



جامعة الفرات الأوسط التقنية

المعهد التقني النجف

تقنيات الاجهزة الطبيه

الدوائر الالكترونيه

مرحلة ثانيه (2025-2026)

م.م سندس عبد المنعم

sundus.abdulmunem.inj@atu.edu.iq

1. معلومات المقرر

اسم المقرر	الدوائر الإلكترونية
لغة التدريس	العربية
مدة المقرر	30 أسبوعاً
المتطلبات السابقة	مبادئ الكهرباء والإلكترونيات والرياضيات الأساسية

2. وصف المقرر

يتناول المقرر الترانزستورات وثنائيات الوصلة وعناصر القدرة الإلكترونية ودوائر الانحياز والتبديل وتنظيم الفولتية، ثم مكبر العمليات 741 وتطبيقاته الخطية وغير الخطية، والمذبذبات ومولدات الموجات والمؤقت 555 والمرشحات الفعالة. يركز على فهم التركيب والخصائص وتحليل الدوائر واستخراج معادلات الخرج والكسب والتردد، مع ربط النظري بالتطبيق العملي.

3. الهدف العام

إكساب الطالب المعارف والمهارات اللازمة لفهم مكونات الدوائر الإلكترونية وتحليلها وتصميم دوائر أساسية باستخدام الترانزستور ومكبر العمليات والمؤقتات والمذبذبات، مع إجراء الحسابات والقياسات بصورة منظمة وآمنة.

4.الأهداف التفصيلية

- التعرف على تركيب BJT واستخداماته ومناطق عمله.
- تحليل دوائر الانحياز والتبديل ومجهازات القدرة ومنظمات الفولتية.
- تمييز خصائص SCR و DIAC و TRIAC وتطبيقاتها.
- شرح تركيب مكبر العمليات 741 وخصائصه وحدود تشغيله.
- اشتقاق معادلات الخرج والكسب لدوائر مكبر العمليات الأساسية.
- تحليل المقارنات والتغذية الخلفية وقادح شميث.
- حساب ترددات المذبذبات ومولدات الموجات والنبضات.
- فهم المؤقت 555 والمرشحات الفعالة RC.
- تنمية مهارات قراءة المخططات والمحاكاة والقياس وتفسير النتائج.

5.مخرجات التعلم

- شرح تركيب العناصر الإلكترونية ووظائفها وخصائصها.
- حساب نقاط تشغيل الترانزستور وتحليل دوائر الانحياز والتبديل.
- مقارنة منظمات الفولتية وعناصر التحكم بالقدرة.
- اشتقاق معادلات الكسب والخرج لدوائر مكبر العمليات.
- تحليل دوائر المقارنة والهسترة والتغذية الخلفية.
- حساب التردد والزمن الدوري وعرض النبضة وفق معطيات الدائرة.
- تنفيذ أو محاكاة دائرة بسيطة وتوثيق النتائج ومناقشتها.

6.طرائق التدريس والتقويم

طرائق التدريس: محاضرة تفاعلية، شرح وحل مسائل، مناقشة، تحليل مخططات، تجربة مختبرية أو محاكاة، تعلم تعاوني. أساليب التقويم: اختبارات قبلية وبعديّة، امتحانات تحريرية، واجبات، تقارير مختبرية، نشاطات صفية ومشروع مصغر، وفق تعليمات القسم.

7. الخطة الأسبوعية 30 أسبوعاً

الأسبوع	المحاور	الموضوع
1	تركيب NPN و PNP، الأطراف، مناطق العمل، استخدامه مكبراً ومفتاحاً.	الترانزستور ثنائي الوصلة: (BJT) التركيب والاستخدامات
2	نقطة التشغيل Q ، انحياز القاعدة ومقسم الجهد والاستقرار.	دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة
3	التحكم بالخرج، تيار الحمل، التبديد الحراري والحماية.	مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور
4	عنصر التحكم المتصل على التوالي ومبدأ تثبيت الخرج.	منظمات الفولتية: منظم التوالي
5	عنصر التنظيم الموازي وتحديد التيار ومقارنته بمنظم التوالي.	منظمات الفولتية: منظمات التوازي
6	الأطراف، الحجب والتوصيل، القذح والإطفاء والتطبيقات.	التأثيرستور: التركيب والخصائص والتطبيقات
7	خصائص DIAC و TRIAC والتحكم بأحمال التيار المتناوب.	الداياك والتراياك: التركيب والخصائص والتطبيقات
8	التركيب والأطراف والقذح ومنحنى الخصائص والتطبيقات.	الموحدات السليكونية المحكومة SCR
9	تعريف المذبذب، شروط التذبذب ودور التغذية الراجعة.	المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية
10	المفهوم والأثر العام في الكسب والاستقرار والتطبيقات.	التغذية الخلفية الموجبة والسالبة
11	القطع والتشعب ومقاومة القاعدة وحماية الحمل.	الترانزستور كمفتاح
12	التبديل الدوري وشكل الخرج والزمن الدوري والتردد.	المذبذب عديم الاستقرار (Astable)
13	الحالات المستقرة واستجابة الدائرة للنبضة والاستخدامات.	المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار
14	الأطراف والتغذية والكسب المفتوح ومقاومة الدخل والخرج والحدود.	مكبر العمليات: 741 التركيب والخصائص
15	الدائرة العاكسة، الأرضي الافتراضي، $V_{out} = -(R_f/R_{in})V_{in}$.	مكبر العمليات القالب: معادلة الخرج والكسب
16	الدائرة غير العاكسة، $V_{out} = A_v V_{in}$ و $A_v = 1 + R_f/R_g$.	مكبر العمليات غير القالب: معادلة الخرج والكسب
17	$V_{out} = -R_f(V_1/R_1 + V_2/R_2 + \dots)$ وحالة تساوي المقاومات.	الجامع العاكس ومعادلة الخرج
18	جمع موزون للإشارات وفق شبكة المقاومات ومخطط الدائرة.	الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج
19	شرط نسب المقاومات ومعادلة الطرح القياسية.	مكبر العمليات الطارح: طرح فولتيتين
20	الدائرة والعلاقة المثالية. $V_{out} = -(1/RC) \int V_{in} dt$.	مكبر العمليات المكامل
21	الدائرة والعلاقة المثالية. $V_{out} = -RC(dV_{in}/dt)$.	مكبر العمليات المفاضل
22	مقارنة الدخل بالمرجع وحالات الخرج للمقارن العاكس وغير العاكس.	مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب
23	المقوم الدقيق باستخدام المكبر والدايود وحدود التطبيق.	مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد

24	الهسترة والعتبتان العليا والدنيا ومنحنى الانتقال.	قادح شमित :التحول الكاذب ورسم خواص التحول
25	مبادئ توليد الموجات وشبكات التغذية الراجعة والتوقيت.	مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات 741
26	التحفيز وعرض النبضة ودور عناصر RC.	مولد النبضة :المهتز أحادي الاستقرار
27	المكامل والمقارن وحساب التردد من معطيات الدائرة.	مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج
28	تنفيذ الجمع والطرح والتكامل والتفاضل بمكبر العمليات.	الحاسبة التناظرية :تصميمها
29	الأطراف والمكونات الداخلية وأنماط التوقيت وتطبيقاتها.	الموقت الزمني : 555 التركيب والتطبيقات
30	التمرير العالي والمنخفض وتردد القطع واستجابة التردد.	مرشحات RC الفعالة HPE : و LPF

8.الحقيبة الأسبوعية :أهداف ومحاضرة واختبار قبلي وبعدي

الأسبوع :1 الترانزستور ثنائي الوصلة : (BJT) التركيب والاستخدامات الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الترانزستور ثنائي الوصلة : (BJT) التركيب والاستخدامات.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

تركيب NPN و PNP، الأطراف، مناطق العمل، استخدامه مكبراً ومفتاحاً.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « الترانزستور ثنائي الوصلة : (BJT) التركيب والاستخدامات »؟

2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « الترانزستور ثنائي الوصلة : (BJT) التركيب والاستخدامات. »

3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3) أسئلة

1. اشرح المبدأ الأساسي في «الترانزستور ثنائي الوصلة: (BJT) التركيب والاستخدامات.»
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «الترانزستور ثنائي الوصلة: (BJT) التركيب والاستخدامات.»
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الترانزستور ثنائي الوصلة: (BJT) التركيب والاستخدامات»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 2 دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

نقطة التشغيل Q ، انحياز القاعدة ومقسم الجهد والاستقرار.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3) أسئلة:

1. ما المقصود بموضوع «دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة.»
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3) أسئلة:

1. اشرح المبدأ الأساسي في «دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة.»
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة.»
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «دوائر انحياز الترانزستور ثنائي الوصلة»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع 3: مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور

الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

التحكم بالخرج، تيار الحمل، التبديد الحراري والحماية.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «مجهزات القدرة المتغيرة باستخدام الترانزستور»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع 4: منظمات الفولتية: منظم التوالي

الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع منظمات الفولتية: منظم التوالي.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

عنصر التحكم المتصل على التوالي ومبدأ تثبيت الخرج.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «منظمات الفولتية: منظم التوالي»؟

2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «منظمات الفولتية: منظم التوالي».

3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «منظمات الفولتية: منظم التوالي».

2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «منظمات الفولتية: منظم التوالي».

3. حل مثالاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «منظمات الفولتية: منظم التوالي»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع 5: منظمات الفولتية: منظمات التوازي

الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع منظمات الفولتية: منظمات التوازي.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

عنصر التنظيم الموازي وتحديد التيار ومقارنته بمنظم التوالي.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « منظمات الفولتية :منظمات التوازي»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « منظمات الفولتية :منظمات التوازي.»
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « منظمات الفولتية :منظمات التوازي.»
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « منظمات الفولتية :منظمات التوازي.»
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « منظمات الفولتية :منظمات التوازي»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع 6: الثايرستور: التركيب والخصائص والتطبيقات الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الثايرستور: التركيب والخصائص والتطبيقات.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسة ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الأطراف، الحجب والتوصيل، القذح والإطفاء والتطبيقات.

نشاط صفّي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « الثايرستور :التركيب والخصائص والتطبيقات»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « الثايرستور :التركيب والخصائص والتطبيقات.»
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «التأثيرستور: التركيب والخصائص والتطبيقات».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «التأثيرستور: التركيب والخصائص والتطبيقات».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «التأثيرستور: التركيب والخصائص والتطبيقات»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 7 الدايك والتراياك: التركيب والخصائص والتطبيقات الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الدايك والتراياك: التركيب والخصائص والتطبيقات.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

خصائص DIAC و TRIAC والتحكم بأحمال التيار المتناوب.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «الدايك والتراياك: التركيب والخصائص والتطبيقات»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «الدايك والتراياك: التركيب والخصائص والتطبيقات».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «الدايك والتراياك: التركيب والخصائص والتطبيقات».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «الدايك والتراياك: التركيب والخصائص والتطبيقات».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الدايك والترايك: التركيب والخصائص والتطبيقات»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 8 الموحدات السليكونية المحكومة SCR

الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الموحدات السليكونية المحكومة SCR.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

التركيب والأطراف والقذح ومنحنى الخصائص والتطبيقات.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «الموحدات السليكونية المحكومة» SCR ؟

2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «الموحدات السليكونية المحكومة» SCR.

3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «الموحدات السليكونية المحكومة» SCR.

2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «الموحدات السليكونية المحكومة» SCR.

3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الموحدات السليكونية المحكومة» SCR ، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 9 المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية

الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

تعريف المذبذب، شروط التذبذب ودور التغذية الراجعة.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية»؟

2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية».

3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية».

2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية».

3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «المذبذبات: تعريفها والتغذية الخلفية»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 10 التغذية الخلفية الموجبة والسالبة

الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع التغذية الخلفية الموجبة والسالبة.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

المفهوم والأثر العام في الكسب والاستقرار والتطبيقات.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «التغذية الخلفية الموجبة والسالبة»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «التغذية الخلفية الموجبة والسالبة».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «التغذية الخلفية الموجبة والسالبة».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «التغذية الخلفية الموجبة والسالبة».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «التغذية الخلفية الموجبة والسالبة»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 11 الترانزستور كمفتاح

الأهداف التعليمية:

- (1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الترانزستور كمفتاح.
- (2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- (3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

القطع والتشبع ومقاومة القاعدة وحماية الحمل.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «الترانزستور كمفتاح»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «الترانزستور كمفتاح».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «الترانزستور كمفتاح».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «الترانزستور كمفتاح».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الترانزستور كمفتاح»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 12 المذبذب عديم الاستقرار (Astable) الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع المذبذب عديم الاستقرار. (Astable)
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

التبديل الدوري وشكل الخرج والزمن الدوري والتردد.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «المذبذب عديم الاستقرار» (Astable) ؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «المذبذب عديم الاستقرار» (Astable)
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «المذبذب عديم الاستقرار» (Astable)
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «المذبذب عديم الاستقرار» (Astable)
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «المذبذب عديم الاستقرار» (Astable) ، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 13 المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الحالات المستقرة واستجابة الدائرة للنبضة والاستخدامات.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «المذبذب أحادي الاستقرار وثنائي الاستقرار»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 14 مكبر العمليات: 741 التركيب والخصائص الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات: 741 التركيب والخصائص.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الأطراف والتغذية والكسب المفتوح ومقاومة الدخل والخرج والحدود.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات :741 التركيب والخصائص »؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات :741 التركيب والخصائص ».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات :741 التركيب والخصائص ».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات :741 التركيب والخصائص ».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات :741 التركيب والخصائص »، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 15 مكبر العمليات القالب :معادلة الخرج والكسب الأهداف التعليمية:

- (1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات القالب :معادلة الخرج والكسب.
- (2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- (3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الدائرة العاكسة، الأرضي الافتراضي، $V_{out} = -(R_f/R_{in})V_{in}$.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات القالب :معادلة الخرج والكسب»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات القالب :معادلة الخرج والكسب.»
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات القالب :معادلة الخرج والكسب.»
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات القالب :معادلة الخرج والكسب.»
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات القالب :معادلة الخرج والكسب»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 16 مكبر العمليات غير القالب :معادلة الخرج والكسب الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات غير القالب :معادلة الخرج والكسب.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الدائرة غير العاكسة، $V_{out} = A_v V_{in}$ و $A_v = 1 + R_f/R_g$

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات غير القالب :معادلة الخرج والكسب»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات غير القالب :معادلة الخرج والكسب.»
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات غير القالب :معادلة الخرج والكسب.»
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات غير القالب :معادلة الخرج والكسب.»
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات غير القالب :معادلة الخرج والكسب»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 17 الجامع العاكس ومعادلة الخرج الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الجامع العاكس ومعادلة الخرج.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

$$V_{out} = -R_f(V_1/R_1 + V_2/R_2 + \dots)$$

وحالة تساوي المقاومات.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « الجامع العاكس ومعادلة الخرج»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « الجامع العاكس ومعادلة الخرج.»
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « الجامع العاكس ومعادلة الخرج.»
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « الجامع العاكس ومعادلة الخرج.»
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الجامع العاكس ومعادلة الخرج»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 18 الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

جمع موزون للإشارات وفق شبكة المقاومات ومخطط الدائرة.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الجامع غير العاكس ومعادلة الخرج»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 19 مكبر العمليات الطارح: طرح فولتيتين الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات الطارح: طرح فولتيتين.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

شرط نسب المقاومات ومعادلة الطرح القياسية.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات الطارح :طرح فولتيتين»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات الطارح :طرح فولتيتين».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات الطارح :طرح فولتيتين».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات الطارح :طرح فولتيتين».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات الطارح :طرح فولتيتين»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 20 مكبر العمليات المكامل

الأهداف التعليمية:

- (1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات المكامل.
- (2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- (3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الدائرة والعلاقة المثالية. $V_{out} = -(1/RC) \int V_{in} dt$

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات المكامل »؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات المكامل ».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات المكامل ».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات المكامل ».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات المكامل »، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 21 مكبر العمليات المفاضل

الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات المفاضل.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الدائرة والعلاقة المثالية: $V_{out} = -RC(dV_{in}/dt)$

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات المفاضل »؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات المفاضل ».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات المفاضل. »
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات المفاضل. »
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات المفاضل »، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 22 مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب

الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

مقارنة الدخل بالمرجع وحالات الخرج للمقارن العاكس وغير العاكس.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب »؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب. »
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب. »
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب. »
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات المقارن الموجب والسالب »، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 23 مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

المقوم الدقيق باستخدام المكبر والدايود وحدود التطبيق.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع « مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد »؟

2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع « مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد ».

3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في « مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد ».

2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن « مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد ».

3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع « مكبر العمليات 741 في دوائر التوحيد »، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 24 قاذح شميت: التحول الكاذب ورسم خواص التحول الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع قاذح شميت: التحول الكاذب ورسم خواص التحول.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الهسترة والعتبتان العليا والدنيا ومنحنى الانتقال.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «قادح شमित: التحول الكاذب ورسم خواص التحول»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «قادح شमित: التحول الكاذب ورسم خواص التحول».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «قادح شमित: التحول الكاذب ورسم خواص التحول».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «قادح شमित: التحول الكاذب ورسم خواص التحول».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «قادح شमित: التحول الكاذب ورسم خواص التحول»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 25 مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات 741

الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات 741.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

مبادئ توليد الموجات وشبكات التغذية الراجعة والتوقيت.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات» 741 ؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات» 741
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات» 741
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات» 741
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «مولدات الموجة باستخدام مكبر العمليات» 741 ، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 26 مولد النبضة: المهتز أحادي الاستقرار الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مولد النبضة: المهتز أحادي الاستقرار.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

التحفيز وعرض النبضة ودور عناصر RC.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «مولد النبضة: المهتز أحادي الاستقرار»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «مولد النبضة: المهتز أحادي الاستقرار».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «مولد النبضة: المهتز أحادي الاستقرار».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «مولد النبضة: المهتز أحادي الاستقرار».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «مولد النبضة: المهتز أحادي الاستقرار»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 27 مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

المكامل والمقارن وحساب التردد من معطيات الدائرة.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «مولد الموجة المثلثة وحساب تردد الخرج»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 28 الحاسبة التناظرية: تصميمها الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الحاسبة التناظرية: تصميمها.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

تنفيذ الجمع والطرح والتكامل والتفاضل بمكبر العمليات.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «الحاسبة التناظرية: تصميمها»؟

2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «الحاسبة التناظرية: تصميمها».

3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «الحاسبة التناظرية: تصميمها».

2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «الحاسبة التناظرية: تصميمها».

3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الحاسبة التناظرية: تصميمها»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 29 الموقت الزمني: 555 التركيب والتطبيقات الأهداف التعليمية:

(1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع الموقت الزمني: 555 التركيب والتطبيقات.

(2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.

(3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

الأطراف والمكونات الداخلية وأنماط التوقيت وتطبيقاتها.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «الموقت الزمني: 555 التركيب والتطبيقات»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «الموقت الزمني: 555 التركيب والتطبيقات».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «الموقت الزمني: 555 التركيب والتطبيقات».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «الموقت الزمني: 555 التركيب والتطبيقات».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «الموقت الزمني: 555 التركيب والتطبيقات»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

الأسبوع: 30 مرشحات RC الفعالة HPE و LPF

الأهداف التعليمية:

- 1) أن يشرح الطالب المفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع مرشحات RC الفعالة HPE و LPF.
- 2) أن يحدد العناصر والرموز والخصائص الرئيسية ذات الصلة.
- 3) أن يحلل مخططاً أو مسألة تطبيقية مرتبطة بالموضوع ويبرر خطوات الحل.

ملخص المحاضرة:

التمرير العالي والمنخفض وتردد القطع واستجابة التردد.

نشاط صفي/عملي:

قراءة مخطط أو رسمه، وتحديد العناصر والأطراف، ثم حل مثال أو محاكاة الدائرة وتسجيل الملاحظات.

الاختبار القبلي (3 أسئلة):

1. ما المقصود بموضوع «مرشحات RC الفعالة HPE: و«LPF»؟
2. اذكر عنصرين أو مفهومين أساسيين يرتبطان بموضوع «مرشحات RC الفعالة HPE: و«LPF».
3. ما المعلومات أو القوانين التي تتوقع الحاجة إليها لتحليل هذا الموضوع؟

الاختبار البعدي (3 أسئلة):

1. اشرح المبدأ الأساسي في «مرشحات RC الفعالة HPE: و«LPF».
2. اذكر علاقة أو خاصية أو فرقاً مهماً ورد في المحاضرة عن «مرشحات RC الفعالة HPE: و«LPF».
3. حلل مثلاً أو ارسم مخططاً مبسطاً يوضح تطبيقاً لموضوع الأسبوع.

الواجب البيتي:

إعداد ملخص قصير لموضوع «مرشحات RC الفعالة HPE: و«LPF»، مع رسم المخطط المناسب وحل تمرين واحد يحدده التدريسي.

9.الاختبار القبلي العام

يُستخدم قبل بدء المقرر لتحديد المعرفة السابقة .الدرجة المقترحة 20 :درجة، درجتان لكل سؤال.

1.عرّف الترانزستور ثنائي الوصلة واذكر أطرافه.

2.ما المقصود بانحياز الترانزستور ونقطة التشغيل؟

3.ما وظيفة منظم الفولتية؟

4.ما المقصود بالتأثيرستور SCR ؟

5.عرّف التغذية الخلفية.

6.ما وظيفة مكبر العمليات؟

7.ما الفرق بين الدخل العاكس وغير العاكس؟

8.ما المقصود بالمذبذب الإلكتروني؟

9.ما وظيفة المؤقت 555 ؟

10.ما وظيفة المرشح الإلكتروني؟

10.الاختبار البعدي العام

يُستخدم بعد إكمال المقرر لقياس تحقق مخرجات التعلم .الدرجة المقترحة 30 :درجة، ثلاث درجات لكل سؤال.

1.اشرح تركيب BJT واستخدامه كمفتاح.

2.قارن بين منظم التوالي ومنظم التوازي.

3.وضح مبدأ عمل SCR وتطبيقاً له.

4.قارن بين التغذية الخلفية الموجبة والسالبة.

5.اشتق معادلة كسب المكبر العاكس.

6.اكتب معادلة كسب المكبر غير العاكس وشرح رموزها.

7.اكتب معادلة الجامع العاكس.

8.اشرح مبدأ مكبر الطرح وشرط نسب المقاومات.

9.اكتب العلاقة المثالية للمكامل والمفاضل.

10.اشرح عمل المقارن وقادح شमित وفائدة الهسترة.

11. التطبيقات العملية المقترحة

- فحص دائرة انحياز BJT وقياس جهود الأطراف.
- تنفيذ مفتاح ترانزستوري لحمل منخفض القدرة.
- محاكاة منظم فولتية توالي أو توازي وقياس تغير الخرج.
- تنفيذ مكبري العمليات العاكس وغير العاكس والجامع والطرح.
- دراسة استجابة المكامل والمفاضل للموجات القياسية.
- محاكاة المقارن وقادح شميث ورسم منحنى الهسترة.
- محاكاة مولد موجة أو نبضة باستخدام 741 أو 555.
- قياس استجابة مرشحي LPF و HPF وتحديد تردد القطع.

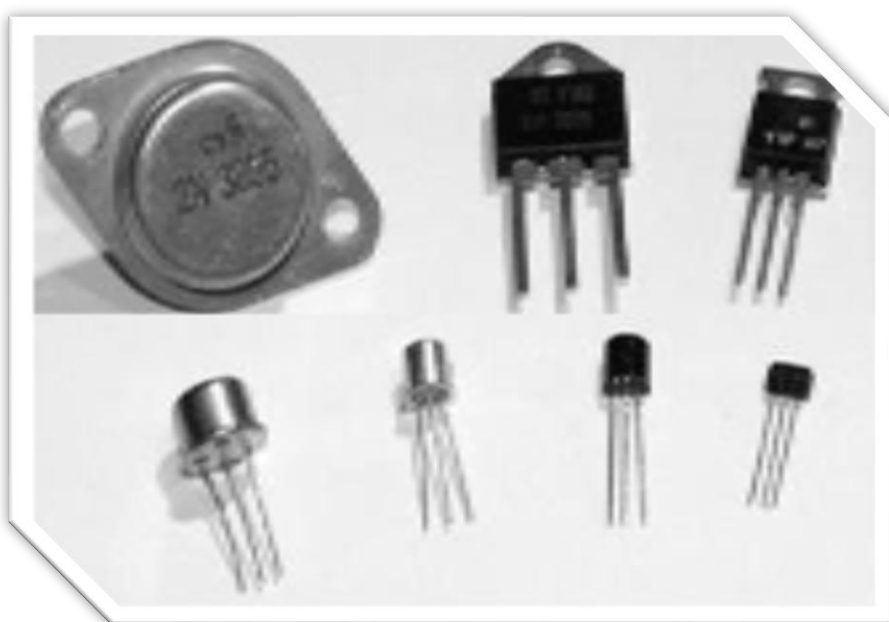
12. مشروع تطبيقي مصغر

تصميم أو محاكاة دائرة إلكترونية بسيطة باستخدام الترانزستور أو مكبر العمليات أو المؤقت 555. يتضمن التقرير: وصف الفكرة، مخطط الدائرة، قائمة العناصر، الحسابات، نتائج القياس أو المحاكاة، مقارنة النتائج النظرية والعملية، والاستنتاجات.

13. المصادر والمراجع المقترحة

- Boylestad & Nashelsky, Electronic Devices and Circuit Theory.
- Sedra & Smith, Microelectronic Circuits.
- David A. Bell, Electronic Devices and Circuits.
- Datasheets and application notes for $\mu A741$, NE555, BJT, SCR, DIAC and TRIAC.
- المحاضرات والمختبرات المعتمدة في القسم.

ترانزستورات ثنائية الوصلة *Bipolar Junction Transistors*



المحاضرة الاولى

- ❖ معرفة التركيب الداخلي للترانزستور .
- ❖ فهم عمل الترانزستور حسن طريقة انحيازه .
- ❖ التعرف على العامل بيتا والعامل الفا .

ماهو الترانزستور؟

ماهو مبدأ عمل الترانزستور ؟

ماهي مجالات استخدامات الترانزستور؟

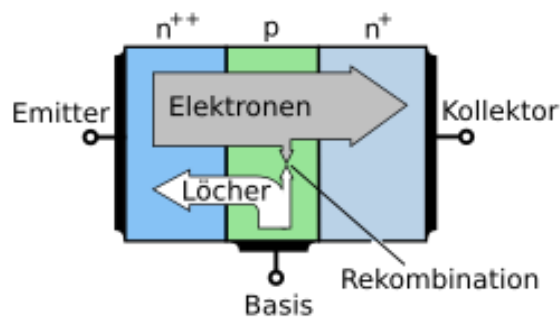
مفاهيم عامة

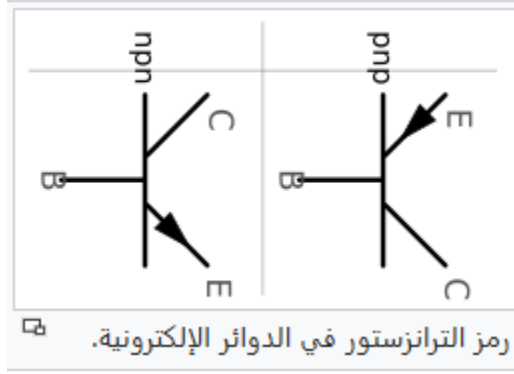
الترانزستور أو المِفْحَل: هو عنصر إلكتروني دقيق مصنوع من مواد شبه موصلة (مثل السيليكون أو الجرمانيوم)، ويُعدّ الأهم في تطوير الإلكترونيات الحديثة.

الأطراف والتركيب

يتكون الترانزستور العادي من ثلاثة أطراف رئيسية متصلة بطبقات شبه موصلة :

- الباعث (Emitter)
- المجمع (Collector)
- القاعدة (Base): الطرف المسؤول عن التحكم في تدفق التيار بين الطرفين الآخرين .





Types of Transistors (BJT, FET, MOSFET, IGBT & Special Transistors)



WWW.ELECTRICALTECHNOLOGY.ORG

استخدامات الترانزستور

- يستخدم الترانزستور كمضخم، حيث يمكن للترانزستور التحكم في التيار الكهربائي الكبير، حيث يستخدم لزيادة وتضخيم قوة الصوت و الراديو و التلفزيون و غيرها من الاشارات.
- يستخدم الترانزستور كمفتاح كهربائي حيث يمكن للترانزستور تشغيل و إيقاف الإشارات بسرعة عالية.
- يستخدم الترانزستور كمستشعر، حيث تتحكم الترانزستورات الضوئية في الإشارات الكهربائية عن طريق استشعار الضوء.
- تعتبر الأجهزة الباعثة للضوء لترانزستورات تعطي ضوءاً، أي أنها تستخدم في شاشات العرض.

ماهو الترانزستور؟

الترانزستور عبارة عن عنصر إلكتروني يتكون من ثلاث بلورات متصلة مع بعضها البعض، حيث تكون البلورتان الجانبيتان من نفس النوع، و البلورة الثالثة تكون فاصل بينهما و من نوع آخر. NPN -- PNP. النوع، و البلورة الثالثة تكون فاصل بينهما و من نوع آخر. حيث يصنع الترانزستور من مواد شبه موصلة (الجرمانيوم والسيليكون).

مما يتركب الترانزستور؟

كما ذكرنا سابقاً أن للترانزستور أنواع، و ذكرنا نوعين منها، سنتكلم عن تركيب كل نوع منهما.

1 - ترانزستور ثنائي القطبية : BJT يتكون من ثلاث طبقات من السيليكون شبه الموصل، طبقتين من النوع الموجب و واحدة من النوع السالب أو العكس. (NPN -- PNP)

و له ثلاثة أرجل، وهي الباعث ويرمز له بالرمز (E) ، القاعدة ويرمز لها بالرمز (B)، و المجمع ويرمز له بالرمز (C).

-ترانزستور NPN: يتركب من طبقتين من مادة سالبة بينهما طبقة رقيقة من مادة موجبة.

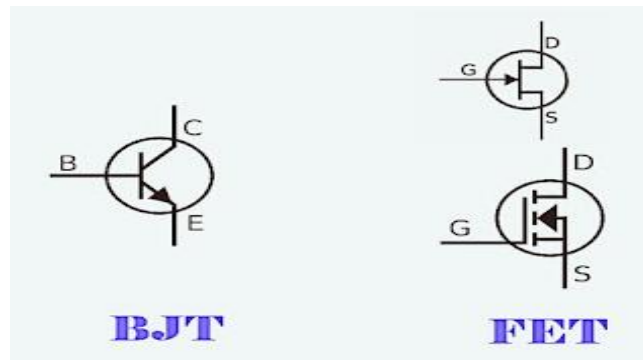
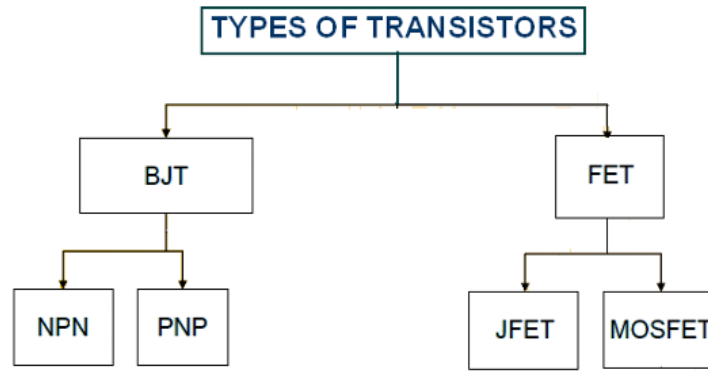
-ترانزستور PNP: يتركب من طبقتين من مادة موجبة بينهما طبقة من مادة سالبة.

