الإجابة الصحيحة (5 درجات)

1. معامل التغذية الراجعة في مولد الموجة المربعة هو: (أ) R3/R4، (ب) R4/(R3+R4)، (ج) Rf/C، (د) R1+R2.
2. العلاقة العامة بين التردد والزمن الدوري هي: (أ) f=T، (ب) f=1/T، (ج) $f=T^2$، (د) f=R/C.
3. الدائرة التي تحول الموجة المربعة إلى مثلثة في النموذج المعروض هي: (أ) المقوم، (ب) المكامل، (ج) المرشح فقط، (د) منظم الزينر.

4. نتيجة مثال تردد الموجة المثلثة في المصدر هي تقريبًا: (أ) 6.43 kHz، (ب) 207 kHz، (ج) 5 Hz، (د) 1 MHz.

5. المهزاز أحادي الاستقرار: (أ) يتذبذب دائمًا دون قدح، (ب) له حالة مستقرة وحالة مؤقتة بعد القدح، (ج) مرشح تردد، (د) مقوم موجة كاملة.

ثانيًا: صح أم خطأ (5 درجات)

1. R3 وR4 يحددان β في مولد الموجة المربعة.
2. الموجة المثلثة في المصدر تنتج من مكامل يتغذى بموجة مربعة.
3. زيادة C في علاقة تردد الموجة المثلثة ترفع التردد.
4. المهزاز أحادي الاستقرار يحتاج نبضة قدح للانتقال إلى الحالة المؤقتة.
5. الصيغتان المطبوعتان لزمن الموجة المربعة متكافئتان جبريًا تمامًا مع تعريف β الوارد.

ثالثًا: أسئلة قصيرة (4 درجات)

1. اشرح باختصار دور المقارن والمكامل في مولد الموجة المثلثة. (درجتان)
2. وضح الفرق بين مولد موجة دورية والمهزاز أحادي الاستقرار. (درجتان)

رابعًا: مسائل حسابية (6 درجات)

1. باستخدام الصيغة التي استعملها مثال المصدر، احسب T وf عندما Rf=R3=R4=10kΩ وC=0.22μF. (3 درجات)
2. احسب تردد الموجة المثلثة عندما R1=22kΩ وR2=56kΩ وR3=18kΩ وC=0.022μF. (3 درجات)

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

مفتاح الاختبار القبلي

1) يقارن بين جهدي الدخل ويحدد حالة الخرج. 2) إعادة جزء من الخرج إلى الدخل بحيث تدعم حالة الخرج وتوجد مستويات تبديل/هسترة. 3) صح. 4) f=1/T. 5) موجة مثلثة في النموذج المعروض. 6) تخزين الشحنة وإحداث تكامل/تغير خطي للجهد. 7) صح. 8) المولد الدوري يكرر دوراته ذاتيًا، بينما أحادي الاستقرار يحتاج قدحًا ويعود بعد مدة. 9) تمرير/توجيه أو تحديد الإشارة بحسب الدائرة. 10) تحويل kΩ وμF إلى وحدات متوافقة عند الحساب.

مفتاح الاختبار البعدي

أولًا: 1) ب، 2) ب، 3) ب، 4) أ، 5) ب. ثانيًا: 1) صح، 2) صح، 3) خطأ، 4) صح، 5) خطأ.

حل الأسئلة القصيرة

- المقارن يولد موجة مربعة تتبدل بين مستويين، والمكامل يدمج هذه المستويات الثابتة زمنيًا فينتج تغيرًا خطيًا صاعدًا وهابطًا أي موجة مثلثة.
- مولد الموجة المربعة أو المثلثة يعمل بصورة دورية مستمرة ضمن الدائرة، بينما أحادي الاستقرار يبقى في حالة مستقرة إلى أن تصله نبضة قدح ثم يعود بعد مدة محددة.

المحاضرة الرابعة عشرة (Fourteenth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يعرّف الطالب قادح شميت بوصفه دائرة مقارنة ذات تغذية راجعة إيجابية.
- أن يفسر سبب حدوث تشغيل خاطئ في المقارنات ذات الكسب الكبير عند وجود الضوضاء.
- ولماذا تستخدم عتبتين مختلفتين (Hysteresis) أن يشرح معنى خاصية التباطؤ.
- أن ونقطة القدح السفلى UTP أن يميز بين نقطة القدح العليا LTP.
- أثناء صعود جهد الدخل وهبوطه كما في المصدر Vo– و Vo+ أن يتتبع حالة الخرج.
- أن يفسر منحنى الدخل–الخرج واتجاه الأسهم ضمن حلقة التباطؤ.
- أن يربط قادح شميت بكشف عبور الصفر وتوليد الموجة المربعة وعلامات التوقيت.
- أن يحدد مزايا قادح شميت وقيوده وتطبيقاته العملية ومعايير تصميمه.

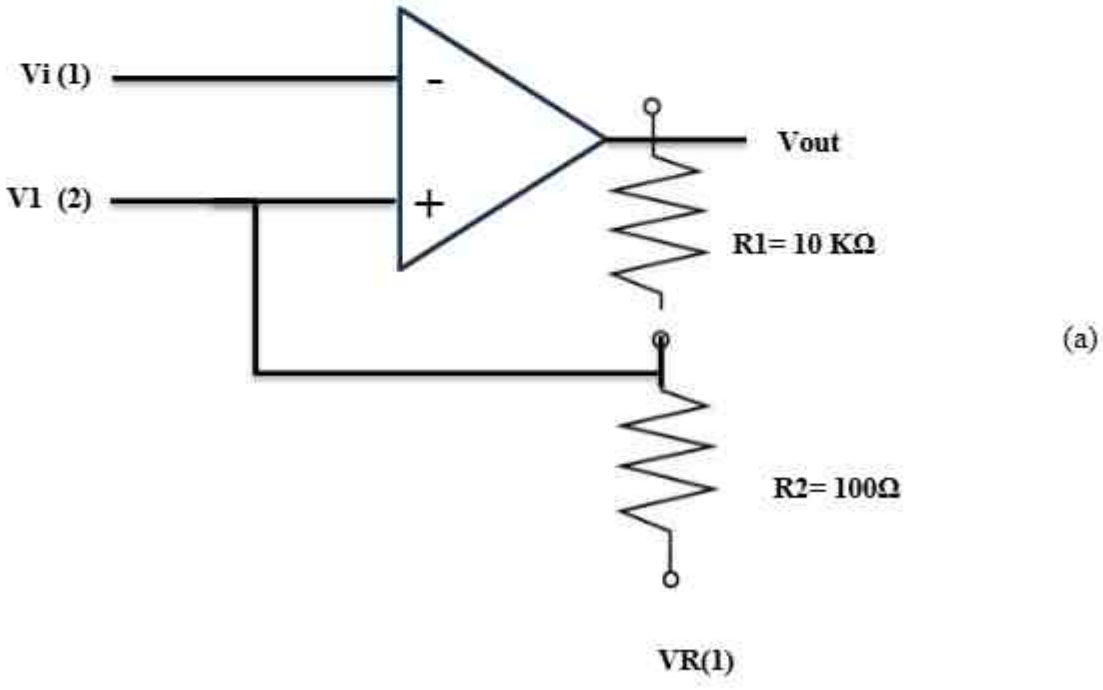
الاختبار القبلي)تشخيصي – 10 فقرات(

1. ما وظيفة المقارن الإلكتروني بصورة عامة؟
2. ما المقصود بالتغذية الراجعة الإيجابية؟
3. صح أم خطأ :وجود ضوضاء قرب نقطة عبور الصفر قد يسبب تبديلًا خاطئًا في المقارن التقليدي.
4. ما المقصود بجهد العتبة؟
5. لماذا قد يكون وجود مستويين للعتبة أفضل من مستوى واحد؟
6. ما معنى الرمز UTP؟
7. ما معنى الرمز LTP؟
8. صح أم خطأ :خرج قادح شميت يمكن أن يتغير بين مستويين محددين.
9. اذكر مثالًا واحدًا لتحويل إشارة تماثلية إلى إشارة رقمية.
10. ما الفرق العام بين الإشارة الجيبية والإشارة المربعة من حيث الشكل؟

➢ قادح شميت (المقارن المتجدد) Schmitt Trigger (Regenerative Comparator)

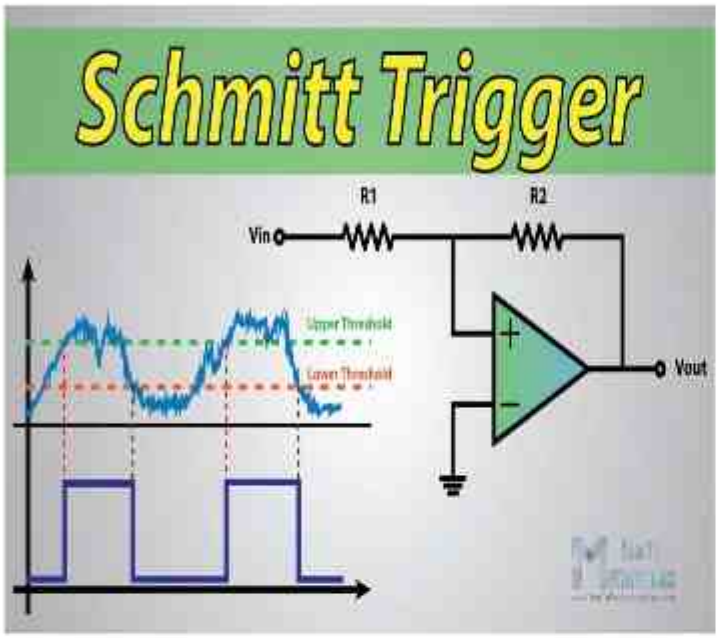
تتطلب دائرة المقارنة ذات المكاسب الكبيرة للحلقة المفتوحة قدراً صغيراً من الضوضاء لتشغيل الدائرة ، إذا تم استخدام مثل هذه المقارنات ككاشفات عبور صفري وتأثرت بإثارة خاطئة تؤدي إلى مشاكل غير ضرورية ، قد يؤدي هذا إلى إشارة خاطئة إلى وجود تقاطعات صفرية لإشارة الضوضاء بدلاً من الإشارة الفعلية ، يمكن تجنب هذا التبديل غير الضروري في المستويات باستخدام دائرة تعرف باسم مشغل شميت. تم اختراع هذه الدائرة بواسطة العالم الأمريكي otto H. Schmitt في عام 1934. يتم توفير التباطؤ في هذه الدوائر بحيث يكون لكل حافة صاعدة وهابطة مستوى مختلف من جهد العتبة. يشار إلى دائرة الزناد Schmittهذه أيضًا باسمSchmitt Trigger. "Regenerative Comparator" ،

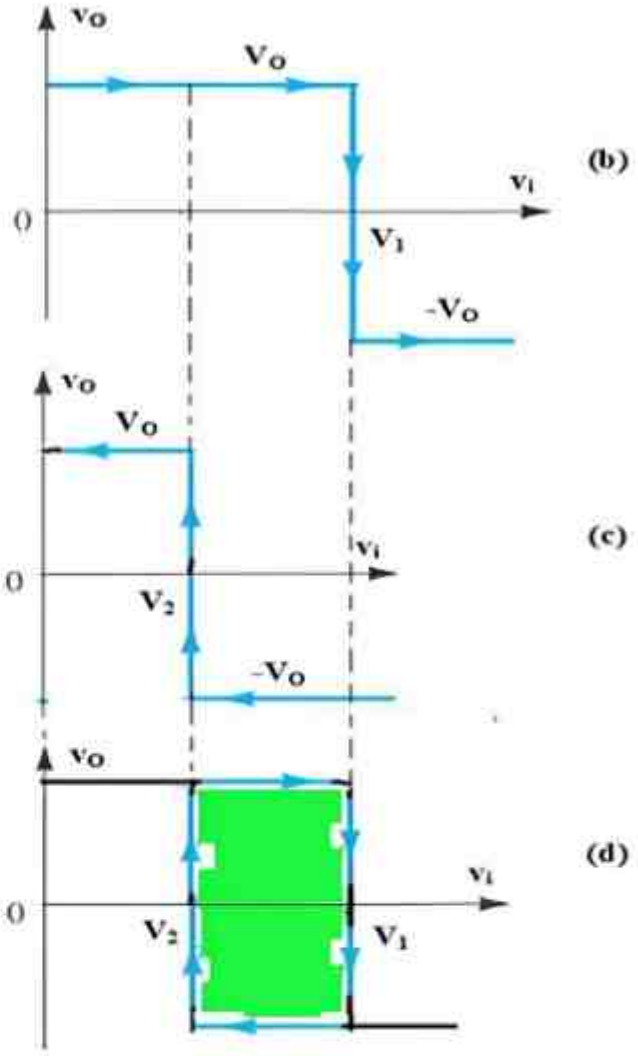
وتعرف بأنها : دائرة إلكترونية يكون رد فعلها إيجابيًا وقادرًا على الاحتفاظ بمستوى الإخراج حتى تكون الإشارة المطبقة أعلى من العتبة ، يتم تعريف هذا النوع من الدوائر على أنه مشغل شميت ، الغرض الأساسي من هذه الدوائر هو تحويل الإشارات التناظرية إلى رقمية ، يمكن أن تكون التحولات في الخرج من مرتفع إلى منخفض أو منخفض إلى مرتفع عند مستويات العتبة المختلفة بسبب التباطؤ الذي تظهره الدائرة.



(a)

الشكل رقم (1)(a) يبين الدائرة الخاصة بقادح شميت





الشكل رقم (2) مقدار التغيير في الفولتيات (b)- تزايد الجهد (V_i) (c)- تناقص الجهد (V_i) (d)- منحنى جمع الدخل والخرج

الآن إذا تناقص v_i فإن جهد الخرج v_O يبقى ثابتا عند القيمة V_O- حتى يساوي v_i الجهد عند الطرف 1 أو حتى : $v_i = V$. عند هذا الجهد يحدث انتقال متجدد :

Regenerative transition وكما بالشكل c الخرج يعود غالبا إلى V_O + آنيا. دالة الانتقال كاملة يوضحها الشكل d حيث الجزء المظلل (المستطيل الرأسي المحصور بين V_1 V_2)

أي ان هذا الشكل يوضح ما يسمى بالتخلفية لقادح شميت وهو العلاقة بين الدخل والخرج.

الجزء المظلل يمكن عبوره إلى أحد الاتجاهين أما أجزاء الخطوط يتم الحصول عليها إذا تغير v_i طبقا لما توضحه الأسهم. يلاحظ انه بسبب التخلفية فإن الدائرة يتم قدحها عند الجهد الأعلى للإشارة المتزايدة اكثر من الإشارة المتناقصة.

وواضح ان الخرج يكون فقط إما موجب V_O + (جهد التشبع الموجب) أو سالب V_O - (جهد التشبع السالب).

ويوجد قيمتان لجهد الدخل هما:

١–جهد السقوط العلوي(نقطة القدح العلوي) upper triggering point UTP والتي يبدأ عندها جهد الخرج في التحول من جهد التشبع الموجب إلى جهد التشبع السالب. والجهد V_1 يمثل هذا الجهد.

٢– جهد السقوط السفلي(نقطة القدح السفلي) lower triggering point LTP والتي يبدأ عندها جهد الخرج في التحول من جهد التشبع السالب إلى جهد التشبع الموجب. والجهد V_2 يمثل هذا الجهد.

وعلى الشكل d يتضح الأتي:

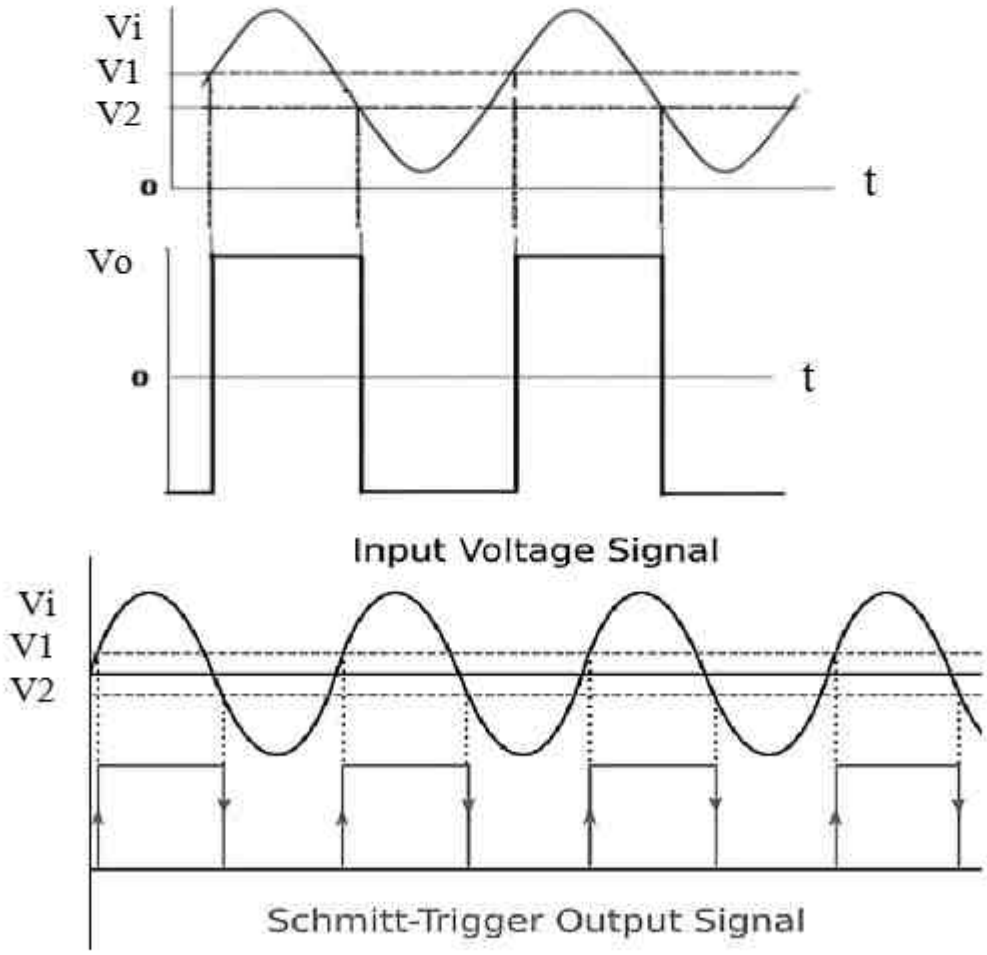
١– يكون الخرج موجبا وثابت ويساوي جهد التشبع الموجب طالما ان جهد الدخل v_i أقل من جهد نقطة السقوط العلوي UTP. ويمثل هذا الجهد V_1.

٢– إذا زاد جهد الدخل v_i عن جهد السقوط العلوي يتحول الخرج إلى جهد التشبع السالب ويكون جهد الخرج يساوي V_O - .

٣– يظل جهد الخرج سالب ويساوي V_O - طالما كان v_i أكبر من جهد (نقطة) السقوط السفلي LTP.

٤– إذا قل جهد الدخل عن جهد السقوط السفلي LTP يتحول جهد الخرج إلى جهد التشبع الموجب وهكذا.

في الغالب ،الاستخدام المهم لقادح شميت هو لتحويل جهد الدخل المتغير ببطء إلى شكل موجي حاد للخرج (غير متصل) وهذا يحدث عند قيمة دقيقة لجهد الدخل. هذا المقارن المتجدد يمكن استخدامه في تطبيقات عديدة مثل كاشف عبور الصفر zero-crossing detector , و توليد موجات square waves from sine wave ومولد العلامات الزمنية Timing –markers generator from sine wave و.....الخ. مثال ذلك استخدام قادح شميت في توليد الموجات المربعة من الموجة الجيبية كما بالشكل ادناه إشارة الدخل اختيارية عدا انها تملك دورة excursion كبيرة بدرجة كافية لتجعل الدخل يبعد عن مدى حدود التخلفية V_H. الخرج يكون موجة مربعة كما بالشكل ادناه واتساعه its amplitude لا يعتمد على قيمة قمة –الى –قمة لموجة الدخل. الخرج يملك حافات رئيسية leading وحافات ذيل trailing edges اسرع من تلك للدخل.



الشكل رقم (3) استجابة اشارتي الادخال والإخراج لقادح شميت

➢ خصائص التشغيل

1- علاقة الدخل-الخرج

- تظهر انتقالات حالة واضحة
- تتميز بمستويات خرج عالية ومنخفضة محددة
- تظهر تباطؤ في منحنى الاستجابة

2- فوائد الأداء

- مناعة محسنة ضد الضوضاء مقارنة بالمقارنات القياسية
- سلوك تبديل موثوق
- إزالة التذبذبات غير المرغوب فيها عند نقاط الانتقال

الأهمية التقنية

يمثل قادح شميت عنصراً أساسياً في الأنظمة الإلكترونية، حيث يوفر سلوك تبديل مستقر وموثوق في وجود الضوضاء وتقلبات الإشارة. تجعل خاصية التباطؤ منه مكوناً قيماً بشكل خاص في التطبيقات التي تتطلب إشارات رقمية نظيفة من المدخلات التناظرية.

➢ التحليل الأكاديمي لقادح شميت

أولاً: المزايا الرئيسية

1. مقاومة الضوضاء

- يمتلك قدرة عالية على تصفية الضوضاء من الإشارات المدخلة
- يمنع التبديل العشوائي عند نقاط عبور الصفر
- يوفر استقراراً أفضل في البيئات ذات الضوضاء العالية

2. خاصية التباطؤ(Hysteresis)

- يوفر مستويين مختلفين للعتبة (صاعد وهابط)
- يمنع التذبذب عند نقاط التحول
- يضمن انتقالاً نظيفاً بين الحالات

3. **الاستقرار**

- أداء ثابت في ظروف التشغيل المختلفة
- خرج مستقر حتى مع تغير طفيف في الدخل
- موثوقية عالية في التطبيقات الحرجة

ثانياً: العيوب والقيود

1. **القيود التصميمية**

- يحتاج إلى تغذية راجعة إيجابية
- تعقيد نسبي في التصميم مقارنة بالمقارنات البسيطة
- يتطلب ضبطاً دقيقاً لقيم المقاومات

2. **محددات الأداء**

- زمن استجابة أطول نسبياً
- استهلاك طاقة أعلى بسبب التغذية الراجعة
- تكلفة أعلى مقارنة بالدوائر البسيطة

3. **قيود التطبيق**

- غير مناسب للإشارات عالية التردد جداً
- يحتاج إلى معايرة دقيقة للعتبات
- قد يتأثر بالتغيرات في درجة الحرارة

ثالثاً: التطبيقات العملية

1. **معالجة الإشارات**

- تحويل الإشارات التماثلية إلى رقمية
- تنظيف الإشارات المشوشة
- توليد الإشارات المربعة

2. **أنظمة التحكم**

- أنظمة التحكم في درجة الحرارة
- دوائر التحكم في المستوى
- أنظمة المراقبة والإنذار

3. **الأجهزة الإلكترونية**
   - أجهزة القياس الرقمية
   - مولدات النبضات
   - دوائر التوقيت
4. **تطبيقات صناعية**
   - أنظمة التحكم الصناعي
   - معالجة الإشارات في خطوط الإنتاج
   - أنظمة المراقبة الصناعية

رابعاً: اعتبارات التصميم

1. **معايير الاختيار**
   - مستويات العتبة المطلوبة
   - سرعة الاستجابة المطلوبة
   - متطلبات مقاومة الضوضاء
2. **عوامل التصميم**
   - اختيار قيم المقاومات المناسبة
   - تحديد جهود التغذية
   - تصميم دائرة التغذية الراجعة
3. **اعتبارات التطبيق**
   - البيئة التشغيلية
   - متطلبات الأداء
   - قيود التكلفة والحجم

أسئلة وأجوبة نموذجية)1–10(.15

س :ما قادح شميت؟ (1

ج :دائرة مقارنة ذات تغذية راجعة إيجابية تحتفظ بحالة خرجها حتى تتجاوز إشارة الدخل عتبة محددة، وتستخدم عتبتين مختلفتين بسبب خاصية التباطؤ.

س :لماذا تظهر مشكلة في المقارن التقليدي عند وجود الضوضاء؟ (2

ج :لأن ضوضاء صغيرة قرب نقطة القرار أو عبور الصفر قد تسبب تبديلات متعددة وإشارات زائفة.

س :ما المقصود بخاصية التباطؤ Hysteresis؟ (3

ج :استخدام مسارين مختلفين للتبديل بحيث تختلف عتبة الانتقال أثناء صعود الدخل عن عتبة الانتقال أثناء هبوطه.

س :ما المقصود بـ UTP؟ (4

ج: Upper Triggering Point، وهي نقطة القدح العليا المرتبطة بالجهد V1 في المصدر.

س :ما المقصود بـ LTP؟ (5

ج: Lower Triggering Point، وهي نقطة القدح السفلى المرتبطة بالجهد V2.

س :ماذا يحدث للخرج عندما يتجاوز الجهد Vi الجهد V1 أثناء التزايد؟ (6

ج :يحدث انتقال متجدد ويتحول الخرج من التشبع الموجب إلى التشبع السالب.

س :متى يعود الخرج من السالب إلى الموجب؟ (7

ج :عندما ينخفض جهد الدخل إلى ما دون العتبة السفلى بحسب تسلسل المصدر V2.

س :ما دور التغذية الراجعة الإيجابية؟ (8

ج :إنشاء السلوك المتجدد والمساعدة على تكوين عتبتين مختلفتين وتبديل واضح بين حالتي الخرج.

س :كيف يحسن قادح شميت مقاومة الضوضاء؟ (9

ج :يبقي حالة الخرج ثابتة داخل المنطقة بين العتبتين، فلا تؤدي التغيرات الصغيرة إلى تبديل متكرر.

س :ما شكل الخرج عند إدخال موجة جيبية تتجاوز العتبتين؟ (10

ج :يظهر خرج ذو مستويين/موجة مربعة وفق الرسومات والاستخدامات الواردة في المصدر.

أسئلة وأجوبة نموذجية)11–20(.16

س :ما الفائدة من وجود عتبتين بدل عتبة واحدة؟ (11

.ج :تقليل الحساسية للضوضاء ومنع التذبذب غير المرغوب فيه عند نقطة الانتقال

س :ما أهم خاصية ظاهرة في منحنى الدخل–الخرج؟ (12

.V2وV1 ج :حلقة التباطؤ المحصورة بين

.س :اذكر فائدتين للأداء (13

ج :مناعة محسنة ضد الضوضاء وسلوك تبديل موثوق؛ ويذكر المصدر أيضًا إزالة التذبذبات غير .المرغوبة عند نقاط الانتقال

.س :اذكر ميزتين تتعلقان بالاستقرار (14

.ج :خرج مستقر مع التغير الطفيف في الدخل، وموثوقية عالية في التطبيقات الحرجة بحسب المصدر

.س :اذكر قيدين تصميميين (15

.ج :الحاجة إلى تغذية راجعة إيجابية، والحاجة إلى ضبط دقيق لقيم المقاومات

.س :اذكر قيدين في التطبيق (16

.ج :عدم ملاءمته للإشارات عالية التردد جدًا والحاجة إلى معايرة دقيقة للعتبات

.س :اذكر ثلاثة تطبيقات في معالجة الإشارات (17

.ج :تحويل تماثلي إلى رقمي، تنظيف الإشارات المشوشة، وتوليد إشارات مربعة

س :أين يستخدم في أنظمة التحكم؟ (18

.ج :التحكم في درجة الحرارة، التحكم في المستوى، وأنظمة المراقبة والإنذار

س :ما أهم معايير الاختيار عند التصميم؟ (19

.ج :مستويات العتبة المطلوبة، سرعة الاستجابة، ومتطلبات مقاومة الضوضاء

س :لماذا يعد مناسبًا للحصول على إشارات رقمية نظيفة؟ (20

.ج :لأن خاصية التباطؤ تمنع التبديل العشوائي وتنتج انتقالات خرج واضحة عند عبور العتبتين

الاختبار البعدي – 20 درجة .17

.أجب عن جميع الفقرات .الدرجة الكلية :20 درجة

أولًا :اختر الإجابة الصحيحة)5 درجات – درجة لكل فقرة(

1. (الخاصية التي تمنح قادح شميت مستويين مختلفين للتبديل هي :أ (التباطؤ ب (التكامل ج (التقويم د (الترشيح
2. إلى :أ (نقطة القدح العليا ب (نقطة القدح السفلى ج (جهد التغذية د (خرج الدائرة UTP ترمز
3. أثناء زيادة الدخل، يتحول الخرج وفق المصدر إلى :أ (التشبع السالب ب (الصفر V1 عند تجاوز دائمًا ج (دخل الدائرة د (قيمة خطية
4. (من التطبيقات المذكورة :أ (توليد موجة مربعة من موجة جيبية ب (تقويم قدرة ثلاثي الطور ج شحن البطاريات فقط د (لا شيء مما سبق
5. من معايير الاختيار :أ (مستويات العتبة المطلوبة ب (لون المقاومة ج (حجم الشاشة د (نوع الموصل فقط

ثانيًا :صح أو خطأ)5 درجات – درجة لكل فقرة(

6. .يستخدم قادح شميت تغذية راجعة إيجابية
7. .العتبة المستخدمة أثناء صعود الدخل هي نفسها دائمًا المستخدمة أثناء هبوطه
8. .خاصية التباطؤ تساعد على مقاومة الضوضاء
9. .يذكر المصدر أن قادح شميت غير مناسب للإشارات عالية التردد جدًا
10. .يمكن استخدام قادح شميت في مولدات النبضات ودوائر التوقيت

ثالثًا :أسئلة قصيرة)10 درجات – درجتان لكل فقرة(

11. .عرّف قادح شميت في سطرين
12. .LTPو UTP وضح الفرق بين
13. .V2وV1 اشرح باختصار سبب منع التبديل العشوائي داخل النطاق بين
14. .اذكر ثلاثة تطبيقات عملية من المصدر
15. .اذكر عاملين من عوامل التصميم واعتبارًا واحدًا من اعتبارات التطبيق

الخلاصة العلمية

قادح شميت هو مقارن متجدد يعتمد على التغذية الراجعة الإيجابية لإنتاج خاصية التباطؤ .يحدد المصدر ويبين أن الخرج ينتقل بين مستويي التشبع تبعًا لاتجاه ،(LTP) V2 وعتبة سفلى (UTP) V1 عتبة عليا تغير الدخل .ترفع هذه الآلية من مقاومة الضوضاء وتمنع التبديل العشوائي، ولذلك تستخدم الدائرة في تحويل الإشارات التناظرية إلى رقمية، وتنظيف الإشارات، وتوليد الموجات المربعة والنبضات، وأنظمة .التحكم والقياس والتوقيت

المحاضرة الخامسة عشرة (Fifteenth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يعرّف الطالب المؤقت الزمني 555 ويذكر استخداماته العامة في التأخير وتوليد النبضات.
- أن يفسر سبب تسمية 555 اعتمادًا على شبكة المقاومات الداخلية كما يبين المصدر.
- أن يحدد المكوّنات الداخلية الرئيسة ووظيفة كل منها بصورة عامة.
- أن يميّز بين مستويي VCC 3/1 وVCC 3/2 ودورهما في المقارنات الداخلية.
- أن يحدد وظيفة كل طرف من الأطراف الثمانية.
- أن يفرق بين نمط أحادي الاستقرار ونمط عديم الاستقرار وفق الوصف العام للمصدر.
- أن يتتبع شحن المكثف وتفريغه وعلاقتهما بتغير حالة الخرج.
- أن يستخدم المعادلتين Tlow وThigh كما وردتا في المحاضرة الأصلية.

الاختبار القبلي (تشخيصي – 10 فقرات)

1. ما المقصود بالمؤقت الزمني في الدوائر الإلكترونية؟
2. اذكر تطبيقًا واحدًا يحتاج إلى توليد نبضات.
3. ما وظيفة المقارن الإلكتروني بصورة عامة؟
4. ما المقصود بقلاب RS أو SR Flip-Flop؟
5. ما وظيفة المكثف في دوائر التوقيت RC؟
6. ما الفرق العام بين مستوى HIGH ومستوى LOW في الإشارات الرقمية؟
7. ماذا يعني الرمز VCC؟
8. ما المقصود بإشارة Trigger؟
9. ما معنى تفريغ المكثف Discharge؟
10. صح أم خطأ: يمكن أن يستخدم المؤقت 555 في دوائر التأخير الزمني وتوليد النبضات.

➢ المؤقت الزمني-555 (Timer -555)

هو عبارة عن دائرة متكاملة تســـتخدم في تطبيقات متنوعة من تطبيقات التأخير أو توليد النبضـات، تم تصـميم وتجربة المؤقت555 عام 1972 من شـركة(سـگنتيكس) signetics ،ولا تزال تستخدم دائرة المؤقت 555 ، نظراً لرخص ثمنها و سهولة استخدامها، وللمؤقت ثمانية اطراف يمكن التعرف عليها من خلال قراءة الداتا شـــيت الخاص بالمؤقت و المعتمد من الشركة المصنعة.

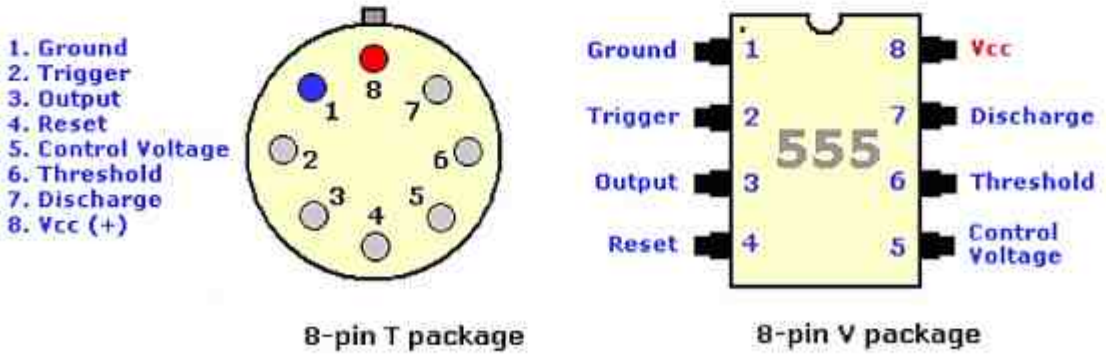
المؤقت هو جهاز على درجة عالية من الاستقرار ويستخدم فى توليد فترات (أزمنة) تأخير دقيقة time delay **أو ذبذبات oscillation .**

المؤقت 555 مزود بأطراف إضافية للبدء(الاشعال – القدح triggering **) وللتصفير(التحرير resetting) تستخدم عند الحاجة.**

عند العمل بنظام "التأخير الزمنى" (يسمى مذبذب متعدد أحادى الاستقرار (monostable) **يتم التحكم وبدقة فقط عن طريق دائرة مقاومة ومكثف خارجية.**

عند العمل بنظام "المذبذب" (يسمى مذبذب متعدد عديم الأستقرار (astable) يتم التحكم فى التردد ودورة الخدمة بدقة عن طريق دائرة خارجية مكونة من مقاومتين ومكثف
يمكن للدائرة البدء أو التحرير نتيجة الأشكال الموجية الهابطة.

يمكن لدائرة الخرج أن تعمل كمصب (تسحب) أو تعمل كمصدر (تعطى) تيار حتى 200mA كما يمكنها تشغيل الدوائر من النوع. TTL

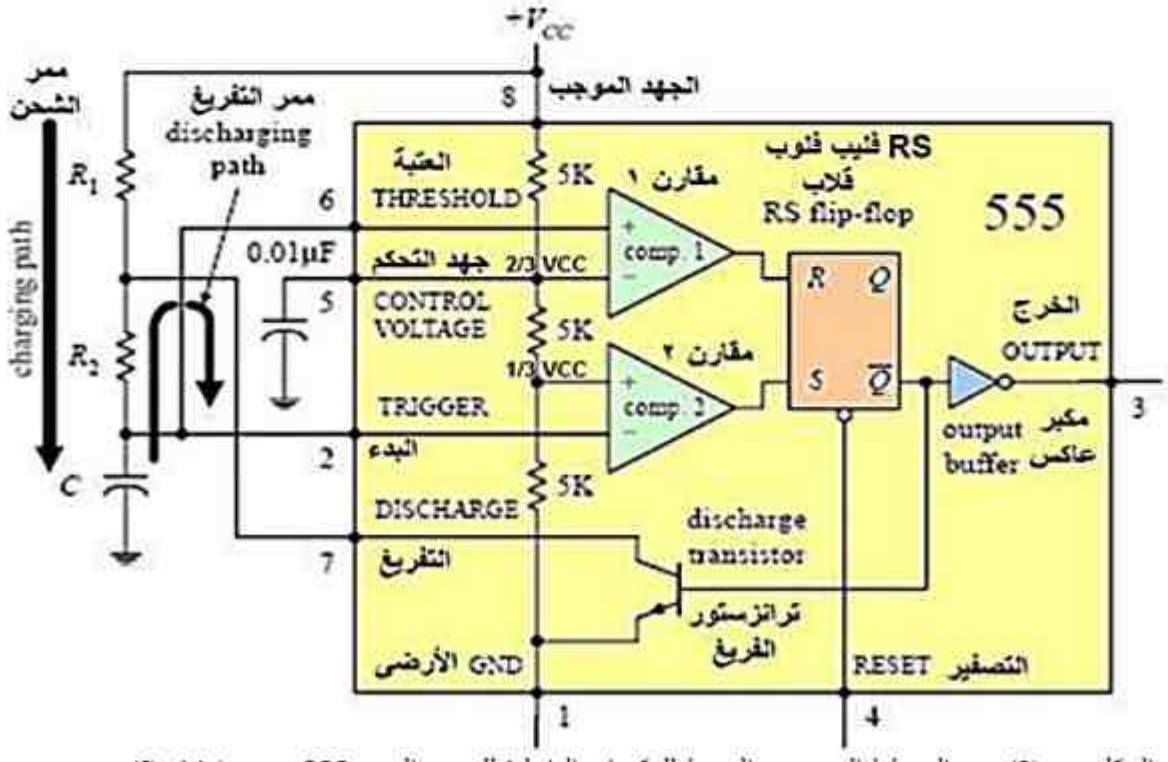


الشكل رقم (1) يبين رمز المؤقت الزمني 555

➢ خصائص المؤقت الزمني (555)

يمكن للمؤقت 555 العمل كمؤقت أو كمذبذب . في نظام العمل كمؤقت (والمعروف بالنظام أحادي الاستقرار (monostable) يعمل المؤقت 555 ببساطة كمؤقت يقوم بتوليد نبضة أو ما يعرف باسم " طلقة واحدة. one-shot ".

- **عند توصيل نبضة بدء (قدح – إشعال trigger) إلى طرف البدء فإن خرج المؤقت يتحول من مستوى الجهد المنخفض إلى مستوى الجهد المرتفع ولفترة زمنية يتم تحديدها بدائرة RC خارجية.**
- **في نظام العمل كمذبذب (والمعروف باسم النظام عديم الاستقرار astable أو الحر) يعمل المؤقت 555 كمولد نبضات مستطيلة حيث يمكن التحكم في الشكل الموجي الناتج (فترة زمنية منخفضة أو فترة زمنية مرتفعة أو التردد ..) عن طريق دوائر شحن وتفريغ RC خارجية.**
- **المؤقت 555 سهل الاستخدام (يحتاج إلى قليل من المكونات والحسابات) ورخيص ويمكن إستخدامه في الكثير من التطبيقات المذهلة . على سبيل المثال : توليد نبضات الساعة الرقمية digital clock و دوائر الفلاشر flasher ودوائر التوقيت one-shot timer ودوائر تشغيل المفاتيح الخالية من الارتدادات (القفزات bounce-free) وتوليد الاشكال الموجية المختلفة مثل الشكل الموجي المثلث triangular وفي مقسمات التردد ...الخ.**

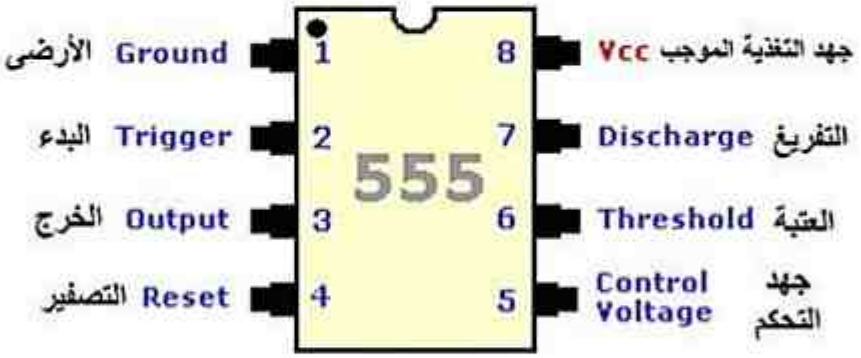


الشكل رقم (2) يبين المخطط الصندوقي المبسط للمكونات الداخلية للمؤقت الزمني555 نوع (Stable)

أخذ المؤقت 555 هذا الاسم بسبب وجود 3 مقاومات قيمة كل منها 5 kΩ كما في الشكل اعلاه. هذه المقاومات تعمل كمقسم جهد بثلاثة درجات بين جهد المنبع (VCC) والأرضي. نتيجة لذلك يكون جهد الطرف العلوى للمقاومة السفلية (المتصل بطرف الدخل الموجب + للمقارن٢) 1/3VCC بينما يكون جهد الطرف العلوى للمقاومة الوسطى (المتصل بالدخل السالب – للمقارن ١) يساوي 2/3VCC . خرج أي مقارن (مرتفع أم منخفض) يعتمد على الجهد التماثلي الواصل الى دخليه. إذا كان الدخل الموجب أكثر إيجابية من دخله السالب فإن مستوى خرجه المنطقي يكون مرتفعا .والعكس إذا كان الدخل الموجب أقل من الدخل السالب فإن مستوى خرجه المنطقي يكون منخفضا.

reset ومدخل التحرير set ويسميان مدخل الوضع. . يتم توصيل خرجي المقارنين إلى مدخلي القلاب SR flip flop (القليب قلوب) . حسب حالة المدخلين يكون خرج القليب قلوب.

➢ التعرف على اطراف المؤقت الزمني (555)



الشكل رقم (3) التعرف على اطراف للمؤقت الزمني555

1. **الطرف 1 :(Ground)** و يطلق عليه اختصاراً **GND**و هو الطرف الذي يتم توصيله بالقطب السالب لمصدر التغذية الذي يغذي دارة المؤقت 555.

2. **الطرف 2 :(Trigger)** القادح و هو موصول في داخل المؤقت مع المقارن رقم 1 بالقطب السالب، و تقوم هذه الاشارة السالبة عند تفعيلها بوضع القلاب Flip-Flop على الوضعية Set عند وصول قيمة فولت القادح الى ثلث قيمة فولت مصدر التغذية VCC ، مما يؤدي الى تغيير حالة المخرج من صفر فولت LOWالى قيمة جهد المصدر VCC (HIGH) مطروح منه 1.7 فولت.

3. **الطرف 3 :(Output)** هو طرف المخرج مرحلة مكبر غير عاكس و الذي يخرج اشارة كهربائية مباشرة أو متقطعة حسب قيم بقية الأطراف التي تم ضبطها، و يطلق على تلك الإشارات اسم التردد Frequencyو تصل قيمة التيار الكهربائي الخارج من هذا الطرف الى 200 mAو فرق جهد يصل الى (VCC -1.5).

Vout(high)=Vcc -1.5V

Vout (Low)= 0.1 V

4. **الطرف 4 :(Reset)** هو طرف إعادة الضبط، وهو مسؤول عن إعادة ضبط القلاب Flip-Flop للتحكم في الحالة الكهربائية لطرف المخرج(Output) ، و غالباً ما يتم وصل هذا الطرف مع الأرضي تجنباً لحدوث أي عمليات إعادة ضبط غير مرغوب فيها.

5. **الطرف 5 :(Control Voltage)** هو طرف التحكم بالفولت، وهو مسؤول عن التحكم بتوقيت المؤقت 555 عن طريق تخطي **ثلثي(2/3) الفولت الناتج عن دارة تجزئة الجهد الداخلية للمؤقت**، يتم في هذا الطرف أيضاً تحديد مقدار الفولت الداخل الى هذا الطرف و التحكم به كذلك عن طريق دارةRC ، و عند الحاجة لربط هذا الطرف بدارة ما، فيجب ربطها مع مكثفات ذات سعة (0.01 µf) ثم الى الارضي GND، لتجنب التشويش على الاشارات الكهربائية الصادرة من المؤقت و إعطاء خرج دقيق جداً.

6. **الطرف 6 :(Threshold)** يسمى جهد العتبة، يكون هذا الطرف موصول مع الطرف الموجب للمقارن في البنية الداخلية للمؤقت 555، و مهمة هذا الطرف هي اعادة ضبط القلاب Flip-Flop عند وصول جهد الى الطرف يساوي **ثلثي(2/3) جهد المصدرVCC** ، وهذا يؤدي الى تغيير حالة طرف المخرج من High الىLOW ، و يتم ربط هذا الطرف مع دارة المكثف-المقاومة الخارجية RC) Timing Circuit).

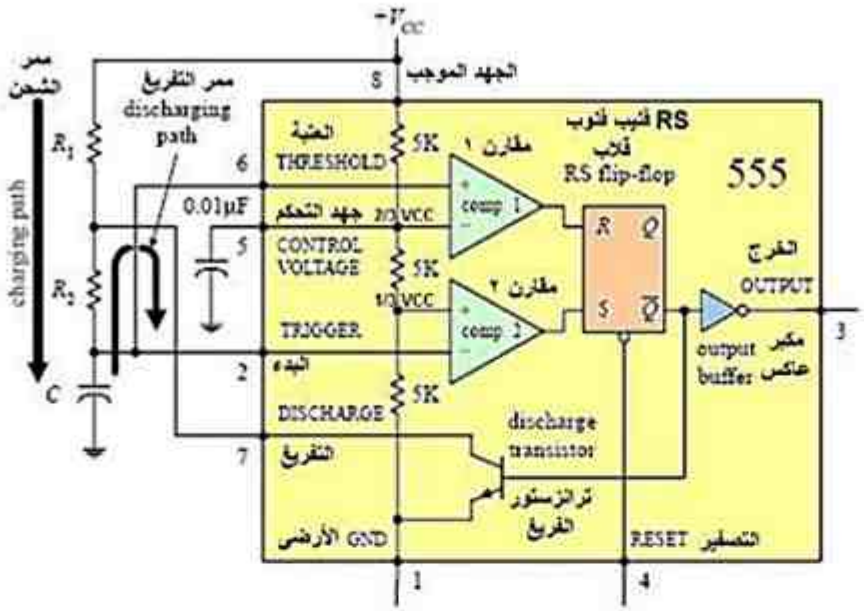
7. **الطرف 7 :(Discharge)** طرف تفريغ الشحنات، يكون هذا الطرف موصول مع طرف المجمع للترانزستور NPN في البنية الداخلية للمؤقت، و يقوم بتفريغ شحنة المكثف الى الأرضيGND ، و يتحكم بالوقت الخاص بالمؤقت عندما تصبح حالة طرف المخرج في وضع.LOW

8. **الطرف 8 :(V+) (جهد التغذية الموجبة)**طرف التغذية، هو الطرف الذي يغذي المؤقت 555 بالكهرباء، حيث تتراوح قيمة فرق الجهد للمؤقتات من نوع **TTL 555 Timers بين(4.5 و 15) فولت** ، وقد يصل الى **(1) فولت للنوع CMOS 555 Timers**

➢ انظمة عمل المؤقت الزمني 555 :

1 - نظام المهتز أحادي الاستقرار:(LM 555 Monostable Oscillator)

في هذا النمط تتغير قيمة طرف المخرج الى High فقط في حال استقبال الطرف 2 اشارة كهربائية (تفعيل القادح باشارة كهربائية) .طريق توصيل نمط المهتز احادي الاستقرار:



الشكل رقم (4) نظام المهتز أحادي الاستقرار للمؤقت الزمني555

. عند توصيل التغذية إلى الدائرة يكون المكثف غير مشحون.

. هذا يعنى أن جهد الطرف 2 يكون 0V فيجبر خرج المقارن 2 على أن يكون فى مستوى جهد مرتفع.

. وهذا بدوره يقوم بعمل set للفليب فلوب بحيث يكون الخرج المعكوس(رمزه Q وفوقها شرطة (منخفض ويكون خرج المؤقت 555 مرتفع نتيجة لوجود مكبر الخرج العاكس.

. وأيضا ونتيجة لوجود الخرج العاكس منخفضا يكون ترانزستور التفريغ فى حالة عدم توصيل off بما يسمح بشحن المكثف من المنبع VCC وخلال المقاومة R1 والمقاومة. R2

. عندما يزيد جهد المكثف عن 1/3VCC يتحول خرج المقارن 2 ألى الحالة المنخفضة وهذا ليس له تأثير على الفليب فلوب.

. عندما يزيد جهد المكثف عن 2/3VCC يتحول خرج المقارن 1 إلى الحالة المرتفعة ويقوم بتحرير reset الفليب فلوب فيجبر الخرج المعكوس على التحول ألى الحالة المرتفعة وتبعا له خرج المؤقت إلى الحالة المنخفضة.