يتم التحكم في ترانزستورات ثنائي القطبية من خلال تيار القاعدة، حيث يؤدي مرور تيار صغير في القاعدة إلى تدفق تيار كبير من المجمع إلى الباعث) من C إلى E

تعتبر ترانزستورات BJT الأقل تكلفة من بين أنواع الترانزستورات الأخرى و تتميز بتمرير تيارات ذات كثافة عالية تفوق كثافة التيارات التي تمررها ترانزستورات MOSFET.

2 - ترانزستور تأثير المجال : FET يتكون من ثلاث طبقات أيضاً من النوع الموجب والسالب، و له ثلاثة أرجل، وهي منبع (S)، و مصرف (D)، و بوابة (G).

بالنسبة لترانزستور تأثير المجال JFET فهو يتكون من بلورتين فقط، بلورة من النوع الموجب وأخرى من النوع السالب، و كذلك ترانزستور تأثير المجال لأشباه الموصلات المعدنية MOSFET له نفس مكونات ترانزستور تأثير المجال JFET .



تحيز الوصلة

تحيز الترانزستور هو تطبيق قيم للجهد الكهربائي المستمر على دبابيسه بهدف ضبط كفاءة عمله. يتكون الترانزستور ثنائي القطب من وصليتي سالب موجب، وتعني عملية التحيز تحديد قيمة الجهد المستمر الواجب تطبيقه على الباعث والقاعدة والمجمع من أجل تحيز

هاتين الوصلتين. توجد حالات مختلفة لتحيز الوصلتين، فقد حُيزت وصلة الباعث والقاعدة أمامياً ووصلة القاعدة والمجمع عكسياً، والعكس بالعكس ممكن، فتحيز الوصلة الأولى عكسياً والثانية أمامياً، وقد تحيز كلتا الوصلتان عكسياً معاً أو كلتاهما أمامياً معاً، ويتحدد نمط عمل الترانزستور حسب ذلك توجد 4 أنماط متاحة

1. وصلة القاعدة والباعث مُحيزَة أمامياً والقاعدة والمُجمع مُحيزَة عكسياً، يكون الترانزستور في نمط العمل الأمامي، ويعمل عندها مضخماً للتيار أو الجهد، حسب طريقة إعداد الوصلة. في هذا النمط، يحقن الباعث حوامل الشحنة الأكثرية إلى المُجمع عبر القاعدة، وتحدد نوعيّة حوامل الشحنة بنوعية الترانزستور، فهي الإلكترونات الحرة من أجل NPN، والثغرات الإلكترونية من أجل PNP.
2. وصلة الباعث والقاعدة مُحيزَة عكسياً والقاعدة والمجمع محيزة أمامياً، يكون الترانزستور في نمط العمل العكسي، ويمكن أن يعمل الترانزستور عندها مضخماً للتيار أو للجهد حسب طريقة إعداد الوصلة. في هذه الحالة يقوم المُجمع بحقن حوامل الشحنة الأكثرية إلى الباعث عبر القاعدة.
3. وصلتا الباعث والقاعدة مُحيزَتان أمامياً، ويكون الترانزستور عندها في نمط الإشباع. في هذه الحالة يقوم الباعث بحقن حوامل الشحنة الأكثرية إلى المجمع عبر القاعدة، ويقوم المجمع بحق حوامل الشحنة الأكثرية إلى الباعث عبر القاعدة، وتكون الوصلة الثلاثية مغمورة بحوامل الشحنات الأكثرية.
4. وصلتا الباعث والقاعدة محيزتان عكسياً، ويكون الترانزستور عندها في نمط القطع. يمكن أن يعمل الترانزستور مفتاحاً إلكترونياً عندما يُنقل نمط عمله بين القطع والإشباع. في هذه الحالة تستقبل القاعدة حوامل الشحنات الأقلية فقط من

الباعث والمجمع معاً، ويمر تيار تسريب صغير جداً في القاعدة، من مرتبة أمبير.

يجب الانتباه إلى أن عملية تحيز الترانزستور PNP معاكسة بقطبية الجهود المستعملة لعملية تحيز الترانزستور NPN

حالات تحيز وصلتي PN في الترانزستور ثنائي القطب حسب الجهود النسبية المطبقة على أقطابه

نوع الترانزستور	الجهود المطبق	تحيز الوصلة		نمط العمل
		B-E	B-C	
إن بي إن	$E < B < C$	أمامي	عكسي	فعال (المنطقة الأمامية)
	$E < B > C$	أمامي	أمامي	إشباع
	$E > B < C$	عكسي	عكسي	قطع
	$E > B > C$	عكسي	أمامي	فعال (المنطقة العكسية)
بي إن بي	$E < B < C$	عكسي	أمامي	فعال (المنطقة العكسية)
	$E < B > C$	عكسي	عكسي	قطع
	$E > B < C$	أمامي	أمامي	إشباع
	$E > B > C$	أمامي	عكسي	فعال (المنطقة الأمامية)

تيارات الوصلة

يمكن بتطبيق [قانون كيرشوف الأول](#) على الترانزستور ثنائي القطب، في الترانزستور NPN ، يدخل التيار من المجمع والقاعدة، ويخرج من الباعث، أما في الترانزستور PNP ، فيدخل من الباعث ويخرج من القاعدة والمُجمّع، وفي كلا الحالتين، يكون

تيار الباعث I_E مساوي لمجموع تيارَي المُجمع I_C والقاعدة I_B ، ويُعبّر عن ذلك رياضياً بالشكل: [84]

$$I_E = I_B + I_C$$

يُضاف لذلك أيضاً تيار الإشباع I_S وهو ذو قيمة صغيرة ضمن المجال $10^{-9} \leq I_S \leq 10^{-18}$ أمبير، وهذه القيمة مستقلة عن الجهد الخارجي المطبق ومتعلقة بدرجة الحرارة وبأبعاد منطقة العبور. [85]

العامل ألفا [عدل]

يُعرّف العامل ألفا الأمامي α_F بأنه النسبة بين تيار المجمع وتيار الباعث من أجل عمل الترانزستور في المنطقة الفعّالة الأماميّة، ويسمى أيضاً ربح التيار في وصلة القاعدة المشتركة، ويُوصف رياضياً عدد استعمال القيم المستمرة بالعلاقة: [85]

$$\alpha_F = \frac{I_C}{I_E}$$

أما عدد العمل استعمال القيم المتناوبة، فإنّ قيمة العامل بيتا تتعلّق بحركة نقطة العمل، وتُحسب عندها من أجل قيمة ثابتة لجهد المُجمّع والقاعدة، وتحدد قيمتان لتيارَي المجمع والباعث من أجل مجموعتين من قيم التحييز المختلفة، ثمّ يحسب فرق القيمتين من أجل كل تيار، أيّ $\Delta I = I_2 - I_1$ ، ويُعبّر رياضياً عن قيمة العامل ألفا كنسبة بين الفرقين بالشكل التالي: [86]

$$\alpha_F = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \right|_{V_{CB}=\text{constant}}$$

تكون قيمة العامل ألفا أصغر من الواحد دائماً، وتتراوح عادة 0.95 و 0.998. [85]

عدد عمل الترانزستور في النمط الفعّال الأمامي، يُستخدم العامل بيتا الأمامي β_F لوصف العلاقة بين التيارات، ويشار إليه أحياناً بالعامل بيتا فقط، ويُسمّى أيضاً في بعض المراجع ربح التيار الأمامي في وصلة الباعث المشترك، أو العامل h_{FE} ،^[87] ويُسمّى أيضاً عامل التضخيم. وهو النسبة بين تيار المُجمع وتيار القاعدة، ولا واحدة له، يُوصف هذا العامل رياضياً عند التحيز ترانزستور بالجهد المستمر بالعلاقة:^[88]

$$\beta_F = \frac{I_C}{I_B}$$

أمّا عند استعمال القيم المُتتالية، فإنّ قيمته تتعلّق بحركة نقطة العمل، وتُحسب عندها من أجل قيمة ثابتة لجهد المُجمع والباعث، ويُسمّى أيضاً العامل h_{fe} ،^[87] ويُعبّر رياضياً عن هذه العلاقة بالشكل التالي:^[89]

$$\beta_F = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE}=\text{constant}}$$

أمّا عند العمل بالنمط الفعّال العكسي، فيُعرّف العامل بيتا العكسي β_R وهو النسبة بين تيار الباعث وتيار القاعدة، يُوصف هذا العامل رياضياً عند العمل بنمط التيار المستمر بالعلاقة:^[81]

$$\beta_R = \frac{I_E}{I_B}$$

تكون قيمة العامل بيتا الأمامي مُرتفعة مقارنةً بالعامل ألفا الأمامي، وتعبّر عن نسبة تضخيم التيار، وتتراوح عادة بين 10 و 500.^[81] أمّا قيمة العامل بيتا العكسي فتكون صغيرة مقارنةً بعامل بيتا الأمامي، وتتراوح بين 0.1 و 5.^[90]

كلّها يمكن أن يُستخدم العامل بيتا الأمامي لوصف العلاقة بين تيار الباعث وتيار القاعدة وفق العلاقة التالية:^[91]

Go to

$$I_E = (1 + \beta) \cdot I_B$$

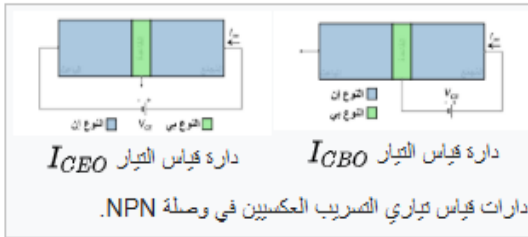
أخيراً، يُعرّف العامل ألفا العكسي α_R من خلال العلاقة التالية التي تربطه مع العامل بيتا العكسي:^[92]

$$\alpha_R = \frac{\beta_R}{1 - \beta_R}$$

وهذه العلاقة صحيحة أيضاً من عندما يكون العاملان أماميان معاً.^[85]

تيار التسريب العكسيان [عدل]

تيار التسريب العكسي ^[الإنجليزية] هو تيار كهربائي ناجم عن حركة الشحنات الأقلية عند التحيز العكسي لوصلة شبه موصل. ويُوصف هذا التيار بأنه عكسي لأن أثره يصبح واضحاً عند التحيز العكسي للوصلة، وترتبط قيمته بحوامل الشحنة المتولدة في منطقة العُيُور، لا بالجهد الكهربائي المُطبَّق على الوصلة. [73]



في ترانزستور ثنائي القطب من النوع NPN، يمرّ تيارا تسريب عكسيّان الأول بين المُجمِّع والقاعدة والثاني بين المُجمِّع والباعث، ويُمكن قياسهما من خلال تطبيق جهد كهربائي مناسب على الدبوسين المحتيين، وترك الدبوس الثالث بدون تطبيق أي جهد، أي ترك دارته مفتوحة. وهذان التياران هما: [93]

1. تيار التسريب العكسي بين المجمع والقاعدة مع باعث مفتوح I_{CBO} .

2. تيار التسريب العكسي بين المجمع والباعث مع قاعدة مفتوحة I_{CEO} .

يلعب كل من التيارين دوراً رئيسياً في تحديد الحدود التي تفصل بين منطقة القطع ومنطقة العمل الفعال في ميزة خرج الترانزستور. [94] تكون قيمة تيار التسريب العكسي بين المجمع والقاعدة مع باعث مفتوح I_{CBO} صغيرة من رتبة **الدانو أمبير**، [95] وتُتبع درجة الحرارة. [96]

يرتبط تيارا التسريب العكسيان مع بعضهما البعض بالعلاقة الرياضية: [97]

$$I_{CEO} = I_{CBO}(\beta + 1)$$

اسئلة المحاضرة الاولى

- 1- مم يتكون الترانزستور ؟
- 2- ماهو مفهوم العامل بيتا ؟
- 3- عدد انواع تيارات التسرب العكسي .

دوائر انحياز الترانزستور

المحاضرة الثانية

الاهداف التعليمية / انواع الانحيازات

- ❖ معرفة انواع الربط .
- ❖ فهم عمل الترانزستور حسن طريقة انحيازه .
- ❖ التعرف على العامل بيتا والعامل الفا .

دوائر انحياز الترانزستور

اعداد الوصلة

الترانزستور ثنائي القطب هو **عنصر إلكتروني** ثلاثي النهايات، دبابيسه هي القاعدة والباعث والمجمع. توجد دارتان منفصلتان في التطبيق العملي هما دارتا الدخل والخرج، أي توجد حاجة لأربعة أقطاب، يُستخدم اثنان منهما في دارة الدخل واثنان في دارة الخرج. ولكن وبما أن هذا الترانزستور له ثلاثة دبابيس فقط، فلا بد أن تشترك دارتا الدخل والخرج بأحد الأقطاب. تُصنّف وصلات الترانزستور بناءً على النهاية المشتركة بين الدارتين، وبناءً على ذلك، تُصنّف وصلات التغذية المُستعملة لتحفيز الترانزستور إلى ثلاث مجموعات:

- وصلة القاعدة المشتركة، وتكون القاعدة هي النقطة ذات الجهد المرجعي بين دارتي الدخل والخرج.

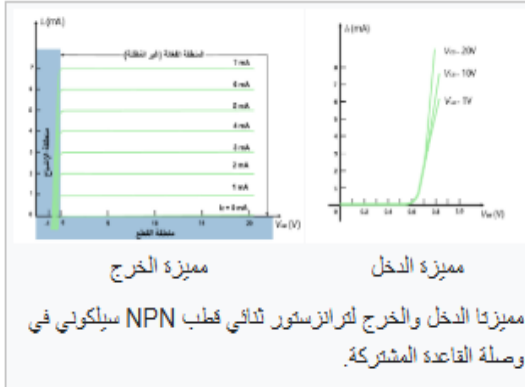
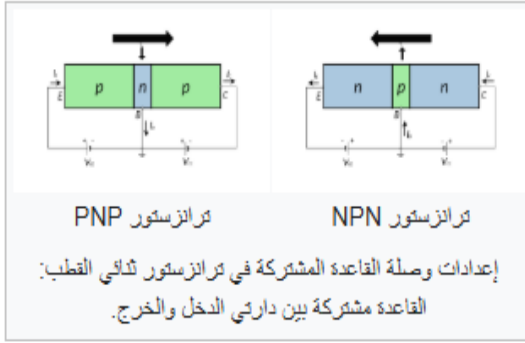
- وصلة الباعث المشترك، ويكون الباعث هي النقطة ذات الجهد المرجعي بين دارتي الدخل والخرج.
 - وصلة المُجمِّع المشترك، ويكون المُجمِّع هي النقطة ذات الجهد المرجعي بين دارتي الدخل والخرج.
- يكون لكل وصلة خواص مميزة، تشمل **الأرباح**، أي ربح الجهد والتيار والاستطاعة، وهي نسب بين القيم المدروسة في دارتي الدخل والخرج، و**معاوقتي الدخل والخرج**، وهي المعاوقة الكهربائية للدائرة منظورة من دارتي الدخل والخرج، بالإضافة مميّزة **عكس طور الإشارة**، أي حدوث فرق في طور الإشارة المدروسة بقيمة 180 درجة بين دارتي الدخل والخرج.

القاعدة المشتركة [عدل]

في وصلة **القاعدة المشتركة** [الإنجليزية] تكون القاعدة هي النقطة ذات الجهد المرجعي بين دارتي الدخل والخرج، وتشمل دائرة الدخل وصلة الباعث والقاعدة والتي تُحيزُ أمامياً. أما الوصلة الأخرى، والتي تشمل القاعدة والمُجمِّع، فتُحيزُ عكسياً، وتسمى دائرة الخرج. [101]

تُدرس هذه الوصلة بواسطة مجموعتين منفصلتين من المنحنيات، تضمّ المجموعة الأولى دائرة الدخل، ويجري فيها التركيز محددات الدخل، وتحديداً العلاقة بين تيار الباعث I_E ، الذي يُمثّل تيار الدخل، وفرق الجهد بين القاعدة والباعث V_{BE} ، من أجل قيم مختلفة للجهد بين الباعث والمجمّع V_{CE} وتسمى المنحنيات الناتجة مميّزة الدخل للترانزستور. أمّا في دائرة الخرج، فتدرس العلاقة بين تيار المجمّع I_C ، الذي يُمثّل تيار الخرج، وفرق الجهد بين القاعدة والمجمّع V_{CB} من أجل قيم مختلفة لتيار الباعث I_E . [102]

في ترانزستور NPN، تبدي منحنيات ميّزة الدخل سلوكاً مُرْكَباً، فطالما كانت قيمة جهد الدخل أقل من القيمة اللازمة للتغلب على جهد العبور في وصلة PN المُحيزَة أمامياً، فإنّ قيمة تيار الخرج تكون صفرية. أمّا عندما تكون قيمة جهد الدخل أكبر من قيمة عتبة العبور، فإنّ المنحني يسلك سلوكاً أسياً، وكلما كانت قيمة الجهد المُطبق لتحفيز دائرة الخرج عكسياً أكبر، كان الحدار منحنى ميّزة الدخل في القسم الأسّي أكبر. أمّا مميّزة الخرج. يجري تقسيم فضاء ميّزة الخرج إلى ثلاث مناطق متمايضة وهذه المناطق هي: [103]



1. **منطقة القطع:** وهي تظهر في المنطقة تحت الخط البياني الذي يمثل تيار دخلٍ صفري، أي $I_E = 0$ ، ويكون تيار الخرج في هذه الحالة مساوياً لتيار التسريب العكسي I_{CBO} ، لأن: [104]

$$I_C = \alpha \cdot I_E + I_{CBO}$$

ويكون الترانزستور في هذه المنطقة إذا اختبرت قيم الجهود لتحقيق تحيزاً عكسياً للوصلتين. [105]

2. **المنطقة الفعالة:** وتشغل هذه المنطقة معظم مساحة مميزة الخرج، وهي في الربع الأول من جملة الإحداثيات الديكارتية حيث تكون قيم المحورين الأفقي والشافولي موجبة، وفيها ومع زيادة قيمة تيار الباعث فوق الصفر، فإن تيار المُجمّع يزداد إلى قيمة مُقاربة له. أي يبدي تيار المُجمّع سلوكاً خطياً ذو ميل صفري تقريباً طالما كانت وصلة المجمع والقاعدة محيَزةً عكسياً، أي طالما كانت قيمة V_{CB} أكبر من الصفر. لا تتعلق قيمة تيار المُجمّع بفرق الجهد بين المجمع والباعث. [105]

3. **منطقة الإشباع:** وتظهر هذه المنطقة في القسم المُوافق لجهد خرج أصغر من الصفر، أي $V_{CB} < 0$ وفيها تتغير قيمة تيار الخرج كثيراً مع تغيير جهد الخرج. يكون الترانزستور في هذه المنطقة إذا اختبرت قيم الجهود لتحقيق تحيزاً أمامياً للوصلتين.

أما في ترانزستور PNP، فتربط مميزة الدخل بين الجهد بين الباعث والقاعدة V_{EB} ، وبين تيار الباعث I_E من أجل قيم مختلفة سالبة للجهد بين المُجمّع والقاعدة V_{CB} ، وتكون مميزة الدخل مشابهة في الترانزستور من النوع PNP مشابهة في شكلها لميزة الدخل في النوع NPN. في حين تُرسم مميزة الخرج في الربع الثالث من جملة الإحداثيات الديكارتية حيث تكون المحاور سالبة القيم، ويُمثل المحور الأفقي فرق الجهد بين القاعدة والمجمع V_{CB} ، والمحور الشافولي تيار المُجمّع I_C ، وذلك من أجل قيم مُختلفة لتيار الباعث I_E ، وتُقسم مميزة الخرج إلى مناطق القطع والعمل والإشباع بشكل مشابه للترانزستور NPN. [106]

قيمة مقاومة الدخل في هذا الإعداد صغيرة، ونتيجة لذلك، يظهر تيار الدخل I_E مع تطبيق جهود صغيرة على دارة الدخل. [105] لذلك، تستخدم هذه الوصلة مضخماً للجهد، والسبب في ذلك أن تيار الدخل فيها مساوٍ تقريباً إلى تيار الخرج، ولكن قيمة المقاومة منظورة من دارة الدخل أقل بصورة ملحوظة من المقاومة منظورة من دارة الخرج، وذلك بسبب التحيز العكسي والأمامي للوصلتين، ويسبب هذا تضخيماً للجهد بين دارتي الدخل والخرج.

في دائرة الترانزستور ذي القاعدة المشتركة إذا علم ان : تيار الباعث 3mA وتيار 2.94mA ومقاومة الدخول 500Ω ومقاومة الخروج 400KΩ جد ربح التيار و ربح الفولتية ؟ مع اهمال تيار التسريب للجامع .

الحل:

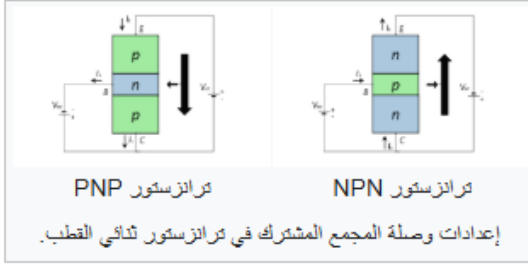
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{2.94}{3} = 0.98$$

$$V_{in} = I_E R_{in} = 3 \times 10^{-3} \times 500 = 1.5 \text{ volt}$$

$$V_{out} = I_C R_{out} = 2.94 \times 10^{-3} \times 400 \times 10^3 = 1176 \text{ volt}$$

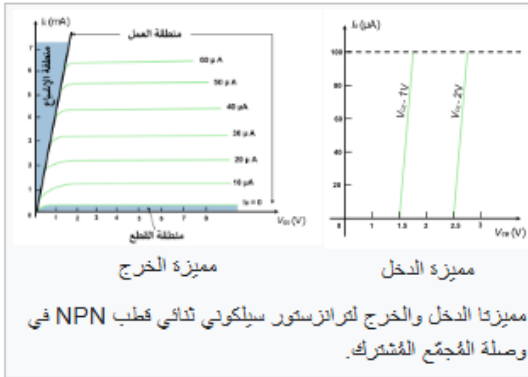
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1176}{1.5} = 784$$

المجمع المشترك [عدل]



يكون المجمع هو النقطة ذات الجهد المرحعي لدارتي الدخل والخرج في وصلة **المُجمع المشترك** ^[115]، وفيها تضم الدارة الأولى القاعدة والمجمع، أما الثانية، فتصل بين المجمع والباعث. ^[115] تُسمى هذه الوصلة أيضاً التابع الباعثي ^[116] (بالإنجليزية: **Emitter follower**). ^[117]

تُدرس هذه الوصلة بواسطة مجموعتين مُنفصلتين من الخطوط البيانية، تشمل الأولى مُحددات دارة الدخل، وتحديدًا العلاقة بين تيار القاعدة I_B ، الذي يُسمى أيضاً تيار الدخل، وفرق الجهد بين المجمع والقاعدة V_{CB} ، وذلك من أجل قيم مُختلفة للجهد بين الباعث والمجمع V_{CE} أما في دارة الخرج، فتدرس العلاقة بين تيار الباعث I_E ، ويسمى أيضاً تيار الخرج، وفرق الجهد بين المُجمع والباعث V_{CE} وذلك من أجل قيم مُختلفة لتيار القاعدة I_B . ^[118]



في ترانزستور NPN، تختلف ميزة الدخل في وصلة المُجمَع المشترك عن ميزة الدخل في وصلتي القاعدة المشتركة والباعث المشترك، فهي لا تبدي أي خاصية أسية، فمن أجل كل قيمة لفرق الجهد بين الباعث والقاعدة، تكون العلاقة بين جهد المجمع والقاعدة وتيار القاعدة خطية وذات ميل موجب، أي مع زيادة قيمة فرق الجهد بين المجمع والقاعدة تزداد قيمة تيار القاعدة بشكل خطي. ^[119] باستثناء كون تيار الخرج I_E بدلاً من I_C ، فإن المعلومات المستخلصة من ميزة الخرج في إعداد المجمع المشترك مُشابهة لتطبيقاتها في إعداد الباعث المشترك. ^[120] وذلك سواء في العلاقة بين تيارَي الدخل والخرج أو في تقسيم الميزة إلى مناطق القطع والفعالة والإشباع.

يُستخدم هذا الإعداد لأغراض مُطابقة **المعاوقة الكهربائية**، لامتلاك دارة الدخل قيمة معاوقة مرتفعة جداً، في حين تمتلك دارة الخرج قيمة معاوقة مُنخفضة، لذلك فإن باستطاعة الترانزستور في هذا الإعداد أن يلعب دور ربط بيني لمُتبع ذي معاوقة خرج مرتفعة وحمل ذي معاوقة دخل مُنخفضة. ^[121]^[122]

خصائص الوصلات المختلفة للترانزستور ثنائي القطب

المجمع المشترك	الباعث المشترك	القاعدة المشتركة	الخاصية
أقل من الواحد	مرتفع	مرتفع	ربح الجهد
مرتفع	مرتفع	أقل من الواحد	ربح التيار
مرتفع	مرتفع	معتدل	ربح الاستطاعة
لا	نعم	لا	انعكاس في الطور
مرتفعة	معتدلة	منخفضة	معاوقة الدخل

منخفضة	معتدلة	مرتفعة	معاوقة الخرج
--------	--------	--------	--------------

تحييز الترانزستور ^[عدل]

تحييز الترانزستور (بالإنجليزية: Transistor Biasing) هو تطبيق جهود كهربائية مستمرة وخارجية ويطبقة محددة على وصلي الترانزستور بغرض تشغيله في منطقة محددة، تظراً لأن الجهود المطبقة مستمرة، فإن العملية تُسمى أيضاً بالتحيز المستمر (بالإنجليزية: DC Biasing).^[123] إن الهدف الأساسي من عملية التحيز الحصول على قيمة محددة لتيار الخرج من أجل قيمة محددة لجهد الخرج، وتُمثل هاتان القيمتان بنقطة ديكرتية على ميزة الخرج تُسمى نقطة العمل أو النقطة الساكنة.^[124]

يجري تحليل دارة التحيز من خلال دراسة منفصلة لدارتي الدخل والخرج وكتابة المعادلات الرياضية المُعبّرة عن كل منهما، وهي العملية التي تسمى تحليل التحيز المستمر (بالإنجليزية: DC Biasing analyzing). يمكن استخدام المعادلات السابقة لتحديد العلاقة بين جهد الخرج وتيار الخرج من أجل قيمة محددة لجهد الدخل، وتسمى هذه العملية بتحديد نقطة العمل، ويجري اختيار هذه النقطة بما يتوافق مع نمط عمل المرغوب.

نقطة العمل ^[عدل]

نقطة العمل (بالإنجليزية: Operating point) أو النقطة الساكنة (بالإنجليزية: Quiescent Point) هي زوج من القيم التي تمثل جهد وتيار الخرج (I_O, V_O) على ميزة خرج الترانزستور.^[124] يرتبط تحديد نقطة العمل بالطريقة التي يُراد أن يعمل الترانزستور فيها، فإذا كان الهدف هو عمله مضخماً للإشارات الصغيرة، فإن اختيار عناصر الدارة يجب أن يحقق نقطة ضمن المنطقة الفعّالة.^[14] أما إذا كان المرغوب عمل الترانزستور قاطعاً إلكترونياً، فإن اختيار العناصر يجب أن يحقق نقطة عمل تنتقل بين منطقتي القطع والإشباع.^[113]

تُحدّد نقطة العمل من خلال تحييز وصلي PN في الترانزستور، وتشمل عملية التحيز اختيار قيم العناصر الإلكترونية التي تجعل من نقطة العمل في الموقع المناسب الذي يتوافق مع عرض الدارة.^[125]

تحديد نقطة العمل [عدل]

تحديد موقع نقطة العمل هو معرفة إحداثياتها الديكارتية على مخطط مميزة الخرج الخاصة بالترانزستور. ولتحقيق ذلك، يجب دراسة دارتي الدخل والخرج حسب إعدادات الوصلة المستعملة، وحساب وإيجاد معادلة تيار الدخل والمعادلة التي تربط جهد الخرج بتيار الخرج، ثم حساب هذه القيم من أجل قيم محددة للعاملين ألفا β وبيتا α ولعناصر الدارة المستعملة. [125]

يُحِيزُ الترانزستور لتحديد نقطة عمله، وتُتبع الخطوات التالية لتحيزه: [127]

1. دراسة دارة الدخل، وحساب تيار الدخل I_i ، باستخدام قانون كيرشوف الثاني، والذي تكون معادلته من الشكل:

$$I_i = \frac{f(V)}{f(R)}$$

وفيها تُمثل $f(V)$ علاقة بين الجهود الكهربائية في دارة الدخل، و $f(R)$ علاقة بين المقاومات فيها.

2. تحديد الخط البياني المتوافق مع قيمة تيار الدخل في ميزة الخرج، إذا كانت قيمة تيار الدخل أصغر من الصفر، فالترانزستور في منطقة القطع.

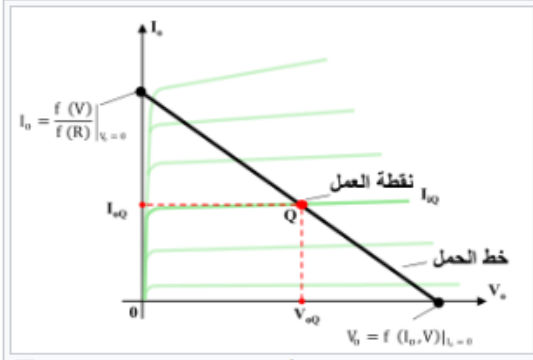
3. دراسة دارة الخرج وإيجاد العلاقة بين تيار الخرج I_o وجهد الخرج V_o ، باستعمال قانون كيرشوف الثاني، وتكون المعادلة من الشكل:

$$V_o = f(I_o)$$

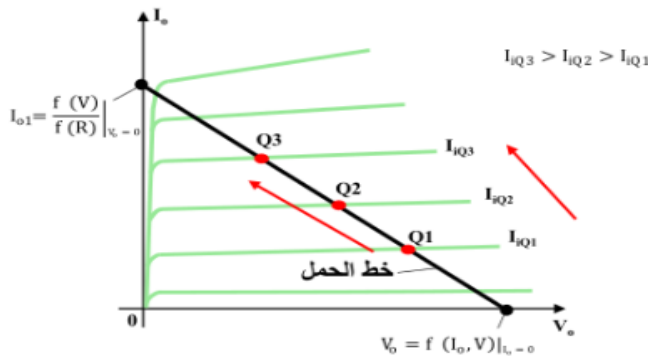
تكون هذه المعادلة من الدرجة الأولى، أي أنها تمثل مستقيماً في المستوي الديكارتية.

4. رسم المستقيم السابق على ميزة الخرج، ويسمى خط الحمل (بالإنجليزية: Load line)، وهو مستقيم يربط بين جهد الخرج وأعظم تيار خرج ممكن موافق. [128]

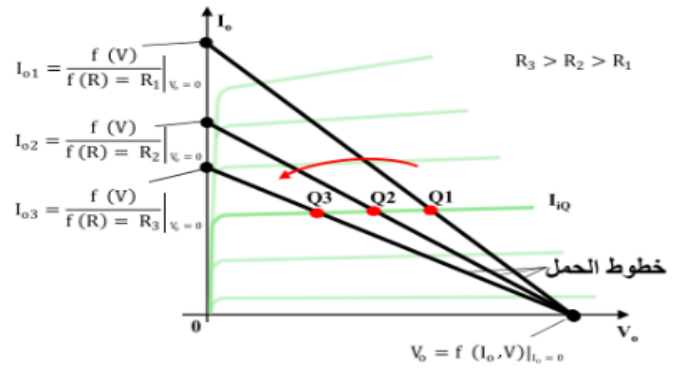
5. نقطة العمل هي نقطة تقاطع خط الحمل مع الخط البياني المتوافق مع قيمة تيار الدخل. [129]



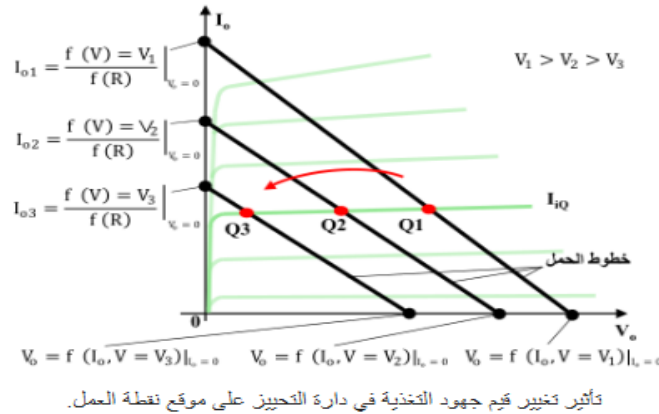
كيفية تحديد نقطة العمل رياضياً من خلال تقاطع خط الحمل مع أحد الخطوط البيانية لتيار الدخل في ميزة الخرج. [126]



تأثير تغيير قيمة تيار الدخل في دائرة التحيز على موقع نقطة العمل.



تأثير تغيير مقاومات دائرة التحيز على موقع نقطة العمل.



تأثير تغيير قيم جهود التغذية في دائرة التحيز على موقع نقطة العمل.

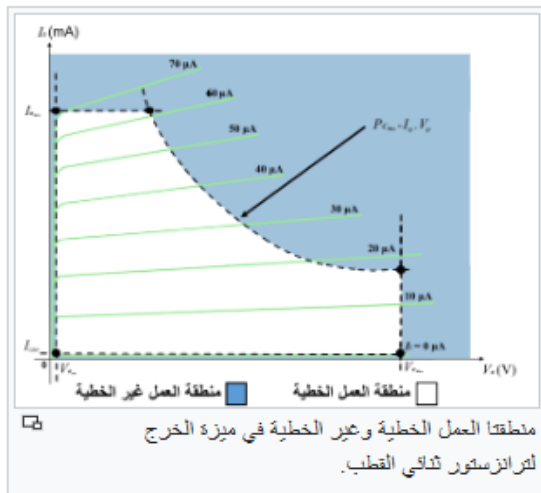
Act
Go 1

تحديد منطقة العمل [عدل]

يكون لعمل الترانزستور ضمن الدارة الإلكترونية حدود فيزيائية لا يمكن تجاوزها، تُحدد هذه الحدود منطقة عمل تسمى منطقة العمل الخطية، فإذا كانت نقطة العمل ضمن المنطقة الخطية، يكون التشوه في الإشارة صغيراً أو معدوماً، أما إذا كانت نقطة العمل في المنطقة غير الخطية، فإن تشوه الإشارة يكون كبيراً، وقد تسبب شروط العمل في المنطقة غير الخطية ضرراً دائماً في الترانزستور. [130]

إن أقصى تيار خرج يمكن أن يتحمله الترانزستور ويحافظ على الخاصية الخطية هو تيار الخرج الأعظمي I_{oMax} ، في حين تكون قيمة أدنى تيار في المنطقة الخطية هي تيار التسريب العكسي الذي يتحدد حسب إعداد الوصلة. أما أدنى جهد خرج في المنطقة الخطية فيسمى جهد الإشباع V_{oSat} ، وإذا كانت قيمة جهد الخرج أقل من هذه العتبة، فإن الترانزستور يعمل في نمط الإشباع. أما أقصى جهد خرج للترانزستور من أجل الحفاظ على نقطة العمل في المنطقة الخطية، فيسمى جهد الخرج الأعظمي V_{oMax} ، وتتحدد قيم هذه العتبات في ورقة بيانات [الإنجليزية] الترانزستور. بالإضافة للشترطين السابقين، لا يمكن أن يبذل الترانزستور استطاعة حرارية أعلى من حد معين

هو $P_{oMax} = V_o \cdot I_o$ ، وعادة ما يُحدد هذا الحد من ورقة بيانات العنصر، على أي حال، فإن جميع النقاط في ميزة الخرج (I_o, V_o) التي تحقق العلاقة السابقة تُشكل حداً علوياً لمنطقة العمل الخطية. [131]



دارات تحييز الترانزستور [عدل]

دائرة التحييز لوصلة القاعدة المشتركة [عدل]

في دائرة التحييز الخاصة بوصلة القاعدة المشتركة تكون القاعدة هي النهاية المشتركة بين دارتي الدخل والخرج. تضم دائرة الدخل وصلة الباعث والقاعدة، ويجري تحييزها أماميًا باستخدام مولد جهده V_{EE} ، ويكون تيار الدخل هو I_E ، أما دائرة الخرج فتضم وصلة المُجمِّع والقاعدة، وتحييز عكسيًا باستعمال مولد جهده V_{CC} ويكون تيار الخرج هو I_C .^[132]

يجري التحليل المستمر للدائرة كما يلي:^[133]

1. تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دائرة الدخل، ويمكن كتابة المعادلة:

$$-V_{EE} + I_E R_E + V_{BE} = 0$$

أي:

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

2. حساب قيمة تيار المجمع حسب العلاقة:

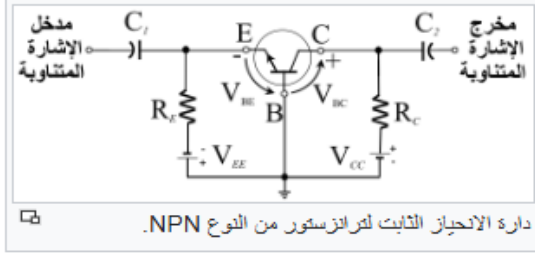
$$I_C = \alpha \cdot I_E$$

3. تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دائرة الخرج، ويمكن كتابة المعادلة:

$$-V_{CC} + I_C R_C - V_{CB} = 0$$

أي:

$$V_{CB} = I_C R_C - V_{CC}$$



دائرة التحيز الثابت (بالإنجليزية: Fixed-Bias Circuit) هي دائرة تحيز لترانزستور ثنائي القطب بوصلة الباعث المشترك، يُوصل المُجمَع والقاعدة إلى جهد تغذية V_{CC} عبر مقاومتين هما R_B و R_C على الترتيب، أما الباعث فيُؤرّض. تستعمل هذه الوصلة عند عمل الترانزستور مُضخماً، وعندها تُمرّر إشارة الدخل المتناوبة من القاعدة للحصول على إشارة الخرج المضخّمة من المجمع. يكون جهد التغذية V_{CC} هو الجهد المطبق في دراتي الدخل والخرج، اللتان تُسميان على الترتيب دائرة القاعدة والباعث ودائرة المجمع والباعث. يكون تيار دائرة الدخل هو تيار القاعدة I_B أما تيار دائرة الخرج فهو تيار المجمع I_C . [134]

يجري التحليل المستمر للدّارة كما يلي: [135]

1. تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دائرة الدخل، ويمكن كتابة المعادلة:

$$+V_{CC} - I_B \cdot R_B - V_{BE} = 0$$

أي:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

2. تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دائرة الخرج فيمكن كتابة المعادلة:

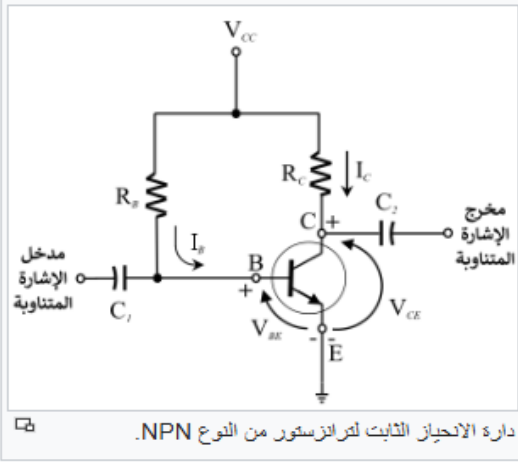
$$+V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} = 0$$

أي:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

3. أما تيار الخرج من أجل جهد V_{CE} صفري، والذي يُسمّى أيضاً تيار الإثباع $I_{C_{sat}}$ فيحسب بالعلاقة: [136]

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$



دائرة التحيز ذات الباعث المستقر [عدل]

دائرة التحيز ذات الباعث المستقر (بالإنجليزية: Emitter-stabilized bias circuit) هي دائرة تحيز لترانزستور ثنائي القطب بوصلة الباعث المشترك. تتشابه هذه الدارة في بنيتها مع دائرة التحيز الثابت، مع فرق وحيد هو زيادة مقاومة ذات قيمة صغيرة، توصل بين الباعث والأرضي هي R_E . تكون دائرة التحيز ذات الباعث المستقر أكثر استقراراً بالنسبة لتغيرات درجة الحرارة مقارنة مع دائرة التحيز الثابت. [137]

يجري التحليل المستمر للدائرة كما يلي: [138]

1. من دائرة الدخل، بتطبيق قانون كيرشوف الثاني، يُمكن كتابة المعادلة التالية:

$$+V_{CC} - I_B \cdot R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

مع اعتبار أن:

$$I_E = (\beta + 1)I_B$$

يكون:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

2. من دائرة الخرج، بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على، يمكن كتابة المعادلة:

$$+V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} - I_E R_E = 0$$

مع اعتبار أن: $I_C \approx I_E$ ، يمكن كتابة المعادلة:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

3. أما تيار الخرج من أجل جهد V_{CE} صفري، والذي يُسمى أيضاً تيار الإشباع $I_{C_{sat}}$ فيُحسب بالعلاقة: [139]

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

Ac

دائرة التحيز بمقسم الجهد [عدل]

دائرة التحيز بمقسم الجهد (بالإنجليزية: Voltage-divider bias circuit) هي دائرة تحيز لترانزستور ثنائي القطب بوصلة الباعث المشترك. إن المشكلة الأساسية دائرة التحيز بالباعث الثابت هو ارتباط كل من تيار الخرج وجهد الخرج بالعامل بيتا، الذي يكون بدوره حساساً لدرجة الحرارة، خاصة في الترانزستورات السيليكونية. تؤمن دائرة التحيز بمقسم الجهد دائرة تحيز يكون جهد الخرج وتياره مُستقلين عن العامل بيتا. يجري توصيل جهد التغذية نفسه V_{CC} إلى دارتي الدخل والخرج، في دائرة الدخل، تُوصل القاعدة بين مقاومتين لمقسم جهد، هما على الترتيب R_1 و R_2 . أما في دائرة الخرج فيجري توصيل جهد التغذية إلى المُجموع عبر مقاومة المجمع R_C والباعث إلى الأرضي عبر مقاومة الباعث R_E . [140]

يجري التحليل المستمر للدائرة كما يلي: [141]

1. حسب نظرية ثيفين، يُستعاض عن مقسم الجهد بمصدر جهد ثيفين ومقاومة ثيفين، وتحسب قيمتهما باستعمال العلاقتين:

$$R_{TH} = R_1 || R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

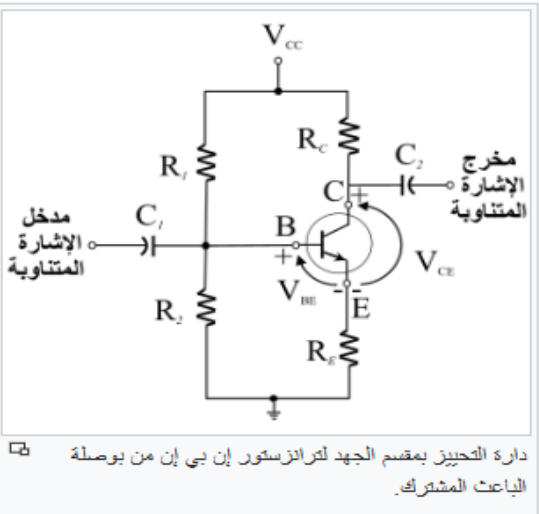
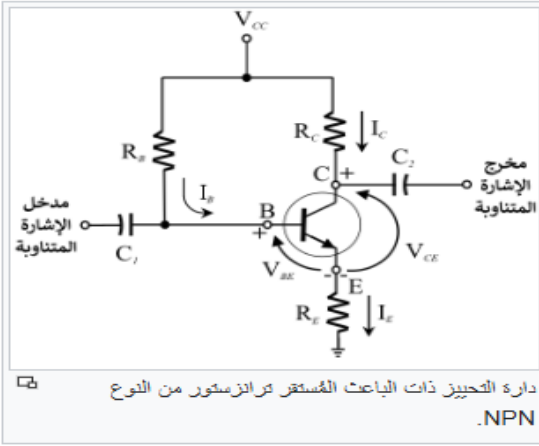
$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC}$$

2. بعد ذلك، يجري استبدال مُقسم الجهد بمقاومة ثيفين ومتبعه. ومع $I_E = (\beta + 1) \cdot I_B$ تُصبح معادلة دائرة الدخل:

$$V_{TH} - I_B \cdot R_{TH} - V_{BE} - (\beta + 1) \cdot I_B \cdot R_E = 0$$

فيكون:

$$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) \cdot R_E}$$



3. في دائرة الخرج، تكون المعادلة حسب قانون كيرشوف التالي:

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} - I_E \cdot R_E = 0$$

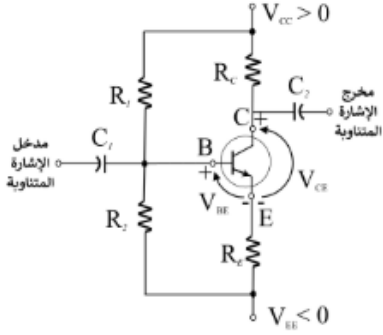
مع اعتبار أن: $I_C \approx I_E$ ، يمكن كتابة المعادلة بالشكل التالي:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E)$$

4. أما تيار الإشباع $I_{C_{sat}}$ فيُحسب بالعلاقة: [142]

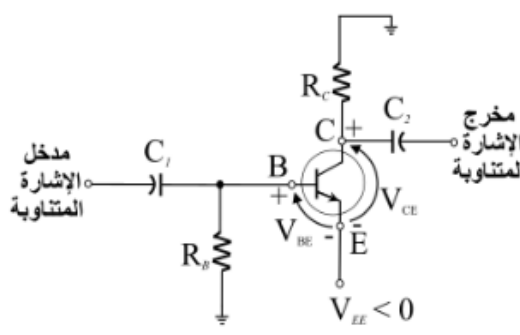
$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

دوائر تحييز أخرى [عدل]

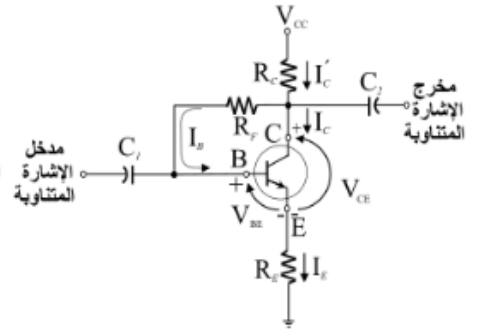


دائرة تحييز باستخدام مقسم الجهد مع منبعي
تغذية لترانزستور من النوع NPN بوصلة

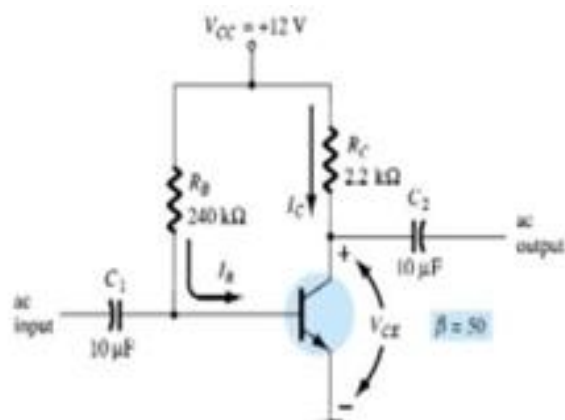
41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0



دائرة تحييز أخرى لترانزستور من النوع NPN بوصلة الباعث
المشترك.



دائرة التحييز بالتغذية العكسية لترانزستور NPN من
بوصلة الباعث المشترك.



EXAMPLE مثال

في الدائرة الموضحة أدناه احسب

$$I_{BQ}, I_{CQ}, V_{CEQ}, V_B, V_C, V_{BC}$$

Solution

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{240 \text{ k}\Omega} = 47.08 \text{ }\mu\text{A}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = (50)(47.08 \text{ }\mu\text{A}) = 2.35 \text{ mA}$$

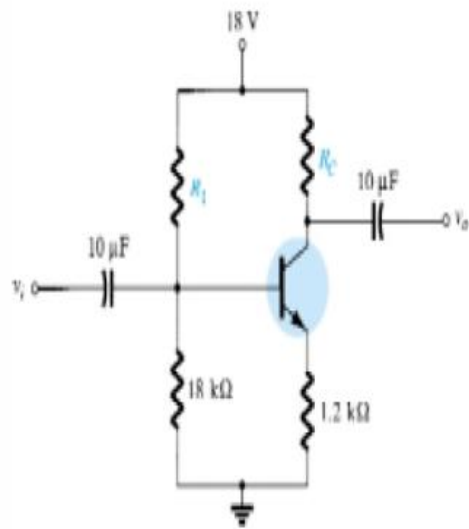
$$\begin{aligned} V_{CEQ} &= V_{CC} - I_{CQ} R_C \\ &= 12 \text{ V} - (2.35 \text{ mA})(2.2 \text{ k}\Omega) \\ &= 6.83 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_B = V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$V_C = V_{CE} = 6.83 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} V_{BC} &= V_B - V_C = 0.7 \text{ V} - 6.83 \text{ V} \\ &= -6.13 \text{ V} \end{aligned}$$

مثال EXAMPLE



في الدائرة الموضحة أعلاه إذا علمت أن $V_{CEQ} = 10\text{ V}$, و $I_{CQ} = 2\text{ mA}$ احسب R_c و R_1

Solution

$$V_E = I_E R_E \cong I_C R_E$$

$$= (2\text{ mA})(1.2\text{ k}\Omega) = 2.4\text{ V}$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.7\text{ V} + 2.4\text{ V} = 3.1\text{ V}$$

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = 3.1\text{ V}$$

$$\frac{(18 \text{ k}\Omega)(18 \text{ V})}{R_1 + 18 \text{ k}\Omega} = 3.1 \text{ V}$$

$$324 \text{ k}\Omega = 3.1R_1 + 55.8 \text{ k}\Omega$$

$$3.1R_1 = 268.2 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{268.2 \text{ k}\Omega}{3.1} = \mathbf{86.52 \text{ k}\Omega}$$

$$R_C = \frac{V_{R_C}}{I_C} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C}$$

$$V_C = V_{CE} + V_E = 10 \text{ V} + 2.4 \text{ V} = 12.4 \text{ V}$$

$$R_C = \frac{18 \text{ V} - 12.4 \text{ V}}{2 \text{ mA}}$$

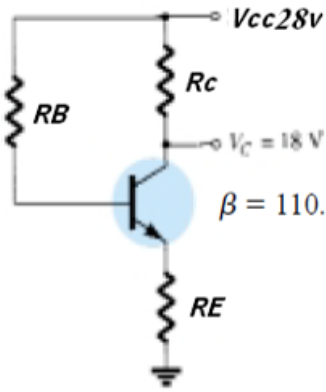
$$= \mathbf{2.8 \text{ k}\Omega}$$

EXAMPLE مثال

في دائرة الترانزستور هيئة انجياز الباعث تملك المواصفات التالية

$$I_{CQ} = \frac{1}{2} I_{C_{sat}}, I_{C_{sat}} = 8 \text{ mA}, \quad V_C = 18 \text{ V}, \quad \beta = 110.$$

احسب R_C , R_E , R_B .



$$I_{CQ} = \frac{1}{2} I_{C_{sat}} = 4 \text{ mA}$$

$$R_C = \frac{V_{R_C}}{I_{CQ}} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_{CQ}} = \frac{28 \text{ V} - 18 \text{ V}}{4 \text{ mA}} = 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

$$R_C + R_E = \frac{V_{CC}}{I_{C_{sat}}} = \frac{28 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 3.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 3.5 \text{ k}\Omega - R_C = 3.5 \text{ k}\Omega - 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$= 1 \text{ k}\Omega$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{4 \text{ mA}}{110} = 36.36 \mu\text{A}$$

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

$$R_B + (\beta + 1)R_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{BQ}}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{BQ}} - (\beta + 1)R_E$$

$$= \frac{28 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{36.36 \mu\text{A}} - (111)(1 \text{ k}\Omega)$$

$$= \frac{27.3 \text{ V}}{36.36 \mu\text{A}} - 111 \text{ k}\Omega$$

$$= \frac{27.3 \text{ V}}{36.36 \mu\text{A}} - 111 \text{ k}\Omega$$

$$= 639.8 \text{ k}\Omega$$

جامعة الفرات الاوسط التقنية

المعهد التقني النجف

قسم تقنيات الاجهزة الطبية

المرحلة الثانية

دوائر الكترونية

معدات القدرة المستمرة D C. Power supplies



اعداد

سندس عبد المنعم

معدات القدرة المستمرة D C. Power supplies

معدات القدرة المستمرة هي دوائر إلكترونية تقوم بتحويل طاقة التيار المتردد (AC) إلى تيار مستمر (DC) لتغذية معظم الأجهزة الإلكترونية مثل أجهزة التلفزيون والحواسيب والأجهزة الطبية. تعمل هذه المعدات عبر مراحل متعددة تشمل التحويل والتنظيم، وتتميز بقدرتها على الحفاظ على جهد خرج ثابت بغض النظر عن التغيرات في جهد الدخل أو مقاومة الحمل، مما يضمن عمل الأجهزة بكفاءة واستقرار.

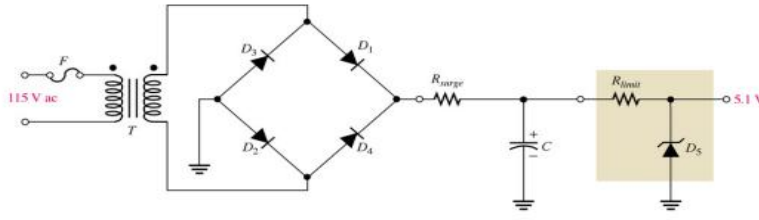
وظيفة معدات القدرة المستمرة:

- **توفير طاقة مستقرة:** توفر طاقة ذات جهد مستمر ثابت ومستقر لعمل الأجهزة الإلكترونية الحساسة التي لا يمكنها العمل بالتيار المتردد مباشرة.
- **التحويل بين أنواع التيار:** تقوم بتحويل التيار المتردد (AC) إلى تيار مستمر (DC)، مما يوسع نطاق استخدام مصادر الطاقة التقليدية في تطبيقات الأجهزة الإلكترونية.

كيف تعمل معدات القدرة المستمرة؟

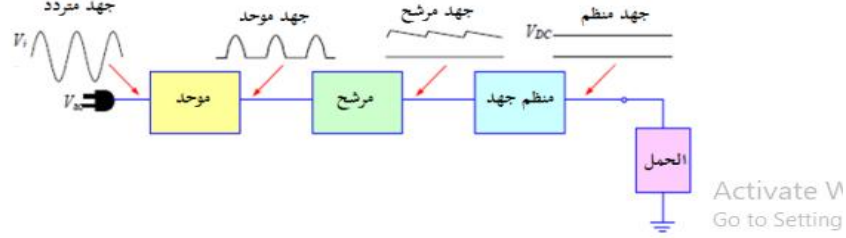
تعمل معدات القدرة المستمرة بشكل عام عبر عدة مراحل أساسية:

1. **التحويل:** يتم تحويل التيار المتردد إلى جهد مختلف (عادةً خفض) باستخدام المحولات.
2. **التقويم (التحويل إلى تيار مستمر):** تُستخدم دوائر التقويم (باستخدام ثنائيات) لتحويل التيار المتردد إلى تيار نبضي مستمر.
3. **التنعيم (التصفية):** يتم استخدام مكثفات لتنعيم وتقليل تموجات الجهد الناتجة عن مرحلة التقويم، مما يقرب الجهد من شكل التيار المستمر المثالي.
4. **التنظيم:** تقوم دوائر تنظيم الجهد بتثبيت جهد الخرج عند قيمة ثابتة ومحددة، وذلك باستخدام مكونات مثل منظمات الزينر أو دوائر تنظيم متطورة، لضمان تزويد الجهاز بجهد مستقر.



شكل 8-7 جهاز قدرة

كما ويبين الشكل (9-7) شكل الموجة الكهربائية بعد خروجها من كل مرحلة من مراحل جهاز القدرة.



أهمية معدات القدرة المستمرة:

- مصدر الطاقة للأجهزة الإلكترونية: تُعد ضرورية لتشغيل معظم الأجهزة الإلكترونية الحديثة.
- الحفاظ على استقرار الجهد: تضمن الحفاظ على جهد ثابت ومستقر للدوائر الإلكترونية، حتى عند تغير ظروف التشغيل مثل قيمة تيار الحمل.
- الحماية: تحمي المكونات الإلكترونية الحساسة من التغيرات المفاجئة في الجهد أو التيار.

أنواع معدات القدرة المستمرة:

- معدات قدرة خطية: توفر جهد خرج مستقرًا جدًا، لكنها أقل كفاءة، وتنفد الطاقة على شكل حرارة.
- معدات قدرة تبديلية: (Switched-mode power supplies) تعتبر أكثر كفاءة في تحويل الطاقة وتوليد الحرارة بشكل أقل، وتستخدم على نطاق واسع في الأجهزة الحديثة.

مجهزات القدرة power supplies:

ان الحصول على القدرة المستمرة من خط القدرة المتناوب باستخدام المقومات مع المرشحات من اكثر الوسائل ملائمة واكثرها اقتصاداً وقدتم دراسة الدوائر الاساسية للمقوم بما فيها مقوم نصف الموجة الكاملة بنوعية .

مجهز القدرة المقاومة

١- مجهز القدرة باستخدام مقاومة متغيرة .

٢- باستخدام ترانزستور مع مقاومة متغيرة .

٣- باستخدام ربط دار لنكتون مع مقاومة متغيرة .

وتسمى هذه المجهزات بالمجهزات غير منظمة للأسباب التالية :

١- تتغير فولتية الخرج اذا تغيرت فولتية الدخل من المصدر

٢- تتغير فولتية الخرج اذا تغير الحمل

٣- جهد التمرج في الخرج يكون بتردد (100 HZ) للمجهزات التي تتغذى من المصادر ذات

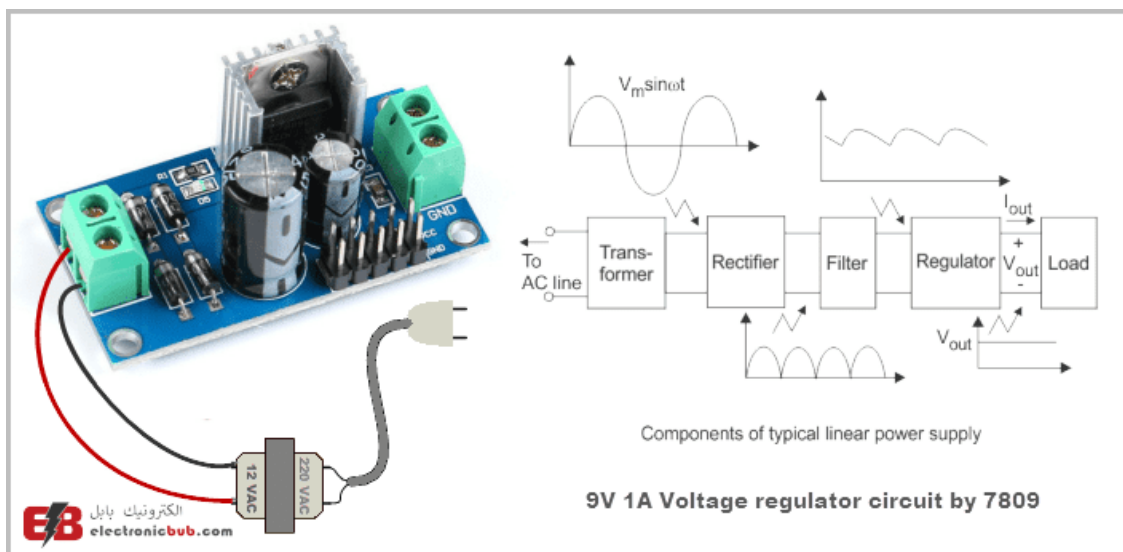
التردد (50HZ) يزداد هذا التردد كلما زاد التيار في الحمل .

اما مجهزات القدرة المنظمة فتصمم لكي تقلل التمرج الى اقل قيمة ممكنة . وكذلك يكون لها فولتية خرج ثابتة لا تتغير بتغير فولتية المصدر او بتغير الحمل . يعني نحتاج الى دائرة لها خواص مقاربة قدر الامكان لخواص مولد فولتية ثابتة له مقاومة داخلية صغيرة جداً بحيث يمكن اهمالها . وهناك نوعان من منظمات الفولتية النوع الاول منظم الفولتية توالي والثاني منظم الفولتية التوازي.

أمثلة على مجهزات القدرة المستمرة:

- أجهزة الشحن :تستخدم لشحن البطاريات والهواتف والأجهزة المحمولة.
- محولات الجهد المستمر : (DC-DC converters) تستخدم لرفع أو خفض الجهد المستمر إلى مستوى مطلوب، مثل محولات Buck و Boost.
- موزونات الطاقة في الحواسيب :تقوم بتحويل تيار الشبكة المتردد إلى الجهود المستمرة التي تحتاجها المكونات الداخلية للحاسوب .

منظم الجهد Voltage Regulator



منظمات الفولتية Voltage regulators

هي عبارة عن دوائر وظيفتها المحافظة على فولتية ثابتة للحمل عند تغير الحمل ويتم ذلك بتصميم دوائر الكترونية تقوم بهذه العملية وهي أما ان تكون على شكل دوائر متكاملة او دوائر منفصلة .
تنظيم الفولتية (voltage regulation): هو التغير في الفولتية من حالة اللاحمل الى حالة الحمل الكامل والهدف من تنظيم الفولتية هو تقليل هذه التغيرات الى الصفر او الى اقل قيمة ممكنة .
يصور المخطط أدناه فكرة تنظيم الفولتية الاساسي



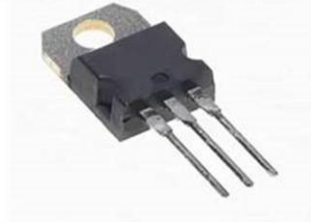
*فولتية هذا المصدر تتغير مباشرة مع تغير فولتية الخط وكذلك أي تغير في تيار الحمل ينتج تغيراً في الفولتية غير المنظمة بسبب ممانعة المجهز وتفريغ شحنة المرشح.

*فولتية ثابتة لا تتغير مع تغيرات فولتية الخط ولا مع تيار الحمل.