. عند هذه النقطة يتحول ترانزستور التفريغ إلى التوصيل on ويقوم بعمل دائرة قصر لتوصيل الطرف 7 بالأرضى ليتم تفريغ المكثف خلال المقاومة. R2

. عندما يهبط جهد المكثف إلى أقل من 1/3VCC يعود خرج المقارن 2 إلى الحالة المرتفعة ويقوم بعمل set للفليب فلوب ويتحول الخرج المكوس إلى الحالة المنخفضة وخرج المؤقت إلى الحالة المرتفعة.

. نتيجة لأن الخرج المعكوس منخفض يتحول الترانزستور إلى حالة الفصل off بما يسمح للمكثف بالشحن مرة أخرى من جديد.

. وتتكرر الدورة مرة تلو الأخرى وتكون النتيجة النهائية خرج على هيئة شكل موجي مربع بمستوى جهد تقريبا (VCC – 1.5 V) وفترات مستوى مرتفع ومستوى منخفض on/off تتحدد تبعا لقيم كل من المكثف C والمقاومة R1 والمقاومة. R2

. الفترة الزمنية التي يكون فيها جهد الخرج منخفض (حوالى (0.1V تعتمد على قيمة حاصل الضرب) R1C يعرف بالثابت الزمني لدائرة التفريغ) وقيمة مستوى 1⁄3VCC و مستوى . 2⁄3VCC

. والفترة الزمنية التي يكون فيها جهد الخرج مرتفعا (حوالى (VCC – 1.5 V تعتمد على الثابت الزمني لدائرة الشحن (R1 + R2)C وأيضا على قيمة كل من المستويان1⁄3VCC و. 2⁄3VC

. العلاقات العملية الآتية تعبر عن النتائج:

$$T_{low} = 0.693\ R2C$$

$$T_{high} = 0.693(R1+R2)C$$

مراجعة مركزة ومصطلحات أساسية

مراجعة مركزة

- المؤقت 555 دائرة متكاملة للتوقيت وتوليد النبضات.
- يحتوي داخليًا على ثلاث مقاومات 5 kΩ، مقارنين، قلاب RS، ترانزستور تفريغ ومكبر خرج.
- يظهر المخطط مستويين مرجعيين مهمين: VCC 3/1 وVCC 3/2.
- Trigger يرتبط ببدء التغير في حالة القلاب، وThreshold يرتبط بالعتبة العليا.
- Discharge يفرغ مكثف التوقيت عندما تكون حالته الداخلية مناسبة.
- يمكن تشغيل 555 بنمط Monostable أو Astable وفق المصدر.
- العلاقتان الزمنيتان في نهاية المصدر هما Tlow = 0.693 R2C وThigh = 0.693(R1+R2)C.

قاموس المصطلحات

المصطلح	المعنى في سياق المحاضرة
Trigger	قدح/إشارة بدء.
Threshold	عتبة المقارنة.
Discharge	تفريغ شحنة المكثف.
Reset	إعادة ضبط القلاب.
Control Voltage	طرف التحكم بجهد المقارنة.
Monostable	نمط نبضة واحدة.
Astable	نمط نبضات دورية.
RS Flip-Flop	قلاب حفظ الحالة الداخلية.
RC Timing Circuit	شبكة مقاومة-مكثف للتوقيت.

16. أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الأول

1) س: ما المؤقت 555؟

ج: دائرة متكاملة تستخدم في تطبيقات التأخير الزمني وتوليد النبضات وفق تعريف المصدر.

2) س: ما سبب استمرار استخدامه بحسب المصدر؟

ج: رخص الثمن وسهولة الاستخدام.

3) س: لماذا يسمى 555؟

ج: لوجود ثلاث مقاومات داخلية قيمة كل منها 5 kΩ بحسب شرح المصدر.

4) س: ما المكونات الداخلية الرئيسة؟

ج: ثلاث مقاومات 5 kΩ، مقارنان، قلاب RS، ترانزستور تفريغ ومكبر خرج.

5) س: ما المستويان المرجعيان الظاهران في المخطط؟

ج: VCC 3/1 وVCC 3/2.

6) س: ما وظيفة الطرف 1؟

ج: Ground أو GND، ويوصل بالقطب السالب للتغذية.

7) س: ما وظيفة الطرف 2؟

ج: Trigger، ويستخدم لقدح المؤقت والتأثير في حالة القلاب.

8) س: ما وظيفة الطرف 3؟

ج: Output، وهو طرف الخرج.

9) س: ما وظيفة الطرف 4؟

ج: Reset، ويستخدم لإعادة ضبط القلاب والتحكم في حالة الخرج.

10) س: ما وظيفة الطرف 5؟

ج: Control Voltage، ويستخدم للتحكم بجهد المقارنة الداخلي وفق وصف المصدر.

17. أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الثاني

11) س: ما وظيفة الطرف 6؟

ج: Threshold؛ يراقب جهد العتبة ويرتبط بدائرة التوقيت RC.

12) س: ما وظيفة الطرف 7؟

ج: Discharge؛ يستخدم لتفريغ المكثف إلى الأرضي عبر الترانزستور الداخلي.

13) س: ما وظيفة الطرف 8؟

ج: VCC أو V+؛ وهو طرف التغذية الموجبة.

14) س: ما معنى Monostable؟

ج: نمط أحادي الاستقرار يولد نبضة واحدة بعد إشارة القدح كما يصف المصدر.

15) س: ما معنى Astable؟

ج: نمط عديم الاستقرار يولد نبضات مستطيلة متكررة بحسب المصدر.

16) س: اذكر تطبيقين للمؤقت 555.

ج: مثل Digital Clock وFlasher أو One-Shot Timer أو Bounce-Free Switches.

17) س: ما علاقة R وC بالتوقيت؟

ج: تحدد عناصر RC زمن شحن المكثف وتفريغه، ومن ثم زمن حالات الخرج.

18) س: ما معادلة Tlow في المصدر؟

ج: $Tlow = 0.693\ R2\ C$.

19) س: ما معادلة Thigh في المصدر؟

ج: $Thigh = 0.693\ (R1 + R2)\ C$.

20) س: لماذا يُعد فهم الداتا شيت مهمًا؟

ج: للتعرف على أطراف النسخة المستخدمة وحدود التغذية والخرج والتوصيل بصورة معتمدة من الشركة المصنعة

الاختبار البعدي – 20 درجة

أجب عن جميع الفقرات. الدرجة الكلية: 20 درجة.

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة (5 درجات – درجة لكل فقرة)

1. المكوّن الذي يخزن حالة Set/Reset داخل المؤقت هو: أ) قلاب RS ب) المكثف فقط ج) المقاومة R1 د) مصدر التغذية.

2. المستوى المرجعي السفلي الظاهر في المخطط هو: أ) VCC 3/1 ب) 3VCC ج) 5VCC د) صفر دائمًا.

3. الطرف المسؤول عن تفريغ المكثف هو: أ) Discharge 7 ب) Output 3 ج) VCC 8 د) 1 GND.

4. النمط الذي يصفه المصدر بأنه One-Shot هو: أ) Monostable ب) Astable ج) Ground د) Reset.

5. معادلة Tlow الواردة هي: أ) R2C 0.693 ب) R1/R2 ج) VCC/R1 د) 2πRC.

ثانيًا: صح أو خطأ (5 درجات – درجة لكل فقرة)

1. يحتوي المؤقت 555 على مقارنين داخليين.

2. الطرف 3 هو طرف الخرج Output.

3. يذكر المصدر أن 555 لا يمكن أن يعمل إلا في نمط واحد.

4. يرتبط الطرف 7 بعملية تفريغ المكثف.

5. زيادة C مع ثبات المقاومات تقلل الأزمنة في معادلتي المصدر.

ثالثًا: أسئلة قصيرة (10 درجات – درجتان لكل فقرة)

1. عرّف المؤقت 555 واذكر استخدامين له.

2. اذكر أربعة مكونات داخلية رئيسة في المؤقت.

3. وضح وظيفة Trigger وThreshold باختصار.

4. قارن بين Monostable وAstable وفق وصف المصدر.

5. اكتب معادلتي Tlow وThigh وعرّف الرموز R1 وR2 وC.

المحاضرة السادسة عشرة (Sixteenth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يعرّف الطالب مفهوم دورة الخدمة ويكتب قانونها كما ورد في المصدر.
- أن يحسب t_low وt_high لدائرة 555 الدورية f والتردد T وزمن الدورة.
- أن يفسر دور R1 وR2 وC في التحكم بزمن الشحن والتفريغ.
- أن يربط تغير جهد المكثف بين المستويين 1/3 VCC و2/3 VCC بتغير حالة الخرج في الرسم.
- أن يحسب عرض نبضة دائرة 555 أحادية الاستقرار من العلاقة t_width = 1.1 R1 C.
- أن يعيد ترتيب علاقة عرض النبضة لإيجاد المقاومة أو المتسعة عند معرفة باقي القيم.
- أن يميز بين التغليف والإصدارات التي يذكرها المصدر للمؤقت 555.
- أن يذكر الاستخدامات العملية والمميزات الواردة في المحاضرة.

الاختبار القبلي)تشخيصي – 10 فقرات(

1. ما المقصود بدورة الخدمة في إشارة مربعة؟
2. ما العلاقة العامة بين التردد والزمن الدوري؟
3. ما المقصود بزمن الحالة المرتفعة t_high؟
4. ما المقصود بزمن الحالة المنخفضة t_low؟
5. اذكر عنصرين خارجيين يؤثران في توقيت المؤقت 555.
6. ما وظيفة المكثف في شبكة التوقيت RC؟
7. ما الفرق العام بين Monostable وAstable؟
8. ما المقصود بعرض النبضة Pulse Width؟
9. اذكر نوعًا واحدًا من تغليف الدوائر المتكاملة.
10. صح أم خطأ: يمكن استخدام 555 في مولدات النبضات وتعديل عرض النبضة PWM.

➢ دورة الخدمة في المؤقت الزمني-555 (Timer -555) (Duty Cycle)

وهى تعبر عن الجزء من الوقت الذى يكون فيه الخرج مرتفعا بالنسبة للزمن الكلى للدورة وتعطى بالعلاقة:

Duty cycle = thigh / (thigh + tlow) = thigh / T

حيث T هو زمن الدورة الواحدة (يسمى الزمن الدوري) ويساوى مجموع زمن الجهد المنخفض وزمن الجهد المرتفع.

تردد الشكل الموجى فى الخرج frequency : يعطى بالعلاقة:

f = 1 / T

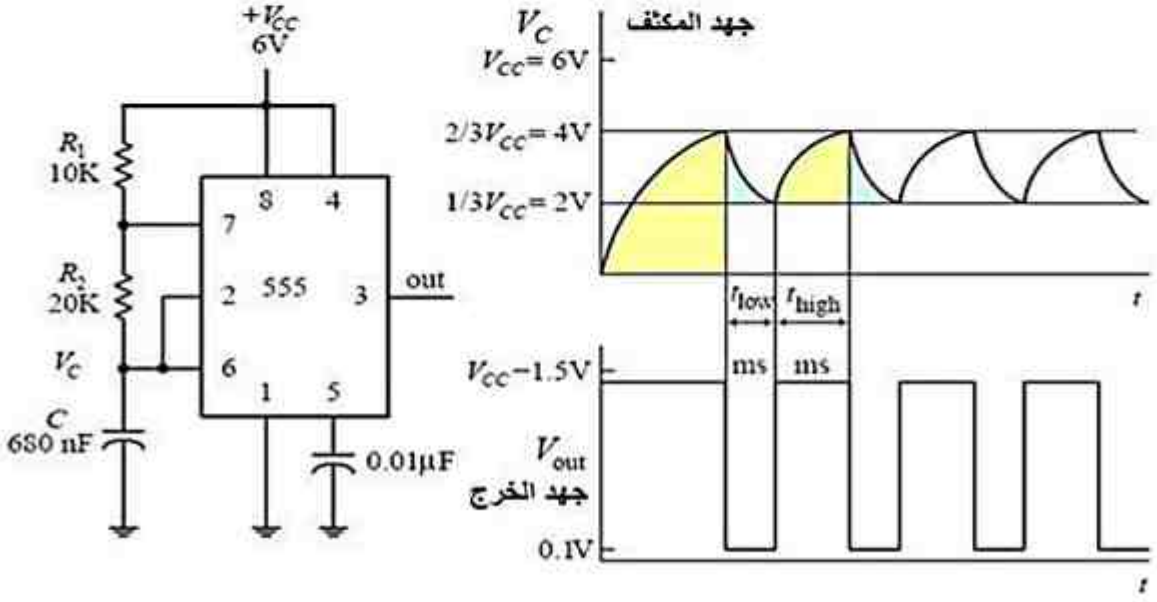
وللعمل السليم والموثوق فيه يجب أن تكون المقاومات فى الحدود بين 10 kΩ و 10 MΩ ومكثف التوقيت بين 100 pF و. 1000 µF .

قانون دورة الخدمة: Duty cycle = t high / (t high + t low) = t high / T

t_{low}= 0.693 R2C

t_{high}=0.693(R1+R2)C

مثال(1): اوجد تردد و زمن دورة الخدمة (Duty Cycle) للمؤقت الزمني (Timer 555) المبين في ادناه.



الحل :

$t_{low} = 0.693\ R2C$

$t\ low = 0.693(20K\Omega)\ (680nf) = 9.4\ ms$

$t_{high} = 0.693(R1+R2)C$

$t_{high} = 0.693(10K\Omega + 20K\Omega)\ (680nf) = 14.1\ ms$

$f = 1/T$

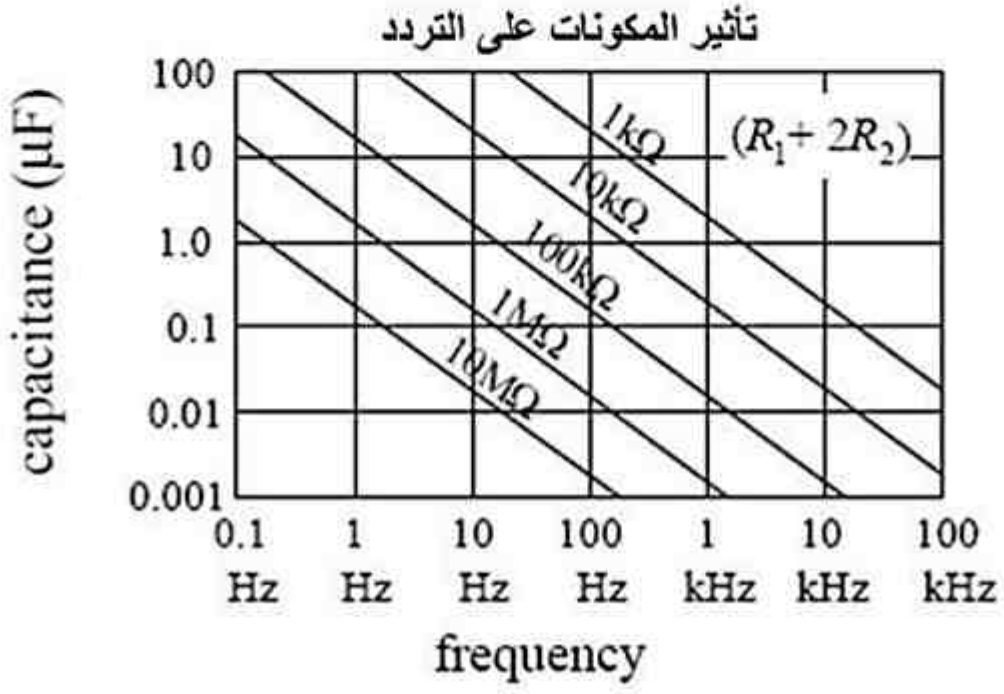
$T = t\ low + t\ high$

$T = 9.4\ ms + 14.1\ ms = 23.5\ ms$

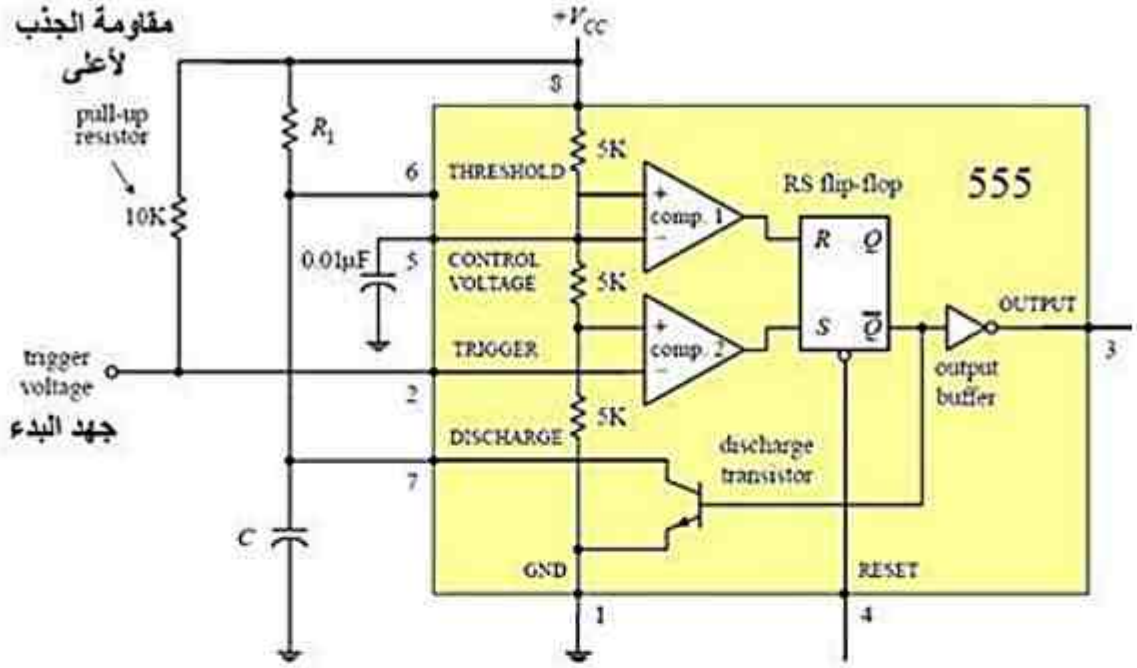
$f = 1/23.5\ ms = 42.5\ Hz$

$Duty\ cycle = t\ high / (t\ high + t\ low) = t\ high / T$

$$Duty\ cycle = \frac{14.1\ ms}{23.5\ ms} = 0.6$$



الشكل رقم (1) يبين تأثير المكونات على التردد للمؤقت الزمني555



الشكل رقم (2) يبين المخطط الصندوقي نظام المهتز أحادي الاستقرار للمؤقت الزمني555

١ـ الحالة الإبتدائية للدائرة (قبل توصيل نبضة البدء) :

. يكون الخرج منخفضا.

وترانزستور التفريغ موصل on مما يجعل جهد الطرف 7 هو جهد الأرضى وبالتالى يحافظ على المكثف فى حالة عدم شحن .

. الطرف 2 يكون جهده مرتفعا عن طريق مقاومة الجذب الى أعلا. 10K

٢ـ عند توصيل نبضة سالبة إلى طرف البدء 2 يجبر المقارن 2 ليكون خرجه موجب فيقوم بعمل set للقلاب (فليب فلوب) ونتيجة لذلك يكون خرجه (معكوس Q) سالب وهذا يؤدى إلى جعل الخرج مرتفع (لوجود مكبر الخرج العاكس).

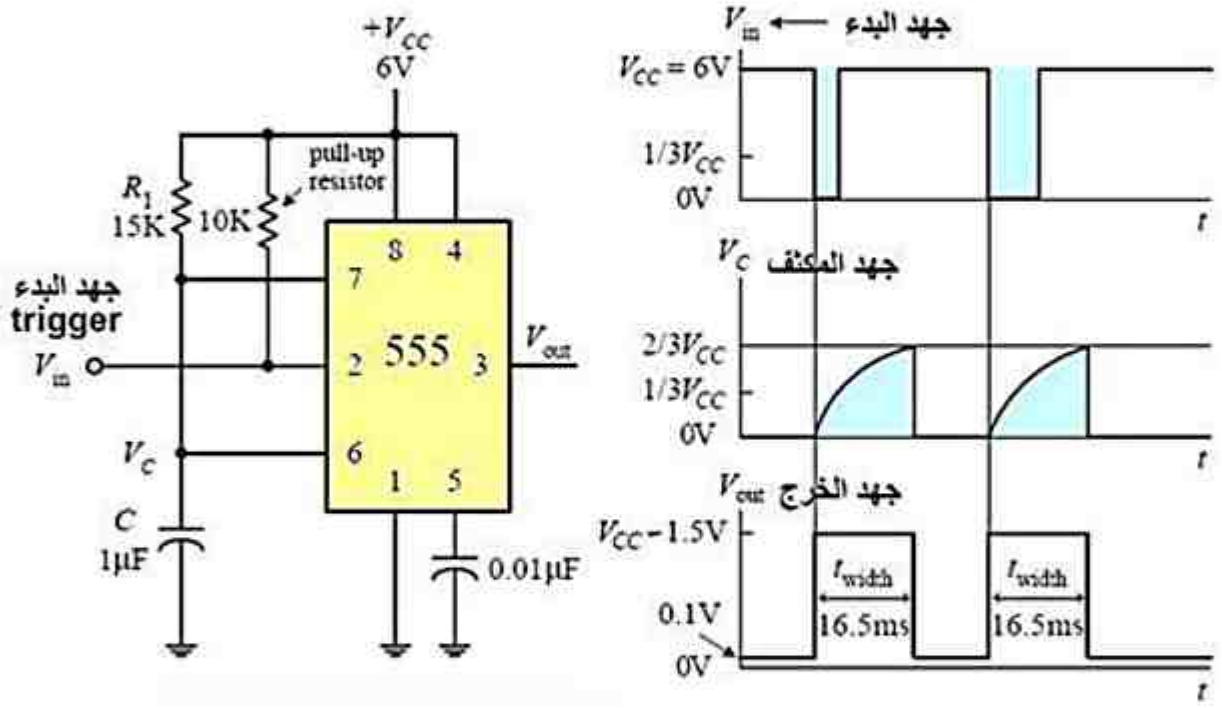
٣ـنتيجة لذلك يتحول ترانزستور التفريغ إلى القطع ويسمح بشحن المكثف C خلال المقاومة R1 بدءا من الصفر متجها إلى.VCC .

٤ـوعند وصول جهد المكثف إلى 2/3VCC يتحول خرج المقارن 1 إلى الحالة المرتفعة ويقوم بعمل reset للقلاب (الفليب فلوب) . نتيجة لذلك يتحول الخرج إلى الحالة المنخفضة كما يقوم بتحويل ترانزستور الفريغ إلى حالة التوصيل on ليسمح بالتفريغ السريع للمكثف فى اتجاه . 0V ويظل الخرج على هذه الحالة المنخفضة حتى وصول نبضة بدء ثانية.

الخلاصة:

دائرة المذبذب المتعدد أحادى الاستقرار لها حالة إستقرار واحدة أى أن الخرج يكون0V (عمليا 0.1 Vتقريبا) حتى وصول نبضة بدء سالبة إلى الطرف 2 (يمكن تنفيذ ذلك عن طريق توصيل الطرف 2 لحظيا بالأرضي باستخدام مفتاح ضاغط بين الطرف 2 والارضى مثلا) . بعد وصول نبضة البدء يتحول الخرج إلى الحالة المرتفعة (حوالى (VCC – 1.5 V ولمدة زمنية تحدد (تضبط) بقيم الدائرة. R1C .
وبدون الدخول فى التفاصيل فإن عرض نبضة الخرج المرتفع تساوى . 1.1R1C ويجب عمليا أن تكون المقاومة R1 فى الحدود من 10 kΩ إلى 10 MΩ والمكثف فى الحدود من 100pF الى. 1000 µF

مثال (2): احسب عرض نبضة الخرج للدائرة ادناه .