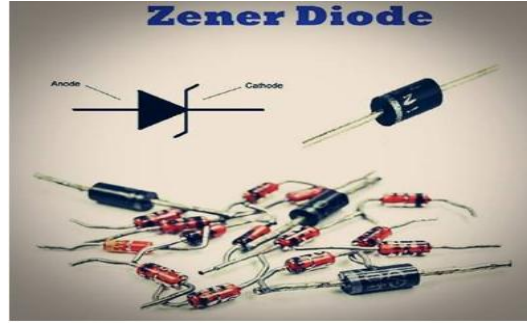
ان الهدف الساسي لتنظيم الفولتية هو تقليل التغيرات في حالة الاحمل (No Load) الى حالة الحمل الكامل (Full Load) الى اقل مايمكن حيث يمكن حساب النسبة المئوية للتنظيم من العلاقة الرياضية التالية:-

$$\text{Regulation} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \%$$

منظمات الجهد Voltage Regulators



تنظيم الجهد باستخدام ثنائي الزنر
Zener Diode



يتم تنظيم الجهد باستخدام ثنائي زينر (Zener Diode) عن طريق استغلال خاصية تثبيت الجهد عبره عند الوصول إلى جهد الانهيار العكسي (جهد الزينر V_Z). توصل الدائرة بمقاوم تسلسلي ومقاومة حمل بالتوازي مع ثنائي الزينر في وضع التحيز العكسي، مما يسمح للثنائي بتوفير خرج جهد ثابت (V_Z) رغم تقلبات جهد الدخل أو تيار الحمل .

كيفية عمل منظم الجهد زينر:

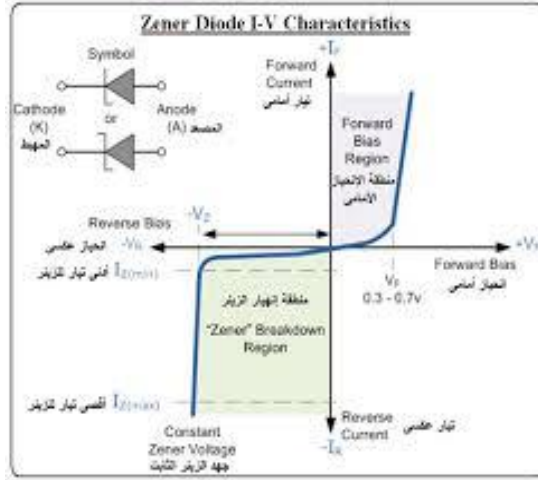
1. **التوصيل:** تُوصل مقاومة تحديد تيار (R_S) في سلسلة مع جهد الدخل (V_I) ، ويوصل ثنائي الزينر والحمل بالتوازي مع بعضهما البعض.
2. **التحيز العكسي:** يجب توصيل ثنائي الزينر في وضع التحيز العكسي، مع أن الكاثود متصل بالطرف الموجب لمصدر الجهد.
3. **تشغيل في منطقة الانهيار:** عندما يكون جهد الدخل (V_I) أعلى من جهد الزينر (V_Z) ويكون التيار كافياً، يعمل ثنائي الزينر في منطقة الانهيار، مما يجعله يثبت الجهد عبره.
4. **تثبيت جهد الخرج:** بما أن الحمل متصل بالتوازي مع الزينر، فإن جهد الخرج (V_{out}) سيظل ثابتاً عند جهد الزينر V_Z ، بغض النظر عن تغيرات تيار الحمل.
5. **المقاوم التسلسلي:** وظيفة المقاوم (R_S) هي الحد من تيار الانهيار في الزينر والحفاظ عليه ضمن الحدود الآمنة، ومنع تلفه بسبب تبديد الطاقة الزائدة .

شروط التشغيل:

- **جهد الدخل:** يجب أن يكون جهد الدخل أكبر من جهد الزينر (V_Z).
- **التيار:** يجب أن يكون التيار المار عبر الزينر كافياً للحفاظ عليه في منطقة الانهيار (بضع مللي أمبير على الأقل) .

لماذا تُستخدم ثنائيات زينر لتنظيم الجهد؟

- **تثبيت الجهد:** الخاصية الأساسية لثنائي الزينر هي قدرته على الحفاظ على انخفاض جهد ثابت عبر أطرافه عند توصيله في وضع التحيز العكسي وفي منطقة الانهيار، مما يجعله مثالياً لتنظيم الجهد.
- **البساطة والتكلفة:** الدائرة بسيطة وتتكون من عدد قليل من المكونات وبتكلفة منخفضة.
- **الاستقرار:** تساهم في استقرار الجهد الناتج حتى في ظل وجود تغيرات في الحمل أو جهد المصدر .



التطبيقات العملية لثنائي الزنير Application Off Zener Diode

يستخدم ثنائي الزنير في العديد من التطبيقات للدوائر الالكترونية من اهمها :-

١. عنصر اساسي في منظمات الفولتية لمجهاز القدرة المستمرة
٢. يستخدم كعنصر فولتية مرجعية (Reference Voltage) في العديد من الدوائر الالكترونية مثل دوائر المقارن والمعايرة
٣. يعمل كعنصر حماية للتطبيقات العرضية للفولتيات المفرطة
٤. يعمل كمقلم قمة في العديد من دوائر المقلمات

منظمات الفولتية باستخدام ثنائي الزنير Zener Diode as Voltage Regulator

في مجهزات القدرة المستمرة الهدف الاساسي هو الحصول على فولتية مستمرة وذلك بتحويل الفولتية المتناوبة (AC) عبر مراحل التوحيد (Rectifier) ومن ثم تقليل التموج الى اقل مايمكن عبر دوائر المرشحات (Filter) لتكون فولتية الاخراج بعد ذلك ثابتة الشدة والاتجاه . ولكن هذه الفولتية تكون تحت تأثير عاملين اساسيين هما :-

أولاً: الزيادة الطارئة في فولتية المصدر (line) .

ثانياً: التغير بتيار الحمل (load Current) .

لذلك اصبح من الضروري ان نقوم بالمحافظة على فولتية الاخراج لمجهاز القدرة المستمرة ثابتة مع التغير النسبي لفولتية المصدر وهذا ما يدعى بتنظيم الخط، (line regulation) وكذلك مع تغير تيار الحمل والذي يدعى بتنظيم الحمل (load regulation) .

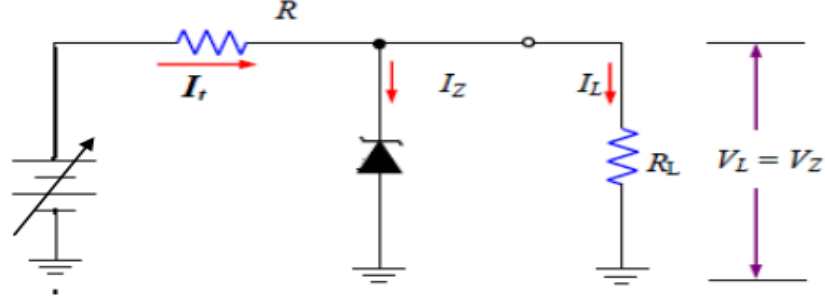
Zener Regulation

with a Varying Input Voltage

ثنائي الزنير منظم فولتية مع تغير فولتية المصدر

شكل اعلاه يبين دائرة عملية بسيطة لتثبيت قيمة فرق الجهد على طرفي الحمل V_L عند جهد

يساوي جهد زينر V_Z في حالة تغير جهد الدخل V_{in} وهو ما يطلق عليه تنظيم الدخل أو تنظيم الخط.



استخدام ثنائي زينر كمنظم مع تغير جهد الدخل

جهد الحمل ثابتا عند قيمة تساوي V_Z وهذا يؤدي إلى زيادة الجهد المطبق على المقاومة R وبالتالي زيادة التيار I_r المار خلالها. ونظرا لأن التيار المار خلال مقاومة الحمل I_L يكون ثابتا فإن الزيادة في التيار I_r تتدفق عبر الثنائي، وتستمر عملية تثبيت جهد الحمل مع تغير جهد الدخل طالما أن قيمة التيار المار خلال الزنير I_Z أكبر من قيمة I_{ZK} وأقل من قيمة I_{ZM} وذلك للحفاظ على ثنائي زينر في منطقة الانهيار. ويمكن حساب فولتية التنظيم لتغير فولتية الخط من العلاقة التالية :-

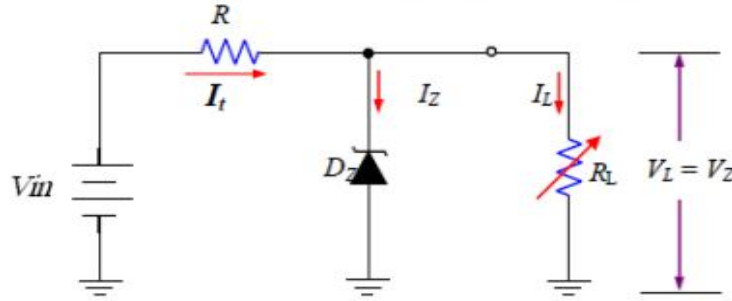
$$\text{Line Regulation} = \left(\frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} \right) \times 100\%$$

Regulation with a Varying Load Current

ثنائي الزنبر منظم فولتية مع تغيير تيار الحمل

شكل ادناه يبين كيفية استخدام ثنائي زينر كمثبت لجهد الحمل V_L عند جهد يساوي جهد

زينر V_Z في حالة تغير قيمة الحمل R_L وهو ما يطلق عليه تنظيم الحمل.



استخدام ثنائي زينر كمنظم مع تغير الحمل

عندما تكون أطراف الخرج لمنظم زينر للجهد المبين في شكل اعلاه مفتوحة ($R_L = \infty$)، فإن تيار الحمل I_L يساوي صفر وبالتالي يتدفق التيار الكلي I_t خلال ثنائي زينر. وعند توصيل مقاومة الحمل R_L فإن جزء من التيار الكلي يمر عبر الثنائي والجزء الآخر يمر خلال الحمل. وبتقليل قيمة R_L فإن قيمة تيار الحمل I_L تزيد بينما تقل قيمة تيار الزينر I_Z حيث أن قيمة التيار الكلي I_t تكون ثابتة. ويستمر ثنائي زينر في عملية تثبيت جهد الحمل V_L عند قيمة جهد الزينر V_Z إلى أن يصل تيار الزينر I_Z إلى اقل قيمة له (I_{ZK}) وعند هذه النقطة يصل تيار الحمل I_L إلى أقصى قيمة له ($I_{L(max)}$)

ويمكن حساب فولتية التنظيم في حالة تغير الحمل من العلاقة التالية

$$\text{Load Regulation} = \left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \right)$$

حيث ان :

V_{NL} :- فولتية الاخراج في حالة اللاحمل

V_{FL} :- فولتية الاخراج في حالة الحمل الكامل

مثال EXM

دائرة منظم فولتية باستخدام الزنر دايود الموضحة بالشكل ادناه اذا علمت ان $V_z=6.8$, $r_z=2\Omega$ احسب مقدار فولتية الحمل عندما يتغير تيار الحمل من (10mA 120mA) واحسب نسبة التنظيم

$$I_z=50\text{mA} , I=150\text{mA}$$

Solution .

If $I_L=120\text{mA}$

$$I_z=150 - 120=30\text{mA}$$

$$\Delta I_z=30-50=-20\text{mA}$$

$$\text{فرق الجهد على الدايود} = I_z * r_z = -20 * 2 = -40\text{mv}$$

$$V_L = I_z * r_z + V_z = -0.04 + 6.8 = 6.76\text{v}$$

If $I_L=10\text{mA}$

$$I_z=150-10=140\text{mA}$$

$$\Delta I_z=140-50=90\text{mA}$$

$$\text{فرق الجهد على الدايود} = I_z * r_z = 90 * 2 = 180\text{mv}$$

$$V_L = I_z * r_z + V_z = 0.18 + 6.8 = 6.98$$

$$\% \text{Regulation} =$$

$$\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} = \frac{6.98 - 6.76}{6.76} * 100 = 0.325\%$$

Activ
Go to

مثال

اذا كان جهد الخرج لاحدى منظمات الجهد تتغير بمقدار 0.25 V نتيجة لتغير جهد الدخل بمقدار 5V فما هي نسبة تنظيم الجهد ؟

SOL

$$\Delta V_O = 0.25\text{V}$$

$$\Delta V_{in} = 5\text{V}$$

$$\text{Line Regulation} = \text{تنظيم الخط} = \frac{\Delta V_O}{\Delta V_{in}} * 100\%$$

$$= \frac{0.25}{5} * 100 = 5\%$$

مثال

إذا كان جهد الخرج لأحدى منظمات الجهد في حالة اللاحمل يساوي 12V وفي حالة الحمل الكامل 11.95 V احسب جهد تنظيم الجهد.

SOL

$$V_{ONL} = 12V$$

$$V_{OFL} = 11.9V$$

$$\text{Load Regulation} = \frac{V_{NO} - V_{FL}}{V_{FL}} * 100 \% \text{ تنظيم الجهد}$$

$$= \frac{12 - 11.95}{11.95} * 100 \% = 0.41 \%$$

مثال

إذا كان جهد الخرج لأحدى منظمات الجهد تتغير بمقدار 0.2 V نتيجة لتغير جهد الدخل بمقدار (5V :10V) فما هي نسبة تنظيم الجهد ؟

SOL

$$\Delta V_O = 0.2 \text{ V}$$

$$\Delta V_{in} = (5:10)V$$

$$\Delta V_{in} = 10 - 5 = 5 \text{ V}$$

$$\text{Line Regulation} = \frac{\Delta V_O}{\Delta V_{in}} * 100 \% \text{ تنظيم الخط}$$

$$= \frac{0.2}{5} * 100 = 4 \%$$

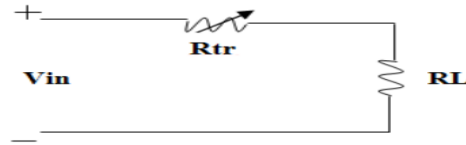
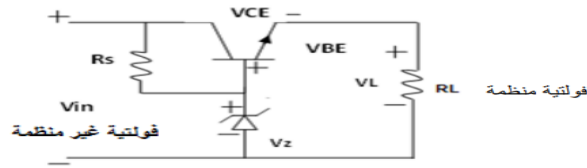
منظم الجهد التوالي Series Voltage Regulator

يوضح الشكل دائرة منظم جهد التوالي باستخدام الترانزستور والزيتر دايمود. ويلاحظ من الشكل ان ثنائي زيتر 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 :

$$V_z - V_{BE} - V_L = 0$$

$$V_{BE} = V_z - V_L$$

Activ:
Go to 5



من المعادلة اعلاه نجد انه عندما تقل (V_L) فإن (V_{BE}) فسوف تزداد (لان V_Z ثابتة) وهذا يسبب في زيادة الانحياز الامامي للترانزستور ومن ثم زيادة مستوى التوصيل وهذا بسبب 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 .

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

وعند الزيادة (V_L) يكون التعاقب

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

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

$$\Delta I_z = - \Delta I_L / \beta$$

وعند الضرورة تستطيع استعمال زوج دار لتكتون للحصول على β اكبر .
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 ترانزستور المرور تساوي .

$$V_{CE} = V_{in} - V_L$$

8

منظم جهد توازي Transistor Shunt Voltage Regulator

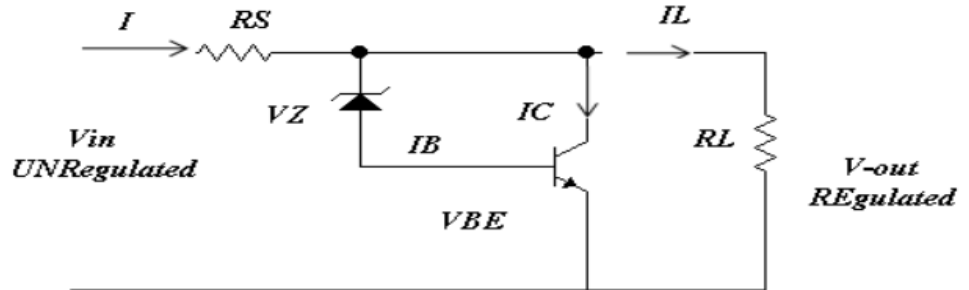
ثالثاً: - منظم جهد توازي Transistor Shunt Voltage Regulator

الشكل ادناه يمثل دائرة منظم فولتية متوازي حيث يوصل الترانزستور مع الحمل ومن خلال تحليل الدائرة نلاحظ ان :-

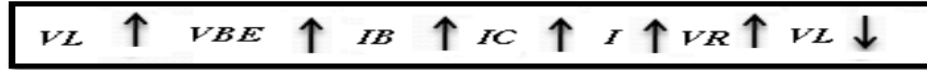
$$I = I_B + I_C + I_L$$

$$V_{BE} + V_Z - V_L = 0$$

$$V_{BE} = V_L - V_Z$$



وبما ان (V_Z) ثابتة فان اى تغير في فولتية الحمل (V_L) يؤدي الى تغير في فولتية (V_{BE}) زيادة او نقصان وعليه يكون المنطق التعاقبي عند زيادة فولتية الحمل كما يلي :-



وبالعكس في حالة نقصان فولتية الحمل (V_L)

مثال/ منظم الجهد متوالي فية V_Z تساوي (7.5V) مقاومة الحمل R_L تساوي (100 Ω) و B تساوي 100 كم هي

- ١- فولتية الحمل
- ٢- تيار الحمل
- ٣- كم هو التغير في تيار الحمل عندما تتغير R_L من 100 Ω الى 50 Ω
- ٤- التغير في تيار زينر
- ٥- التغير التقريبي في فولتية الحمل . علما ان ممانعة زينر يساوي 6 Ω وان ($V_{in} > V_Z$) .

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

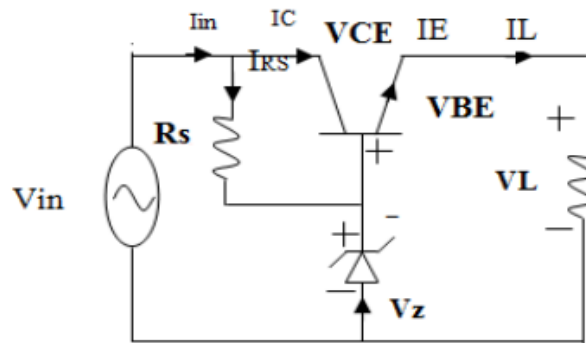
$$2- I_L = V_L / R_L = 6.8 / 100 = 68 \text{ mA}$$

$$3- \text{when } R_L = 50\Omega \Rightarrow I_L = V_L / R_L = 6.8 / 50 = 136 \text{ mA}$$

$$\therefore \Delta I_L = 136 - 68 = 68 \text{ mA}$$

$$4- \Delta I_Z = -\Delta I_L / B = -68 / 100 = -0.68 \text{ mA}$$

$$5- \Delta V_L = Z_Z * \Delta I_Z - 6 * (-0.68 \text{ mA}) = -4.08 \text{ mV}$$



مثال

مثال^٢/ منظم جهد متوالي فيه فولتية زنر (10 V) ومقاومة الحمل ($R_1 = 1K\Omega$) وفولتية الادخال ($V_{in} = 20 V$) الترانزستور المستخدم نوع سيلكون
أحسب :

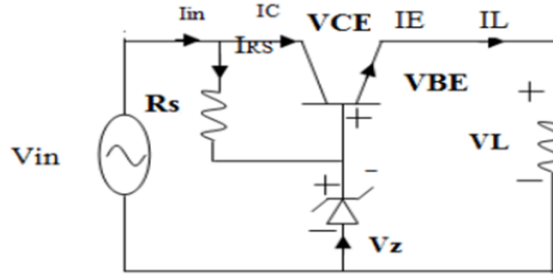
١- فولتية الحمل

٢- تيار الحمل

٣- تيار الباعث

٤- تيار المار في المقاوم
٥- تيار المصدر (I_{in})

علما ان قيمة R_s تساوي



$$1-V_L = V_Z - V_{BE} = (10 - 0.7) = 9.3V$$

$$2-I_L = V_L / R_L = 9.3 / 1 = 9.3 \text{ mA}$$

$$3-I_E = I_C + I_B \approx I_C$$

$$\therefore I_E = I_C = I_L = 9.3 \text{ mA}$$

$$4- V_{in} = V_{R_s} + V_Z \Rightarrow V_{R_s} = V_{in} - V_Z = 20 - 10 = 10V$$

$$I_{R_s} = V_{R_s} / R_s = 10/5 = 2 \text{ mA}$$

$$5-I_{in} = I_{R_s} + I_C = 2 + 9.3 = 11.3 \text{ mA}$$

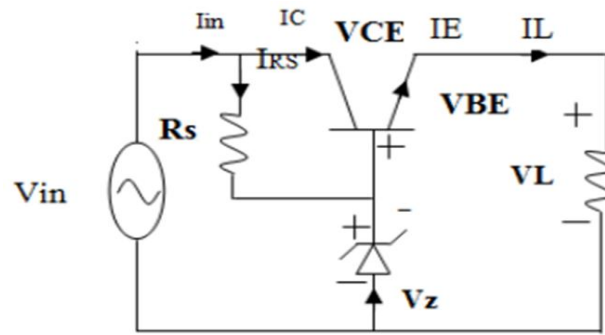
مثال^٣/ منظم توالي في ($V_{in} = 20v$) و ($R_s = 200\Omega$) و ($V_Z = 12v$) و ($V_{BE} = 0.7v$) جد
التيار المار في R_s وكذلك التغير في تيار الحمل عندما تتغير R_L من 50Ω إلى 100Ω ؟

$$V_{R_s} = V_{in} - V_Z = 20 - 12 = 8v$$

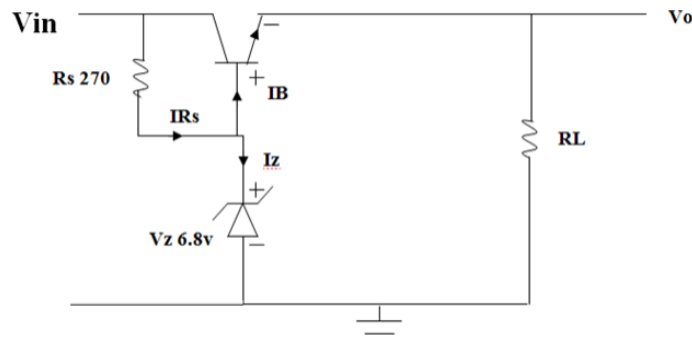
$$I_{R_s} = V_{R_s} / R_s = 0.04A \quad V_L = V_Z - V_{BE} = 12 - 0.7 = 11.3 v$$

$$I_{L1} = 11.3 / 50 = 0.226A \quad I_{L2} = 11.2 / 100 = 0.113A$$

$$\Delta I_L = I_{L2} - I_{L1} = -0.113A$$



مثال/° في الشكل التالي اذا كانت ($V_{in} = 10v$) و ($V_{BE} = 0.7v$) ماهي V_o واذا تغيرت من 10v الى 15v كم هو التغير التقريبي في فولتية الخراج علماً ان $Z_z = 5\Omega$. واذا كانت (B50) ومقاومة الحمل 220Ω كم هو التيار القاعدة وتيار زينر عندما ($V_{in} = 10v$)



$$V_o = V_z - V_{BE} = 6.8 - 0.7 = 6.1v$$

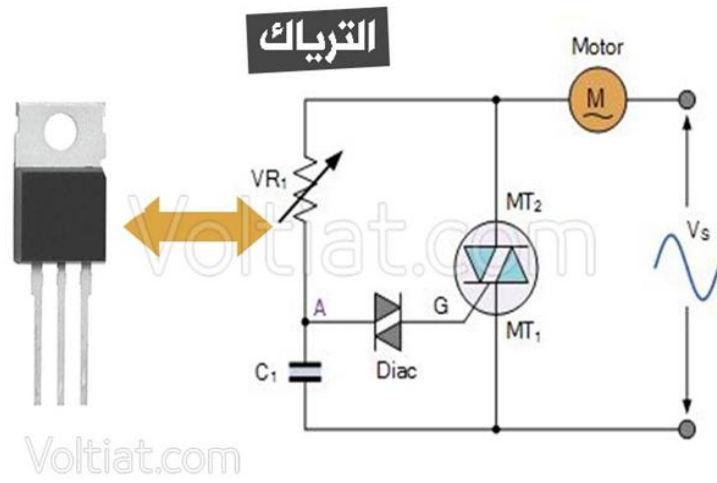
$$I_L = I_E = I_C + I_B \approx I_C = V_o / R_L = 6.1 / 22 = 277mA$$

$$I_B = I_C / \beta = 277 / 50 = 5.55mA$$

$$V_{R_s} = V_{in} - V_z = 10 - 6.8 = 3.2v$$

$$I_{R_s} = V_{R_s} / R_s = 3.2 / 270 = 11.84mA$$

$$\therefore I_z = I_{R_s} - I_B = 11.84 - 5.55 = 6.3mA$$



الترياك والدايك

التراياك TRIAC

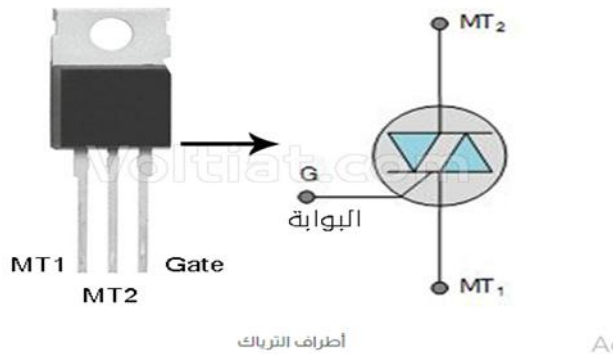
التراياك

أحد العناصر الإلكترونية الهامة والتي تستخدم بكثرة للتحكم في دوائر التيار المتردد. حيث يتكون التراياك من الخارج على ثلاث أطراف (Gate / MT1 / MT2) لاستخدامه كمفتاح إلكتروني ذو كفاءة وسرعة عالية في دوائر التحكم بالتيار المتردد.

تركيب التراياك

يتركب التراياك من الداخل بالشكل المبني على ثايرستورين متصلين على التوازي بشكل متعاكس. يوجد بوابتين فائدهما تشغيل التراياك في كلا الاتجاهين الموجب والسالب وكل ثايرستور يقود خلال نصف دورة إشارة متناوبة .

تطبيقات التراياك



يستخدم التراياك للتحكم في التطبيقات التالية:

- ☐ شدة الإضاءة.
- ☐ المحركات الكهربائية.
- ☐ يستخدم كمفتاح لتشغيل أحمال

تركيب الترياك

ويتكون الترياك من الخارج على ثلاث أطراف (Gate/MT1/MT2) ، ويتم التحكم به عن طريق قدح أو إشعال طرف البوابة عن طريق نبضة موجبة أو سالبة لفتح المسار بين طرفي MT1 و MT2 .

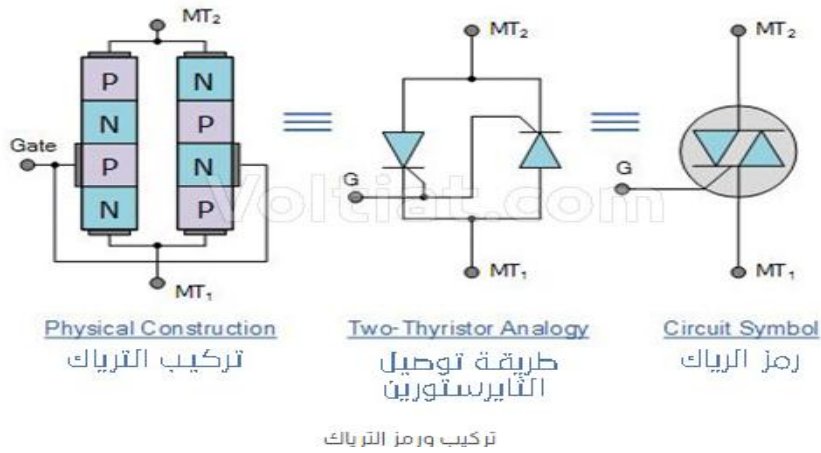
مبدأ عمل الترياك

يعتمد مبدأ عمله على تمرير التيار المتردد في اتجاهين مع إمكانية التحكم به عن طريق إعطاء نبضة جهد مناسب لطرف البوابة لتشغيل حمل ما.

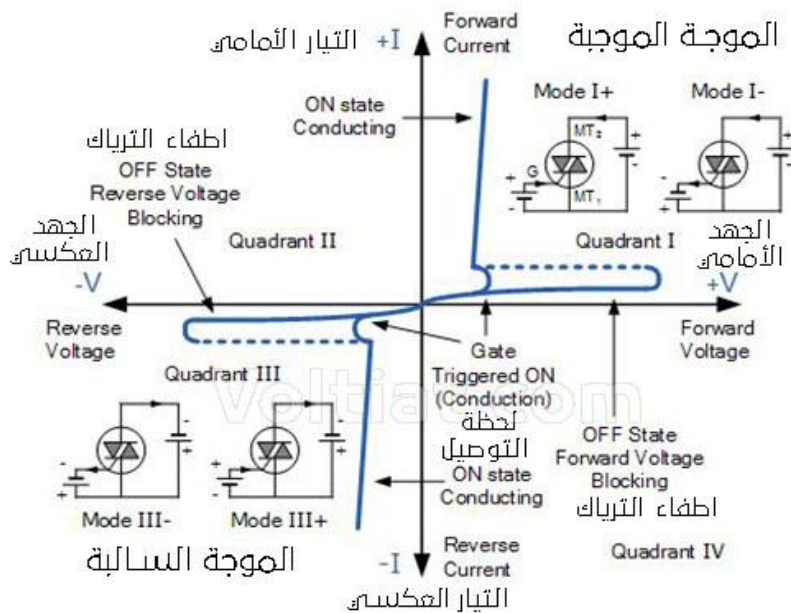
المختصر من عمل الترياك:

هو أنه يحتاج إلى نبضة جهد موجب أو سالب مناسب على طرف البوابة لكي يعمل على تمرير الجهد والتيار عبر طرفي MT1 و MT2 .
ملحوظة مهمة:

يعتمد عمل الترياك أيضاً على قيمة Holding Current ، بمعنى إذا كانت قيمة التيار أعلى من قيمة Holding Current ، فإن الترياك يعمل، وإذا قلت قيمة التيار عن قيمة Holding Current فإن الترياك لن يعمل .



منحنى خواص الترياك



يوضح المنحنى أعلاه طريقة عمل الترياك، حيث نلاحظ عند الجزء الموجب بأنه لن يمرر إي جهد وتيار حتى إذا كانت قيمة الجهد على طرفي MT1 أو MT2 كبيرة، وذلك لأن الترياك لم يصله أي إشارة أو نبضة جهد مناسب لطرف البوابة Gate لكي يعمل.

ولكن عند إعطاء طرف البوابة Gate إشارة أو نبضة جهد مناسب حسب الداتا شيت، فإن الترياك يسمح بمرور الجهد والتيار بقيمة منخفضة عبر طرفي MT1 و MT2 وكأنه أصبح بينهما دائرة قصر Short Circuit.

ونفس الشيء ينطبق بالاتجاه السالب.

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

TM2) عن طريق مقاومة صغيرة أو بمفتاح.

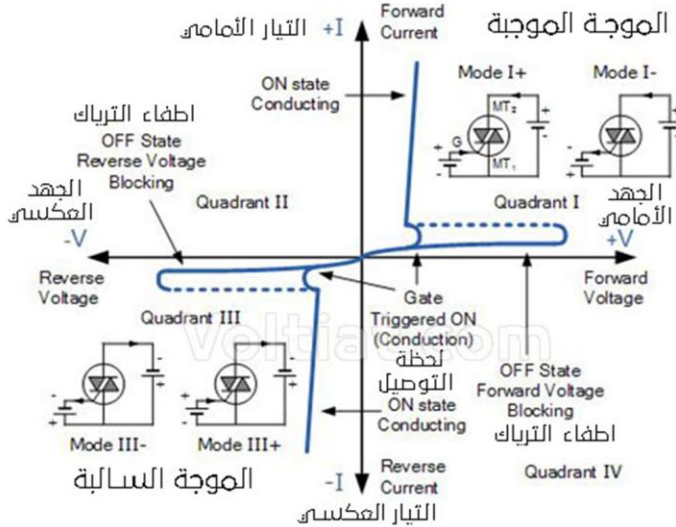
□ إذا كانت قيمة التيار المار للترياك أقل من Holding

Current.