الحل:

t width= 1.1 R1C

t width= 1.1 (15KΩ) (1 µf)= 16.5 ms

مثال(3) : احسب عرض نبضة الخرج للدائرة أعلاه، علماً بان المقاومة (R1=47 KΩ) والمتسعة (C= 25 µf)

t width= 1.1 R1C

t width= 1.1 (47KΩ) (25 µf)= 1292.5 ms

مثال (4):

احسب قيمة المقاومة للدائرة أعلاه، علماً بان عرض نبضة الخرج (t width=25 ms) والمتسعة (C= 25 µf).

t width= 1.1 R1C

25 ms = 1.1 (R1) (25 µf)

25ms=27.5 µf (R1)----- R1= 25 / 27.5 *10^{-3}

R1= 909 Ω

مثال (5):

احسب قيمة المتسعة(C) للدائرة أعلاه، علماً بان عرض نبضة الخرج (t width=15 ms) والمقاومة (R1= 33 KΩ).

t width= 1.1 R1C

25 ms = 1.1 (33 KΩ) (C)

25ms=36.3 KΩ (C)----- C= 25 *10^{-3} / 36.3 *10^{3}

C= 0.413 µf= 413 nf

الأنواع الشائعة للمؤقت 555: يصنع المؤقت 555 حسب مايلي :

1. **التغليف:(Package)**

- المؤقت 555 يُصنع عادةً في أنواع مختلفة من التغليف بناءً على الشركة المصنعة والتطبيق:
  - DIP (Dual In-Line Package): التغليف التقليدي بمنافذ مستقيمة.
  - SOIC (Small Outline Integrated Circuit): تغليف أصغر حجماً.
  - TSSOP (Thin Shrink Small Outline Package): نسخة أكثر إحكامًا.
  - TO-5 Metal Can Package: تصميم معدني دائري.

2. **الإصدار:(Version)**

- المؤقت 555 يتوفر بنوعين رئيسيين:
  - NE555: الإصدار القياسي.
  - LM555: نسخة ذات أداء منخفض للطاقة.
- هناك أيضاً إصدارات(CMOS مثل TLC555 أو ICM7555)للاستهلاك الأقل للطاقة.

استخدامات المؤقت الزمني 555 :

المؤقت 555 هو شريحة متكاملة متعددة الاستخدامات تُستخدم في العديد من التطبيقات الإلكترونية نظرًا لتصميمها المرن وسهولة استخدامها. فيما يلي أبرز استخداماتها:

1. **المؤقتات:(Timers)**

- يستخدم لتوليد نبضات توقيت محددة الطول.
- تطبيقات مثل تحديد الزمن المطلوب لتشغيل أو إيقاف الأجهزة الإلكترونية.

2. **المذبذبات:(Oscillators)**

- إنشاء إشارات تذبذبية مستمرة (موجات مربعة).
- يُستخدم في دوائر توليد الترددات الصوتية أو إشارات الساعة الرقمية.

3. **مولدات النبضات:(Pulse Generators)**

- يُمكن برمجته لتوليد نبضات فردية أو سلسلة من النبضات.
- تطبيقات مثل إشارات التحكم بالمفاتيح الترانزستورية أو مشغلات الـ PWM تعديل عرض النبضة.

4. **دوائر المؤقّت أحادي الاستقرار:(Monostable Multivibrator)**

- ينتج نبضة واحدة بطول معين عند تفعيل الشريحة.
- تطبيقات مثل الموقتات الزمنية في الكاميرات أو إشارات التنبيه.

5. **دوائر المؤقّت عديم الاستقرار:(Astable Multivibrator)**

- يولد موجات مربعة مستمرة دون الحاجة إلى إشارة إدخال خارجية.
- يُستخدم في تطبيقات مثل عدادات التردد وأجهزة الإنذار.

6. **دوائر القلاب الثنائي الاستقرار:(Bistable Multivibrator)**

- يعمل كعنصر تخزين بسيط أو مفتاح تشغيل/إيقاف.
- يُستخدم في الدارات التتابعية والمفاتيح الإلكترونية.

7. **تعديل عرض النبضة:(PWM - Pulse Width Modulation)**

- يُستخدم للتحكم في سرعة المحركات أو شدة الإضاءة في الدارات الإلكترونية.

8. **مولدات النغمات:(Tone Generators)**

- يُستخدم في إنشاء أصوات تنبيه أو نغمات متغيرة في التطبيقات الصوتية.

9. **تأخير التشغيل:(Delay Circuits)**

- تأخير تشغيل أو إيقاف الدارات الإلكترونية.

10. **أجهزة اختبار ومؤشرات:LED**

- يمكن استخدامه لتشغيل وإطفاء مصابيح LED في أنماط مختلفة للإشارات المرئية.

11. **التحكم في الأنظمة الإلكترونية:**

- يُستخدم كمفتاح إلكتروني أو وحدة تحكم في الدارات التفاعلية.

➢ **<u>مميزات تجعل المؤقت 555 شائع الاستخدام:</u>**

- **بساطة التصميم.**
- **مرونة في التطبيقات.**
- **دقة واستقرار نسبي.**
- **التوافق مع دارات TTL و.CMOS**

أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الأول

س :ما تعريف دورة الخدمة؟ (1

ج :هي نسبة الزمن الذي يكون فيه الخرج مرتفعًا إلى الزمن الدوري الكلي، وتكتب Duty Cycle = t_high/T.

س :كيف يحسب زمن الدورة؟ (2

ج: T = t_high + t_low.

س :ما علاقة التردد بالزمن الدوري؟ (3

ج: f = 1/T.

س :ما معادلة t_low في المصدر؟ (4

ج: t_low = 0.693 R2 C.

س :ما معادلة t_high في المصدر؟ (5

ج: t_high = 0.693(R1 + R2)C.

س :ما نتيجة المثال الأول للتردد؟ (6

ج :42.5 Hz بعد حساب T = 23.5 ms.

س :ما قيمة Duty Cycle للمثال الأول بعد إكمال الحساب؟ (7

ج :60%، لأنها 14.1/23.5.

س :ماذا يحدث للتردد إذا زاد C مع ثبات المقاومات؟ (8

ج :تزداد الأزمنة ويزداد T، وفق المعادلات f لذلك ينخفض.

س :ما وظيفة R1 في t_high حسب المعادلة؟ (9

ج :تدخل R1 مع R2 في المعادلة t_low الواردة في زمن الحالة المرتفعة، بينما لا تظهر في معادلة.

س :بين أي مستويين يظهر تغير جهد المكثف في الرسم الدوري؟ (10

ج :بين 1/3 VCC و2/3 VCC كما يظهر في المصدر.

أسئلة وأجوبة نموذجية – الجزء الثاني

س :ما معادلة عرض النبضة في (11 Monostable؟

ج: t_width = 1.1 R1 C.

س :ما نتيجة المثال)2(؟ (12

ج: t_width = 16.5 ms عند R1 = 15 kΩ وC = 1 µF.

س :ما نتيجة المثال)3(؟ (13

ج: 1292.5 ms، أي 1.2925 s.

س :كيف نحسب (14 t_width وC؟ إذا عرفنا R1

ج: R1 = t_width/(1.1 C).

س :كيف نحسب (15 t_width وR1؟ إذا عرفنا C

ج: C = t_width/(1.1 R1).

س :اذكر نوعين من تغليف 555 (16.

ج :مثل: DIP وSOIC، كما يذكر المصدر أيضًا TSSOP وTO-5 Metal Can.

س :ما الإصدارات التي يذكرها المصدر؟ (17

ج: NE555 وLM555، ويذكر أيضًا TLC555 وICM7555 ضمن إصدارات CMOS.

س :اذكر ثلاثة استخدامات للمؤقت 555 (18.

ج :المؤقتات، المذبذبات، مولدات النبضات، ويمكن قبول تطبيقات أخرى مذكورة في المصدر.

س :ما الفرق بين (19 Monostable وAstable في هذه المحاضرة؟

ج: Astable ينتج نبضات دورية مستمرة، بينما Monostable ينتج نبضة واحدة بعد القدح بمدة يحددها R1 وC.

س :ما المميزات الأربع التي يختم بها المصدر؟ (20

ج :بساطة التصميم، المرونة في التطبيقات، دقة واستقرار نسبي، والتوافق مع TTL وCMOS.

تمارين مراجعة وتطبيق

أولًا :تمارين مباشرة على معادلات المصدر

1. اكتب معادلات t_high وt_low وT وf وDuty Cycle من دون تعويض أرقام.
2. تحقق من أن (1 باستخدام نتائج المثال) t_high + t_low = 23.5 ms.
3. احسب (1 باستخدام نتائج المثال) Duty Cycle كنسبة مئوية.
4. إذا كان t_width معلومًا في دائرة Monostable وC معلومًا، اكتب صيغة R1 فقط.
5. إذا كان t_width معلومًا و R1 معلومًا، اكتب صيغة C فقط.

ثانيًا :أسئلة تفسيرية

1. فسر لماذا يؤدي ازدياد C إلى زيادة زمن التوقيت وفق العلاقات المستخدمة.
2. اشرح العلاقة بين شكل موجة المكثف وبين مستويي 1/3 VCC و2/3 VCC كما في الشكل.
3. وضح الفرق بين Package وVersion باستخدام أمثلة من المصدر.
4. لماذا يجب تمييز المثال الدوري عن المثال أحادي الاستقرار قبل اختيار المعادلة؟
5. اذكر أربعة تطبيقات مختلفة للمؤقت 555 وردت في المحاضرة.

إجابات مختصرة للتحقق الذاتي

- التدريب (2): 9.4 + 14.1 = 23.5 ms.
- التدريب (3): 14.1/23.5 = 0.60 = 60%.
- صيغة المقاومة: R1 = t_width/(1.1C).
- صيغة المتسعة: C = t_width/(1.1R1).
- أمثلة Package: DIP وSOIC؛ أمثلة Version: NE555 وTLC555.

الاختبار البعدي – 20 درجة

أجب عن جميع الفقرات. الدرجة الكلية: **20** درجة.

أولًا :اختر الإجابة الصحيحة (5 درجات – درجة لكل فقرة)

1. قانون دورة الخدمة هو: أ) T/t_high ب) t_high/T ج) R1/R2 د) 1/C.
2. معادلة t_low الواردة هي: أ) 0.693 R2C ب) 1.1 R1C ج) R1+R2 د) 2 RC.
3. عند T = 23.5 ms يكون التردد في المثال تقريبًا: أ) 42.5 Hz ب) 23.5 Hz ج) 60 Hz د) 1 Hz.
4. معادلة عرض نبضة Monostable هي: أ) 1.1 R1C ب) 0.693 R2C ج) 1 فقط د) T/R1/R2.
5. أي مما يأتي مثال على Package؟ أ) PWM ب) DIP ج) NE555 د) Duty Cycle.

ثانيًا :صح أو خطأ)5 درجات – درجة لكل فقرة(

1. T يساوي مجموع t_high وt_low.
2. R1 الواردة في المصدر t_high لا تظهر في معادلة.
3. t_width = 1.1R1C يمكن إعادة ترتيب لإيجاد المقاومة أو المتسعة.
4. PWM 555 يذكر المصدر ضمن استخدامات المؤقت.
5. 909 Ω نتيجة المثال)4 (للمقاومة تقارب.

ثالثًا :أسئلة قصيرة)10 درجات – درجتان لكل فقرة(

1. عرّف Duty Cycle واكتب قانونها.
2. اكتب t_high وt_low ثم بين كيفية حساب T وf.
3. اشرح بإيجاز تسلسل عمل 555 أحادي الاستقرار بعد نبضة Trigger.
4. اذكر أربعة استخدامات للمؤقت 555 وردت في المصدر.
5. اذكر نوعين من Package ونوعين من Version كما وردت في المحاضرة.

المحاضرة السابعة عشرة (Seventeenth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يعرّف الطالب الدائرة المتكاملة كما يوردها المصدر.
- أن يميز بين Digital ICs وAnalog ICs وMixed-Signal ICs مع مثال لكل نوع.
- أن يرتب درجات التكامل من SSI إلى ULSI بحسب التسميات الواردة.
- أن يعدد أهم التطبيقات والمزايا الواردة في المحاضرة.
- أن يشرح الفكرة العامة لطريقة البلورة الواحدة وخطوات تكوين الطبقات والفتحات والتوصيلات كما في المصدر.
- أن يقارن بين الأغشية السميكة والرقيقة من حيث السمك النسبي وطريقة التصنيع والاستخدام.
- أن يشرح مبادئ PVD وCVD وSpin Coating وPhotolithography كما وردت.
- أن يبين معنى الدوائر المتكاملة الهجينة ضمن إطار المحاضرة.

الاختبار القبلي (تشخيصي – 10 فقرات)

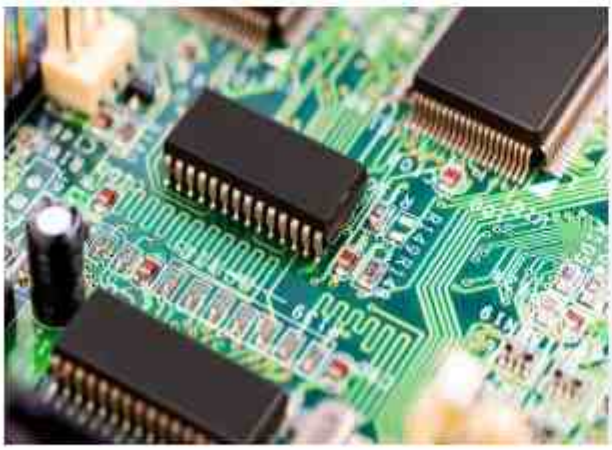
1. ما المقصود بمصطلح الدائرة المتكاملة IC؟
2. اذكر ثلاثة مكونات إلكترونية يمكن دمجها داخل شريحة واحدة.
3. ما الفرق العام بين الإشارة الرقمية والإشارة التناظرية؟
4. ماذا تعني الاختصارات ADC وDAC في سياق المحاضرة؟
5. ما المقصود بدرجة التكامل في الدوائر المتكاملة؟
6. اذكر تطبيقين تستخدم فيهما الدوائر المتكاملة.
7. ما المقصود بالركيزة Substrate؟
8. ما الفرق العام بين طبقة سميكة وطبقة رقيقة؟
9. اذكر تقنية واحدة لترسيب المواد على سطح ركيزة.
10. صح أم خطأ: تجمع الدوائر المختلطة بين وظائف رقمية وتناظرية.

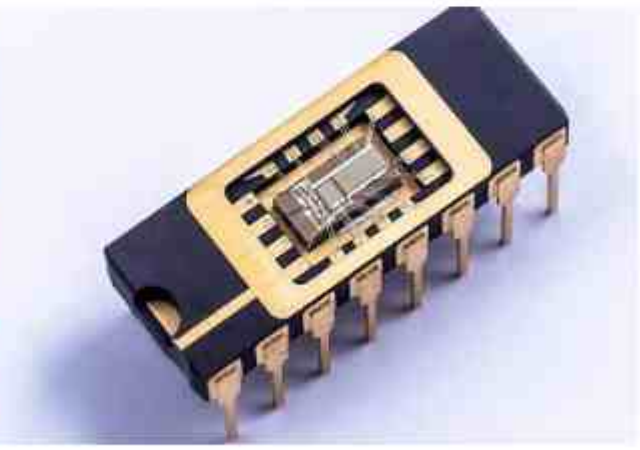
➢ الدوائر المتكاملة (Integration Circuits) (ICs)

الدوائر المتكاملة هي أجهزة إلكترونية صغيرة مصنوعة من مواد شبه موصلة، غالبًا السيليكون، تحتوي على عدد كبير من المكونات الإلكترونية مثل الترانزستورات، المقاومات، والمكثفات مدمجة في شريحة واحدة صغيرة. تستخدم هذه الدوائر لتنفيذ وظائف متنوعة تشمل التضخيم، المعالجة، التخزين، والتحكم في الإشارات الكهربائية وغيرها.

لقد ادى التطور الكبير لتقنيات تصنيع الدوائر المتكاملة منذ عام ١٩٦١ وحتى الان دورا كبيرا في تقدم صناعة الالكترونيات والحاسبات حتى عرفت هذه الفترة بعصر الحاسبات الالكترونية حيث دخلت الحاسبات والاجهزة الالكترونية والتي تعد الدوائر المتكاملة مكوناتها الاساسية كافة ميادين الحياة كالاجهزة المنزلية والاجهزة الطبية والساعات الالكترونية ووسائل الاتصالات بما فيها الاقمار الصناعية كذلك قدمت الدوائر المتكاملة خدمات فائقة في السيطرة والتحكم المباشر للعمليات الصناعية الدقيقة.

والدوائر المتكاملة (Ic) تعرف بنها مجموعة من المكونات الالكترونية كالترانستورات والثنائيات بالاضافة الى مقاومات ومتسعات ربط بعضها مع بعض داخليا وتقع ضمن غلاف واحد بحيث تظهر قطعة واحدة اطراف خارجية للادخال والاخراج وتجهيز القدرة وهى تقوم مقام دائرة الكترونية لها نفس الربط من مكونات الكترونية منفصلة





الشكل رقم (1) يبين الشكل الخارجي لبعض امثلة الدوائر المتكاملة.

أنواع الدوائر المتكاملة:

1. **دوائر رقمية:(Digital ICs)**
   - تعالج الإشارات الثنائية (0 و 1).
   - أمثلة: معالجات الحواسيب، الذاكرة الرقمية.
2. **دوائر تناظرية:(Analog ICs)**
   - تعالج الإشارات التناظرية التي تكون مستمرة ومتغيرة مثل الصوت.
   - أمثلة: مكبرات العمليات.(Operational Amplifiers)
3. **دوائر مختلطة:(Mixed-Signal ICs)**
   - تجمع بين الوظائف الرقمية والتناظرية.
   - أمثلة: محولات الإشارة (ADCs) و.(DACs)

➢ **تصنيف الدوائر المتكاملة حسب درجة التكامل:**

1. **SSI (Small-Scale Integration)** : عدد قليل من البوابات أو الترانزستورات.
2. **MSI (Medium-Scale Integration)** : عدد متوسط من البوابات.
3. **LSI (Large-Scale Integration)** : عدد كبير من البوابات.
4. **VLSI (Very Large-Scale Integration)**: تحتوي على ملايين الترانزستورات مثل معالجات الكمبيوتر.
5. **ULSI (Ultra Large-Scale Integration)**: مستوى تكامل أعلى.

➢ **تطبيقات الدوائر المتكاملة :**

- الأجهزة المحمولة (الهواتف الذكية والأجهزة اللوحية).
- أنظمة الحاسوب.
- الأجهزة الطبية.
- معدات الاتصالات.
- السيارات الذكية.

➢ مزايا الدوائر المتكاملة:

1. **صغر الحجم** :تجمع عدد كبير من المكونات في مساحة صغيرة.
2. **زيادة الكفاءة** :تقليل استهلاك الطاقة وتحسين الأداء.
3. **الاعتمادية** :تقليل عدد الوصلات يقلل من الأخطاء.
4. **انخفاض التكلفة** :الإنتاج الضخم يقلل من التكلفة النهائية.
5. **سهولة استعمالها.**
6. **استهلاك القدرة فيها قليل.**
7. **ممانعتها ضد الضوء.**

➢ الطرق الأساسية لتصنيع الدوائر المتكاملة :

توجد عدة طرق لتصنيع الدوائر المتكاملة نذكر منها وهي :

أ- طريقة القطعة الواحدة (البلورة الواحدة):

تعتبر هذه التقنية من اكثر التقنيات استخدما ويمكن بواسطتها الحصول على دوائر متكاملة تعمل بكفاءة عاليه في تردد عالي جدا تصل الى عدة ميكا هيرتز وكيفية صنع الدائرة المتكاملة بهذا التقنية تتم كالاتي:

١- يتم في البداية انتاج بلورة من شبه الموصل نوع ((P)) اسطوانية الشكل طولها عدة سنتمترات وقطرها ٥ سم

٢- تقطع هذه البلورة الى شرائح كثيرة بحيث يكون سمك الشريحة الواحدة (0.03Cm) ثم يصقل احد وجهي الشريحة حتى يصبح سطحها املس ناعم وذلك لتخلص السطح من العيوب حتى يقل سمكها الى (0.01Cm) وتشكل هذه الشريحة طبقة الاساس وتعتبر هيكل اساسيا لاجزاء الدائرة المختلفة تستعمل كشاصي الاجزاء الدائرة المتكاملة).

٣- بعد ذلك توضح الشريحة في فرت تتجاوز درجة حرارته (1.000c) ويسلط عليها بخار من مزيج من ذرات السليكون وذرات خماسية التكافؤ وعند ئذ تتكون طبقة خفيفة من شبه الموصل نوع(N)على السطح العلوي للطبقة الاساس (أ) وتسمى هذه الطبقة الخفيفة بالطبقة الفوقية ويكون سمكها من (0.1) الى (1)

٤- لمنع تلوث الطبقة الفوقية ينفخ اوكسجين نقي على سطحها وتتكون طبقة عازلة من ثاني اوكسيد السليكون (sio2) وهي تشبه الزجاج تختم السطح وتمنع أي تفاعل كيمياوي اخر وتسمى عليه الختم هذه بالتمهيد

٥- بعد عملية الاكسدة يتم حفر شبابيك عبر طبقة الاوكسيد باستخدام قناع ضوئي حيث يجري انتشار العزل والذي نهايته يمكننا الحصول على مناطق معزولة (جزر) من شبه الموصل (N) وتكون معزولة كهربائيا بعقها عن البعض

وهي معزولة عن طبقة الاساس ايضا وخطوات عملية فتح الحفر في طبقة الاوكسيد باستعمال القناع الضوئي تكون بالخطوات التالية أ- طلاء طبقة الاوكسيد بالمادة الحساسة للضوء ب- تعريض السطح الحساس للاشعة فوق البنفسجية (uv) جـ- ازالة الجزء الذي لم يتعرض للضوء بها لمادة الحساسة د- حفر الاوكسيد هـ - اكمال حفر الشباك بانتظار جملة (انتشار).

٦- باتمام انتشار العازل تعاد عملية الاكسدة حيث تغلق الفتحات وباستخدام القناع الضوئي المبين في الشكل اعلاه يتم حفر فتحات جديدة لانتشار القاعدة نوزع أ للإعطاء مناطق القاعدة الترانزستورات والمقاومات الكبيرة والاقطاب الموجبة للثنائيات ويتبع ذلك انتشار الباعث لتكوين مناطق الباعث الترانزستورات والمقاومات القليلة والاقطاب السفلية للمتسعات حيث يتكون كل منها من منطقة n ضمن الجزيرة المعزولة ثم تعاد الاكسدة.

٧- بعد انتشار الباعث واعادة الاكسدة تستخدم طريقة القناع الضوئي كذلك محضر فتحات من اجل التوصيت الكهربائية لكل من القاعدة والباعث والجامع والانود والكاثود والنهايات والمقاومات والاقطاب السفلية للمتسعات ويتم تكشف بخار الالمنيوم في اناء مطوع على السطح حيث تتكون وصلات الكهربائية بحيثيث يكون السلكيون في مناطق الفتحات وتؤدي الطبقة المعدنية هذه الى تشكيل الاقطاب العلوية للمتسعات كما انها تسمح بالتوصيل الكهربائي والدوائر المتكاملة وباستخدام الغطاء المعدني يحير ازالة الالميون من المناطق غير المرغوب فيها وبهذا يتم تشكيل نموذج التوصيل المعدني.

يتكمل الاجراء الصناعي عن طريق اختيار الرقاقات وهي لاتزال ضمن الشريحة وبعد ذلك يتم تقطيع الشريحة اجزاء مستقلة متشابهة تصل عددها الى (١٠٠٠) دائرة متكاملة (رقاقة) وهذا هو السبب في قلة كلفة الدوائر المتكاملة وتوضع كل رقاقة على قاعدة مصنوعة من سيراميك معدن وتوصل مناطق لتوصيل في القطعة باسلاك رفيعة ثم تخلف الرقاقة باحدى طرق التعليف وتنحهي عملية الانتاج بالاختيار النهائي للدائرة التكاملة بعد التقليص

ب- تقنية(طريقة) الاغشية :

تقسم طريقة الاغشية الى ثلاثة أنواع هي :

1- تقنية الاغشية السميكة.
2- تقنية الاغشية الرقيقة.
3- تقنية الدوائر المتكاملة الهجينة.

1-تقنية الاغشية السميكة (Thick Film Technologies) :

الأغشية السميكة تكون عادة أكثر سمكًا من الأغشية الرقيقة (بضع عشرات من الميكرونات)، وتُستخدم عادة في التطبيقات الإلكترونية التي تتطلب قدرة على تحمل تيارات كهربائية عالية.

طرق تصنيع الأغشية السميكة:

أ- **الطباعة بالشاشة الحريرية:(Screen Printing)**

- يتم طباعة المواد الموصلة أو العازلة أو المقاومات على الركيزة باستخدام شاشات حريرية دقيقة.

ب- **التلبيد الحراري:(Thermal Sintering)**

- تسخين المواد المطبوعة حتى تلتصق جيدًا بالركيزة وتحقق التوصيل الكهربائي المطلوب.

ت- **الترسيب عبر الرش أو الطلاء اليدوي:**

- تُستخدم تقنيات رش المواد أو الطلاء بالفرشاة في بعض التطبيقات المحددة.

تقنية الغشاء بانها اسهل في التصنيع وقليل الكلفة ويكون الجزء الاساسي يكون من سيراميك اوكسيد الالمنيوم الحاوي على كميات صغيرة من الاكاسيد الاخرى ويستخدم اسلوب طبع الشاشه لوضع العناصر على (100) شكل لكل (سم) واحد وتكون مطلية بطلاء حساس للضوء.

2- تقنيات الأغشية الرقيقة(Thin Film Technologies)

هذه التقنيات تعتمد على ترسيب طبقات رقيقة جدًا (عادة أقل من 1 ميكرومتر) من المواد على سطح الركيزة .(Substrate)تستخدم الأغشية الرقيقة عادة في تصنيع الدوائر المتكاملة ذات التطبيقات الدقيقة والمجسات.

طرق تصنيع الأغشية الرقيقة:

أ- **الترسيب الفيزيائي للبخار:(Physical Vapor Deposition - PVD)**

- تشمل تقنيات مثل التبخير الحراري و"الرش المهبطي.(Sputtering) "
- يتم تبخير المادة المطلوب ترسيبها في حجرة مفرغة ثم تتكثف على سطح الركيزة.

ب- **الترسيب الكيميائي للبخار:(Chemical Vapor Deposition - CVD)**

- تعتمد على تفاعل كيميائي للغازات في بيئة مفرغة لترسيب مادة صلبة على الركيزة.
- تُستخدم لتكوين طبقات من ثاني أكسيد السيليكون والسيليكون متعدد البلورات.

ث- **الطلاء بالدوران:(Spin Coating)**

- يتم توزيع مادة الطلاء على سطح الركيزة عبر دوران عالي السرعة.
- تستخدم في تصنيع طبقات العزل الضوئي (Photoresist) على شرائح السيليكون.

ث- **النقش الضوئي:(Photolithography)**

- يتم فيها استخدام الضوء لطباعة أنماط معقدة على طبقة حساسة للضوء على الركيزة.

يجري تصنيع الدوائر المتكاملة ذات الغشاء الرقيق في جو مفرغ من الهواء ويعد ذلك من مساوئ هذه التقنية لانها تحتاج الى اجهزة غالية الثمن وتوجد طريقتان اساسيتان لموضع الاغشية الرقيقة على الجزء الاساسي الادلى طريقة التفريغ المفرغ والثانية طريقة الفرقعة.

3- تقنية الدوائر المتكاملة الهجينة (Hybrid Integrated Circuit Technology).

وتستخدم هذه التقنية مزيجا من التقنيات (احادية البلورة وتقنية الغشاء الرقيق والسميك).

➢ التطبيقات والمزايا

- **الأغشية الرقيقة** :تستخدم في التطبيقات الدقيقة مثل المستشعرات والتقنيات البصرية.
- **الأغشية السميكة** :مثالية لتطبيقات الطاقة العالية والدوائر الهجينة.
- **تقنيات البلورة الأحادية** :تضمن نقاء عالي وأداء ممتاز للدوائر المتكاملة المستخدمة في الحواسيب والأجهزة الإلكترونية المتقدمة.

➢ موازنة بين تقنيات تصنيع الدوائر المتكاملة

بصورة عامة تعتبر الدوائر المتكاملة احادية البلورة هي الافضل من ناحية انخفاض الكلفة دوائر القطعة الواحدة في مجال الانتاج الضيق لما تكون مفضلة في الدوائر التي تحتاج الى عناصر فعالة قليلة وعناصر غير فعالة عديدة وتكون مقاومات الغشاء الرقيق ذات نوعية جيدة وامكانية سماح جيدة واتزان مراري ممتاز وتشويش منخفض كما يمكن تضيعها بقيم مختلفة وضمن مدى واسع وتعتبر دوائر الغشاء الهجينة جيدة من عملها في حالة وجود جهد عالي وطاقة عالية وهي مناسبة لمجال الترددات الميكروية وتمتاز كذلك بالمرونة والدقة العالية ولذلك فهي مناسبة للدوائر الخطية ذات الاداء اعالي وتكون كلفة دوائر الغشاء السميك المختلط هي الاقل وبفروق كبيرة في مجال الانتاج الضيق ومدى المقاومات اكبر ويكون عملها جيد في مجال الجهود والطاقات العالية والترددات العالية.

مراجعة مركزة وأسئلة وأجوبة نموذجية – 1

مراجعة مركزة

- الدائرة المتكاملة تجمع مكونات إلكترونية عديدة داخل شريحة صغيرة.
- الأنواع الثلاثة في المصدر: Digital وAnalog وMixed-Signal.
- درجة التكامل تصنف من SSI إلى ULSI وفق التسميات الواردة.
- المصدر يذكر تطبيقات في الهواتف والحاسوب والطب والاتصالات والسيارات الذكية.
- طرق التصنيع الرئيسة في المحاضرة: البلورة الواحدة وطريقة الأغشية.
- الأغشية السميكة أسمك نسبيًا وتربطها المحاضرة بتطبيقات تيار/قدرة أعلى.
- الأغشية الرقيقة أقل من 1 µm وفق المصدر وتستخدم في التطبيقات الدقيقة والمجسات.
- PVD وCVD وSpin Coating وPhotolithography مصطلحات أساسية في جزء الأغشية الرقيقة.

أسئلة وأجوبة نموذجية (1–10)

1) س: ما الدائرة المتكاملة؟

ج: جهاز/شريحة إلكترونية صغيرة من مادة شبه موصلة تضم مكونات عديدة مثل الترانزستورات والمقاومات والمكثفات لتنفيذ وظائف إلكترونية.

2) س: ما الأنواع الثلاثة لـ ICs في المصدر؟

ج: رقمية، تناظرية، ومختلطة.

3) س: ما مثال الدوائر الرقمية؟

ج: معالجات الحواسيب أو الذاكرة الرقمية.

4) س: ما مثال الدوائر التناظرية؟

ج: مكبرات العمليات.

5) س: ما مثال الدوائر المختلطة؟

ج: ADCs وDACs.

6) س: ما المقصود بـ VLSI في المحاضرة؟

ج: Very Large-Scale Integration، ويذكر المصدر أنها تحتوي على ملايين الترانزستورات مثل معالجات الكمبيوتر.

7) س: اذكر ثلاثة تطبيقات للدوائر المتكاملة.

ج: أي ثلاثة من: الأجهزة المحمولة، أنظمة الحاسوب، الأجهزة الطبية، معدات الاتصالات، السيارات الذكية.

8) س: اذكر ميزتين للدوائر المتكاملة.

ج: مثل صغر الحجم وزيادة الكفاءة، أو الاعتمادية وانخفاض التكلفة.

9) س: ما المساران الرئيسيان لتصنيع ICs في المصدر؟

ج: طريقة البلورة الواحدة وطريقة الأغشية.

10) س: ما فروع طريقة الأغشية؟

ج: الأغشية السميكة، الأغشية الرقيقة، والدوائر المتكاملة الهجينة.

أسئلة وأجوبة نموذجية – 2 وتمارين تطبيقية

11) س: ما الذي يميز الأغشية السميكة في المصدر؟

ج: سمك أكبر من الأغشية الرقيقة، بضع عشرات من الميكرونات، واستخدام في تطبيقات تتطلب تحمل تيارات عالية.

12) س: ما طرق تصنيع الأغشية السميكة المذكورة؟

ج: Screen Printing وThermal Sintering والترسيب بالرش أو الطلاء اليدوي.

13) س: ما سماكة الأغشية الرقيقة التي يذكرها المصدر؟

ج: عادة أقل من 1 ميكرومتر.

14) س: ما مبدأ PVD؟

ج: تبخير/ترسيب فيزيائي للمادة في حجرة مفرغة ثم تكثفها على الركيزة، مع ذكر Sputtering.

15) س: ما مبدأ CVD؟

ج: تفاعل كيميائي للغازات في بيئة مفرغة لترسيب مادة صلبة على الركيزة.

16) س: ما وظيفة Spin Coating في المحاضرة؟

ج: توزيع مادة الطلاء على الركيزة بدوران عالي السرعة، ويذكر استخدامها مع Photoresist.

17) س: ما معنى Photolithography؟

ج: استخدام الضوء لطباعة أنماط معقدة على طبقة حساسة للضوء على الركيزة.

18) س: ما الدائرة الهجينة وفق إطار المصدر؟

ج: تقنية تجمع/تمزج أكثر من أسلوب مثل البلورة الواحدة والأغشية.

19) س: ما التطبيق الذي يربطه المصدر بالأغشية الرقيقة؟

ج: التطبيقات الدقيقة مثل المستشعرات والتقنيات البصرية.

20) س: ما التطبيق الذي يربطه المصدر بالأغشية السميكة؟

ج: تطبيقات الطاقة العالية والدوائر الهجينة.

تمارين تطبيقية

1. صنف العناصر التالية إلى Digital / Analog / Mixed-Signal: ذاكرة رقمية، مكبر عمليات، ADC.
2. رتب SSI وMSI وLSI وVLSI وULSI من حيث تسلسل التسميات الواردة في المصدر.
3. أنشئ مخططًا من خمس خطوات يلخص المراحل الكبرى لطريقة البلورة الواحدة.
4. قارن بين Thick Film وThin Film في ثلاثة محاور: السمك النسبي، طريقة التصنيع، التطبيق المذكور.
5. اربط كل مصطلح بوظيفته: Photolithography، Spin Coating، CVD، PVD.

الاختبار البعدي – 20 درجة

أجب عن جميع الفقرات. الدرجة الكلية: 20 درجة.

أولًا: اختر الإجابة الصحيحة (5 درجات – درجة لكل فقرة)

1. أي نوع يعالج الإشارات الثنائية؟ أ) Digital ICs ب) Analog ICs ج) Thick Film د) PVD.
2. أي مثال يورده المصدر للدوائر المختلطة؟ أ) ADC/DAC ب) مقاومة منفردة ج) محول قدرة د) بطارية.
3. أي مستوى يصفه المصدر بأنه أعلى تكامل؟ أ) ULSI ب) SSI ج) MSI د) LSI.
4. أي تقنية تعتمد على ترسيب طبقات رقيقة جدًا على الركيزة؟ أ) Thin Film ب) DIP ج) Digital IC د) SSI.
5. أي عملية تستخدم الضوء لطباعة أنماط على طبقة حساسة؟ أ) Photolithography ب) Sintering ج) DAC د) ULSI.

ثانيًا: صح أو خطأ (5 درجات – درجة لكل فقرة)

1. الدوائر التناظرية تعالج إشارات مستمرة ومتغيرة.
2. VLSI يسبق SSI في تسلسل التصنيف الوارد.
3. يذكر المصدر Screen Printing ضمن تصنيع الأغشية السميكة.
4. يستخدم CVD تفاعلًا كيميائيًا للغازات بحسب المصدر.
5. يربط المصدر الأغشية الرقيقة بالتطبيقات الدقيقة والمستشعرات.

ثالثًا: أسئلة قصيرة (10 درجات – درجتان لكل فقرة)

1. عرّف الدائرة المتكاملة واذكر ثلاثة مكونات يمكن أن تضمها.
2. اذكر الأنواع الثلاثة للدوائر المتكاملة مع مثال لكل نوع.
3. اشرح بإيجاز خطوات تصنيع الأغشية السميكة المذكورة في المصدر.
4. قارن بين PVD وCVD وفق شرح المحاضرة.
5. اذكر ثلاث مراحل رئيسية من طريقة البلورة الواحدة كما وردت في المصدر.

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

مفتاح الاختبار القبلي

الاختبار القبلي تشخيصي. تقبل الإجابات المفاهيمية الصحيحة التي تدور حول: IC شريحة تضم مكونات عديدة؛ الترانزستور/المقاومة/المكثف؛ الرقمية ثنائية والتناظرية مستمرة؛ ADC/DAC محولات إشارة؛ درجة التكامل تصف مستوى/عدد المكونات أو البوابات وفق التصنيف؛ التطبيقات من القائمة الواردة؛ Substrate هي الركيزة؛ السميك أسمك من الرقيق؛ أمثلة تقنيات الترسيب PVD أو CVD؛ والفقرة العاشرة: صح.

مفتاح الاختيار من متعدد

الإجابات: 1 أ، 2 أ، 3 أ، 4 أ، 5 أ.

مفتاح الصح والخطأ

الإجابات: 1 صح، 2 خطأ، 3 صح، 4 صح، 5 صح.

المحاضرة الثامنة عشرة (Eighteenth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يعرّف الطالب ترانزستور BJT وفق صياغة المصدر ويحدد مناطقه الثلاث :الباعث والقاعدة والمجمع.
- أن يميز بين تراكيب NPN وPNP من حيث ترتيب مناطق التطعيم.
- أن يشرح دور الانحياز الأمامي والعكسي للوصلتين كما ورد في المحاضرة.
- أن يفسر أثر تقليل عرض القاعدة في انتقال الحوامل وكسب الترانزستور ضمن إطار المصدر.
- أن يوضح لماذا يذكر المصدر أن NPN أكثر شيوعًا من PNP.
- أن يرتب مراحل تصنيع ترانزستور NPN من تحضير الأكسيد إلى التوصيلات المعدنية.
- أن يعرّف الثنائيات المتكاملة ويعدد أنواعها الخمسة الواردة.
- أن يقارن بين نشر الشوائب والغرس الأيوني والأكسدة الحرارية والتوصيلات المعدنية كخطوات تصنيع للثنائيات.
- أن يربط كل نوع من الثنائيات المتكاملة بالاستخدام المذكور في المصدر.
- أن يستخلص المزايا الرئيسة للثنائيات المتكاملة.

الاختبار القبلي)تشخيصي – 10 فقرات(

1. ما المقصود بالترانزستور ثنائي القطبية BJT؟
2. ما أسماء المناطق الثلاثة في الترانزستور؟
3. اكتب ترتيب المناطق في ترانزستور NPN وفي ترانزستور PNP.
4. ماذا يعني الانحياز الأمامي للوصلة؟ وماذا يعني الانحياز العكسي وفق فكرة المصدر؟
5. ما المقصود بكسب الترانزستور كما ورد في المحاضرة؟
6. لماذا تعد منطقة القاعدة مهمة في عمل BJT؟
7. ما وظيفة طبقة أكسيد السيليكون أثناء التصنيع؟
8. ما المقصود بتقنية Photolithography؟
9. اذكر نوعين من الثنائيات المتكاملة.
10. صح أم خطأ :الثنائيات المتكاملة تُصنع كعناصر منفصلة ثم تُلصق دائمًا على الشريحة.

➢ ترانزستور ثنائي القطبية المتكاملة (BJT) (Bipolar Junction Transistor)

يتم تصنيع هذا النوع من الترانزستورات من خلال تطعيم ثلاث مناطق متجاورة على بلورة نقية من السيليكون بحيث يكون التطعيم إما على شكل (سالب_موجب_ سالب (NPN) أو على شكل (موجب_سالب_موجب) (PNP).ويتم توصيل أقطاب معدنية بهذه المناطق الثلاثة حيث يسمى القطب الموصول بالمنطقة الوسطى بالقاعدة (Base) بينما تسمى الأقطاب الموصولة بالمنطقتين الخارجيتين بالباعث (Emitter) والمجمع (Collector).ويطلق على هذه النوع من الترانزستورات بالترانزستور ثنائي القطبية (bipolar) وذلك بسبب وجود وصلتين فيه وكذلك بسبب مساهمة الفجوات والإلكترونات في حمل التيار الذي يسري داخل الترانزستور.

يتطلب عمل هذا النوع من الترانزستورات وجود وصلتين يكون في الغالب وضع الإنحياز لأحدهما أمامي وللأخرى عكسي مما يعني أن الوصلة المنحازة أماميا ستسمح بمرور التيار بينما لا تسمح الوصلة المنحازة عكسيا بمروره. ولكن إذا ما تم تصنيع الترانزستور بحيث يكون عرض منطقة القاعدة قليل جدا بحيث أن المنطقة المنضبة للوصلة المنحازة عكسيا تغطي معظم أجزائها فإن الإلكترونات أو الفجوات التي تصل إلى منطقة القاعدة من تيار الوصلة المنحازة أماميا سيقع في أسر المجال الكهربائي للمنطقة المنضبة المنحازة عكسيا وسيمر تيارا عاليا فيها رغم أنها منحازة عكسيا.

وكلما قل عرض منطقة القاعدة كلما زادت نسبة عدد الإلكترونات أو الفجوات التي يتم اقتناصها من قبل الوصلة المنحازة عكسيا من العدد الكلي المتولد في الوصلة المنحازة أماميا.

إن هذه الآلية في طريقة عمل الترانزستور تمكن تيارا ضعيفا يمر في القاعدة من التحكم بتيار قوي يمر بين الباعث والمجمع ويطلق على نسبة تيار المجمع أو الباعث على تيار القاعدة بكسب الترانزستور (transistor gain).ويمكن زيادة كسب الترانزستور من خلال تقليل عرض منطقة القاعدة ويمكن الحصول على كسب قد يصل لعدة مئات.

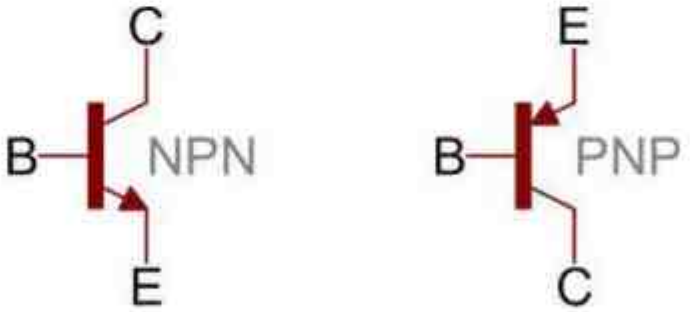
إن العيب الرئيسي للترانزستور ثنائي القطبية هو أن القاعدة تستخدم التيار الكهربائي للتحكم بعمل الترانزستور مما يستدعي استخدام دائرة كهربائية خارجية دقيقة لضبط قيمة تيار القاعدة والذي قد يؤدي أي انحراف في قيمته إلى تغيير مكان نقطة التشغيل التي يعمل عندها الترانزستور. إن الترانزستورات من نوع (NPN) أكثر شيوعا في الاستخدام من الترانزستورات من نوع (PNP) وذلك لاستجابتها العالية وذلك بسبب أن سرعة حركة الإلكترونات في المناطق السالبة أعلى بكثير من سرعة حركة الفجوات في المناطق الموجبة. ويتم تصنيع الترانزستور من نوع (NPN) بالطريقة السطحية من خلال تطعيم منطقة محدد بذارات مانحة لتنتج منطقة سالبة بعمق معين على سطح شذرة من السيليكون وفي داخل هذه المنطقة السالبة يتم تطعيم جزء منها بذرات مستقبلة

لتحولها إلى منطقة موجبة وفي داخل هذه المنطقة الموجبة يتم تطعيم جزء منها بذرات مانحة لتحولها إلى منطقة سالبة وبهذا تتكون ثلاث مناطق منطقتين سالبتين بينهما منطقة موجبة ويتم وصل القاعدة بالمنطقة الموجبة والباعث بالمنطقة السالبة الأقرب من السطح والمجمع بالمنطقة السالبة الأبعد عن السطح.

وبسبب أن مساحة وصلة الباعث أقل منها بكثير من مساحة وصلة المجمع في عملية التصنيع هذه فإن الكسب في تيار الباعث منه أكبر بكثير منه في حالة تيار المجمع ولذا يجب أن يراعى ذلك عند تصميم المضخمات فالترانزستور غير متماثل في مثل هذه الطريقة من التصنيع.

ويتم تصنيع أنواع لا حصر لها من الترانزستورات بعضها يعمل عند الترددات المنخفضة وبعضها عند الترددات العالية وبعضها لأغراض القدرات المنخفضة وبعضها للقدرات العالية وذلك لتلبي حاجة التطبيقات المختلفة. ويحمل كل ترانزستور على سطحه رمزا مكون من عدد من الأحرف والأرقام ويمكن استخلاص بعض المعلومات من هذه الرموز كنوع مادة الترانزستور إن كانت من السيليكون أو الجرمانيوم أو كمدى الترددات التي يعمل عندها ومقدار الجهد أو التيار أو القدرة الكهربائية التي يتحملها.

وتعد من العناصر الفعالة وتكون على نوعين npn و pnp وبسبب الانتاج والكلفة يفضل تصنيع ترانستور نوع npn في الدوائر المتكاملة انه سمك طبقة القاعدة في الترانستوارت المتكاملة يكون بحدود () ويمكن انتاج ترانستورات ذات() عالية جدا يجعل سمك طبقة القاعدة () وبين الشكل ترانستور متكامل بتقنية القطعة الواحدة من نوع npn.



الشكل رقم (1) يبين أنواع الترانستورات BJT .

➢ مراحل تصنيع ترانزستور NPN بالتفصيل

1- تحضير جزء من طبقة الأكسيد:

- يتم تنظيف شريحة السيليكون شبه الموصلة تمامًا لإزالة أي شوائب.
- يتم تشكيل طبقة رقيقة من أكسيد السيليكون (SiO_2) باستخدام عملية الأكسدة الحرارية عن طريق تعريض السيليكون للأكسجين أو بخار الماء عند درجات حرارة عالية (900-1200 درجة مئوية).

2- تكوين منطقة معزولة نوع:N

- يتم تحديد المنطقة التي ستحتوي على المجمع باستخدام تقنية التصوير الضوئي.(Photolithography)
- يتم إزالة جزء من طبقة الأكسيد لفتح نافذة لنشر الشوائب من النوع N في الركيزة، باستخدام عناصر مثل الفوسفور أو الزرنيخ.

3- عملية أكسدة:

- يتم إعادة أكسدة الشريحة لتغطية المناطق المفتوحة بطبقة جديدة من أكسيد السيليكون لتعزيز العزل الكهربائي وحماية المناطق النشطة.

4- انتشار الجامع:(Collector Diffusion)

- يتم نشر شوائب من النوع N بتركيز أعلى في منطقة المجمع لتشكيل طبقة مجمع قادرة على التعامل مع تيار أكبر.

5- انتشار القاعدة:(Base Diffusion)

- يتم تحديد منطقة القاعدة باستخدام قناع جديد للتصوير الضوئي وإزالة طبقة الأكسيد فوقها.
- يتم نشر شوائب من النوع P (مثل البورون) لتشكيل القاعدة الرقيقة بين المجمع والباعث.

6- عملية أكسدة الجزيرة نوع:P

- يتم أكسدة منطقة القاعدة لتغطيتها بطبقة أكسيد رقيقة لحمايتها.

7- فتح شبابيك للاتصال:

- يتم استخدام تقنية التصوير الضوئي مرة أخرى لفتح نوافذ صغيرة في طبقة الأكسيد للسماح بالتوصيلات الكهربائية المستقبلية.

8- انتشار الباعث:(Emitter Diffusion)

- يتم نشر شوائب من النوع N في منطقة صغيرة داخل القاعدة لتشكيل الباعث.

- تكون منطقة الباعث أصغر من القاعدة وتكون قريبة من السطح لتسهيل حقن الإلكترونات.

9- عملية أكسدة في طبقة الأكسيد للوصول إلى الجزر:NPN

- يتم أكسدة الشريحة مرة أخرى لتعزيز العزل حول المناطق النشطة.

10-فتح ثلاثة شبابيك:

- يتم فتح نوافذ إضافية للتوصيل الكهربائي للباعث والقاعدة والمجمع.

11- إجراء التوصيلات المعدنية للأطراف E: ،B ، C

- يتم ترسيب طبقة رقيقة من المعدن (مثل الألمنيوم أو النحاس) باستخدام التبخير أو الترسيب الكيميائي بالبخار.(CVD)
- **يتم نقش الطبقة المعدنية لتشكيل المسارات الكهربائية بين أطراف الترانزستور:**
  - **C** :المجمع
  - **B** :القاعدة
  - **E**:الباعث

➢ الثنائيات المتكاملة (Integrated Diodes)

الثنائيات المتكاملة هي عناصر إلكترونية مصممة كجزء من الدوائر المتكاملة(Integrated Circuits - ICs) ، وتُصنع مباشرة على شريحة السيليكون مع المكونات الأخرى مثل الترانزستورات والمقاومات والمكثفات. تتميز هذه الثنائيات بأنها توفر الأداء المطلوب ضمن تصميم مدمج دون الحاجة إلى مكونات منفصلة.

➢ أنواع الثنائيات المتكاملة:

1. **الثنائيات القياسية:(Standard Diodes)**
   - تُستخدم لتوجيه التيار في اتجاه واحد فقط في التطبيقات الرقمية أو التناظرية.
2. **ثنائيات زينر:(Zener Diodes)**
   - تُستخدم لتوفير الجهد المرجعي أو تثبيت الجهد في الدوائر المتكاملة.
3. **ثنائيات شوتكي:(Schottky Diodes)**
   - تُستخدم في التطبيقات التي تتطلب سرعات استجابة عالية وتيارات تسرب منخفضة.