يشبه الترياك الثايرستور ولكنه يختلف عنه في أنه يوصل التيار في كلا الاتجاهين

وليس في اتجاه واحد وله ثلاث

أطراف MT1 و MT2 يتم التحكم فيهما عن طريق الطرف الثالث وهو Gate .



دائرة التحكم بالحمل عن طريق الترياك

يتم التحكم بحمل التيار المتردد عن طريق دائرة التحكم بالطاقة والتي تحتوي على العناصر التالية:

الحمل الكهربائي: هو الحمل المراد التحكم فيه، ويمكن أن يكون مصباح أو محرك كهربائي، حيث توصل أحد أطرافه بمصدر التغذية بينما الطرف الآخر مع طرف الترياك MT2.

المقاومة المتغيرة: وظيفتها التحكم بقيمة التيار الواصل للمكثف، كما تحدد زمن عملية الشحن للمكثف.

بمعنى أنه إذا كانت قيمة التيار قليل جداً، فإن المكثف يحتاج لوقت أطول حتى يمرر التيار للبوابة، وهذه المدة تقدر بربع أو ثلاث أرباع الموجة فقط وهي صغيرة جداً.

المكثف: يعمل على تمرير التيار للبوابة بعد اكتمال شحنه، وكلما كانت سعته أكبر كلما أحتاج لوقت أطول لشحنه.

الدياك: وظيفته العمل على تماثل قيمة الجهد الموجب والسالب المار عبره لطرف البوابة التابع للترياك.

عيوب الترياك

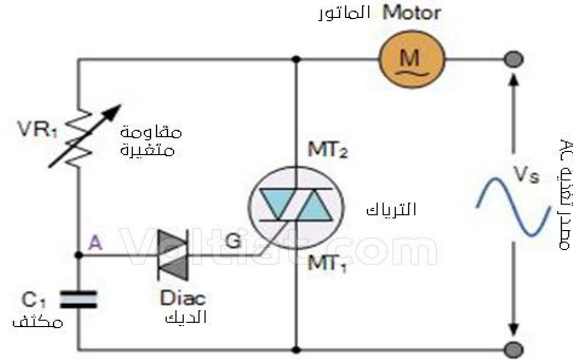
□ تختلف قيمة جهد الإشعال في النصف الموجب عن قيمة جهد إشعال النصف السالب

على طرف البوابة.

بمعنى أنه يحتاج البوابة إلى قيمة جهد 3 فولت في النصف الموجب و6 فولت في

النصف السالب لكي يعمل، وهي قيم غير مرغوب فيها لأنها غير متماثلة.

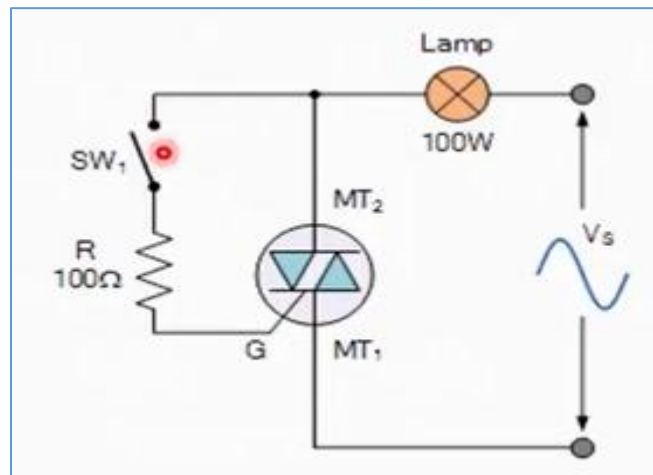
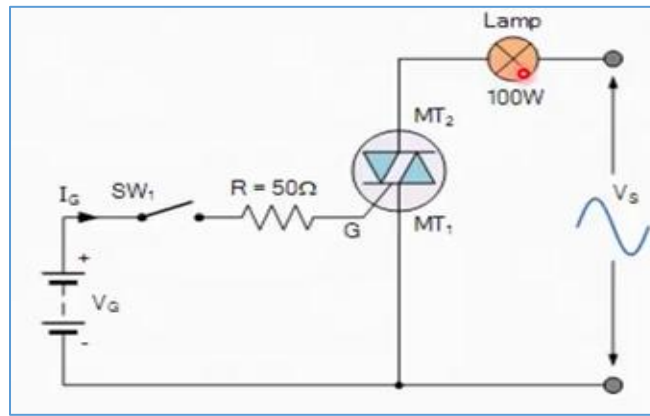
□ ترددات التحويل الخاصة بـ TRIACS صغيرة للغاية .



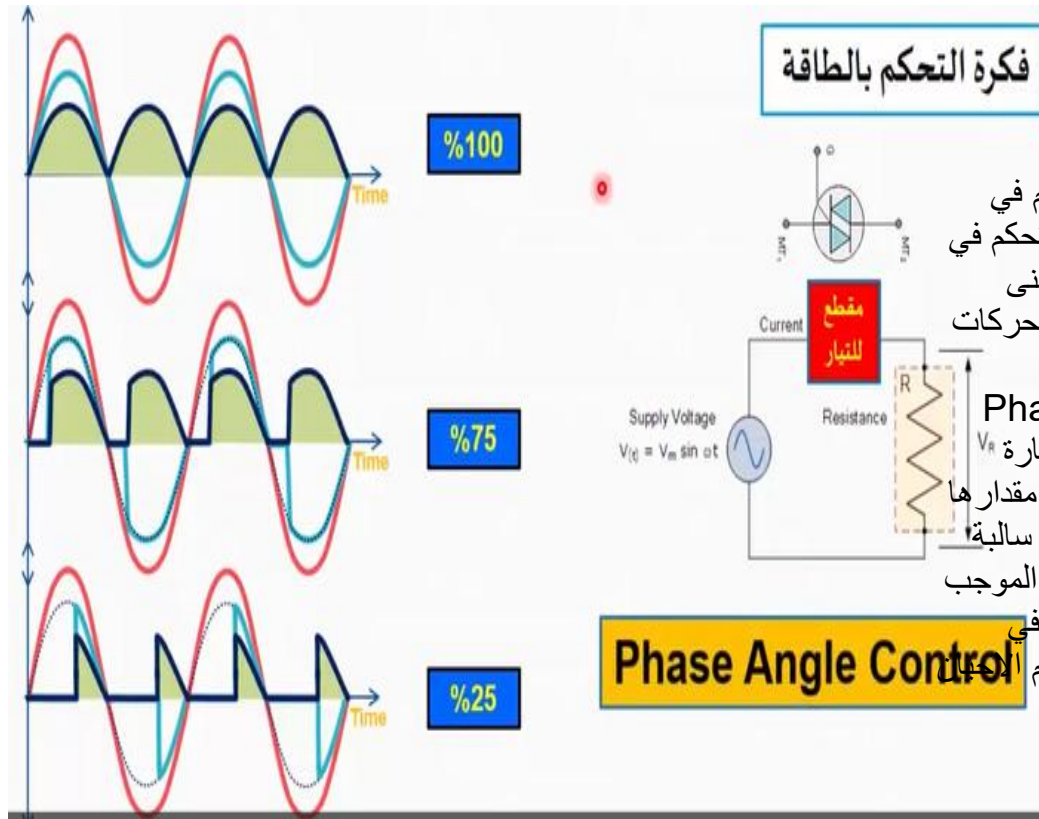
دائرة التحكم بتشغيل وإطفاء الحمل عن طريق الترياك

يستخدم الترياك بشكل كبير في دوائر التيار المتناوب للتحكم في تشغيل بعض الاحمال في الدائرة رقم 1

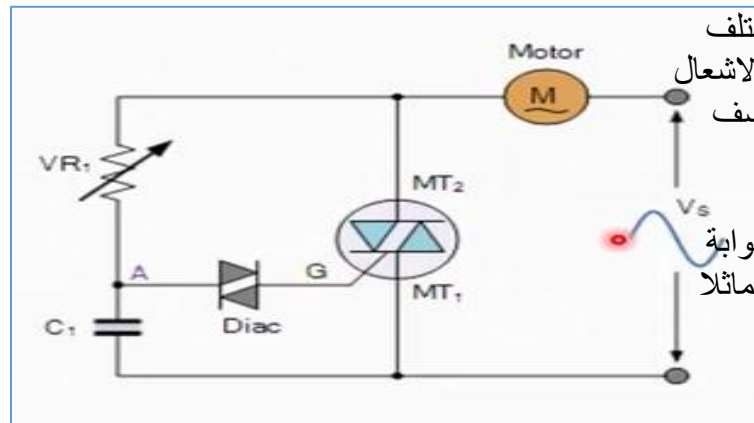
يجهز الترياك بمصدر متناوب بينما تجهز البوابة بمصدر مستمر . عند وصول الجزء الموجب من الموجة الى الترياك لايمكن تشغيل الحمل الا بعد وصول نبضة القدح الى البوابة عن طريق توصيل المفتاح SW1 وتوصيل نبضة مستمرة . عند وصول الجزء السالب من الموجة الى الترياك وعندما يكون المفتاح SW1 في حالة فصل سوف يتوقف الترياك عن العمل حتى يكون المفتاح في حالة توصيل ومنه تصل نبضة الى البوابة وهنا يتم التحكم في عملية تشغيل وإطفاء الدائرة . في دائرة رقم 2 يتم استبدال المصدر المستمر بنفس المصدر المتناوب المجهز للدائرة ويكون مبدا العمل نفسه في الدائرة رقم 1.



فكرة التحكم بالطاقة



ملاحظة



دائرة التحكم في سرعة محرك باستخدام الترياك والداياك

الداياك (Diode Alternating Current Switch)

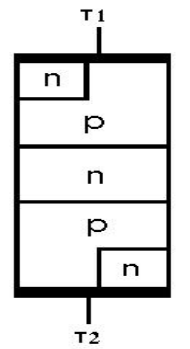
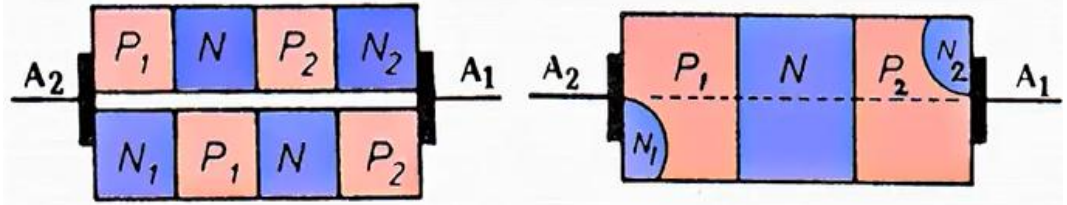
الداياك أو الداياك (بالإنكليزية): (Diode Alternating Current Switch) وتعني مفتاح ثنائي للتيار المتناوب أي مفتاح باتجاهين يجمع المربط $T1$ الطبقتين $P1$ ، $N1$ ويجمع المربط $T2$ الطبقتين $P2$ ، $N2$ ، الداياك هو مكون إلكتروني يتألف من 8 طبقات نصف ناقلة لا يوجد انود أو كاثود للداياك ولكن له مربطان $T1$ و $T2$ ، ولفهم عمل الداياك يمكن اعتباره وكأنه يتألف من ثنائي، رباعي، موصولين على التوالي المتعكس.



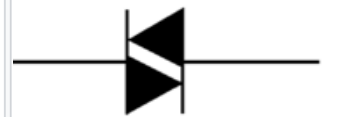
الدايك يمكن ان يوصل التيار في كلا الاتجاهين

الدايك ليس له Cathode , Anode بل A_1, A_2

الدايك يحتاج لجهد اكبر من جهد الدايود للانتقال الى حالة ON

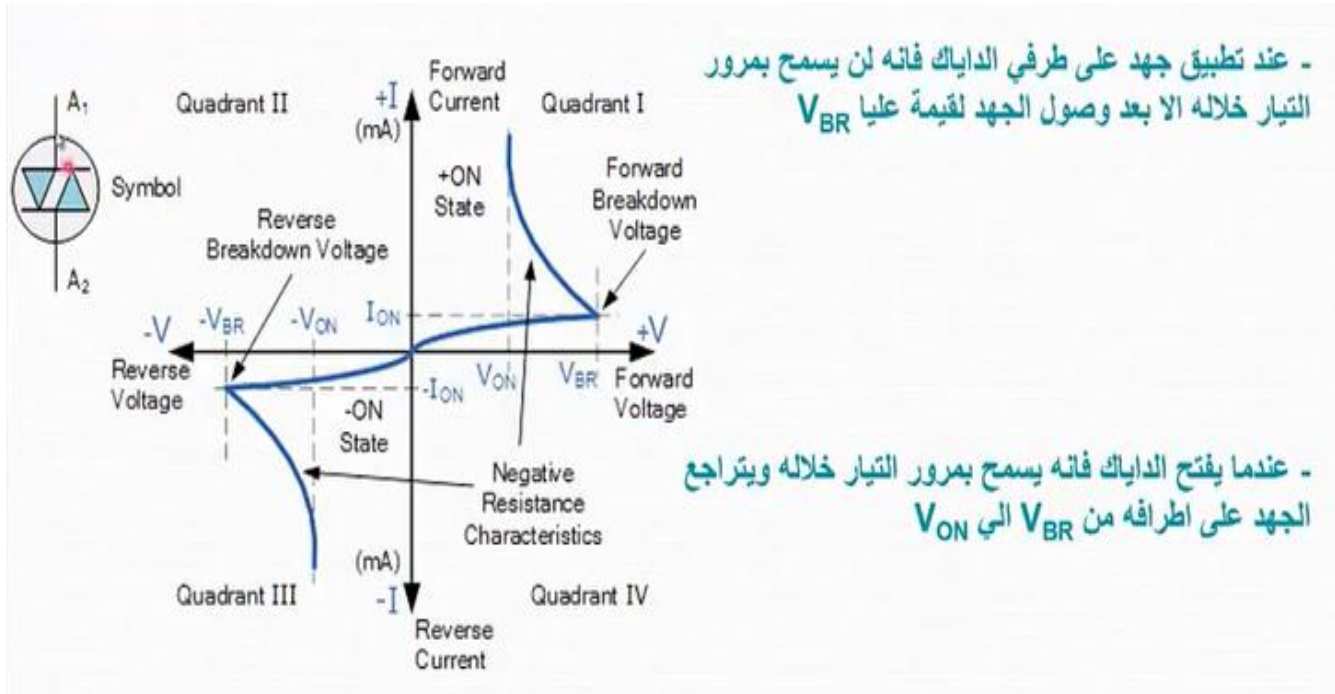


تكوينه الداخلي



رمز الدايك (Diac)

الداياك (Diode Alternating Current Switch)



الفرق بين الترياك والداياك

الداياك	الترياك	اساسيات الاختلاف
DIAC تعني الصمام الثنائي للتيار المتناوب	TRIAC تعني Triode الصمام الثلاثي للتيار المتناوب	النموذج الكامل
جهاز أشباه الموصلات للطاقة ذو طرفين مصنوع من خلال الجمع بين اثنين من SCRs في وضع متعاكس دون أطراف البوابة ويعمل كمفتاح أشباه الموصلات ثنائي الاتجاه غير المتحكم فيه يُعرف باسم DIAC.	جهاز أشباه الموصلات للطاقة ذو الثلاثة أطراف المصنوع من خلال الجمع بين اثنين من SCRs في اتجاه معاكس مع محطة البوابة ويعمل كمفتاح أشباه الموصلات ثنائي الاتجاه يُعرف باسم TRIAC	التعريف
اسم DIAC مشتق من DI + AC، حيث DI تعني 2 و AC تعني تيار متناوب.	اسم TRIAC مشتق من TRI + AC، حيث TRI تعني 3 و AC تعني تيار متناوب	معنى الاسم

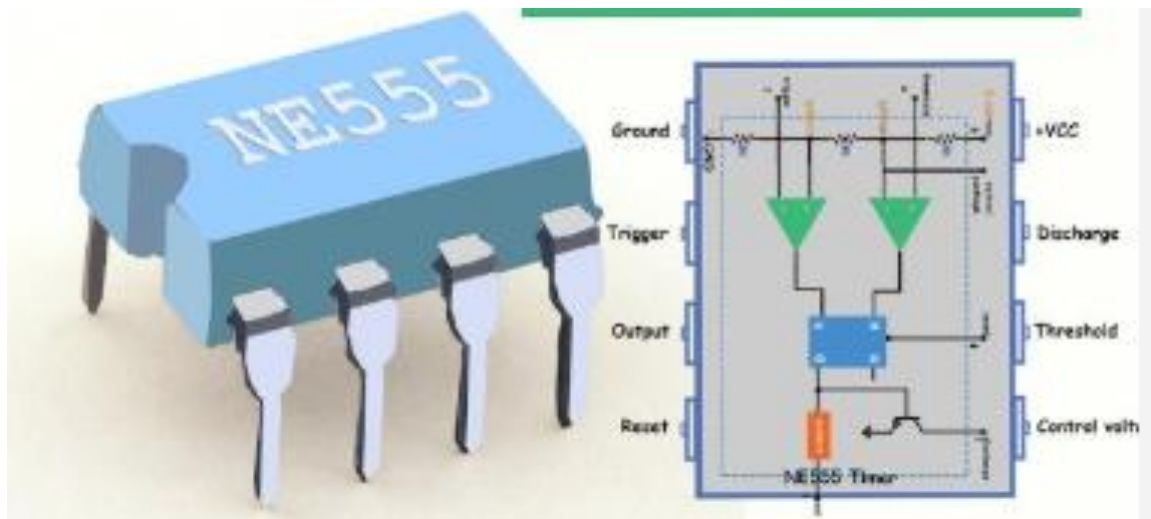
مبدأ العمل	DIAC هو الصمام الثنائي للتيار المتردد والذي يسمح للتيار الكهربائي بالتدفق في كلا الاتجاهين عندما يتم تطبيق جهد أكبر من جهد الكسر عبره	TRIAC هو جهاز SCR (مقوم متحكم به من السيليكون) ثنائي الاتجاه قادر على التوصيل في كلا الاتجاهين عندما يتم تشغيله عن طريق تطبيق نبضة بوابة .
الأطراف	DIAC هو جهاز ذو طرفين، حيث تكون أسماء الطرفين هي: الطرف الرئيسي 1 (MT1) والطرف الرئيسي 2 (MT2).	TRIAC هو جهاز ثلاثي الأطراف. الأطراف هي: الطرف الرئيسي 1 (MT1)، والطرف الرئيسي 2 (MT2) وطرف البوابة
أساس العمل	يعمل DIAC كمفتاح ثنائي الاتجاه غير خاضع للتحكم	يعمل TRIAC كمفتاح ثنائي الاتجاه يتم التحكم فيه .
تصنيف الطاقة	لدى DIAC تصنيفات طاقة منخفضة جدًا	يتمتع TRIAC بقدرات عالية جدًا تصل إلى حوالي 15 كيلو واط
التعامل مع الطاقة	تتمتع وحدة التحكم الرقمية بقدرة منخفضة على التعامل مع الطاقة .	يتمتع جهاز TRIAC بقدرة عالية نسبيًا على التعامل مع الطاقة .
التحكم بالجهد	لا يمكن ل DIAC منع الفولتية التي تزيد عن 30 فولت.	يمكن لجهاز TRIAC حجب جهد عالي جدًا في نطاق 600 فولت إلى 1000 فولت .
زاوية القدح	لا يوجد لدى DIAC زاوية إطلاق.	بالنسبة إلى TRIAC، هناك زاوية إطلاق تتراوح من 0 درجة إلى 180 درجة لنصف دورة موجبة ومن 180 درجة إلى 360 درجة لنصف دورة سالبة للتيار المتردد
التحيز	من أجل تشغيل DIAC، يتم تطبيق جهد أعلى من جهد الكسر عبر المحطات الطرفية MT1 و MT2	يتم تشغيل الترياك عن طريق تطبيق نبضة بوابة موجبة أو سالبة .
التطبيقات	يستخدم DIAC بشكل أساسي لتشغيل أجهزة أشباه الموصلات المختلفة للطاقة مثل TRIAC و SCR. كما يستخدم أيضًا كمفتاح تيار متردد حيث يمكنه التوصيل في كلا الاتجاهي	يستخدم الترياك في عدد من التطبيقات في دوائر التيار المتردد مثل التبديل، ودائرة التقطيع، وخافت الإضاءة للمصابيح، والتحكم في سرعة المحرك، والتحكم في الطور، وما إلى ذلك .
بوابة العنصر الإلكتروني	لا يوجد لدى DIAC محطة بوابة.	هناك محطة بوابة واحدة في حالة وجود TRIAC.

اختبار نهاية الفصل

- 1- مالفرك بيت الدايك والترياك.
- 2- وضح طريقة التحكم بالطاقة باستخدام الترياك .

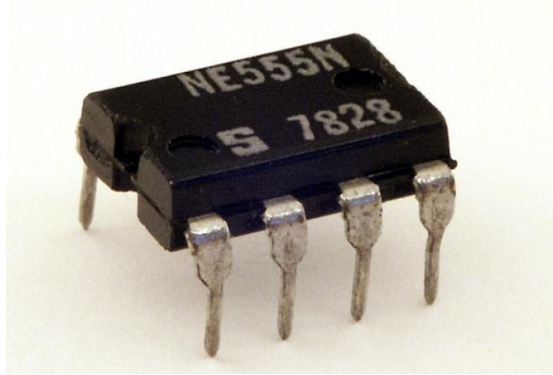
TIMER 555

المؤقت الزمني IC555



المؤقت الزمني 555 (timer 555)

هو رقاقة إلكترونية متكاملة تستخدم في المؤقتات وتوليد النبضات وكذلك تستخدم في المذبذبات. كان أول انتشار للرقاقة عام 1971م عبر شركة سيقنتكس ، على الرغم من مرور سنين طويلة فالرقاقة مازالت واسعة الانتشار والاستعمال نظراً لرخص سعرها وكفاءتها، ولقد أُنتج من هذ الرقاقة مليار قطعة في عام 2003



مؤقت 555 واحدة من الدوائر المتكاملة الأكثر استخداماً في تصميم الدائرة الإلكترونية. نطاق التطبيق الخاص به واسع ، ويغطي العديد من الحقول مثل المذبذبات ومولدات النبض والوقت. تدرك الدائرة المتكاملة وظائفها المتنوعة من خلال المكونات الداخلية مثل الترانزستورات والمقاومات والتثنائيات و Flip-Flops ، ويمكن أن تعمل بشكل ثابت ضمن نطاق إمدادات الطاقة من 4.5 فولت إلى 15 فولت. يمكن للأجهزة الرئيسية مثل Flip-Flops ومقسمات الجهد والمقارنات داخل Timer IC 555 توليد نبضات توقيت بدقة ، مما يجعلها مرنة وموثوقة للغاية في التطبيقات المختلفة. في وضع Monostable ، يتم تحديد وقت تأخير المؤقت 555 بواسطة مقاوم ومكثف خارجي ؛ في وضع Astable ، يتم التحكم في دورة العمل والتردد بواسطة مقاومات خارجية ومكثف. هذه الميزات تجعل المؤقت 555 أحد أدوات مهندسي الإلكترونيات المفضلة لمجموعة متنوعة من التطبيقات التي تتراوح من مهام التوقيت البسيطة إلى معالجة الإشارات المعقدة.

يتكون المؤقت الزمني 555 Timer

الموقت الزمني 555 (Timer IC 555) هو دائرة متكاملة شهيرة مكونة من 8 أطراف، تحتوي داخلياً على 3 مقاومات بقيمة (5kΩ) (مقسم جهد) ومقارنان (Comparators)، ومقلاب (Flip-Flop) من نوع SR، وترانزستور تفريغ، ومرحلة إخراج، وتعمل ضمن جهود (4.5V إلى 16V) لتوليد تأخيرات أو تذبذبات. المكونات الداخلية الأساسية.

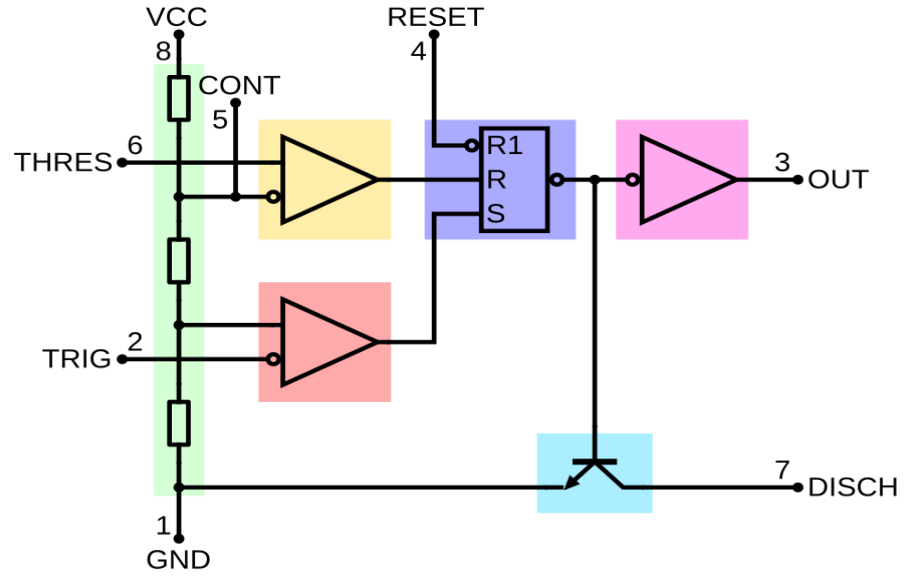
مقسم الجهد (Voltage Divider): يتكون من 3 مقاومات متساوية وهي سبب تسمية الـ 555.

مقارنان (Comparators): مقارن العتبة (Threshold) ومقارن التشغيل (Trigger).

مقلاب (Flip-Flop - SR): يُستخدم لتخزين حالة الموقت وتغييرها.

ترانزستور التفريغ (Discharge Transistor): يقوم بتفريغ المكثف الخارجي.

مرحلة الإخراج (Output Stage): طرف الإخراج (Pin 3) لتوفير جهد مرتفع أو منخفض.



A 1, A 2 المقارنين

المقارن A_1 :

- المدخل العاكس لهذا المقارن (الطرف رقم 5) لها جهد موجب ثابت القيمة عند $2/3 V_{CC}$ وذلك نتيجة مجزئ الجهد.

- المدخل الغير عاكس لهذا المقارن (الطرف رقم 6) يطبق عليها جهد خارجي يسمى جهد العتبة V_{th} (Threshold Voltage).

- إذا كان V_{th} أكبر من $\frac{2V_{CC}}{3}$ يكون جهد الخرج للمقارن A_1 موجباً. أما إذا كان V_{th} أصغر من $\frac{2V_{CC}}{3}$ يكون جهد الخرج سالباً.

- إذا كان جهد القدح V_{tri} أقل من $\frac{V_{CC}}{3}$ يكون جهد خرج المقارن A_2 موجباً.

أما إذا كان جهد القدح V_{tri} أكبر من $\frac{V_{CC}}{3}$ يكون جهد خرج المقارن A_2 سالباً.

ملاحظة: نظراً لأن الدائرة المتكاملة 555 تستعمل مصدراً واحداً للجهد المستمر فإن جهد خرج المقارن A_1 والمقارن A_2 يأخذ إما القيمة صفر أو $+V_{CC}$ تبعاً لمقدار الجهود على طرفيه.

المكونات الخارجية الأساسية للتشغيل:

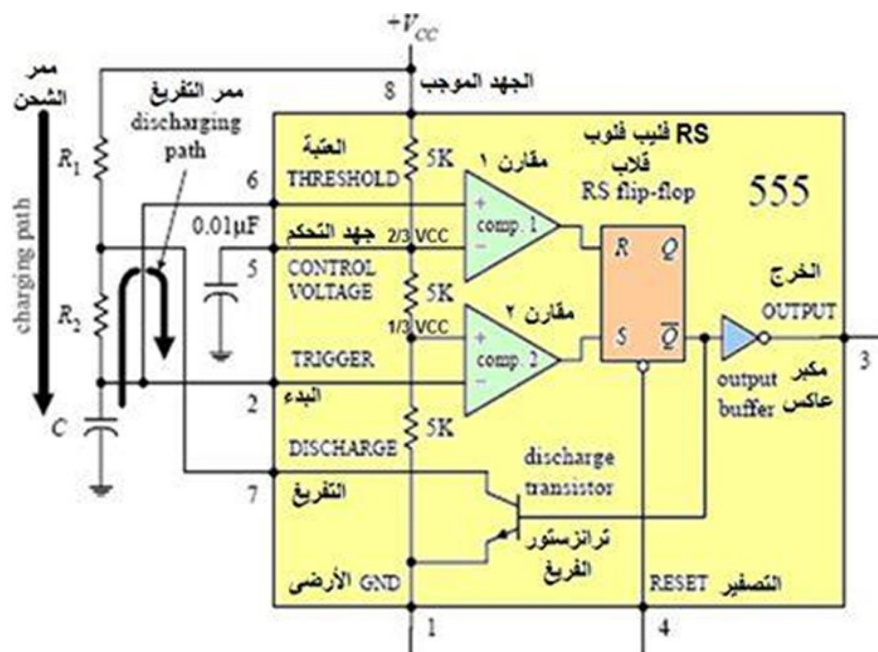
- 1- **المقاومات (Resistors):** لتحديد قيم الوقت أو التردد.
 - 2- **المكثفات (Capacitors):** لضبط وقت الشحن والتفريغ.
- يعمل الـ 555 بشكل أساسي في ثلاثة أوضاع: غير مستقر (Astable - كمذبذب)، وأحادي الاستقرار (Monostable - كـ مؤقت)، وثنائي الاستقرار (Bistable).

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 استخدامه 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 (الفقرات bounce-free) وتوليد الاشكال الموجية المختلفة مثل الشكل الموجي المثلث triangular وفي مقسمات التردد ...الخ.