4. **ثنائيات LED المتكاملة:**
   - تُستخدم في تطبيقات العرض والضوء مثل مؤشرات الحالة داخل بعض الدوائر.
5. **ثنائيات الحماية:(Protection Diodes)**
   - تحمي المكونات الأخرى في الدائرة المتكاملة من الارتفاعات المفاجئة في الجهد.

➢ **طرق تصنيع الثنائيات المتكاملة:**

1. **نشر الشوائب:**
   - يتم نشر شوائب من النوع P أو N في شريحة السيليكون لتكوين الوصلات المطلوبة للثنائي.
2. **الغرس الأيوني:(Ion Implantation)**
   - تُستخدم هذه الطريقة للحصول على دقة عالية في تشكيل مناطق الثنائي.
3. **الأكسدة الحرارية:**
   - يتم تشكيل طبقات أكسيد لحماية الثنائيات وعزلها كهربائيًا.
4. **التوصيلات المعدنية:**
   - تُضاف الطبقات المعدنية لتوصيل الثنائيات ببقية الدائرة المتكاملة.

➢ **استخدامات الثنائيات المتكاملة:**

1. **دوائر التردد العالي:**
   - حيث يُستخدم ثنائي شوتكي لتقليل الزمن اللازم لتبديل الإشارات.
2. **تثبيت الجهد:**
   - تُستخدم ثنائيات زينر في منظمات الجهد داخل الدوائر.
3. **حماية الدوائر:**
   - الثنائيات الواقية تمنع الجهد الزائد من الوصول إلى المكونات الحساسة.

➢ مزايا الثنائيات المتكاملة:

1. **حجم صغير:**
   - تقلل من حجم الدوائر بشكل كبير مقارنة بالمكونات المنفصلة.
2. **كفاءة عالية:**
   - تقلل خسائر الطاقة بفضل تحسين التصميم والتصنيع.
3. **تكلفة منخفضة:**
   - يسهل إنتاجها بكميات كبيرة مع مكونات أخرى في شريحة واحدة.
4. **أداء أفضل:**
   - توفر أداءً محسّنًا في التطبيقات التي تتطلب دقة وتكاملًا عاليًا.

الأسئلة والاجوبة

1. س :ما هو BJT؟
ج :ترانزستور يتكون من ثلاث مناطق شبه موصلة متجاورة، PNP أو NPN، وله قاعدة وباعث ومجمع.

2. س :ما وظيفة القاعدة؟
ج :هي المنطقة الوسطى، ويشير المصدر إلى أن تيارًا صغيرًا فيها يتحكم بتيار أقوى بين الباعث والمجمع.

3. س :ما الفرق البنيوي بين PNP وNPN؟
ج: NPN ترتيبه سالب–موجب–سالب، وPNP موجب–سالب–موجب.

4. س :لماذا تُجعل القاعدة رقيقة؟
ج :لزيادة نسبة الحوامل التي تصل إلى تأثير الوصلة المنحازة عكسيًا وفق شرح المصدر.

5. س :ما المقصود بكسب الترانزستور؟
ج :النسبة التي يوردها المصدر لتيار المجمع أو الباعث إلى تيار القاعدة.

6. س :ما العيب الرئيس المذكور لـ BJT؟
ج :الحاجة إلى ضبط دقيق لتيار القاعدة بواسطة دائرة خارجية للحفاظ على نقطة التشغيل.

7. س :لماذا NPN أكثر شيوعًا في المصدر؟
ج :لأن حركة الإلكترونات أسرع من حركة الفجوات بحسب صياغة المحاضرة.

8. س :ما دور SiO_2 في التصنيع؟
ج :العزل والحماية وتحديد مناطق العمل عند فتح النوافذ.

9. س :ما دور Photolithography؟
ج :تحديد المناطق التي تُفتح فيها طبقة الأكسيد لنشر الشوائب أو إنشاء الاتصالات.

10. س :ما آخر خطوة في تصنيع NPN؟

.E و B و C ج :إجراء التوصيلات المعدنية لأطراف

أسئلة وأجوبة نموذجية (11–20)

س :ما المقصود بالثنائي المتكامل؟ .11

.ج :ثنائي يُصنع مباشرة داخل شريحة الدائرة المتكاملة مع المكونات الأخرى

س :ما وظيفة الثنائي القياسي؟ .12

.ج :توجيه التيار في اتجاه واحد وفق المصدر

س :ما وظيفة ثنائي زينر؟ .13

.ج :توفير جهد مرجعي أو تثبيت الجهد

س :ما وظيفة ثنائي شوتكي؟ .14

.ج :التطبيقات التي تتطلب سرعة استجابة عالية وتيارات تسرب منخفضة بحسب المصدر

س :ما وظيفة ثنائيات الحماية؟ .15

.ج :حماية المكونات من الارتفاعات المفاجئة في الجهد

س :ما المقصود بالغرس الأيوني؟ .16

.ج :طريقة يذكرها المصدر للحصول على دقة عالية في تشكيل مناطق الثنائي

س :ما دور الأكسدة الحرارية في الثنائيات؟ .17

.ج :تكوين طبقات أكسيد للحماية والعزل الكهربائي

س :ما فائدة التوصيلات المعدنية؟ .18

.ج :ربط الثنائيات ببقية الدائرة المتكاملة

س :اذكر ثلاثة استخدامات للثنائيات المتكاملة .19

.ج :دوائر التردد العالي، تثبيت الجهد، وحماية الدوائر

س :اذكر أربع مزايا للثنائيات المتكاملة .20

.ج :الحجم الصغير، الكفاءة العالية، التكلفة المنخفضة، والأداء الأفضل

تمارين تطبيقية ومهام تفكير

1. رتب المراحل الآتية :انتشار القاعدة – تحضير الأكسيد – التوصيلات المعدنية – انتشار الباعث – انتشار المجمع.
2. ارسم مخططًا مبسطًا يبين مناطق NPN مع تسمية E وB وC. دون الدخول في أبعاد غير واردة في المصدر.
3. فسر بجملتين العلاقة بين ضيق القاعدة وكسب الترانزستور وفق المحاضرة.
4. أنشئ جدولًا يربط أنواع الثنائيات الخمسة بوظائفها.
5. حدد أي عملية تصنيع تحقق كل هدف :العزل – تحديد النمط – إنشاء منطقة N أو P – التوصيل الكهربائي.
6. قارن بين دور الانتشار والغرس الأيوني ضمن تصنيع الثنائيات اعتمادًا فقط على ما يورده المصدر.

إجابات إرشادية مختصرة

- ترتيب أساسي للمهمة 1 :تحضير الأكسيد ← انتشار القاعدة ← انتشار المجمع ← انتشار الباعث ← التوصيلات المعدنية.
- إنشاء المناطق :نشر الشوائب/الغرس الأيوني .التوصيل .Photolithography :العزل :الأكسدة .تحديد النمط: Metallization.

الاختبار البعدي – 20 درجة

أولًا :اختر الإجابة الصحيحة)5 درجات – درجة لكل فقرة(

1. في BJT المنطقة الوسطى تسمى :(القاعدة /الباعث /المجمع)
2. ترتيب NPN هو: (N–P–N / P–N–P / N–N–P)
3. العملية التي تحدد مناطق الفتح على السطح: (Photolithography / Metallization / Oxidation فقط)
4. الثنائي المستخدم لتثبيت الجهد وفق المصدر: (Zener / LED / Standard)
5. العملية التي توصل العنصر ببقية الدائرة) :التوصيلات المعدنية /الغرس الأيوني /الأكسدة فقط(

ثانيًا :صح أم خطأ)5 درجات(

1. يحتويان على ثلاث مناطق PNPو NPN.
2. القاعدة هي إحدى المنطقتين الخارجيتين.
3. يذكر المصدر أن ثنائي شوتكي يستخدم في تطبيقات ذات استجابة عالية.
4. الأكسدة الحرارية تستخدم للعزل والحماية.
5. الثنائيات المتكاملة تُصنع دائمًا خارج الشريحة.

ثالثًا :أسئلة قصيرة)10 درجات – درجتان لكل سؤال(

1. وفق المصدر BJT اشرح أثر عرض القاعدة في عمل.
2. بالترتيب NPN اذكر خمس مراحل من تصنيع.
3. عدد أنواع الثنائيات المتكاملة الواردة.
4. اذكر طرق تصنيع الثنائيات المتكاملة الأربع.
5. اذكر مزايا الثنائيات المتكاملة الأربع.

المحاضرة التاسعة عشرة (nineteenth Lecture)

الأهداف التعليمية

- أن يرتب الطالب مراحل تصنيع NPN كما وردت في بداية المحاضرة.
- أن يعرّف المقاومات المتكاملة ويشرح أثر تركيز الشوائب وعمق الانتشار في مقاومتها.
- أن يفسر علاقة $R = R_0(L/W)$ المقاومة الانتشار كما تظهر في مادة المصدر.
- أن يميز بين مقاومات الانتشار ومقاومات الغشاء الرقيق وفق المصدر.
- أن يشرح تركيب المتسعة المتكاملة ذات اللوحين وعازل أكسيد السيليكون.
- أن يستخدم العلاقة $C = \varepsilon A/t$ نوعيًا في تفسير تغير السعة.
- أن يشرح حدود تصغير سمك العازل وحجم المساحة من منظور المصدر.
- أن يميز بين متسعات الوصلة ومتسعات الغشاء الرقيق.
- أن يحدد مكونات MOSFET: البوابة، المصدر، الصرف، أكسيد البوابة والبوابة.
- أن يشرح تكوين القناة عند $VG > VT$ وفق الصورة والنص في المصدر.
- أن يقارن بين Enhancement mode وDepletion mode.
- أن يعدد تطبيقات MOSFET ومزاياه الواردة.

الاختبار القبلي (تشخيصي – 10 فقرات)

1. اذكر ثلاث خطوات من مراحل تصنيع ترانزستور NPN.
2. ما المقصود بالمقاومية Resistivity؟
3. ما العاملان اللذان يذكر المصدر أنهما يؤثران في مقاومة المادة شبه الموصلة؟
4. ما الفرق العام بين المقاومة المنفصلة والمقاومة المتكاملة؟
5. اكتب العلاقة العامة للسعة بين لوحين متوازيين كما وردت في المحاضرة.
6. ما المادة المستخدمة كعازل في المتسعة المتكاملة الموضحة؟
7. كيف تؤثر زيادة مساحة اللوحين A في السعة C؟
8. ما المقصود بـ MOSFET؟
9. ما أسماء أطراف MOSFET الرئيسة الظاهرة في الشكل؟
10. صح أم خطأ: Enhancement mode يحتوي على قناة موصلة حتى بدون جهد بوابة.

➢ مراحل تصنيع الترانزستور NPN

مثال / وضح مراحل تصنيع الترانزستور NPN

الحل /

1- نقوم بتحضير جزء من طبقة الاوكسيد.
2- تكوين منطقة معزولة نوع (N)
3- نقوم باجراء عملية الاكسدة
4- نقوم بعملية نشر او انتشار للجزء الجامع.
5- نقوم بعملية نشر او انتشار للجزء القاعدة.
6- نقوم بعملية اكسدة للجزئية نوع (P)
7- نعمل على فتح شباك للكشف عنه.
8- نقوم بعملية نشر او انتشار للجزء الباعث.
9- نقوم بعملية اكسدة في طبقة الاكسدة الى الأجزاء (N.P.N)
10-نعمل على فتح شبابيك في الدائرة.
11-اجراء التوصيلات للأطراف (B.E.C)

➢ المقاومات المتكاملة Integrated Resistor

من المعروف ان المواد شبه الموصل ليست مواد جيدة التوصيل للتيار عند الدرجات الحرارية العادية وبالتالي فانها تمتلك قدراً معينا من المقاومية(Resistivity) لمرور التيار كذلك معروف ان مقدار هذه المقاومية يعتمد على مدى تركيز الشوائب في هذه المواد وكذلك على عمق انتشارها وبالتالي فانه يصبح من الممكن التحكم بقيمة المقاومة شبه الموصلة والمتكاملة عند السيطرة على تركيز الشوائب وعمق الانتشار لها على أية حال . يتم تصنيع المقاومات المتكاملة اما مباشرة من خلال تصنيع الترانزستور اوعن طريق دوائر الاغشية الرقيقة.

هناك عدة انواع من المقاومات التي تصنع بتقنيات الدوائر المتكاملة من اهمها

١– مقاومات الانتشار والتي تشكل بطريقة انتشار القاعدة نوع p ويمكن ايجاد والقيمة التقريبية للمقاومة R من العلاقة حيث Ro مقاومة اللوحة للمادة وتقاس بوحدة ((اوم/ مربع))

L طول المقاومة / Wعرض المقاومة

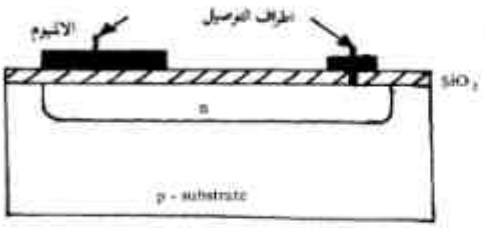
٢– مقاومات الغشاء الرقيق التي تصنع بطريقة الترسيب بالتبخير المفرغ تصنيع مقاومات الغشاء الرقيق ويمكن ايجاد قيمة المقاومة R التقريبية من العلاقتين.

وتكون مقاومات هذا النوع ذات مساحية قليلة ومعامل حراري واطئ مما يجعلها ذات استخدامات واسعة.

كم هي ابعاد مقاومة الانتشار التي قيمتها () لها مقاومة اللوحة () في رقاقة لها عامل تصغير

➢ المتسعات المتكاملة Integrated capacitor

من الممكن تصنيع متسعة، ذات نوعية جيدة ، بطريقة الدوائر المتكاملة الا ان القيم العملية لهذه المتسعات تكون محدودة ويوضح الشكل (1) صورة نموذجية لمتسعة بصيغة الدوائر المتكاملة وهي ببساطة صفيحتان متوازيتان بينهما عازل من اوكسيد السيلكون . تكون الصفيحة العليا من الالمنيوم أما الصفيحة السفلى فتكون من مادة نصف موصلة سالبة.



الشكل(1) المتسعة المتكاملة.

تكون قيمة هذه المتسعة مساوية ل

$$C = \varepsilon \frac{A}{t}$$

حيث تمثل A مساحة المتسعة و ε ثابت العازل (0.2×10^{-12} F/m في هذه الحالة) و t سمك العازل اي المسافة بين الصفيحتين .

من الواضح انه بالإمكان زيادة C بزيادة A اوعند تقليل المسافة t بين الصفيحتين الا ان هناك حدوداً حيث انه يعد غير اقتصادي ان تكون نصف الشريحة (chip) متسعة فقط ، كذلك فانه لايمكن تقليل سمك العازل الى ادنى حد حيث ان هناك قيمة معينة للمجال الكهربائي (V/cm = V/t107) يمكن ان يتحملها العازل (أوكسيد السيلكون) ثم ينهار بعدها . فعلى سبيل المثال ، اذا كان الجهد المسلط هو (30) فولت فان اقل سمك سيكون في حدود 300 انكلستروم **(وحدة قياس للطول تساوي 10^{-10} من المتر (أي أن 1 ملم يحتوى على 10 ملايين أنغستروم أي جزء من عشرة مليارات من المتر))**،على اية حال، فان (500) انكلستروم سيكون هو السمك العادي المستخدم وصفيحة مساحتها 3-10 سم2 بهذا السمك تعطي متسعة سعتها (40 pf). في معظم الاحيان اذا كانت المتسعة المطلوبة كبيرة القيمة نوعا ما فانه يمكن استخدام متسعة خارجية تربط بشكل منفصل الى الدائرة المتكاملة.

توجد عدة انواع من المتسعات المصنعة تقنيات الدوائر المتكاملة منها

١- متسعات الوصلة والتي تعتبر من اسهل انواع المتسعات المتكاملة من حيث التصنع وتكون عادة من نوع المتسعات القطبية التي تعتمد علي قيمة الجهد وبين الشكل طريقة تصنيع هذا النوع من المتسعات.

2- متسعات الغشاء الرقيق تتكون هذه المتسعات من لوحين توازين الاول تمثل اللوحن طبقة من ثاني اوكسيد السليكون تكون متسعات الغشاء الرقيق غير قطبية ولا تعتمد على الجهد وبين الشكل متسعة الغشاء والرقيق

➢ الترانزستور ذو التأثير المجال لأشباه الموصلات من أكسيد المعدن (MOSFET)

هو عنصر أساسي في تكنولوجيا أشباه الموصلات. يتكون من **ركيزة p** مشوبة خفيفًا، مع منطقتي **المصدر والصرف (n+) مشوبة بشدة**(، يفصل بينهما حوالي 1 ميكرومتر. تُغطى الركيزة بطبقة أكسيد رقيقة (SiO_2) بسماكة 0.05 ميكرومتر، وفوقها **قطب البوابة** الذي يتحكم في تدفق التيار، يستخدم في التبديل (Switching) وتضخيم الإشارات في تطبيقات مختلفة مثل المعالجات والذاكرات وأجهزة الطاقة.

عند تطبيق **جهد موجب على البوابة**، يتكون **مجال كهربائي** يطرد الثقوب ويجذب الإلكترونات، مما يُنشئ قناة موصلة بين المصدر والصرف، ما يسمح بمرور التيار. يبدأ التوصيل عند **جهد العتبة**.**(VT)**

يستخدم MOSFET كمفتاح أو مكبر إشارة، وهناك نوعان رئيسيان:

- **الإيقاف الطبيعي :(Enhancement mode)** لا يوصل التيار إلا بجهد بوابة موجب.
- **التشغيل الطبيعي :(Depletion mode)** يحتوي على قناة موصلة حتى بدون جهد بوابة.

بهذه الطريقة يمكن استخدام MOSFET كمفتاح .فوق الجهد الحرج، ينظم جهد البوابة تدفق التيار بين المصدر والصرف، ويمكن استخدامه لتضخيم الإشارة .هذا مجرد نوع واحد منMOSFET ، يسمى "**الإيقاف الطبيعي**" لأنه فقط تطبيق جهد بوابة موجب فوق الجهد الحرج يسمح له بمرور التيار .نوع آخر من MOSFET هو "**التشغيل الطبيعي**"، والذي يحتوي على قناة موصلة من مادة من النوع n أقل تشوهًا بين أقطاب المصدر والصرف

.يمكن استنزاف الإلكترونات من هذه القناة عن طريق تطبيق جهد سلبي على قطب البوابة .سيؤدي الجهد السلبي الكبير بما يكفي إلى إغلاق القناة بالكامل .**تُستخدم ترانزستورات MOSFET ذات "الإيقاف الطبيعي" في مجموعة كبيرة ومتنوعة من تطبيقات الدوائر المتكاملة .تُصنع بوابات AND و NOT و NAND من هذا النوع من ترانزستورات MOSFET وهي مكونات أساسية لأجهزة الذاكرة.**

1. التركيب الأساسي:

يتكون MOSFET من:

- ركيزة من النوع p مشوبة خفيفًا :(مادة شبه موصلة تعمل كأساس للجهاز).
- منطقتي المصدر (Source) والصرف (Drain) من النوع n+ :مشوبتان بكثافة عالية لتسهيل التوصيل.
- طبقة أكسيد العزل (Gate Oxide) : مصنوعة من ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) بسماكة حوالي 0.05 ميكرومتر.
- قطب البوابة (Gate) :يوضع فوق طبقة الأكسيد ويُستخدم للتحكم في تشغيل الترانزستور.
- أقطاب معدنية :تتصل بالمصدر والصرف لتوصيل التيار، وغالبًا ما تكون مصنوعة من الألمنيوم أو النحاس.

2. مبدأ العمل:

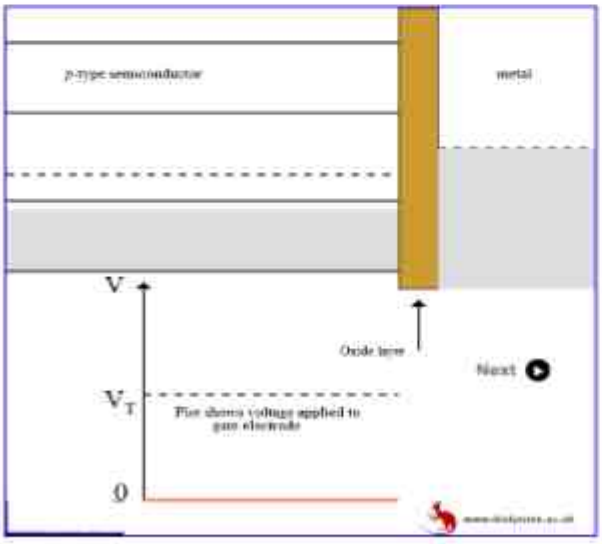
- عند عدم تطبيق جهد على البوابة(VG = 0V) ، لا يوجد توصيل بين المصدر والصرف، لأن الركيزة من النوع p تمنع تدفق الإلكترونات.
- عند تطبيق جهد موجب على البوابة(VG > VT) ، يتكوّن مجال كهربائي قوي يطرد الثقوب من الركيزة pويجذب الإلكترونات، مما يُكوّن قناة موصلة بين المصدر والصرف تسمح بمرور التيار.
- يبدأ التوصيل عندما يصل جهد البوابة إلى جهد العتبة(VT) ، وهو الحد الأدنى لتكوين القناة الموصلة.

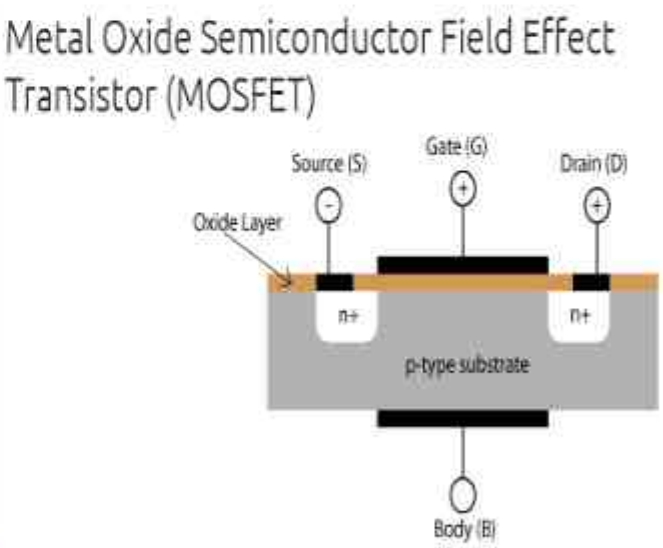
3. التطبيقات:

- الإلكترونيات الرقمية :مثل المعالجات والذاكرات.
- دوائر القدرة :للتحكم في الجهد العالي.
- مكبرات الإشارة :في أنظمة الاتصالات.
- التحكم في المحركات والموجات الراديوية.

4. المزايا:

✓سرعة عالية وتردد تشغيل مرتفع.
✓مقاومة دخول (Input Resistance) عالية.
✓استهلاك طاقة منخفض في التطبيقات الرقمية.





الشكل رقم (2) يبين التركيب الداخلي للترانزستور نوع (**MOSFET**)

أسئلة وأجوبة نموذجية)1–10(

1. س :كم مرحلة يورد المصدر لتصنيع NPN؟

ج :إحدى عشرة مرحلة

2. س :ما العاملان الأساسيان المؤثران في مقاومية المقاومة شبه الموصلة وفق المصدر؟

ج :تركيز الشوائب وعمق الانتشار

3. س :ما طريقتا تصنيع المقاومات المتكاملة المذكورتان؟

ج :ضمن تصنيع الترانزستور أو باستخدام الأغشية الرقيقة

4. س :ما علاقة مقاومة الانتشار؟

ج: $R = R_0(L/W)$.

5. س :ما وحدة مقاومة اللوحة R_0؟

ج :أوم/مربع وفق المصدر

6. س :مم تتكون المتسعة المتكاملة النموذجية؟

ج :صفيحتان متوازيتان يفصل بينهما عازل من أكسيد السيليكون

7. س :ما علاقة السعة الواردة؟

ج: $C = \varepsilon A/t$.

8. س :كيف يمكن زيادة C نوعيًا؟

ج :بزيادة A أو تقليل t ضمن الحدود العملية.

9. س :لماذا لا يمكن تقليل t بلا حد؟

ج :بسبب حد تحمل المجال الكهربائي للعازل قبل الانهيار.