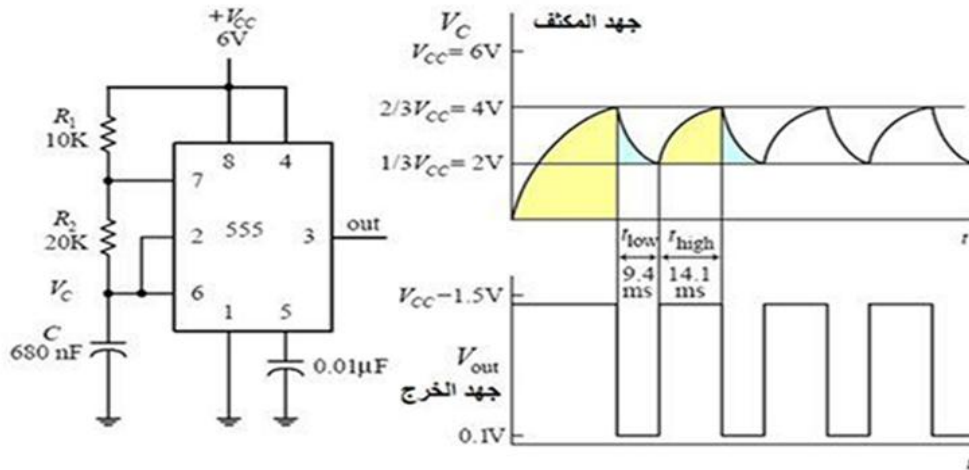
الشكل يبين مخطط صندوقي مبسط لما بداخل المؤقت 555

astable الدائرة الكاملة (بالمكونات الخارجية) تمثل المؤقت 555 يعمل بنظام المذبذب عديم الاستقرار



نظام العمل كمذبذب عديم الاستقرار astable :

- عند توصيل التغذية إلى الدائرة يكون المكثف غير مشحون.
- هذا يعني أن جهد الطرف 2 يكون 0V فيجبر خرج المقارن 2 على أن يكون في 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.
- وأيضاً ونتيجة لوجود الخرج العاكس منخفضاً يكون ترانزستور التفريغ في حالة عدم توصيل off بما يسمح بشحن المكثف من المنبع VCC وخلال المقاومة R1 والمقاومة R2.
- عندما يزيد جهد المكثف عن $1/3V_{CC}$ يتحول خرج المقارن 2 إلى الحالة المنخفضة وهذا ليس له تأثير على الفليب فلوب.
- عندما يزيد جهد المكثف عن $2/3V_{CC}$ يتحول خرج المقارن 1 إلى الحالة المرتفعة ويقوم بتحرير reset للفليب فلوب فيجبر الخرج المعكوس على التحول إلى الحالة المرتفعة وتبعاً له خرج المؤقت إلى الحالة المنخفضة.
- عند هذه النقطة يتحول ترانزستور التفريغ إلى التوصيل on ويقوم بعمل دائرة قصر لتوصيل الطرف 7 بالأرض ليتم تفريغ المكثف خلال المقاومة R2.
- عندما يهبط جهد المكثف إلى أقل من $1/3V_{CC}$ يعود خرج المقارن 2 إلى الحالة المرتفعة ويقوم بعمل set للفليب فلوب ويتحول الخرج المعكوس 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.



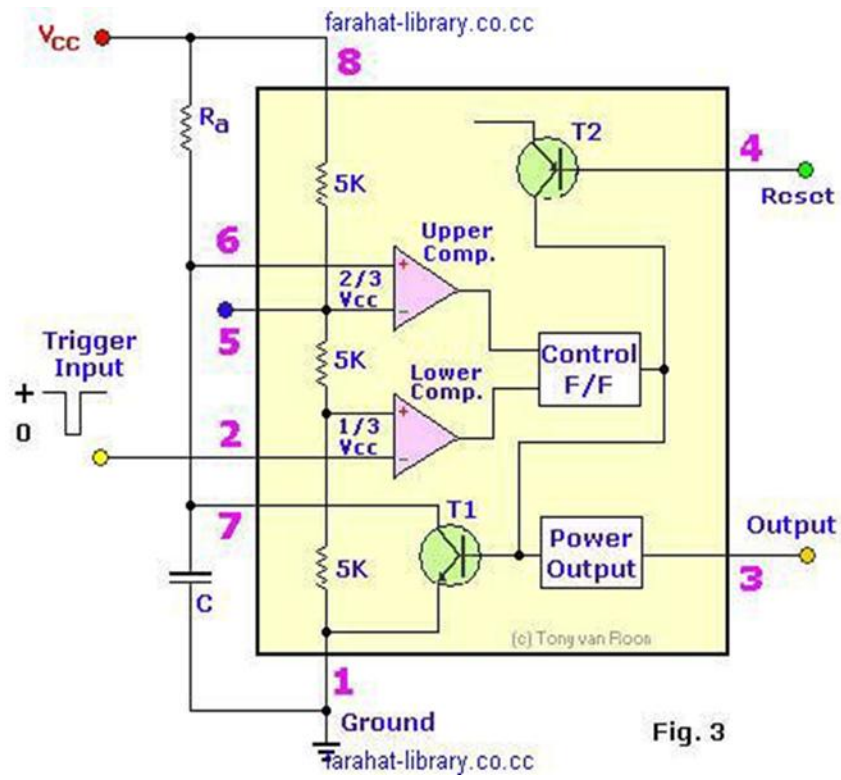


Fig. 3

هد

2/

منى

T_{low}

T_{high}

قة:

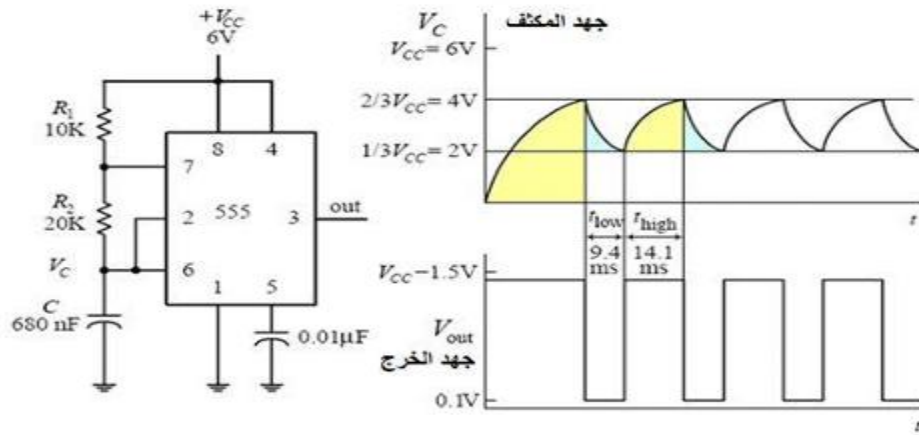
الجهد

تردد الشكل الموجي في الخرج frequency : يعطى بالعلاقة:

$$f = 1 / T$$

وللعمل السليم والموثوق فيه يجب أن تكون المقاومات في الحدود بين $10 \text{ k}\Omega$ و $10 \text{ M}\Omega$ ومكثف التوقيت بين 100 pF و $1000 \text{ }\mu\text{F}$.

مثال

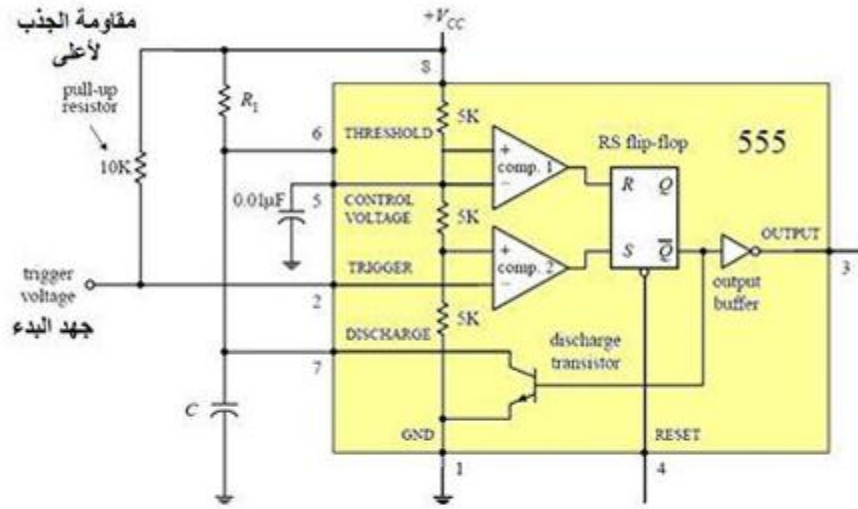
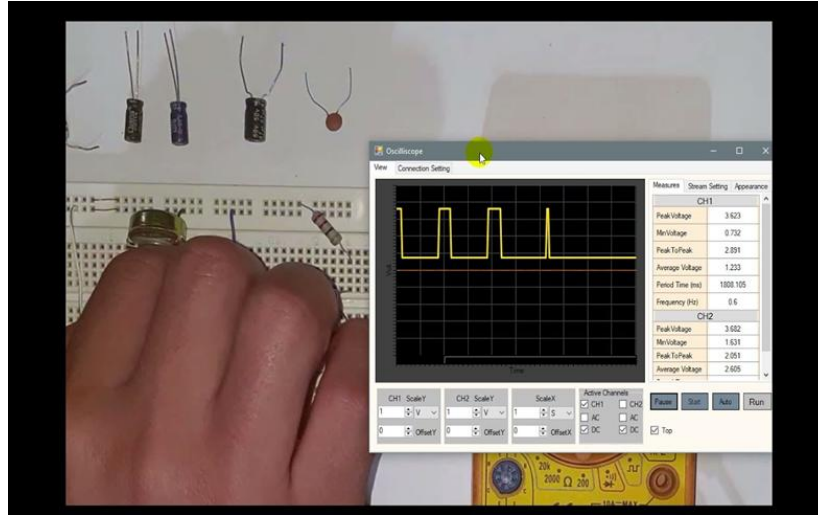


$$t_{\text{low}} = 0.693(20\text{K})(680\text{nF}) = 9.6\text{ms}$$

$$t_{\text{high}} = 0.693(10\text{K} + 20\text{K})(680\text{nF}) = 14.1\text{ms}$$

$$f = \frac{1}{9.6\text{ms} + 14.1\text{ms}} = 42\text{Hz}$$

$$\text{duty cycle} = \frac{14.1\text{ms}}{14.1\text{ms} + 9.6\text{ms}} = 0.6$$



١- الحالة الابتدائية للدائرة (قبل توصيل نبضة البدء) :

. يكون الخرج منخفضا.

وترانزستور التفريغ موصل on مما يجعل جهد الطرف 7 هو جهد الأرضى وبالتالي يحافظ على المكثف فى حالة عدم شحن .

. الطرف 2 يكون جهده مرتفعا عن طريق مقاومة الجذب الى أعلا 10K .

٢ - عند توصيل نبضة سالبة إلى طرف البدء 2 يجبر المقارن 2 ليكون خرجة موجب فيقوم بعمل set للقلاب (فليب فلوب) ونتيجة لذلك يكون خرجة (معكوس Q) سالب وهذا يؤدي إلى جعل الخرج مرتفع (لوجود مكبر الخرج العاكس).

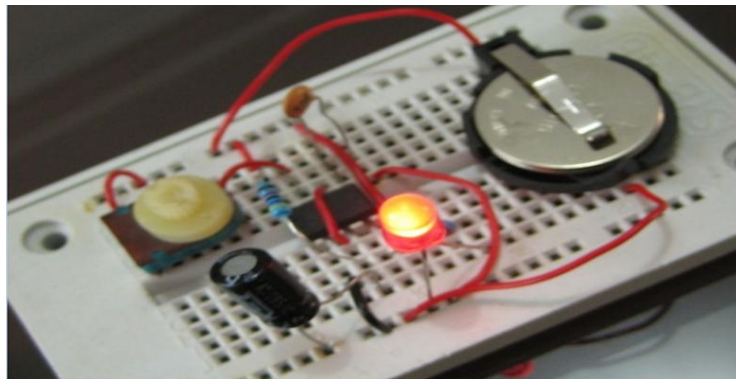
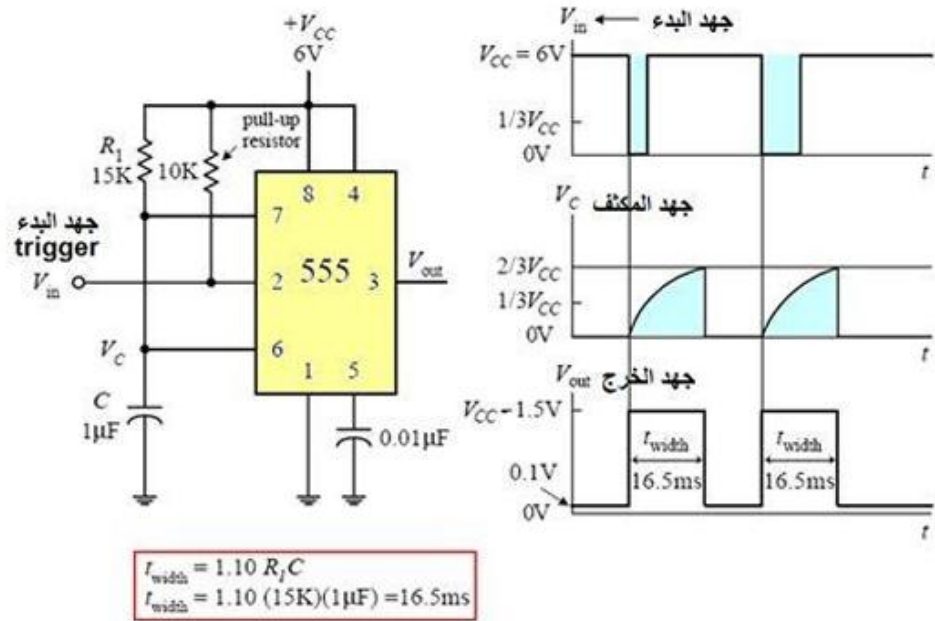
٣ -نتيجة لذلك يتحول ترانزستور التفريغ إلى القطع ويسمح بشحن المكثف C خلال المقاومة R1 بدءا من الصفر متجها إلى VCC .

٤ -وعند وصول جهد المكثف إلى $2/3V_{CC}$ 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 في اتجاه 0V . ويظل الخرج على هذه الحالة المنخفضة حتى وصول نبضة بدء ثانية.

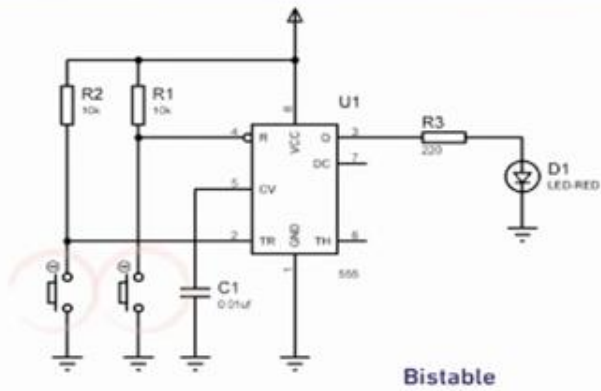
الخلاصة:

دائرة المذبذب المتعدد أحادى الاستقرار لها حالة إستقرار واحدة أى أن الخرج يكون 0V (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 والأرضي مثلا) . بعد وصول نبضة البدء يتحول الخرج إلى الحالة المرتفعة (حوالى $V_{CC} - 1.5 V$ 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 إلى 1000 μF.



المؤقت 555 ثنائي الاستقرار



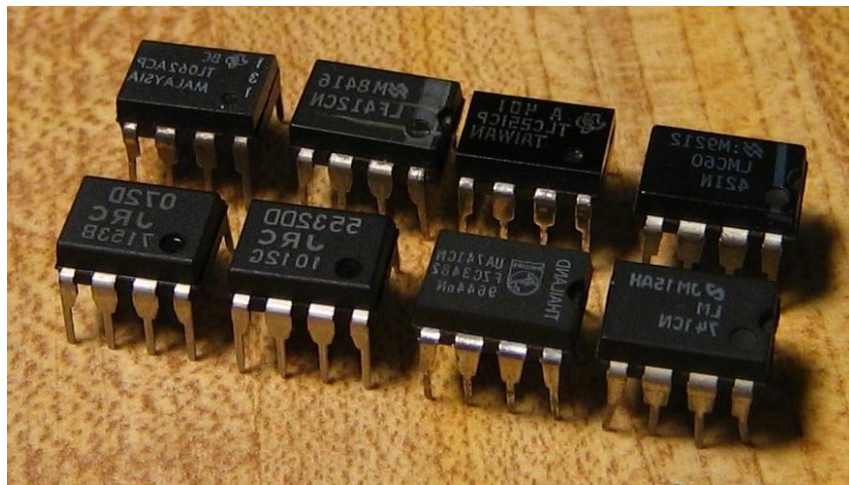
يتم توصيل مفتاحين احدهما على الطرف رقم 2 وهو طرف القدح والثاني على طرف Reset وهو طرف التصفير المفتاح الاول يرفع الجهد على الاخراج out pot فيكون الاخراج مرتفعاً اما المفتاح الثاني فيعمل على تقليل الجهد فيكون الاخراج منخفضاً

الاختبار البعدي

1- عدد مكونات IC555

2- ما الفرق بين المؤقت احادي الاستقرار والمؤقت ثنائي الاستقرار وموقت عديم الاستقرار ؟

مكبر العمليات 741 Operation Amplifier



اعداد

المهندسة سندس عبد المنعم

مقدمة :

في عام 1970 ابتكر المضخم عالي السرعة وهو يستخدم **مقل حقلي**. وقد استعيض عنها خلال الثمانينيات من القرن الماضي بمضخمات تعمل **بموسفت**. وخلال السبعينيات أصبحت المضخمات ذات أطراف مصفوفة على جهة واحدة في المتناول.

التطور الحالي.

انخفض في السنوات الأخيرة جهد المصدر المستخدم في الدوائر التناظرية كما هو الحال في الدوائر الرقمية، وقد أدخل الجهد المنخفض أيضًا

على المضخمات. ويعتبر جهد المصدر البالغ $5\pm$ فولت معهودًا للتشغيل وكذلك تزايد التشغيل بجهد 5 فولت. وبغرض زيادة نطاق الإشارات في

المضخمات الحديثة فقد أصبحت المداخل على جانب واحد قابلة بالاشتباك بنظيراتها (وقد تتراوح الإشارة الداخلة بين الجهد الصغير للمصدر

وجهد الكبير) وبعض المضخمات لها أطراف الخرج على ناحية واحدة.

المضخم الإلكتروني هو جهاز إلكتروني يكبر إشارة كهربائية استقبلها مستقبل إلكتروني أو أنتجها ميكروفون. عندما نتكلم تحرك الموجات

الصوتية الميكروفون مجيئًا وذهابًا في اهتزازات حركية، والميكروفون يترجم هذه الاهتزازات الحركية إلى اهتزازات إشارة كهربائية .

يقوم مضخم الصوت بتكبير جهد النبضات الكهربائية الضعيفة ليصبح في موسوعها تحريك مكبر الصوت فنستطيع سماعه .

وهذا ما يحدث في الراديو مثلاً، حيث يستقبل المستقبل الإلكتروني موجات كهرومغناطيسية وهي موجات الراديو وهي محملة بإشارات

إلكترونية تعبر عن صوت المذيع أو الموسيقى. ويتلقاها المضخم الإلكتروني لتكبير تلك الإشارات حتى يصبح في مقدورها تشغيل لولب مكبر

الصوت المخروطي الشكل المركب بالراديو. بواسطة المضخم يصبح التيار المتغير الذي يدخل اللولب بالحجم الكافي لهز مكبر الصوت ميكانيكيًا، فيصدر منه الصوت. أي أنه في مكبر الصوت تتحول الهزات الإلكترونية الموجودة في اللولب إلى هزات حركية في مكبر الصوت فنسمعها

كذلك يستخدم في الرادارات .

هناك استخدامات أخرى لمضخم العمليات حيث يمكن أن يقوم بعمليات الجمع والطرح، وحساب اللوغاريتمات، وكذلك حساب التكامل.

المُضَخِّمُ الْعَمَلِيَّاتِ مُكَبِّرُ الْعَمَلِيَّاتِ (بالإنجليزية **operational amplifier** وتختصر **op-amp**) هو مضخم إلكتروني للجهد،

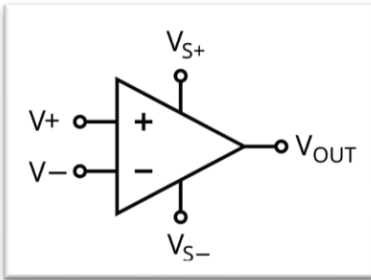
عالي الكسب، باقتران مباشر، وإشارات دخل تفاضلية، وعادة ما يكون الخرج أحادي الطرف. يكون في هيئة قطعة إلكترونية

يمكن استعمالها لتصميم دوائر كهربائية تقوم بعمليات مختلفة كالجمع والطرح.

المضخم الإلكتروني: هو عبارة عن دائرة إلكترونية تقوم بتكبير الجهد الكهربائي (الإشارة الكهربائية).

ويبلغ جهد الخرج المُكَبَّرُ -الناتج من المضخم- نحو مليون مرة من جهد الإشارة الداخلة.

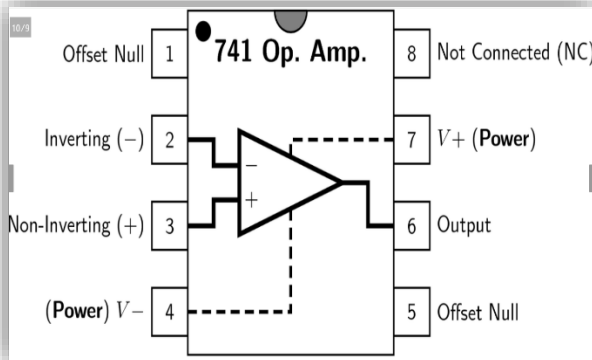
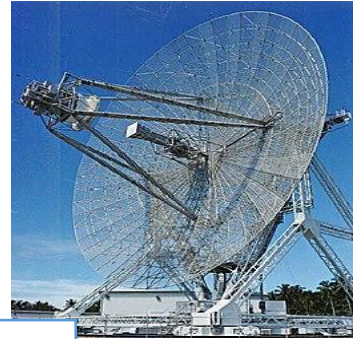
الاقتران المباشر: (**direct coupling**) هو نقل الطاقة مباشرةً عبر وسيط مادي كهربائي (حيث يوجد نقلاً حثيًا) بملف «أو سعويًا» بمكثف .



رمز مكبر العمليات 741



مكبرات الصوت



لتعريف بوظيفة أرجل الدائرة المتكاملة

. (الطرف) رقم 1 : ضبط الخرج عند الصفر

. (الطرف) رقم 2 : المدخل العاكس

. (الطرف) رقم 3 : المدخل الغير عاكس

. (الطرف) رقم 4 : منبع الجهد السالب ويساوى 15V-

. (الطرف) رقم 5 : ضبط الخرج عند الصفر

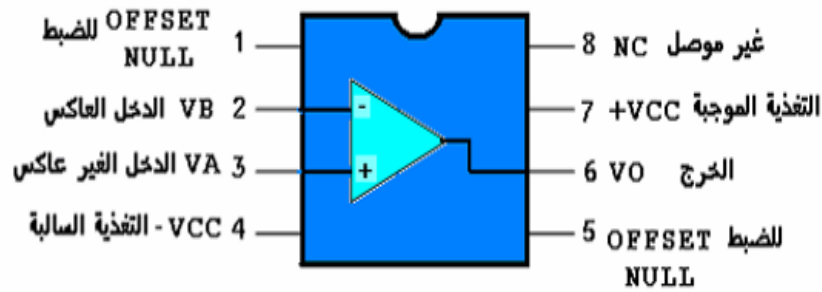
. (الطرف) رقم 6 : الخرج ويؤخذ منه الإشارة المكبرة

. (الطرف) رقم 7 : منبع الجهد الموجب يساوي +15 V

. (الطرف) رقم 8 : غير مستخدمة

ويستخدم الطرفان 1 و 5 لضبط الخرج عند الصفر (لتحقيق أن صفر في الدخل لابد أن يقابله صفر في الخرج) حيث يوصل بينهما مجزئ جهد ويوصل الطرف المنزلق للمجزئ بالطرف السالب للمنبع

في الشكل (٣) يبين مخطط الدبابيس للمكبر التشغيلي (741) ثنائي الخطوط



المواصفات

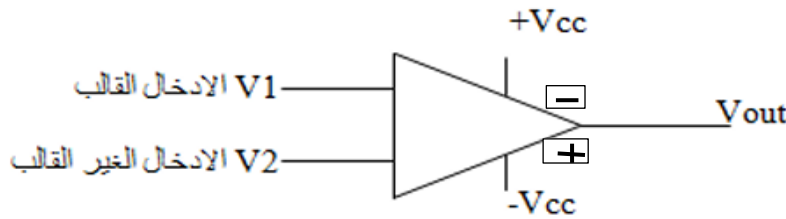
تضم مواصفات العمل بعض القيم الإلكترونية للأداء السليم مثل الحد الأقصى لجهد المصدر، كما يتحكم في أداء المضخم الدقة في تصنيعه ونقاوة مادته، وهذا يغير خواص مضخم عن آخر

وأحيانا تشكل القيم الاسمية للتشغيل كالآتي:

- **مقاومة المدخل** كبيرة وتبلغ $10^8 \Omega$ ($100M\Omega$)، ومقاومة المخرج صغيرة 20Ω .
 - يبلغ التضخيم 10^5 عند 10 هيرتز (50 dB) وينخفض إلى أقل من 1 عند 1 ميغا هيرتز (مليون هيرتز).
 - يبلغ جهد القاعدة offset قبل التشغيل عند $10^{-4} V$ (100 μV)، ويبلغ التسريب (أو الشوشرة) عند $10^{-7} A$ نحو (100nA)
 - يتسم المضخم بزيادة في الشوشرة كلما قل التردد. ويبلغ معدل زيادة الشوشرة 1 فولت/ ميكرو ثانية ($V/\mu s$).
- ويمكن عند استخدامه في الدوائر الإلكترونية البسيطة إهمال خاصيتي التسريب وجهد القاعدة الأولى.

إن مكبر العمليات هو نظام إلكتروني له دخلين V_1 ، V_2 وخرج واحد هو V_o

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 $(V_1 - V_2)$ وخرج واحد فقط (V_o) وعادة نحتاج إلى مصدرين جهد أحدهما يعطى جهداً مستمراً موجباً $(+15\text{ V})$ والآخر يعطى جهداً سالباً (-15 V) .



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

$$V_o = A_o(V_2 - V_1) \quad \dots\dots\dots(1)$$

في المعادلة رقم (١) $V_1 =$ معنا $V_o = 0$ فإن الخرج يصبح

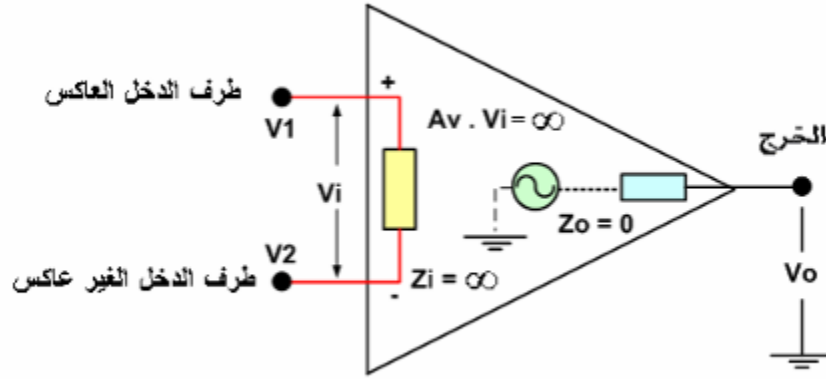
$$V_o = A_o V_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

أما إذا وضعنا $V_2 = 0$ فإن الخرج يصبح

$$V_o = -A_o V_1 \quad \dots\dots\dots(3)$$

المعادلتان 2 ، 3 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 ٢ يبين الدائرة المكافئة لمكبر التشغيلي OP AMP

وهذه الخواص يمكن تلخيصها كالتالي:

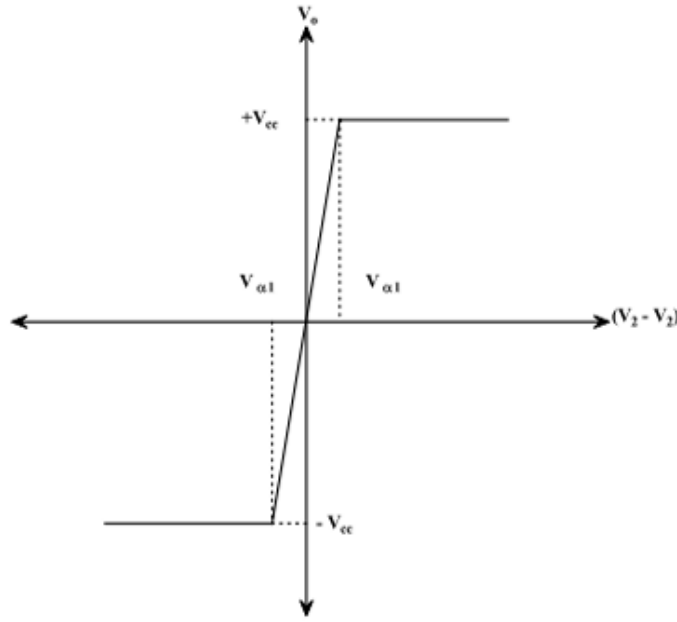
الخاصية	المكبر المثالي	المكبر الغير مثالي
معامل التكبير	ما لانهاية	حوالي 400.000
مقاومة الدخل	ما لانهاية	من $10M\Omega : 80M\Omega$
مقاومة الخرج	صفر	من $10\Omega : 100\Omega$

مكبر العمليات كأى 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 (١) يوضح الطرفين المستخدمين لتوصيل مصدر الطاقة.

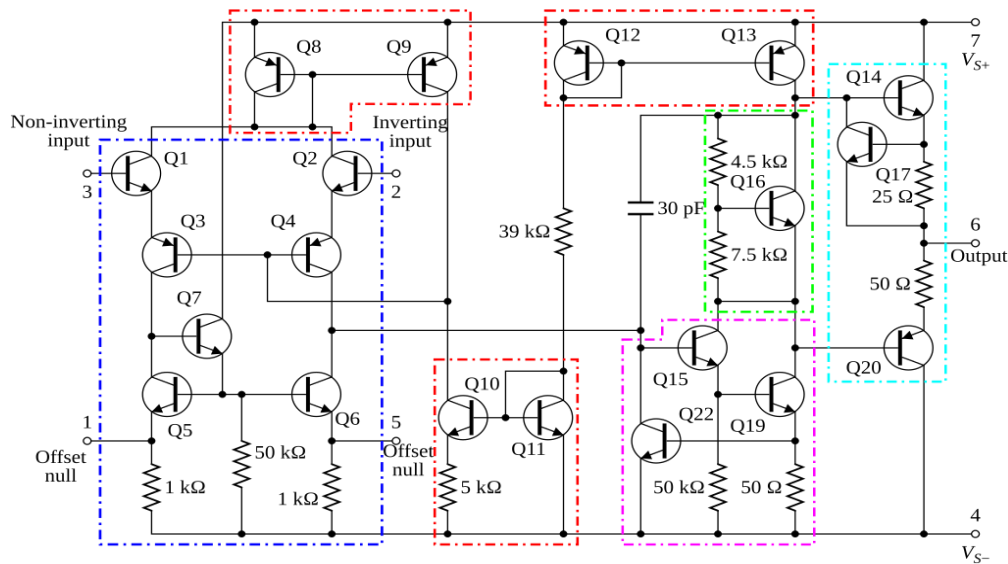
مكبر العمليات يمتاز بأن خرج V_o يتغير تغيراً خطياً بالنسبة لتغير الفرق بين الدخلين

$(V_2 - V_1)$ كما هو موضح بالشكل (٢).



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 $V_{\alpha 1}$ أو $V_{\alpha 2}$ 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.

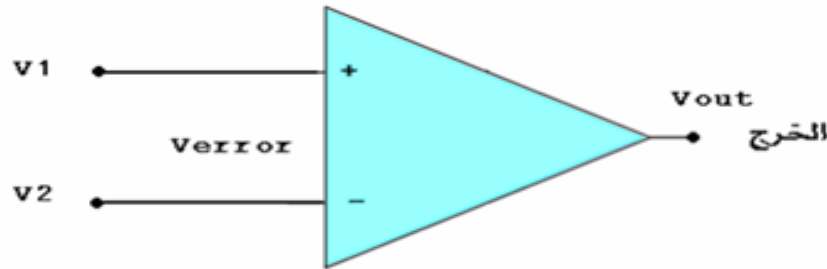
وللتغلب على ذلك فإنه من الضروري إضافة بعض المكونات الخارجية مثل المقاومات والمكثفات على حسب التطبيقات التي سيستخدم فيها مكبر العمليات.