10. س :متى يقترح المصدر استخدام متسعة خارجية؟

ج :عندما تكون السعة المطلوبة كبيرة نسبيًا.

أسئلة وأجوبة نموذجية)11–20(

11. س :ما التركيزة في المشروح؟ MOSFET

ج :تركيزة p خفيفًا مشوبة.

12. س :ما نوع منطقتي المصدر والصرف؟

ج: n+ مشوبتان بكثافة عالية.

13. س :ما سمك طبقة الأكسيد المذكور؟

ج :حوالي 0.05 ميكرومتر

14. س :ما وظيفة البوابة؟

ج :التحكم في تشغيل الترانزستور وتدفق التيار بين المصدر والصرف

15. س :متى تبدأ القناة بالتكون في النموذج؟

ج :عندما يصبح VG أكبر من VT الصورة المصدرية وفق النص.

16. س :ما المقصود بجهد العتبة؟

ج :الحد الأدنى لجهد البوابة اللازم لتكوين القناة الموصلة

17. س :ما Enhancement mode؟

ج :الإيقاف الطبيعي؛ لا يوصل في الوصف المصدر إلا بجهد بوابة موجب مناسب

18. س :ما Depletion mode؟

ج :التشغيل الطبيعي؛ توجد قناة موصلة حتى دون جهد بوابة

19. س :اذكر تطبيقين لـ MOSFET.

ج :مثل المعالجات والذاكرات، أو دوائر القدرة، أو مكبرات الاتصالات، أو التحكم في المحركات

الثلاث المذكورة MOSFET س :اذكر مزايا .20.

ج :سرعة وتردد مرتفعان، مقاومة دخول عالية، واستهلاك طاقة منخفض في التطبيقات الرقمية

الاختبار البعدي – 20 درجة

أولًا :اختر الإجابة الصحيحة)5 درجات(

1. مقاومة اللوحة تقاس بـ) :أوم/مربع /فاراد /فولت(
2. (لا تغيير / C نقصان / C زيادة) :تؤدي إلى $C = \varepsilon A/t$ في A زيادة
3. (نحاس /هواء فقط / SiO_2) :العازل في المتسعة النموذجية هو
4. (دائمًا VG > VT / دائمًا VG = 0 / VG > VT) :في النموذج المشروح يبدأ التوصيل عندما
5. (لا أحد / Depletion / Enhancement) :النمط الذي يحتوي قناة دون جهد بوابة هو

ثانيًا :صح أم خطأ)5 درجات(

1. قيمة المقاومة المتكاملة لا تتأثر بتركيز الشوائب.
2. يمكن زيادة السعة بزيادة مساحة اللوحين.
3. المصدر يذكر أن 500 أنغستروم سمك اعتيادي في المثال المعروض.
4. n+ ومصدر وصرف p المشروح يحتوي على ركيزة MOSFET.
5. يسمى التشغيل الطبيعي في المصدر Depletion mode

ثالثًا :أسئلة قصيرة)10 درجات – درجتان لكل سؤال(

1. الإحدى عشرة باختصار NPN اكتب مراحل تصنيع.
2. في علاقة المقاومة W و L و R_0 اشرح معنى.
3. اذكر حدود تصميم المتسعة المتكاملة في المصدر.
4. عند جهد البوابة الموجب MOSFET اشرح مبدأ تكوين قناة.
5. الواردة MOSFET اذكر تطبيقات ومزايا.

مفاتيح الإجابات والحلول النموذجية

:الاختبار القبلي

1. أي ثلاث خطوات صحيحة من التسلسل المصدر.
2. مقدار مقاومة المادة النوعية لمرور التيار ضمن سياق المصدر.
3. تركيز الشوائب وعمق الانتشار.
4. IC المتكاملة تُصنع داخل الشريحة ضمن تقنيات.
5. $C = \varepsilon A/t$.
6. SiO_2.
7. C تزداد.
8. ترانزستور تأثير المجال لأشباه الموصلات من أكسيد المعدن.
9. ركيزة ظاهره في الشكل/Body مع Gate، وDrain وSource.
10. خطأ.

:الاختبار البعدي

الاختيار :1 (أوم/مربع، 2 (زيادة، 3) SiO_2، 4) VG > VT، 5) Depletion، C.

صح/خطأ :1 (خطأ، 2 (صح، 3 (صح، 4 (صح، 5 (صح.

الأسئلة القصيرة :تُقبل الإجابة التي تعكس تسلسل المصدر ومصطلحاته وعلاقاته دون إضافة معلومات خارجية.

المحاضرة العشرون (Twenty Lecture)

الفكرة المركزية

منصة حوسبة وحيدة اللوحة تجمع المعالجة والذاكرة والاتصال وواجهات التحكم في بنية Raspberry Pi مدمجة؛ وتستمد قيمتها التعليمية والتطبيقية من إمكانية الانتقال من البرمجة المجردة إلى التحكم الفعلي بالحساسات والمشغلات والشبكات والخدمات البرمجية ضمن جهاز واحد.

الأهداف التعليمية

- أن يعرّف الطالب Raspberry Pi وحيد اللوحة والحاسوب.
- أن يلخص النشأة والتطور وفلسفة التصميم كما يوردها المصدر.
- أن يشرح معنى SoC وعلاقة CPU وRAM بالمنصة.
- أن يحدد وظائف GPIO والطاقة وGND وأهم واجهات الاتصال.
- أن يقارن بين أنظمة التشغيل الواردة في المصدر من حيث الاستخدام.
- أن يفسر دور Python وC/C++ وScratch وNode.js وJava وMATLAB/Simulink.
- أن يشرح مثال التحكم بـ LED على مستوى الفكرة البرمجية وزر ضغط.
- أن يقارن بين PWM وWire-1 وUART وSPI وI2C وفق الجدول المصدري.
- أن يصف قدرات الاتصال الشبكي واللاسلكي وتطبيقات IoT.
- أن يشرح بنية تطبيق IoT على طبقات الإدراك والشبكة والتطبيق.
- أن يعدد ممارسات الأمن السيبراني الواردة.
- أن يعرّف الرؤية الحاسوبية و Edge AI والحوسبة العنقودية كما يقدمها المصدر.
- أن يميز أهم اختصارات Raspberry Pi ومعانيها.

الاختبار القبلي)تشخيصي – 10 فقرات(

1. ما المقصود بحاسوب وحيد اللوحة؟
2. ما الوظيفة الأساسية للمعالج CPU؟
3. ما الفرق العام بين RAM ووسائط التخزين؟
4. ما المقصود بـ GPIO؟
5. اذكر بروتوكولي اتصال يمكن استخدامهما مع الحساسات.
6. ما المقصود بـ IoT؟
7. ما وظيفة منفذ HDMI؟
8. ما المقصود بـ PWM؟
9. اذكر لغة برمجة واحدة يدعمها Raspberry Pi وفق المصدر.
10. صح أم خطأ: Raspberry Pi لا يمكنه التفاعل مباشرة مع الدوائر الإلكترونية.

Raspberry Pi

الفصل الأول :

يُعَد راسبيري باي Raspberry Pi جهازًا مميزًا، فهو حاسوبٌ متكامل وظيفيًا ضمن علبةٍ صغيرة رخيصة الثمن، بالإضافة الى انه جهازٌ تستخدمه لتصفح الإنترنت أو للألعاب، أو تقوم بتطوير برامج او أجهزة خاصة في تصميم الدوائر الإلكترونية.

تُعرف أجهزة راسبيري باي بأنها حواسيبٌ مجمّعةٌ على لوحة إلكترونية مفردة single board؛ فهي عبارة عن حاسوب مثل الحواسيب المكتبية أو المحمولة أو الهواتف الذكية، لكنه جُمِّع على لوحةٍ واحدةٍ طُبعت عليها جميع الدوائر الإكترونية المُكوّنة له. يتمتع راسبيري باي مثل غيره من الحواسيب وحيدة اللوحة بميزةٍ مهمة، وهي أنه صغير الحجم، حيث لا يتعدى حجمه حجم البطاقة الائتمانية، ولا يعني ذلك إطلاقًا أنّ قدرته أضعف بل يستطيع تنفيذ ما يستطيع تنفيذه أي حاسوبٍ أكبر وأكثر استهلاكًا للطاقة، لكن ليس بالسرعة نفسها بالضرورة.

- **يمكن تعريفة بصورة مبسطه :**

هو جهاز كمبيوتر كاملCPU ، RAM، منافذUSB ، HDMI، شبكة ...لكنه صغير جدًا ورخيص نسبيًا، يمكن استخدامه في: التعليم ، البرمجة ، الروبوتات ، إنترنت الأشياء(IoT) ، مشاريع المنزل الذكي ، السيرفرات الصغيرة

- **مقدمة تاريخية وفلسفة التصميم**

يُعدّ من أبرز الإنجازات التقنية التي غيّرت مسار التعليم الحوسبي والصناعة التقنية في القرن الحادي والعشرين. وُلدت الفكرة في أروقة جامعة كامبريدج البريطانية عام 2006، عندما لاحظ الأستاذ روبن ابتن في مختبر الحوسبة تراجعاً ملحوظاً في مستوى الطلاب المتقدمين لدراسة علوم الحاسوب. كان الهدف الرئيسي هو توفير أداة حوسبة رخيصة التكلفة قادرة على إعادة إشعال شغف البرمجة لدى الأجيال الجديدة.

- **النشأة والتطور التاريخي**

أُعلن رسمياً عن المشروع عام 2011، وفي الأول من مارس 2012 أُطلق الإصدار الأول (Model B)واجه المشروع تحديات جسيمة في بدايته؛ إذ تجاوز الطلب على الجهاز كل التوقعات، وتجمّع أكثر من مليون طلب شراء. خلال اليوم الأول من الإطلاق أسّست مؤسسة (Raspberry Pi Foundation)وهي منظمة خيرية بريطانية لا تهدف للربح – المنظومة الكاملة للمشروع، من التصنيع إلى نشر المحتوى التعليمي.

➢ **الفلسفة التصميمية والأهداف الاستراتيجية**

قامت فلسفة Raspberry Pi على ثلاثة محاور استراتيجية متكاملة: **الأول** هو الديمقراطية التقنية، أي إتاحة الحوسبة للجميع بصرف النظر عن مستوياتهم الاقتصادية. **الثاني** هو التعليم التفاعلي، من خلال جهاز يُشجّع على التجريب والتعلم من الأخطاء بدلاً من الاكتفاء

بالمشاهدة السلبية. أما **المحور الثالث** فهو المرونة الوظيفية، حيث يصلح الجهاز لأغراض تعليمية وصناعية وبحثية على حدٍّ سواء.

- التعليم الحوسبي: تدريس البرمجة وعلوم الحاسوب من المرحلة الابتدائية حتى الدراسات العليا
- حلول IoT (إنترنت الأشياء): نماذج أولية للأجهزة الذكية والمدن الذكية
- الأبحاث الأكاديمية: من رصد الفضاء إلى الذكاء الاصطناعي المدمج

الفصل الثاني: البنية المعمارية والمواصفات التقنية

يتميز Raspberry Pi ببنية معمارية مدمجة تجمع بين عناصر حاسوب كامل في لوحة إلكترونية واحدة بمساحة لا تتجاوز حجم بطاقة الائتمان، هذه البنية المُسماة System on Chip (SoC) تعني تكامل المعالج والذاكرة ومعالج الرسومات وعناصر الاتصال في شريحة واحدة، مما يُقلّل التكلفة ويُقلّص حجم الجهاز.

➢ **المعالج المركزي (CPU)**

تعتمد معظم إصدارات Raspberry Pi على معالجات ARM (Advanced RISC Machine) من إنتاج شركة Broadcom. تُبنى هذه المعالجات على معمارية RISC المُبسطة التي تُتيح كفاءة عالية في استهلاك الطاقة مع أداء حسابي مقبول. الإصدار الأخير Raspberry Pi 5 يستخدم معالج Broadcom BCM2712 رباعي النواة بتردد يبلغ 2.4 GHz، وهو قفزة نوعية كبيرة مقارنة بالإصدارات السابقة

➢ **واجهة GPIO (General Purpose Input/Output)**

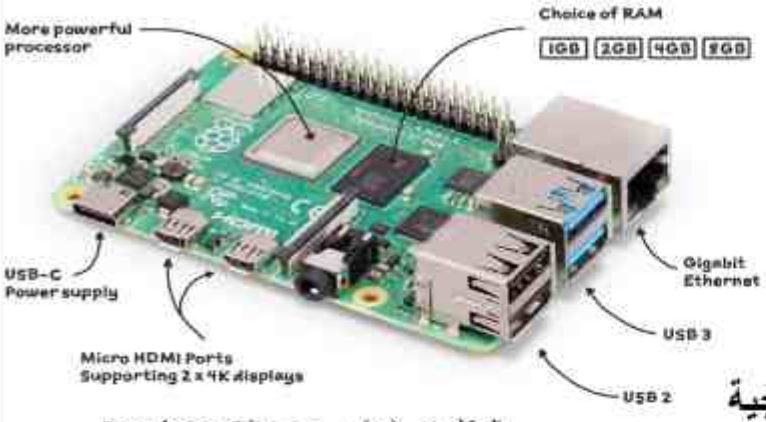
تُمثّل واجهة GPIO الميزة الأكثر تمييزاً لـ Raspberry Pi عن الحواسيب التقليدية. تتألف هذه الواجهة في الإصدارات الحديثة من 40 دبوساً (Pin)، تتوزع وظائفها على النحو التالي:

- أدوات الطاقة: V3.3 و V5 للتغذية، ودبابيس GND للتأريض
- دبابيس GPIO العامة: يمكن برمجتها كمدخلات أو مخرجات رقمية
- واجهة I2C: للتواصل مع الحساسات والشاشات عبر بروتوكول ذي خطين
- واجهة SPI: للتواصل السريع مع الذاكرات وبعض الحساسات
- UART: للتواصل التسلسلي مع الوحدات الخارجية

تستخدم لربط: حساسات الحرارة، المحركات، الأضواءLED ، الشاشات الصغيرة، وحدات WiFi إضافي

➢ **منافذ الإدخال والإخراج:**

- USB
- HDMI
- Ethernet
- GPIO (40 Pin)



التشكل رقم (1) يوضح Raspberry Pi 4

الفصل الثالث: أنظمة التشغيل والبيئة البرمجية

➢ Raspberry Pi OS (Raspbian سابقاً)

يُعدّ Raspberry Pi OS (المعروف سابقاً بـ Raspbian) نظام التشغيل الرسمي والمُوصى به من مؤسسة Raspberry Pi Foundation. يرتكز هذا النظام على توزيعة Debian Linux ويأتي بثلاثة إصدارات وفق متطلبات المستخدم:

➢ **Raspberry Pi OS Lite:** نسخة خفيفة خالية من الواجهة الرسومية، مثالية للخوادم والتطبيقات المدمجة

➢ **Raspberry Pi OS with Desktop**: النسخة القياسية مع واجهة رسومية LXDE

➢ **Raspberry Pi OS Full:** النسخة الكاملة مع مجموعة أدوات البرمجة والتطوير

يعتمد النظام على بيئة سطح المكتب Wayfire المبنية على Wayland في الإصدارات الأحدث، مما يُوفّر أداءً رسومياً أفضل وكفاءة أعلى في استخدام الذاكرة.

المميزات الرئيسية	نوع الاستخدام	نظام التشغيل
تحديثات أمنية منتظمة، LTS دعم	الخوادم والسحابة	Ubuntu Server for RPi
أدوات اختبار الاختراق الكاملة	الأمن السيبراني	Kali Linux
محاكاة أجهزة الألعاب الكلاسيكية	الترفيه والألعاب	RetroPie
بكفاءة عالية Kodi تشغيل	مركز الوسائط	LibreELEC / OSMC
استهلاك منخفض جداً للموارد	التطبيقات الخفيفة	DietPi
حجم صغير جداً وأمن عالٍ	الحاويات والأمن	Alpine Linux

➢ Windows وأنظمة أخرى

تُتيح Microsoft نسخة مُخصصة من Windows 10 IoT Core لـــ Raspberry Pi 4 وما فوق. رغم أن أداءها أقل انسيابية مقارنة بـ Linux، إلا أنها تجد استخداماً في البيئات

المؤسسية التي تعتمد على النظام البيئي لشركة Microsoft. وتجدر الإشارة إلى أن Android لا يُوجد نسخة رسمية لـ Raspberry Pi، وإن كانت بعض المشاريع المجتمعية كـ LineageOS تُوفّر دعماً محدوداً.

➢ بيئة البرمجة والأدوات التطويرية

يتميز Raspberry Pi بدعم واسع لبيئات وأدوات البرمجة، مما يجعله منصة تعليمية وبحثية متكاملة:

- Python: اللغة الأكثر استخداماً على Raspberry Pi، مع مكتبات GPIO المتخصصة مثل RPi.GPIO وgpiozero
- C/C++: الأداء الأعلى في التطبيقات الزمن-الحرج والتطبيقات الصناعية
- Scratch: لتعليم البرمجة للأطفال والمبتدئين
- Node.js: لتطبيقات إنترنت الأشياء وواجهات الويب
- Java: للمشاريع الأكاديمية والتطبيقات المؤسسية
- MATLAB/Simulink: مدعوم رسمياً لأغراض البحث الهندسي والتحكم الآلي

الفصل الرابع: البرمجة التطبيقية والتحكم بالأجهزة

➢ برمجة GPIO باستخدام Python

تُعدّ مكتبة RPi.GPIO وخلفها gpiozero المرجع الأساسي للتحكم في الدبابيس الرقمية. يُتيح النموذج البرمجي لـ Raspberry Pi التفاعل المباشر مع الدوائر الإلكترونية دون الحاجة إلى مترجمات أو طبقات وسيطة معقدة، مما يُقصّر دورة التطوير ويُسرّع النمذجة الأولية.

مثال برمجي:

```
مثال برمجي :التحكم بـ LED عبر زر ضغط
from gpiozero import LED, Button from signal import pause  led = LED(17)
button = Button(2) # الدبوس 17 كمخرج
button.when_pressed = led.on # الدبوس 2 كمدخل
pause() # الانتظار اللانهائي لأحداث button.when_released = led.off # إيقافه عند الإفراج # تشغيل LED عند الضغط المستخدم
```

➢ بروتوكولات الاتصال التسلسلي

تُمثّل بروتوكولات الاتصال التسلسلي العمود الفقري لربط Raspberry Pi بالعالم الخارجي من حساسات وأجهزة قياس ووحدات اتصال. الفهم العميق لهذه البروتوكولات أمر لا غنى عنه في التطبيقات الاحترافية:

التطبيقات النموذجية	السرعة القصوى	عدد الأسلاك	البروتوكول
حساسات الحرارة والرطوبة، شاشات OLED	3.4 Mbps	2 (SCL + SDA)	I2C
SD، ADC بطاقات، TFT شاشات	125 Mbps	4 (SCLK/MOSI/MISO/CS)	SPI
GPS، Bluetooth Serial وحدات	يتوقف على الإعداد	2 (TX + RX)	UART
DS18B20 حساس الحرارة	16.3 kbps	سلك 1	1-Wire
التحكم بسطوع الإضاءة، Servo محركات	متغير	سلك إشارة 1	PWM

الفصل الخامس: الشبكات وإنترنت الأشياء (IoT)

➢ قدرات الاتصال اللاسلكي

يأتي Raspberry Pi 3 وما بعده مُزوَّداً بقدرات اتصال لاسلكي مدمجة تجعله منصة مثالية لتطبيقات إنترنت الأشياء. الجيل الخامس (Raspberry Pi 5) يتميز بدعم Wi-Fi 802.11ac (Wi-Fi 5) و Bluetooth 5.0، بينما يُتيح المجتمع التطويري إضافة وحدات اتصال متخصصة للاتصالات بعيدة المدى.

الاستخدام الأمثل	معدل نقل البيانات	المدى التقريبي	تقنية الاتصال
نقل البيانات الكثيفة داخل المباني	حتى 433 Mbps	50–100 متر	Wi-Fi 802.11ac
الأجهزة القريبة والأجهزة القابلة للارتداء	2 Mbps	10–40 متر	Bluetooth 5.0
الشبكات الزراعية والبنية التحتية	0.3–50 kbps	1–15 كم	LoRa (وحدة خارجية)
شبكات المنزل الذكي والمستشعرات	250 kbps	10–100 متر	ZigBee (وحدة خارجية)
الخوادم والتطبيقات الحيوية	1 Gbps (Pi 4/5)	100 متر	Ethernet (مدمج RJ45)
التطبيقات الميدانية والمحمولة	متغير	تغطية الشبكة	4G/5G (USB Dongle)

➢ بنية تطبيق IoT متكاملة

يُقدّم Raspberry Pi حلاً متكاملاً لبناء تطبيقات إنترنت الأشياء من طبقة الإدراك الحسي حتى طبقة الخدمات السحابية. يمكن تصوّر البنية المعمارية لهذا النظام على ثلاثة مستويات متتالية:

1. **طبقة الإدراك (Perception Layer):** الحساسات والمحركات المتصلة بـ GPIO تجمع البيانات من البيئة المحيطة
2. **طبقة الشبكة (Network Layer):** Raspberry Pi يعالج البيانات ويرسلها عبر Wi-Fi أو Ethernet إلى الخوادم
3. **طبقة التطبيق (Application Layer):** لوحات التحكم (Dashboards) والتحليل والإجراءات التلقائية على السحابة

➢ منصات السحابة المتوافقة مع Raspberry Pi

IBM ،Microsoft Azure IoT Hub ،Google Cloud IoT ،AWS IoT Core ،Watson IoT ،Adafruit IO ،ThingSpeak (MathWorks) ،Node-RED (لبناء سير عمل بصرية دون كود).

➢ الأمن السيبراني في بيئة Raspberry Pi

يُعدّ الأمن من أكثر الجوانب التي يُغفل عنها المطورون المبتدئون. في البيئات الإنتاجية والصناعية، تُعدّ ممارسات الأمن التالية إلزامية:

- تغيير بيانات الاعتماد الافتراضية فور الإعداد الأول وتعطيل حساب pi الافتراضي
- تفعيل جدار الحماية ufw وإغلاق المنافذ غير الضرورية
- استخدام مفاتيح SSH بدلاً من كلمات المرور للوصول عن بُعد
- تشفير الاتصالات باستخدام TLS/SSL وتحديث الشهادات دورياً
- تحديث النظام دورياً: sudo apt update && sudo apt upgrade
- مراقبة سجلات النظام وإعداد التنبيهات الأمنية عبر أدوات كـ Fail2Ban

➢ الرؤية الحاسوبية (Computer Vision)

تحوّل Raspberry Pi إلى منصة شعبية لتطبيقات الرؤية الحاسوبية بفضل التوازن الجيد بين قدرة المعالجة وانخفاض التكلفة. تشمل المكتبات والأطر المدعومة:

- OpenCV: المكتبة الأكثر شيوعاً لمعالجة الصور والكشف عن الأجسام
- TensorFlow Lite: تشغيل نماذج التعلم العميق المُحسَّنة للأجهزة المدمجة
- MediaPipe: أطر تتبع الجسم واليد والوجه في الوقت الفعلي من Google
- Picamera2: المكتبة الرسمية الجديدة للتحكم بكاميرا Raspberry Pi
- libcamera: مكتبة الكاميرا منخفضة المستوى التي تحل محل raspicam القديمة

7.3 تطبيقات الوسائط المتعددة

يُتيح Raspberry Pi 4 والجيل الخامس تشغيل الوسائط المتعددة بجودة عالية بفضل المعالج الرسومي VideoCore VI/VII المُتكامل. يدعم الجهاز فك ترميز الفيديو بتسريع عتادي لتنسيقات H.264 و(HEVC) H.265 و VP9، مما يجعله نواة مثالية لمراكز الوسائط المنزلية. منصة Kodi عبر LibreELEC أو OSMC توفر تجربة مركز وسائط كاملة مع دعم للمحتوى بدقة 4K HDR.