تفاصيل الدارة المتكاملة 741 للمكبر العملياتي

المقارن Comparator

المقارن هو أبسط طريقة لاستخدام مكبر العمليات حيث لا يوجد تغذية عكسية. والشكل (٩) يوضح المكبر التشغيلي كمقارن حيث لا يوجد تغذية عكسية، وللمقارن كسب عالٍ جداً (قد يساوي 300 000) ولذلك فإن أقل فولتية بين طرفي الدخل (عادة بالميكروفولت) تنتج في الخرج أقصى جهد (V_{sat}) يقل عن V_{CC} بمقدار واحد أو اثنين فولت .



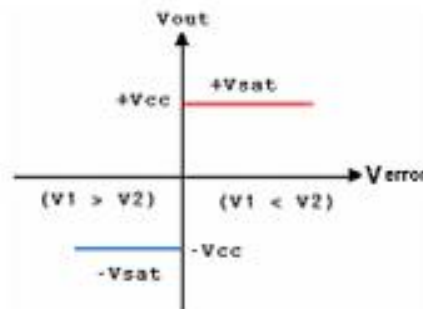
الشكل (٩) يوضح المكبر التشغيلي كمقارن

يوضح الشكل (١٠) منحنى خصائص المقارن وهي العلاقة بين الفرق في جهدي دخل المقارن V_d $V_1 - V_2$ أو ما يسمى بجهد الخطأ V_{error} ومن الواضح أنه :

١. عندما يكون $V_1 > V_2$ يكون جهد الخطأ (أو جهد الفرق V_d) موجب فينتج المقارن عندئذٍ أقصى جهد موجب $+V_{sat}$.
٢. عندما يكون $V_1 < V_2$ يكون جهد الفرق V_d سالب وينتج المقارن عندئذٍ أقصى جهد سالب $-V_{sat}$.

أي ان هذه الدائرة هي تستخدم للمقارنة بين مستوي فولتية.

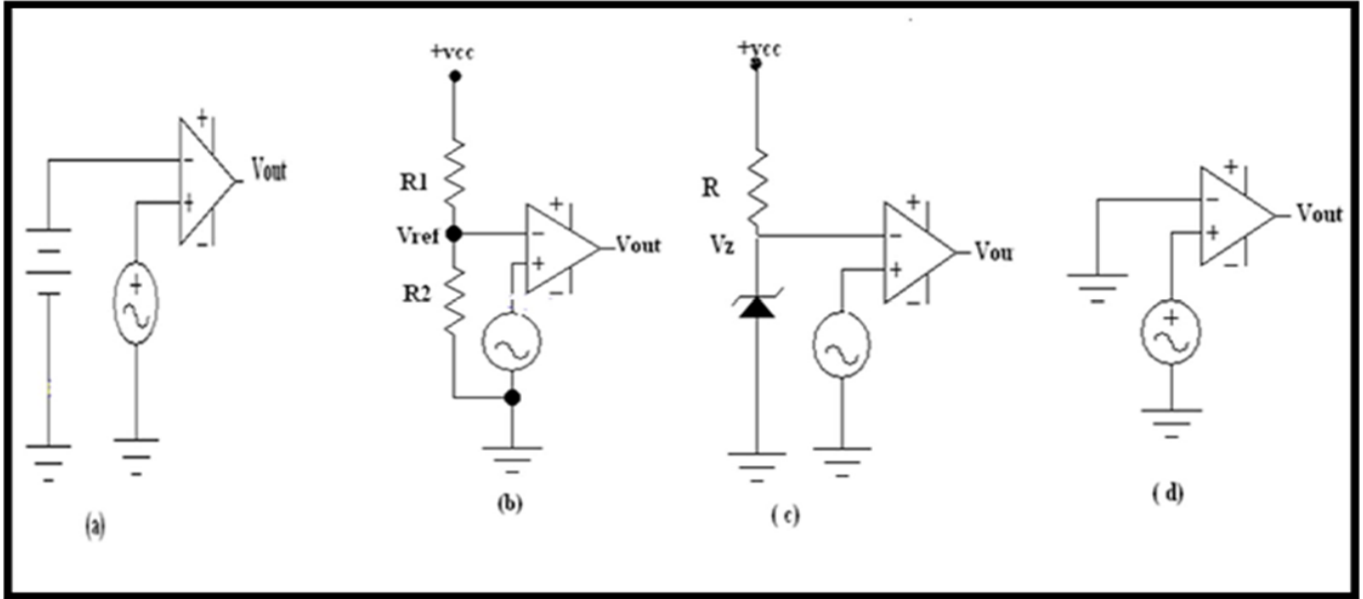
$$V_o \approx \begin{cases} +V_{sat} & \text{for } V_1 > V_2 \\ -V_{sat} & \text{for } V_1 < V_2 \end{cases}$$



الشكل (١٠) يوضح خصائص المقارن

ويمكن ان تحدد اشارة المرجعية من الطرق التالية:-

- ١- مصدر منفصل (Battery Reference) كما في الشكل (a)
- 2- مقسم الجهد (Voltage divider Reference) كما في الشكل (b)
- 3- زنبر داوود (Zener diode Reference) كما في الشكل (c)
- 4- اشارة الارضي (Zero level Reference) كما في الشكل (d)



جهد الدخل وكسب الجهد :

جهد الدخل للمقارن $V_d = V_1 - V_2$ ويسمى بجهد الخطأ .

$V_{sat} = V_{out} = (V_1 - V_2) A_{vol}$ جهد الخرج (التشبع) .

$A_{vol} = \frac{V_{sat}}{V_d} = \frac{V_{sat}}{V_1 - V_2}$ كسب الجهد للمقارن وهو كبير جداً .

ومما سبق فالمقارن يعمل مقارنة بين كل من جهدي الدخل V_1 و V_2 منتجاً جهد خرج التشبع $\pm V_{sat}$ معتمداً على الفرق بين V_1 و V_2 وأقصى قيمة لجهد الخرج والتي تسمى بجهد التشبع V_{sat} وتكون عادة أقل من جهد التغذية المستمرة V_{cc} 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)

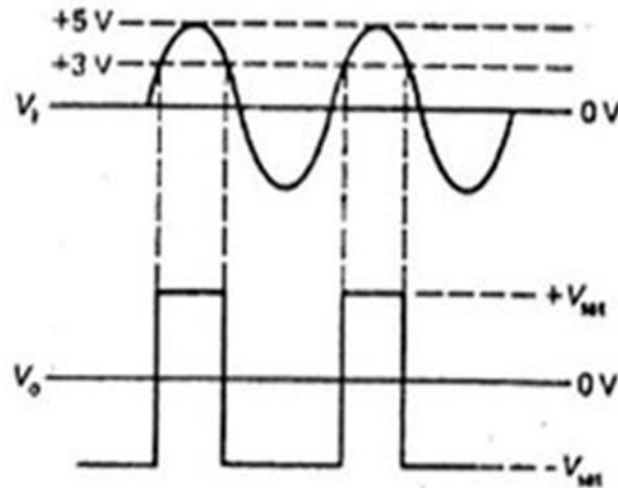
1 - (كاشف المستوى Level detection)

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

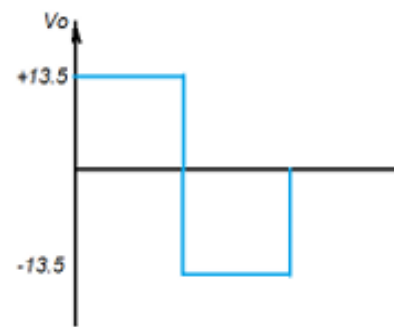
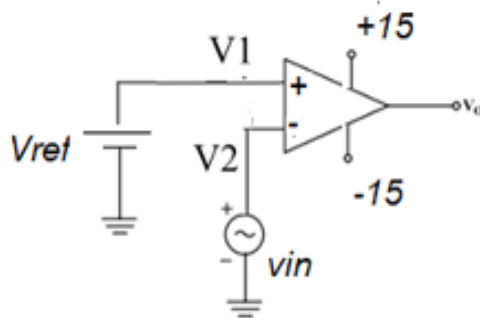
اي انه يقارن فولتية V_{in} نسبة الى فولتية المرجع

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 يساوي 3V فإن شكل موجة الدخل وموجة الخرج المتوقع كما في الشكل التالي :



ونلاحظ إنه عندما يكون جهد الدخل أكبر من 3V فإن خرج المقارن يكون مساويا $+V_{sat}$, وعندما يكون جهد الدخل أصغر من 3V فإن خرج المقارن يكون مساويا $-V_{sat}$. علما بأن V_{sat} تساوي 13V تقريبا عندما يكون جهد VCC مساويا 15V



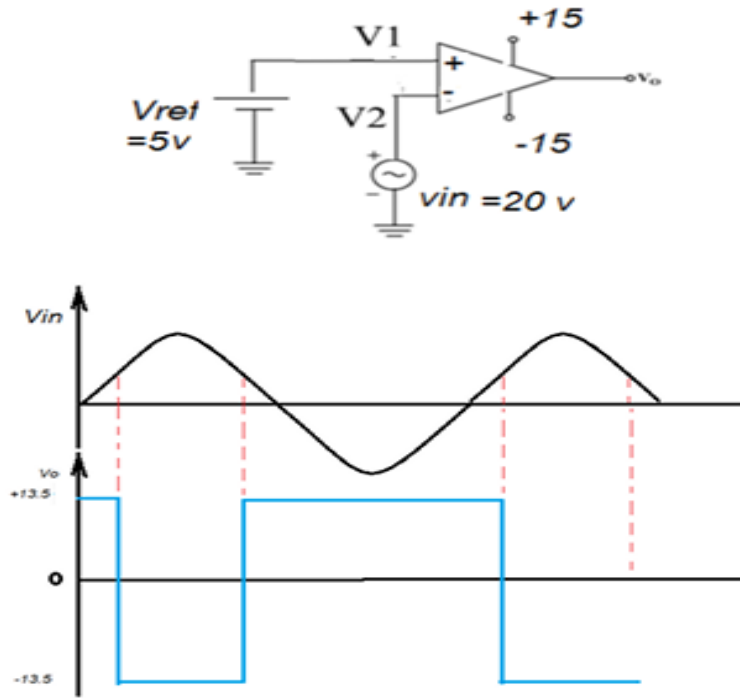
IF:

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

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

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

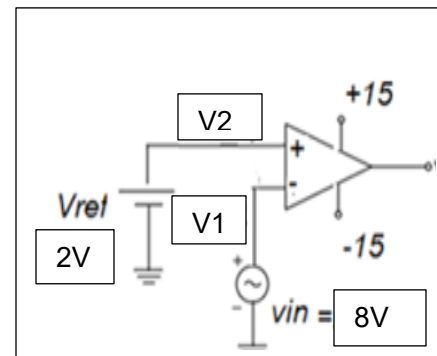
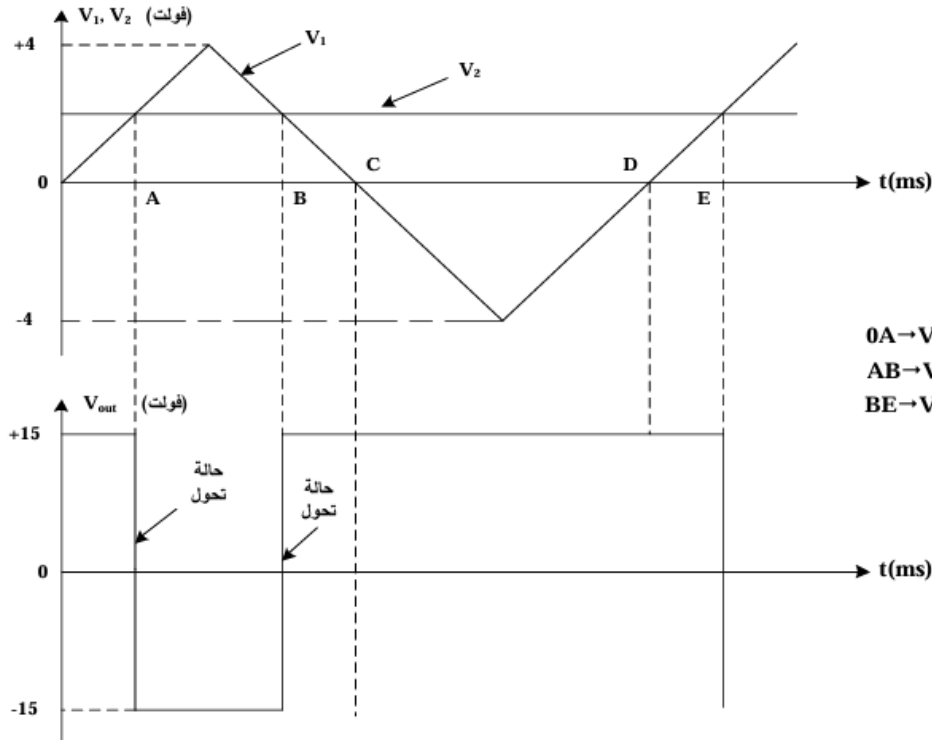
مثال: ارسم فولتية الاخراج V_o عندما تكون فولتية الادخال $V_{in} = 40 V_{p.p}$ و $V_{ref} = 5V$.



مثال: في دائرة المقارن التناظري إذا كانت فولتية المرجع $V_2 = 2V$, $R = 10K\Omega$, $V_{cc} = \pm 15V$. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى موجة فولتية الإدخال المثلثة.

صمم الدائرة الالكترونية

الحل:



$$Gain = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{out} = Gain \cdot V_{in}$$

$$V_{out} = A \cdot V_{in}$$

$$V_{in} = 0.01 \text{ mV} , A = 200,000 , V_{out} = ?$$

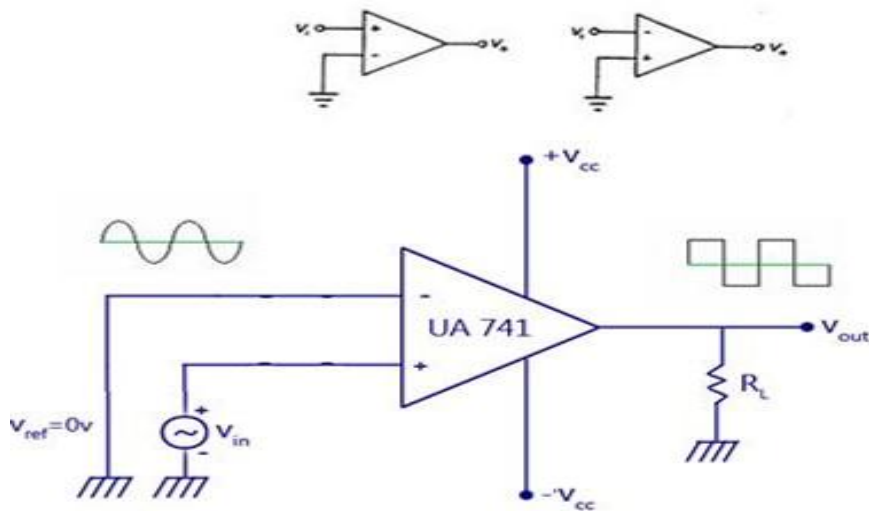
$$V_{out} = 200,000 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 2 \text{ V}$$

٢- الكاشف الصفري Zero detection

وحيث أن معامل الكسب (التكبير) لمكبر العمليات الذي يعمل في دائرة مفتوحة كما هو الحال في المقارن كبير جدا ، لذا فإن جهد إشارة بالملي فولت يكفي لتشبع المكبر ، وخرج مقارن الجهد دائما جهد التشبع موجبا أو سالبا $\pm V_{sat}$.

في حالة قيام المقارن بمقارنة إشارة جهد مع (0 V) فإنه يسمى بكاشف عبور الصفري Zero Crossing Detector كما في الشكل التالي :

Zero Crossing Detector Using UA 741 op-amp IC

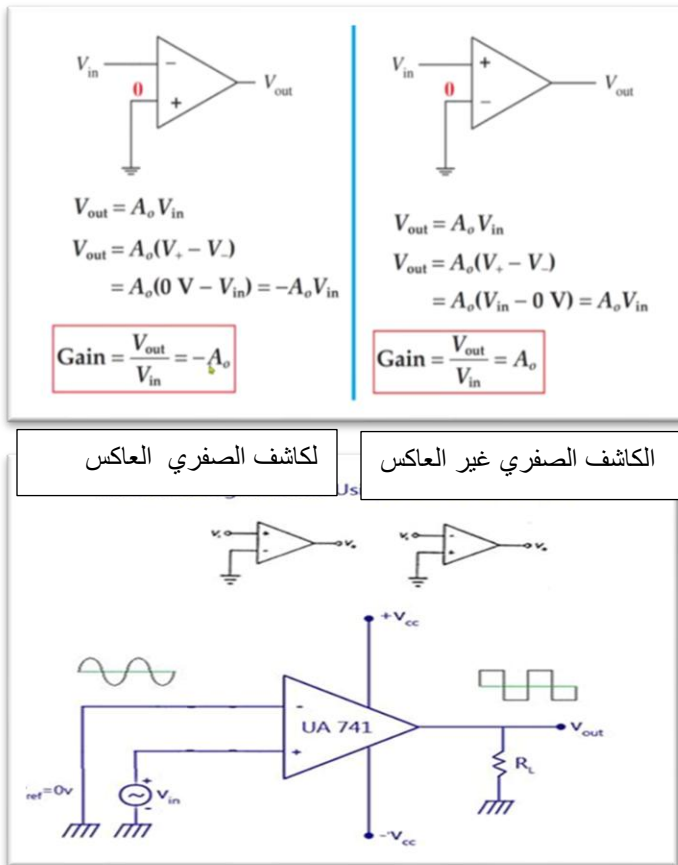


المقارن comparator الكاشف الصفري

هي دائرة كاشف التقاطع الصفري / ما هو كاشف التقاطع الصفري محتوياته

دائرة كاشف التقاطع الصفري باستخدام مكبر تشغيلي LM741 كاشف التقاطع الصفري غير العاكس و كاشف التقاطع الصفري العاكس كاشف التقاطع الصفري باستخدام مقرر ضوئيا استخدامات كاشف التقاطع الصفري ((ZCD) يكتشف كاشف التقاطع الصفري عدد المرات التي عبرت فيها إشارة الإدخال قيمة الصفر أو مستوى الجهد الصفري. كاشف التقاطع الصفري هو في الأساس دائرة مقارنة تقارن إشارة الجيب المدخلة أو إشارة الموجة الجيبية بمستوى الجهد الصفري، وبعبارة أخرى، يمكننا القول أن هذا يكتشف تغير الجهد من مستوى موجب إلى مستوى سالب ومن مستوى سالب إلى مستوى موجب. يتغير خرج كاشف التقاطع الصفري عندما يعبر جهد الإدخال مستوى الصفر إلى مرتفع أو مرتفع إلى صفر. يقارن كاشف متقاطع صفري إشارة الدخل مع الجهد المرجعي الصفري (Vref). (Vref) يغير الإخراج إما + Vsat أو -Vsat عن طريق التبديل من LOW إلى HIGH أو العكس. عندما يتجاوز المدخلات الجهد للصفري باستخدام مضخم تشغيلي للأغراض العامة أو باستخدام مقترنة بصرية أو باستخدام الترانزستورات.

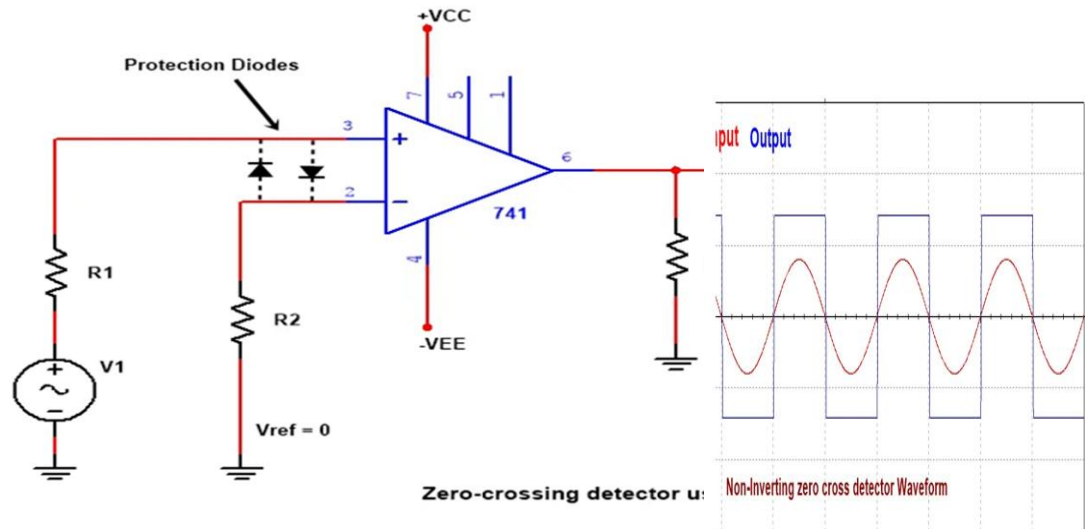
دائرة كاشف عبور صفري باستخدام المرجع LM741



الكاشف المتقاطع الصفري 741 using Zero- crossing detector

Non-Inverting

Input	$V_o = V_i - V_{ref}$	Output
+Ve cycle 	$V_i - 0 = V_i$	$+V_{sat}$ 
-Ve cycle 	$-V_i - 0 = -V_i$	$-V_{sat}$ 

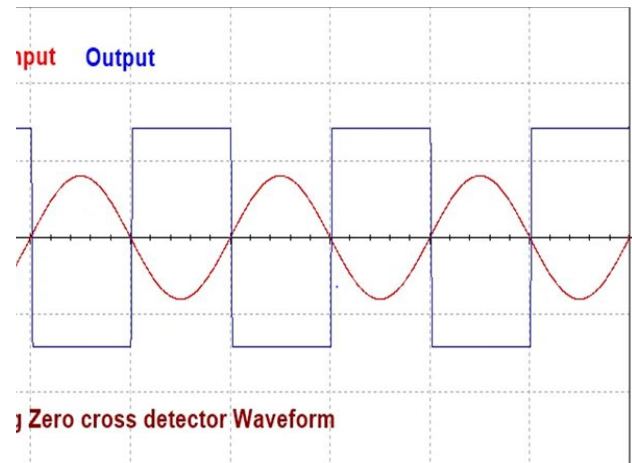
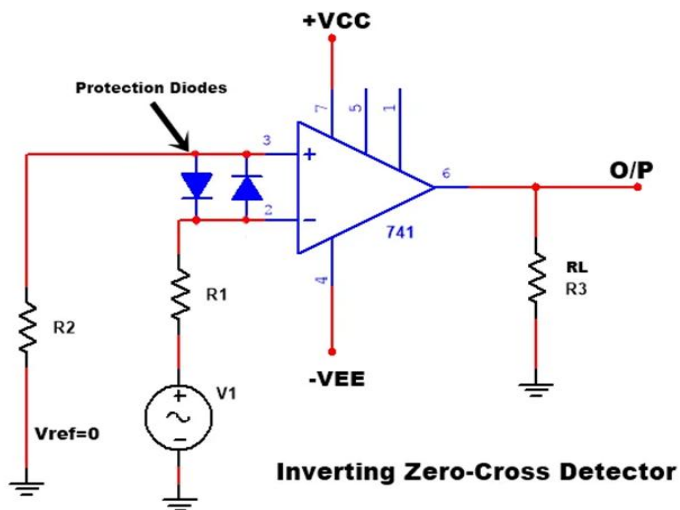


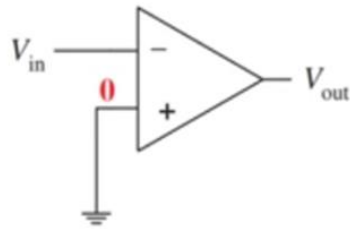
الكاشف المتقاطع الصفري 741 Zero- crossing detector using

يطلق على الكاشف المتقاطع الصفري أيضًا اسم sinewave to square wave converter. هذا الإخراج + Vsaturation. كاشف متقاطع عاكس صفري إذا تم تطبيق جهد الدخل عند الطرف المقلوب والجهد المرجعي معطى على طرف غير مقلوب أو طرف غير مقلوب مؤرض ، حتى عندما تكون كمية قليلة من جهد الدخل أعلى من صفر فولت ، سيتحول الخرج إلى LOW . عندما يستمر الإدخال في الزيادة من صفر إلى موجب ، ينتقل جهد الخرج إلى تشبع سلبي. وهذا الناتج المنخفض يسمى -Vsaturation.

Inverting

Input	$V_o = V_{ref} - V_i$	Output
+Ve cycle 	$0 - V_i = -V_i$	$-V_{sat}$ 
-Ve cycle 	$0 - (-V_i) = +V_i$	$+V_{sat}$ 

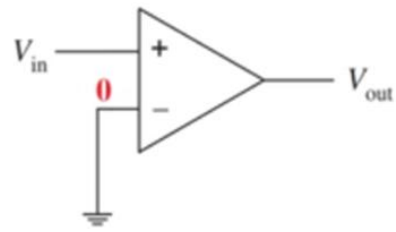




$$V_{out} = A_o V_{in}$$

$$\begin{aligned} V_{out} &= A_o(V_+ - V_-) \\ &= A_o(0 \text{ V} - V_{in}) = -A_o V_{in} \end{aligned}$$

$$\text{Gain} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -A_o$$

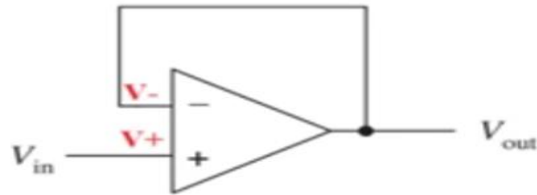


$$V_{out} = A_o V_{in}$$

$$\begin{aligned} V_{out} &= A_o(V_+ - V_-) \\ &= A_o(V_{in} - 0 \text{ V}) = A_o V_{in} \end{aligned}$$

$$\text{Gain} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = A_o$$

قاعدة : في حالة التغذية العكسية السالبة نقول أن الجهد على المدخلين متساوي

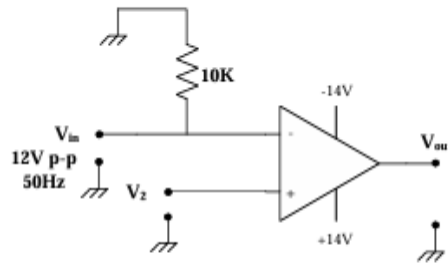
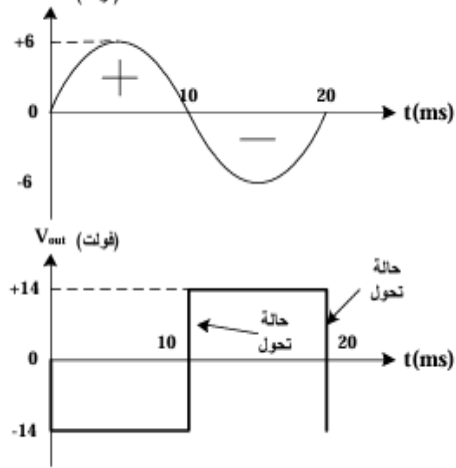


$$\begin{aligned} V_{in} &= V_+ \\ V_{out} &= V_- \end{aligned} \implies V_{in} = V_{out}$$

$$\text{Gain} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1$$

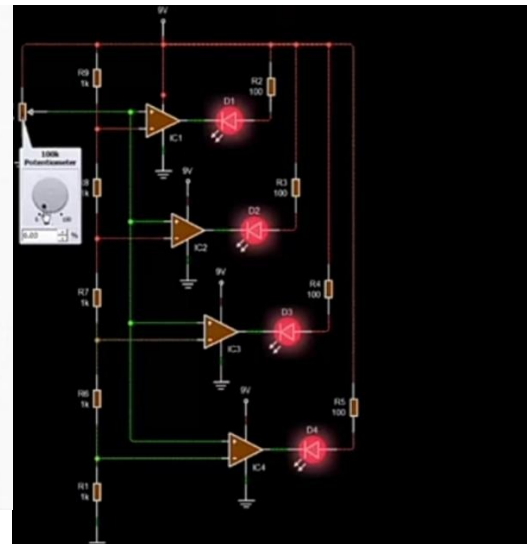
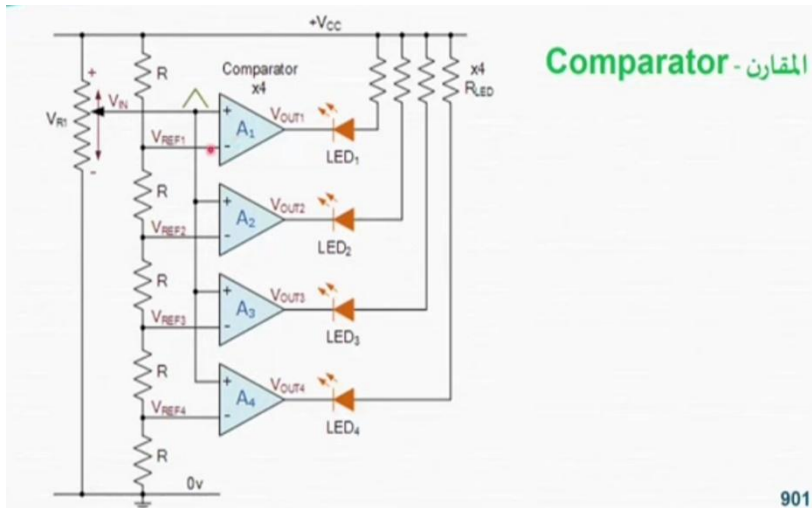
- * إذا كانت $0 < V_{in}$ تكون $V_{out} = -V_{cc}$.
- * إذا كانت $V_{in} = 0$ تكون حالة تحول $V_{out} = 0$.
- * إذا كانت $0 > V_{in}$ تكون $V_{out} = +V_{cc}$.

مثال: في دائرة العبور الصفري إذا كانت V_{in} موجة جيبية 12V p-p وبتردد 50Hz، و $R=10K\Omega$ و $V_{cc}=\pm 14V$. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج.
الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.



في النصف الموجب لموجة الإدخال تكون $V_{in} > 0$ وعندها $V_{out} = -14V$.
 في النصف السالب لموجة الإدخال تكون $V_{in} < 0$ وعندها $V_{out} = +14V$.

دائرة حساس درجات الحرارة باستخدام المقارن



مكبر العمليات القالب Inverter Amplifier

مكبر العمليات غير القالب Non- Inverter

مكبر العمليات العاكس inverting OP-AMP

Inverting Amplifier

المكبر العاكس (القالب)

يقوم المكبر العاكس بتكبير الإشارة مع قلب الإشارة لها فإن الجهد السالب سوف يخرج موجباً والجهد الموجب سيكون سالباً، أي هناك فرق طور 180° بين الإدخال والإخراج وتكون معادلة الإخراج V_{out} وعامل تكبير الفولتية في دائرة المكبر العاكس كما يلي:

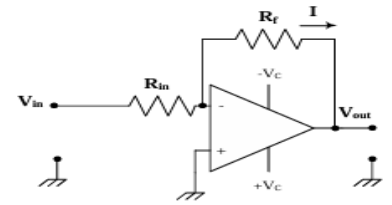
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}} \quad \text{تكبير الفولتية أو الكسب للفولتية}$$

$$V_{out} = A_v * V_{in} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in}$$

$$V_{out} = -I * R_f$$

$$V_{in} = I * R_{in}$$

حيث أن:



(دائرة المكبر العاكس)

ملاحظة: وإذا كانت $R_f = R_{in}$ فإن $A_v = -1$ و $V_{out} = -V_{in}$ وعندما تسمى دائرة العاكس (بدون تكبير).