➢ الفصل السادس : الذكاء الاصطناعي والحوسبة المجمّعة

➢ تسريع الذكاء الاصطناعي على Raspberry Pi

أصبح Raspberry Pi منصة قابلة للاستخدام في تطبيقات الذكاء الاصطناعي بعد دمج مُسرّعات الذكاء الاصطناعي المتخصصة. أبرز هذه الحلول:

- **Google Coral TPU:** وحدة معالجة الموترات USB أو PCIe تُنفّذ 4 تريليون عملية في الثانية مع استهلاك طاقة ضئيل
- **Intel Neural Compute Stick 2:** يُضيف قدرات استنتاج عصبي عبر USB 3.0
- **Hailo-8 AI Accelerator (HAT+ لـ Pi 5):** يُقدّم أداء 26 TOPS مُصمَّماً خصيصاً لـ Raspberry Pi 5
- **TensorFlow Lite مع تحسينات NEON ARM:** تشغيل نماذج المعلمات الصغيرة بكفاءة على المعالج الرئيسي

➢ تطبيقات الذكاء الاصطناعي الحافة (Edge AI) الشائعة

• الكشف عن الأجسام في الوقت الفعلي (YOLO على Coral TPU) • التعرف على الوجه والتحقق من الهوية • التعرف على الكلام وأوامر الصوت المحلية (دون إنترنت) • كشف الشذوذ في البيانات الصناعية • تصنيف الأمراض الزراعية من صور النباتات

➢ الحوسبة العنقودية (Cluster Computing)

يُمكّن التصميم الصغير وانخفاض استهلاك الطاقة من بناء عناقيد (Clusters) من وحدات Raspberry Pi لتحقيق قدرة حوسبية موزّعة بكلفة منخفضة. تُستخدم هذه العناقيد في أغراض بحثية وتعليمية عدة:

- تعلّم الحوسبة الموزّعة ومفاهيم MPI (Message Passing Interface)
- محاكاة بيئات Apache Hadoop و Apache Spark لأغراض تعليمية
- بناء بنية تحتية Kubernetes خفيفة لتعليم إدارة الحاويات
- تجارب تعلّم الآلة الفيدرالي (Federated Learning) في بيئة موزعة

من أشـــهر مشـــاريع العناقيد في الأوســـاط الأكاديمية: عنقود Oracle من 1060 وحدة Raspberry Pi استُخدم لمحاكاة أنظمة معالجة البيانات الضـخمة، وعنقود مختبر سـانديا (Sandia National Laboratories) لاختبار خوارزميات الحوسبة المتوازية.

الفصل السابع: مستقبل Raspberry Pi والخلاصة

➢ **التوجهات المستقبلية**

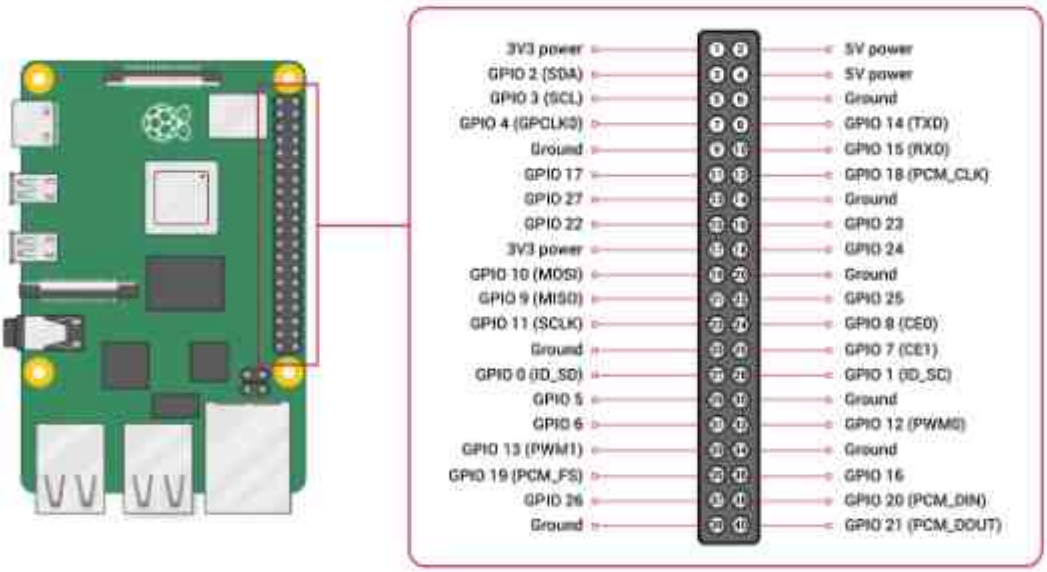
تُشـير خارطة الطريق التقنية لمؤسـسـة Raspberry Pi Foundation إلى عدة محاور اسـتراتيجية للمستقبل:

- **تعزيز قدرات الذكاء الاصطناعي**: التعاون مع شركات الشرائح المتخصصة لتقديم مُسرّعات ذكاء اصطناعي مدمجة
- **توسيع الخط الصناعي**: طرح إصدارات CM5 وما يليها بذاكرات أكبر ومعالجات أسرع للقطاع الصناعي
- **تحسين الكفاءة الطاقية**: استكشاف عمليات تصنيع TSMC 5nm/3nm لتقليل استهلاك الطاقة مع رفع الأداء
- **الاندماج مع السحابة**: تكامل أعمق مع خدمات الحوسبة السحابية وأدوات MLOps

مميزات وعيوب:Raspberry Pi

➢ **المميزات:**

- سعر منخفض
- حجم صغير
- مجتمع دعم كبير
- مرونة عالية



الشكل رقم (2) Computer hardware - Raspberry Pi Documentation

➢ **العيوب:**

- ليس قويًا مثل الكمبيوتر المكتبي
- يحتاج تبريد في بعض الإصدارات
- يعتمد على microSD قد تتلف

الخلاصة العلمية

يُمثّل Raspberry Pi ظاهرة تقنية اجتماعية نادرة: أداة أُنتجت بهدف تعليمي بسيط وتحوّلت إلى منصة أعادت رسم خريطة عدة قطاعات تقنية. من مختبرات الفيزياء الفلكية إلى خطوط الإنتاج الصناعية، ومن مشاريع الطلاب المبتدئين إلى أبحاث الذكاء الاصطناعي الحافة، يُثبت Raspberry Pi باستمرار قدرته على التكيّف والتطور.

ما يجعل Raspberry Pi استثنائياً ليس مواصفاته التقنية وحدها – فثمة منافسون بمواصفات أفضل – بل المنظومة البيئية المتكاملة، والمجتمع العالمي النشط، والدعم المؤسسي المستدام من مؤسسة غير ربحية تضع التعليم في صميم أهدافها. هذه العوامل مجتمعةً تجعل الاستثمار في تعلّم Raspberry Pi مكسباً مهارياً ذا قيمة دائمة.

مصادر ومراجع أساسية للبحث الأكاديمي

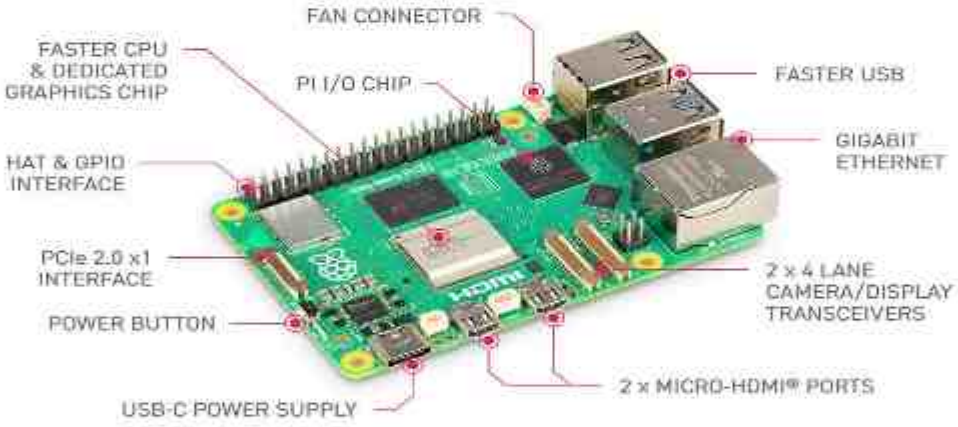
1.Upton, E. & Halfacree, G. (2016). Raspberry Pi User Guide (4th ed.). Wiley.

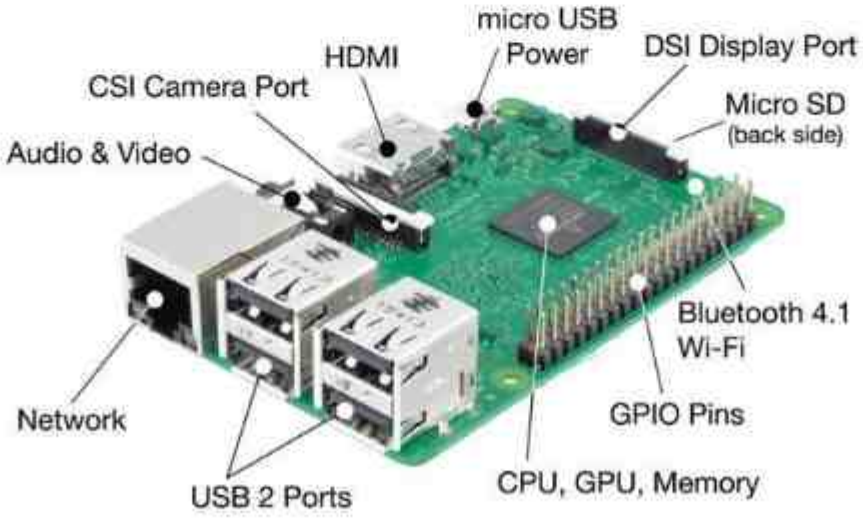
2. Mastering the Raspberry Pi | Springer Nature Link.

3. Raspberry Pi Foundation. (2024). Official Documentation. docs.raspberrypi.com

4. Halfacree, G. (2022). The Official Raspberry Pi Handbook 2022. Raspberry Pi Press.

5 Raspberry Pi product series explained - Raspberry Pi





الشكل رقم (3) Details of Raspberry Pi

أسئلة وأجوبة نموذجية (1–10)

س1: ما Raspberry Pi؟

ج: حاسوب وحيد اللوحة صغير الحجم يدمج وظائف حاسوبية واتصالات ومنافذ تحكم، ويستخدم في التعليم والبرمجة والمشاريع الإلكترونية.

س2: ما معنى SoC؟

ج: System on Chip، أي دمج وظائف رئيسة مثل المعالجة وعناصر أخرى في بنية مدمجة.

س3: ما أهمية GPIO؟

ج: تمكّن من التعامل مع الحساسات والمصابيح والمحركات والشاشات والدوائر الخارجية.

س4: ما الفرق بين 3.3V/5V وGND؟

ج: الأولان خطوط تغذية كهربائية، و GND هو المرجع الأرضي.

س5: ما وظيفة I2C؟

ج: اتصال بين دوائر إلكترونية غالبًا عبر خطي SCL وSDA.

س6: ما وظيفة SPI؟

ج: واجهة تسلسلية سريعة تستخدم مع شاشات وبطاقات ذاكرة ومحولات وحساسات.

س7: ما وظيفة UART؟

ج: إرسال واستقبال تسلسلي غير متزامن مع وحدات خارجية مثل GPS.

س8: ما المقصود بـ PWM؟

ج: Pulse Width Modulation، تعديل عرض النبضة للتحكم في سطوع أو سرعة أو زاوية مشغل.

س9: ما النظام الرسمي المذكور؟

ج: Raspberry Pi OS، وكان يُعرف سابقًا باسم Raspbian. وفق المصدر.

س10: ما لغة البرمجة الأكثر استخدامًا في المصدر؟

ج: Python، مع مكتبات GPIO مثل RPi.GPIO وgpiozero.

أسئلة وأجوبة نموذجية (11–20)

س11: ما طبقات IoT الثلاث في المصدر؟

ج: الإدراك، الشبكة، التطبيق.

س12: اذكر ممارسة أمنية واحدة.

ج: مثل استخدام مفاتيح SSH أو تشفير TLS/SSL أو جدار حماية أو التحديث الدوري.

س13: ما دور OpenCV؟

ج: معالجة الصور والرؤية الحاسوبية والكشف عن الأجسام.

س14: ما معنى Edge AI؟

ج: تشغيل الذكاء الاصطناعي على الجهاز نفسه بدل إرسال كل المعالجة إلى السحابة

س15: ما معنى TOPS؟

ج: Trillions of Operations Per Second، لقياس قدرة معالجة الذكاء الاصطناعي.

س16 :ما المقصود بالحوسبة العنقودية؟

ج :ربط عدة وحدات Raspberry Pi للعمل في بيئة حوسبة موزعة لأغراض تعليمية/بحثية.

س17 :ما معنى MPI؟

ج: Message Passing Interface، واجهة تمرير الرسائل للحوسبة المتوازية.

س18 :اذكر ميزتين لـ Raspberry Pi.

ج :السعر المنخفض والحجم الصغير أو مرونة الاستخدام ومجتمع الدعم.

س19 :اذكر عيبين وردا في المصدر.

ج :أداء أقل من الحاسوب المكتبي في بعض الحالات، والحاجة إلى تبريد في بعض الإصدارات أو قابلية تلف microSD.

س20 :ما القيمة التعليمية الأهم للمنصة في هذه المحاضرة؟

ج :الربط بين البرمجة والعتاد الإلكتروني والحساسات والاتصال في منصة واحدة.

الاختبار البعدي – 20 درجة

أجب عن جميع الفقرات .لكل فقرة درجتان.

1. عرّف Raspberry Pi وحاسوب Single Board Computer.
2. اشرح معنى SoC ودوره في تقليل الحجم والتكلفة وفق المصدر.
3. عدد أربع وظائف أو أنواع دبابيس ضمن واجهة GPIO.
4. قارن بين I2C وSPI من حيث عدد الخطوط والتطبيقات النموذجية كما في المصدر.
5. اذكر ثلاثة أنظمة تشغيل بديلة لـ Raspberry Pi OS مع استخدام كل واحد.
6. اشرح الفكرة البرمجية لمثال LED والزر باستخدام gpiozero.
7. رتب طبقات تطبيق IoT الثلاث وبيّن وظيفة كل طبقة.
8. اذكر أربع ممارسات أمن سيبراني واردة في المحاضرة.
9. عرّف Edge AI واذكر أداتين/حلين للذكاء الاصطناعي مذكورين في المصدر.
10. اذكر ميزتين وعيبين لـ Raspberry Pi كما وردا في المصدر.

مفاتيح الإجابات – الاختبار القبلي

1) حاسوب تُجمع مكوناته الرئيسة على لوحة إلكترونية واحدة.
2) تنفيذ الأوامر ومعالجة البيانات.
3) RAM ذاكرة مؤقتة أثناء التشغيل، بينما وسائط التخزين تحفظ البيانات ونظام التشغيل.
4) منافذ إدخال/إخراج عامة قابلة للبرمجة للتعامل مع الدوائر الخارجية.
5) مثل I2C وSPI أو UART 1 أو 1-Wire.
6) إنترنت الأشياء :ربط أجهزة وحساسات بالشبكة لتبادل البيانات والتحكم.
7) نقل الصورة والصوت إلى شاشة/تلفاز.
8) مثل LED تعديل عرض النبضة للتحكم في مشغلات Servo/أو محرك.
9) مثل Python أو C/C++ أو Scratch أو Node.js أو Java.

.تسمح بالتفاعل المباشر مع الدوائر GPIO خطأ؛ (10

مفاتيح الإجابات – الاختبار البعدي

1) تعريف الحاسوب وحيد اللوحة وكون Raspberry Pi منصة صغيرة مدمجة للتعليم والبرمجة والإلكترونيات.

2) SoC = System on Chip؛ دمج وظائف رئيسة في بنية واحدة لتقليل الحجم والتكلفة وفق المصدر.

3) الطاقة 3.3V/5V، GND، GPIO عامة، I2C، SPI، UART، PWM (يكفي أربعة).

4) I2C: خطان SCL/SDA؛ SPI: أربعة خطوط نموذجية واستخدامات في حساسات وشاشات؛ ويستخدم مع ADC وفق المصدر.

5) أي ثلاثة من Ubuntu Server، Kali، RetroPie، LibreELEC/OSMC، DietPi، Alpine مع SD وشاشات و الاستخدام المدوّن.

6) تعريف LED على GPIO 17 وزر على GPIO 2 وربط حدث الضغط بالتشغيل والإفراج بالإيقاف ثم الانتظار للأحداث.

7) Perception تجمع البيانات؛ Network تعالج/تنقل؛ Application تعرض وتحلل وتنفذ إجراءات.

8) أي أربع من تغيير الاعتمادات، جدار حماية، مفاتيح SSH، TLS/SSL، تحديث النظام، مراقبة السجلات.

9) Edge AI أمثلة Neural Compute Stick 2 أو Coral TPU تنفيذ الذكاء الاصطناعي على الجهاز؛ TensorFlow Lite أو Hailo-8.

10) ميزتان مثل السعر والحجم والمرونة والدعم، وعيبان مثل الأداء الأقل والحاجة إلى تبريد واعتماد microSD.

(ملحق) المحاضرة العشرون (Twenty Lecture)

اختصارات مهمة في Raspberry Pi

أهم الاختصارات ومعناها ::

Raspberry Pi

هو حاسوب صغير جدًا بحجم اللوحة الإلكترونية، يُستخدم في التعليم والمشاريع الإلكترونية والتحكم والبرمجة. ذُكر في بداية المحاضرة باعتباره جهازًا متكاملًا وصغير الحجم.

CPU = Central Processing Unit

المعالج المركزي.

هو "عقل" الجهاز الذي ينفذ الأوامر ويعالج البيانات.

RAM = Random Access Memory

ذاكرة الوصول العشوائي.

هي الذاكرة المؤقتة التي يخزن فيها الجهاز البيانات أثناء التشغيل.

USB = Universal Serial Bus

منفذ توصيل عام.

يُستخدم لربط الفأرة، لوحة المفاتيح، الذاكرة الخارجية، وبعض الملحقات الأخرى.

HDMI = High Definition Multimedia Interface

منفذ الوسائط عالي الدقة.

يستخدم لتوصيل Raspberry Pi بالشاشة أو التلفاز لنقل الصورة والصوت.

GPIO = General Purpose Input/Output

منافذ إدخال/إخراج عامة.

وهي أهم ميزة في Raspberry Pi عند التعامل مع الدوائر الإلكترونية، لأنها تسمح بربط الحساسات والمصابيح والمحركات وغيرها. وفي الرسم في الصفحة 8 تظهر أسماء أرجل الـ GPIO ووظائف بعضها.

GND = Ground

الأرضي.

هو المرجع الكهربائي في الدائرة.

3.3V / 5V

منافذ تغذية كهربائية بجهد 3.3 فولت أو 5 فولت.

SoC = System on Chip

نظام على شريحة.

يعني أن أكثر من جزء أساسي في الحاسوب، مثل المعالج والرسوميات، تكون مدمجة داخل شريحة واحدة. ذُكر هذا في فصل البنية المعمارية.

ARM = Advanced RISC Machine

نوع معمارية للمعالجات.

تتميز بأنها تستهلك طاقة قليلة وتناسب الأجهزة الصغيرة مثل Raspberry Pi.

RISC = Reduced Instruction Set Computer

معمارية تعتمد على مجموعة تعليمات مبسطة.

الفكرة منها جعل التنفيذ أسرع وأكفأ في استهلاك الطاقة.

GHz = Gigahertz

جيجاهرتز.

وحدة قياس تردد المعالج، أي سرعة عمله.

اختصارات واجهات الاتصال في GPIO

I2C = Inter-Integrated Circuit

بروتوكول اتصال بين الدوائر الإلكترونية باستخدام سلكين غالبًا:

SCL لنبضات الساعة، و **SDA** لنقل البيانات.

يستخدم كثيرًا مع الحساسات والشاشات الصغيرة

SCL = Serial Clock Line
خط الساعة التسلسلي.

SDA = Serial Data Line
خط البيانات التسلسلي.

SPI = Serial Peripheral Interface
واجهة اتصال تسلسلي سريعة.
تُستخدم مع الشاشات، وبطاقات الذاكرة، وبعض المحولات والحساسات.

SCLK = Serial Clock
خط الساعة في بروتوكول SPI.

MOSI = Master Out Slave In
خط إرسال البيانات من المتحكم الرئيسي إلى الجهاز الطرفي.

MISO = Master In Slave Out
خط استقبال البيانات من الجهاز الطرفي إلى المتحكم الرئيسي.

CS = Chip Select
إشارة اختيار الشريحة أو الجهاز المراد التواصل معه.

UART = Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
واجهة إرسال واستقبال تسلسلي غير متزامن.
تُستخدم مع وحدات مثل GPS أو Bluetooth Serial.

TX = Transmit
إرسال.

RX = Receive
استقبال.

1-Wire
بروتوكول اتصال يعتمد غالبًا على سلك بيانات واحد.
يستخدم مثلًا مع حساس الحرارة DS18B20.

PWM = Pulse Width Modulation
تضمين عرض النبضة.
يستخدم للتحكم في سطوع LED أو سرعة محرك أو زاوية Servo.

اختصارات الشبكات والاتصال

IoT = Internet of Things
إنترنت الأشياء.
يعني ربط الأجهزة والحساسات بالإنترنت لتبادل البيانات والتحكم بها.

Wi-Fi = Wireless Fidelity
شبكة لاسلكية.
تُستخدم لربط Raspberry Pi بالإنترنت أو بالشبكة المحلية.

Bluetooth
تقنية اتصال لاسلكي قصير المدى بين الأجهزة القريبة.

RJ45
المنفذ المعروف الخاص بسلك الشبكة Ethernet.

Ethernet
اتصال شبكي سلكي.

Mbps = Megabits per second
ميغابت في الثانية.
وحدة قياس سرعة نقل البيانات.

Gbps = Gigabits per second
غيغابت في الثانية.
سرعة أعلى من Mbps.

GPS = Global Positioning System
نظام تحديد المواقع العالمي.

LoRa = Long Range
تقنية اتصال لاسلكي بعيد المدى ومنخفض السرعة، مفيدة في الزراعة والمراقبة.

4G / 5G
أجيال شبكات الهاتف المحمول للاتصال بالإنترنت.

اختصارات أنظمة التشغيل والبرمجيات
OS = Operating System
نظام التشغيل.
مثل Raspberry Pi OS أو Ubuntu.
Raspbian
الاسم السابق لنظام Raspberry Pi OS.
LXDE = Lightweight X11 Desktop Environment
واجهة رسومية خفيفة لسطح المكتب.
LTS = Long Term Support
دعم طويل الأمد.
يعني أن النظام يحصل على تحديثات لفترة طويلة.
Linux
نظام تشغيل مفتوح المصدر تعتمد عليه كثير من توزيعات Raspberry Pi.
Windows 10 IoT Core
نسخة من ويندوز مخصصة لإنترنت الأشياء والأجهزة المدمجة.

اختصارات البرمجة والدوائر
LED = Light Emitting Diode
صمام ثنائي باعث للضوء أي "مصباح إلكتروني صغير.
C / C++
لغات برمجة تُستخدم في الأنظمة والبرامج السريعة.
Node.js
بيئة تشغيل جافاسكريبت تُستخدم كثيرًا في تطبيقات الويب و IoT.
MATLAB / Simulink
برامج هندسية للمحاكاة والحسابات والتحليل.

ADC = Analog to Digital Converter
محوّل من إشارة تناظرية إلى رقمية.

TFT = Thin Film Transistor
نوع من الشاشات الملونة.

OLED = Organic Light Emitting Diode
نوع من الشاشات يتميز بوضوح جيد واستهلاك مناسب للطاقة.

SD / microSD
بطاقة ذاكرة تُستخدم للتخزين، وفي Raspberry Pi غالبًا تحتوي نظام التشغيل أيضًا.

اختصارات الذكاء الاصطناعي والرؤية الحاسوبية

وردت في الصفحات الأخيرة من المحاضرة .

AI = Artificial Intelligence
الذكاء الاصطناعي.

Edge AI
الذكاء الاصطناعي الطرفي.
يعني تنفيذ الذكاء الاصطناعي على الجهاز نفسه بدلًا من إرساله إلى السحابة.

TPU = Tensor Processing Unit
وحدة معالجة مخصصة للذكاء الاصطناعي.

TOPS = Trillions of Operations Per Second
تريليونات العمليات في الثانية.
مقياس لقدرة معالجات الذكاء الاصطناعي.

OpenCV = Open Source Computer Vision Library
مكتبة مفتوحة المصدر للرؤية الحاسوبية.

TensorFlow Lite
نسخة خفيفة من TensorFlow مخصصة للأجهزة الصغيرة.

YOLO = You Only Look Once
خوارزمية مشهورة لكشف الأجسام في الصور والفيديو بسرعة.

MLOps = Machine Learning Operations
تشغيل وإدارة نماذج تعلم الآلة عمليًا بعد تطويرها.

اختصارات الحوسبة الموزعة والسحابة

MPI = Message Passing Interface
واجهة تمرير الرسائل.
تستخدم في الحوسبة المتوازية بين عدة أجهزة.

AWS = Amazon Web Services
خدمات أمازون السحابية.

IBM
شركة عالمية تقدم منصات سحابية وتقنية.

Kubernetes
منصة لإدارة التطبيقات والحاويات.