تحليل الدائرة

حسب نظرية كيرشوف لتيار

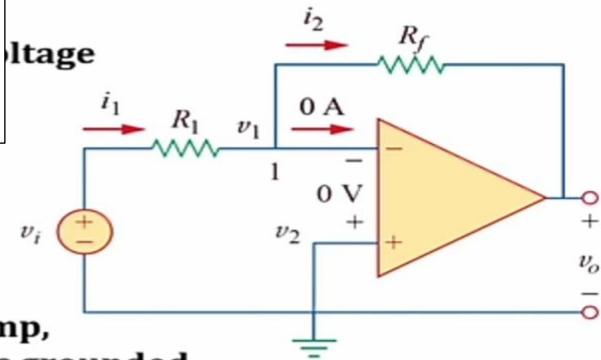
حيث ان التيارات الداخلة تساوي التيارات الخارجة

كما ان R_{in} عالية جدا اذن $V_1 = V_2$

$$\frac{v_i - v_1}{R_1} = \frac{v_1 - v_o}{R_f}$$

- But $v_1 = v_2 = 0$ for an ideal op amp, since the noninverting terminal is grounded.

$$\frac{v_i}{R_1} = -\frac{v_o}{R_f} \Rightarrow v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_i \Rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$



$$i_1 = \frac{v_{in}}{R_1} = \frac{v_1}{R_1}$$

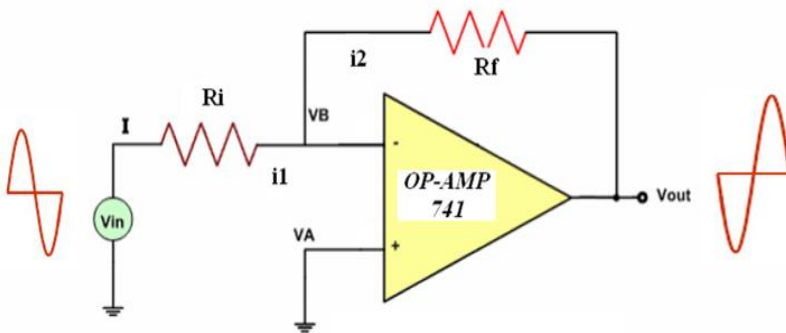
$$i_2 = \frac{-v_o}{R_f}$$

$$i_1 + (-i_2) = 0$$

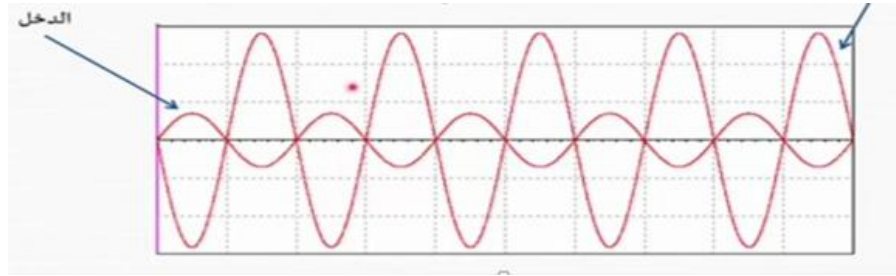
or

$$\frac{v_i}{R_1} + \frac{-v_o}{R_f} = 0$$

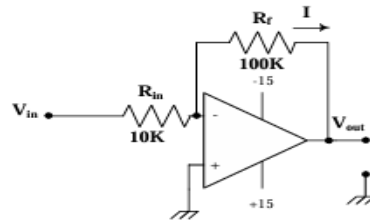
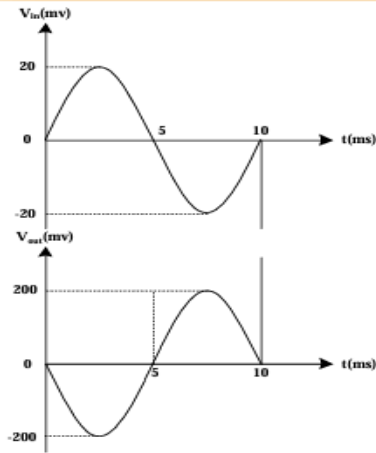
$$\therefore \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$



شكل يوضح دائرة مكبر عاكس OP - AMP



مثال: في دائرة المكبر العاكس إذا كانت $V_{cc} = +15V$ و $R_{in} = 10K$ و $R_f = 100K$ ارسم موجة الإخراج لموجة الإدخال المعطاة.
الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.



$$A_v = -\frac{R_f}{R_{in}} = -\frac{100K}{10K} = -10 \quad \text{نحسب } A_v$$

$$V_{out1} = V_{in} * A_v = 20 * (-10) = -200mV$$

$$V_{out2} = V_{in} * A_v = -20 * (-10) = +200mV$$

مثال

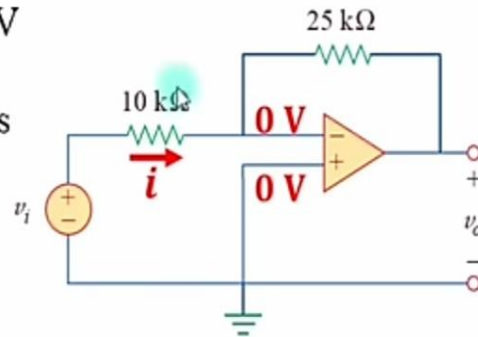
في الدائرة التالية عندما تكون $V_{in} = 0.5V$, $R_{in} = 10K\Omega$, $R_f = 25 K\Omega$ احسب V_o , التيار المار في المقاومة $10K\Omega$.

$$(a) A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_f}{R_1} = -\frac{25}{10} = -2.5$$

$$v_o = -2.5v_i = -2.5(0.5) = -1.25 \text{ V}$$

(b) The current through the 10-k Ω resistor is

$$i = \frac{v_i - 0}{R_1} = \frac{0.5 - 0}{10 \times 10^3} = 50 \mu\text{A}$$

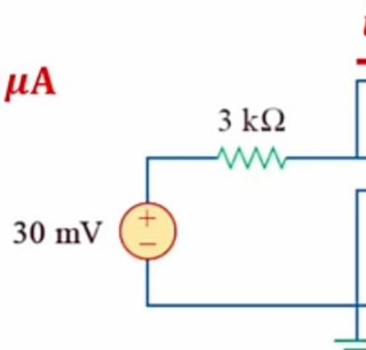


مثال

مكبر العمليات 741 في الدائرة التالية احسب V_O و تيار التغذية العكسية I_f

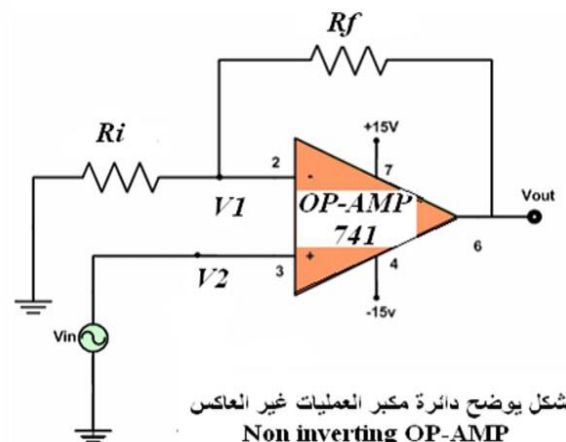
$$v_o = -\frac{R_f}{R_i} v_i = -\frac{120}{3} * 30 * 10^{-3} = -1.2 \text{ V}$$

$$i_f = \frac{0 - v_o}{R_f} = \frac{1.2}{120 \text{ k}} = 10 \mu\text{A}$$



Non inverting OP-AMP مكبر العمليات غير العاكس

Non inverting OP-AMP مكبر العمليات غير العاكس



شكل يوضح دائرة مكبر العمليات غير العاكس
Non inverting OP-AMP

$$\begin{aligned}
 v_i &= v_2 = i R_1 \\
 v_o &= i (R_1 + R_f) \\
 A_V &= \frac{v_o}{v_i} \\
 A_V &= \frac{i (R_1 + R_f)}{i R_1} \\
 A_V &= \frac{R_1 + R_f}{R_1} \\
 \therefore A_V &= 1 + \frac{R_f}{R_1}
 \end{aligned}$$

تحليل الدائرة باستخدام الجهد

$$i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{0 - v_1}{R_1} = \frac{v_1 - v_o}{R_f}$$

But $v_1 = v_2 = v_i$ for an ideal op amp .

$$\frac{-v_i}{R_1} = \frac{v_i - v_o}{R_f} \Rightarrow v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) v_i \Rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

مثال: في دائرة المكبر غير العاكس إذا كانت $R_{in}=10K$ و $R_f=50K$ و $V_{cc}=\pm 15V$. أوجد فولتية الإخراج إذا كانت $V_{in}=-1.5V$ مرة و $V_{in}=4V$ مرة أخرى.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_{in}} = 1 + \frac{50K}{15K} = 6$$

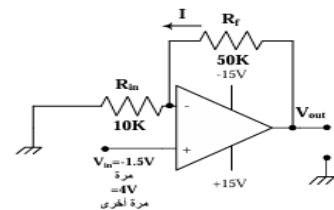
عندما $V_{in}=-1.5V$ فإن الإخراج

$$V_{out} = V_{in} * A_v = 6 * (-1.5) = -9V$$

وعندما $V_{in}=4V$ فإن الإخراج

$$V_{out} = V_{in} * A_v = 6 * 4 = 24V$$

وهذا عملياً غير ممكن
حيث ان: $V_{out} \leq V_{cc}$ أي أنها لا تتجاوز $15V$ في هذا المثال.



(دائرة المثال للمكبر الغير عاكس)

ملاحظة: إذا كانت $R_{in}=\infty$ و $R_f=0$ في المكبر غير العاكس فإن الدائرة تسمى (تابع الفولتية) أو المصدر التناظري **Analog Buffer** ويكون $A_v=1$ ويستخدم لتكبير التيار . $V_{out} = V_{in}$.

مثال

مكبر عمليات 741 بثلاث مراحل ربحها يساوي (-27) (-18) (+10) على التوالي فاذا كانت مقاومة التغذية العكسية $R_f = 270\text{K}\Omega$ لجميع المراحل احسب

1- قيمة المقاومات R_1, R_2, R_3

2- جهد الاخراج اذا علمت ان جهد الادخال يساوي $150\mu\text{V}$

Solution

For the gain of +10

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

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

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

For the gain of -18

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

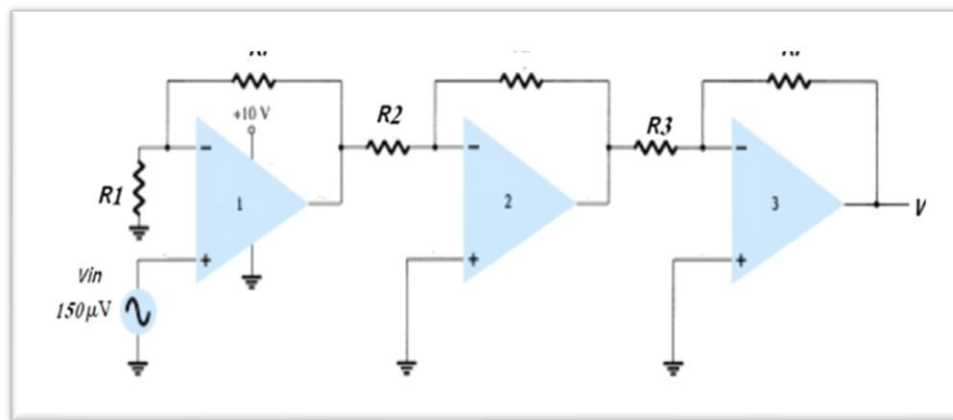
$$R_2 = \frac{R_f}{18} = \frac{270\text{ k}\Omega}{18} = 15\text{ k}\Omega$$

For the gain of -27:

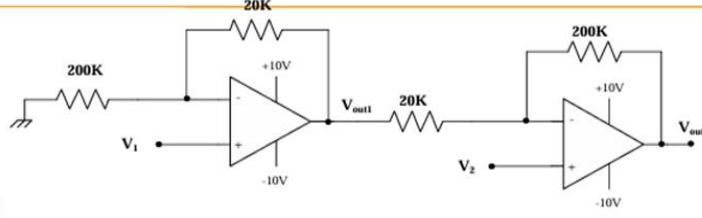
$$A_3 = -\frac{R_f}{R_3} = -27$$

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

$$V_o = A_1 A_2 A_3 V_1 = (10)(-18)(-27)(150\text{ }\mu\text{V}) = 4860(150\text{ }\mu\text{V}) \\ = 0.729\text{ V}$$



مثال: أوجد معادلة الإخراج لدائرة مكبر العمليات المرسومة أدناه:



$$V_o = \left(1 + \frac{20}{200}\right) \cdot V_1 = 1.1V_1$$

$$V_{out1} = V_o \text{ من الإخراج الناتج من } V_o = \frac{-200}{20} \cdot V_o = -10 \cdot 1.1V_1 = -11V_1$$

الحل:

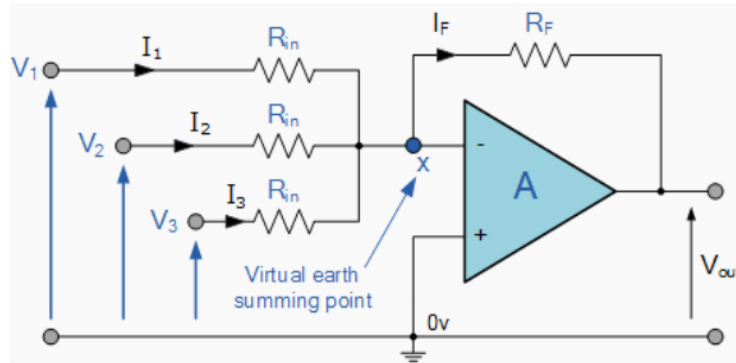
$$V_{out2} = V_2 \text{ من الإخراج الناتج من } V_2 = \left(1 + \frac{200}{20}\right) \cdot V_2 = 11V_1$$

$$V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$$

$$V_{out} = -11V_1 + 11V_2 \quad \text{و.ه.م}$$

المكبر الجامع Summing Amplifier

هذه الدائرة تجمع الاشارات الداخلة ولكي تضح لنا الصورة اكثر سوف نقوم بشرح على الصورة الانية



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 (٧).

ويمكن إيجاد معامل التكبير كما يلي:

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

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

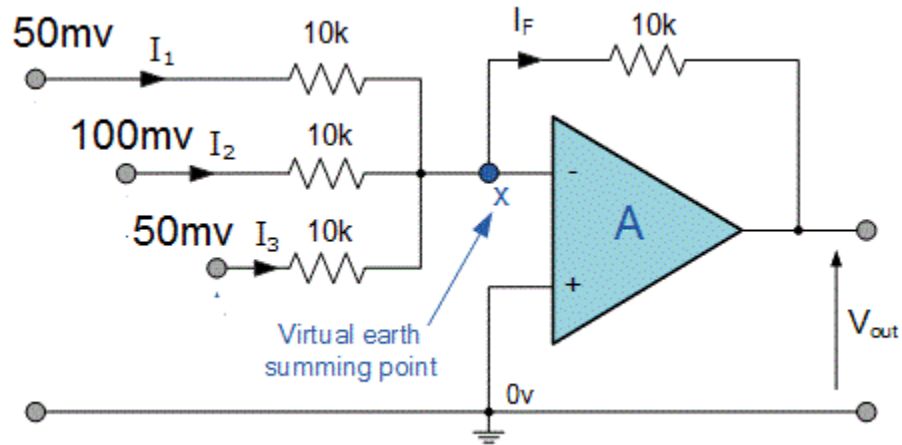
فإذا كانت المقاومات متساوية فسيصبح القانون

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

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

مثال

في الدائرة التالية احسب V_O



في هذه التجربة قمنا بأدخال ثلاث اشارات وسوف نقوم بجمع هذه الاشارات عن طريق دائرة المكبر الجامع وان هذه الدائرة تقوم بجمع الجهود الداخلة وعكس اشارة الخارج من الموجب الى السالب ولا تقوم بالتكبير لان معامل التكبير هنا هو صفر لنقم بحساباتنا لدينا القانون السابق لايجاد الجهد الخارج

$$V_o = -\left(\frac{R_{IF}}{R_{IN1}} V_1 + \frac{R_{IF}}{R_{IN2}} V_2 + \frac{R_{IF}}{R_{IN3}} V_3\right)$$

$$R_{IF} = R_{IN1} = R_{IN2} = R_{IN3} = 10Kohm$$

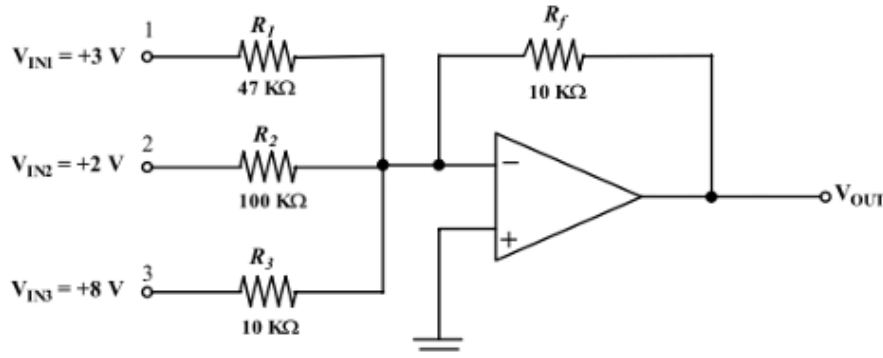
$$V_o = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

$$v_o = -(50mv + 100mv + 50mv)$$

$$v_o = -200mv$$

مثال

أوجد جهد الخرج للدائرة التالية شكل (٨):



شكل (٨)

الحل:

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

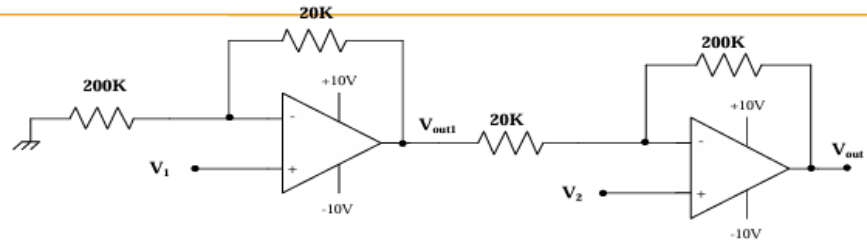
$$W_2 = \frac{R_f}{R_2} = \frac{10K\Omega}{100K\Omega} = 0.100$$

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

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

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

مثال: أوجد معادلة الإخراج لدائرة مكبر العمليات المرسومة أدناه:



$$V_o = \left(1 + \frac{20}{200}\right) \cdot V_1 = 1.1V_1$$

$$V_{out1} = V_o \text{ من الإخراج الناتج من } = \frac{-200}{20} \cdot V_o = -10 \cdot 1.1V_1 = -11 \cdot V_1$$

الحل:

$$V_{out2} = V_2 \text{ من الإخراج الناتج من } = \left(1 + \frac{200}{20}\right) \cdot V_2 = 11 \cdot V_1$$

$$V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$$

$$V_{out} = -11V_1 + 11V_2 \quad \text{و.ه.م}$$

مثال

في دائرة الجامع العاكس إذا كانت $V_{cc}=\pm 15V$ و $V_3=0.5V$ ، $V_2=1V$ ، $V_1=2V$ ، $R_3=15K$ ، $R_2=20K$ ، $R_1=30K$ ، $R_f=60K$ أوجد فولتية الإخراج في هذه الدائرة.

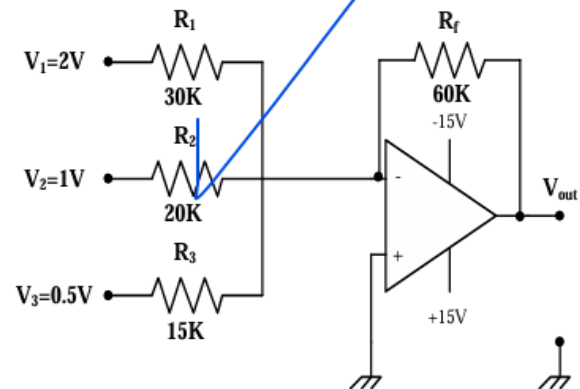
الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.

$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_1} \cdot V_1 + \frac{R_f}{R_2} \cdot V_2 + \frac{R_f}{R_3} \cdot V_3\right)$$

$$= -\left(\frac{60}{30} \cdot 2 + \frac{60}{20} \cdot 1 + \frac{60}{15} \cdot 0.5\right)$$

$$= -(4 + 3 + 2)$$

$$= -9V \text{ و.هـ.م}$$



مثال: ارسم دائرة مكبر العمليات التي يكون إخراجها $V_{out} = 5V_1 + 2V_2 + 1V_3$

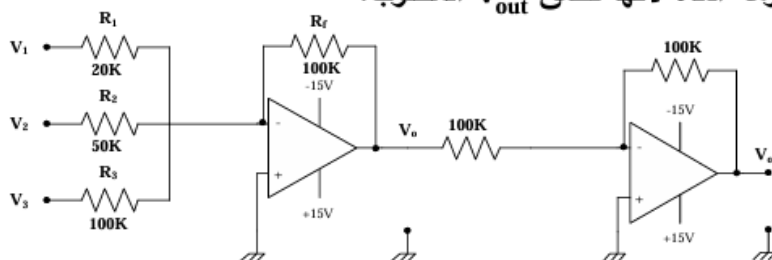
علماً أن $V_{cc}=\pm 15V$ و $R_f=100K$

الحل:

نظرة فاحصة على معادلة الإخراج المطلوبة تبين أننا نحتاج إلى دائرة جامع عاكس مربوط بعدها دائرة عاكس وللحصول على القيم المناسبة للمقاومات نقوم بإجراء تناظر بين المعادلة المطلوبة والمعادلة العامة للجامع العاكس فنحصل على:

$$\frac{R_f}{R_1} = 5, \quad \therefore R_1 = \frac{R_f}{5} = \frac{100}{5} = 20K \quad \left\{ \frac{100}{2} = 50K \right. \text{ \& } R_3 = 100K$$

وستكون الدائرة المطلوبة كما مرسومة أدناه لأنها تحقق V_{out} المطلوب:



$$V_{out} = -V_0 = -\left[-\left(\frac{100}{20} \cdot V_1 + \frac{100}{50} \cdot V_2 + \frac{100}{100} \cdot V_3\right)\right] = 5V_1 + 2V_2 + V_3$$

و.هـ.م

المكبر الجامع غير القالب

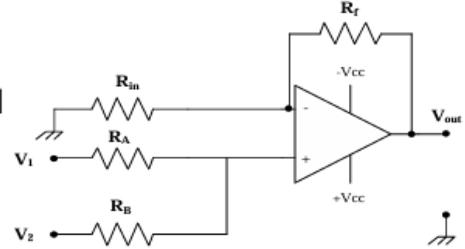
تقوم دائرة الجامع غير القالب بجمع عدد من الاشارات من دون عكسها، وتسمى أيضاً المضيف غير القالب أو الضائف غير القالب.

وفيما يلي رسم الدائرة مع العلاقات الرياضية لها:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{V_1 * R_B + V_2 * R_A}{R_A + R_B}\right) \quad \text{..... (1)}$$

$$V_{out} = \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \quad \text{..... (2) إذا كانت } R_A = R_B$$

هذا الرقم يدل على عدد الإشارات



وإذا كانت $R_f = R_{in}$ أيضاً فإن المعادلة (2) ستصبح: $V_{out} = V_1 + V_2$

المعادلة (1) وهي المعادلة العامة تم الحصول عليها باستخدام نظرية التراكب (Superposition) المعروفة في الدوائر الكهربائية وكما يلي:

$$V_{out1} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{V_1 * R_B}{R_A + R_B}\right) \quad V_{out2} = \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right) \left(\frac{V_2 * R_A}{R_A + R_B}\right)$$

وبإجراء عملية جمع V_{out1} مع V_{out2} نحصل على المعادلة (1).

مثال: في دائرة الجامع غير العاكس إذا كانت $V_2 = 2.5$ ، $V_1 = 3.5V$ ، $R_{in} = 10K$ ، $R_f = 40K$ ، $R_A = R_B = 10K$ ، $V_{cc} = 15V$. أوجد V_{out} لهذه الدائرة.

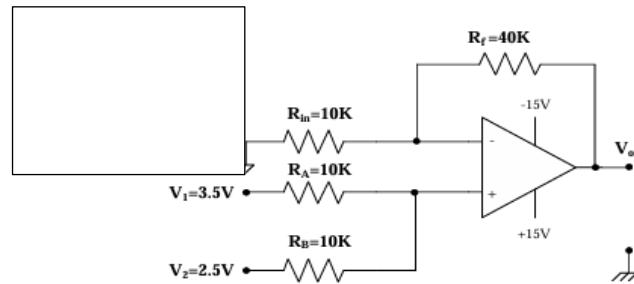
الحل: بداية نرسم الدائرة ثم نقوم بتثبيت المعلومات عليها:

$$V_{out} = \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right) \left(1 + \frac{R_f}{R_{in}}\right)$$

$$= \left(\frac{3.5 + 2.5}{2}\right) \left(1 + \frac{40}{10}\right)$$

$$= (3) * (5)$$

$$= 15V \text{ هـ.و.}$$

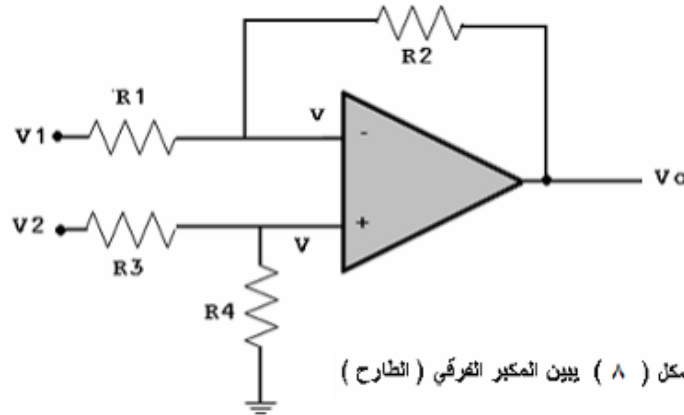


مكبر العمليات 741 الطارح Differential or Subtractor

المكبر الطارح كما بالشكل (٨) يوضح الدائرة الأساسية للمكبر الفرقي والذي يستخدم لتكبير الفرق بين جهدي طرفي الدخل . وهذا المكبر يمكن أن يسمى باسم مكبر أجهزة القياس Instrumentation 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 .

في التطبيقات السابقة لاحظنا أن الإشارة الداخلة تدخل على أحد طرفي الدخل لمكبر العمليات ، أما إذا سمح لإشارتي دخل الدخول معا على مدخلي مكبر العمليات يسمى المكبر في هذه الحالة بالمكبر الفرقي (الطارح) ، وسمى بهذا الاسم نظرا لأنه يقوم بتكبير الفرق بين الدخلين ، وفي الوضع المثالي لهذه الدوائر فإن الخرج يساوى صفرا عند تساوى جهد مدخلي الجهد ، ودائرة مكبر العمليات الفرقية موضحة بالشكل التالي:



$$V = \frac{R2}{R1+R2} * V2 \dots \dots \dots (1) \quad \text{عن طريق مقسم الجهد:}$$

$$\frac{V1-V}{R1} = \frac{V-Vo}{R2} \rightarrow \left[\frac{V1}{R1} - \frac{V}{R1} = \frac{V}{R2} - \frac{Vo}{R2} \right] \dots \dots \dots \div R2$$

$$Vo = \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) V - V1 \frac{R2}{R1} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Sub (1) in (2)} \rightarrow Vo = \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) \left(\frac{R2}{R1+R2} \right) V2 - V1 \frac{R2}{R1}$$

$$Vo = \frac{R2}{R1} (V2 - V1) \dots \dots \dots (3)$$

مثال 1 :

صمم دائرة مكبر العمليات الطارح مع ادخالين V_1, V_2 للحصول على معادلة الاخراج التالية

$$V_O = 3V_2 - 5V_1$$

الحل /

□ **Design 1:** If we desire to use only one op amp, we can use the difference amplifier circuit

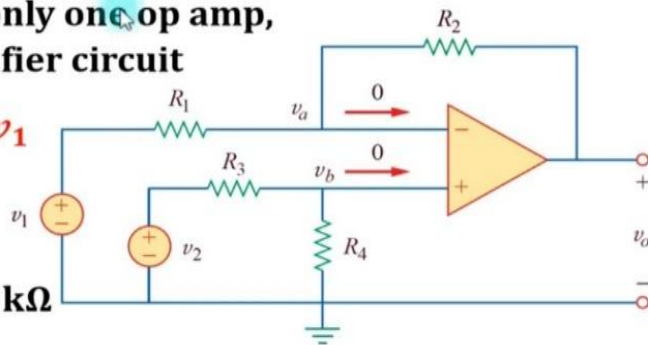
$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 5 \Rightarrow R_2 = 5R_1$$

- Choose $R_1 = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_2 = 50 \text{ k}\Omega$

$$6 \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) = 3 \Rightarrow 2R_4 = R_3 + R_4 \Rightarrow R_4 = R_3$$

- Choose $R_3 = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_4 = 10 \text{ k}\Omega$



مثال 2

الحل /

اوجد قيمة التيار i_o في الدائرة التالية .

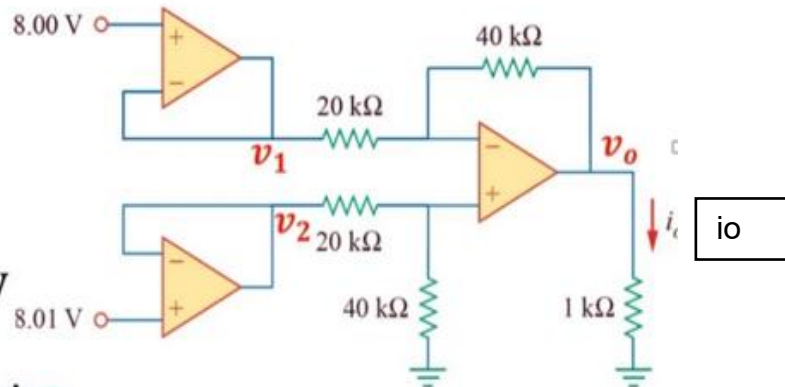
$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

where $R_1 = R_3$ & $R_2 = R_4$

$$v_o = \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1)$$

$$v_o = \frac{40}{20} (8.01 - 8) = 0.02 \text{ V}$$

$$i_o = \frac{v_o - 0}{1 \cdot 10^3} = \frac{0.02}{1000} = 20 \mu\text{A}$$



مثال 3

صمم
مكبر
عملية
ت
طرح
عندما
يكون
الكسب
ب
A=5

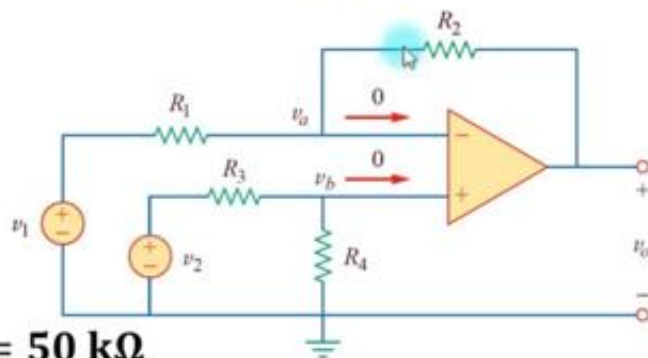
$$v_o = 5 (v_2 - v_1)$$

if $R_1 = R_3$ & $R_2 = R_4$

$$v_o = \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1)$$

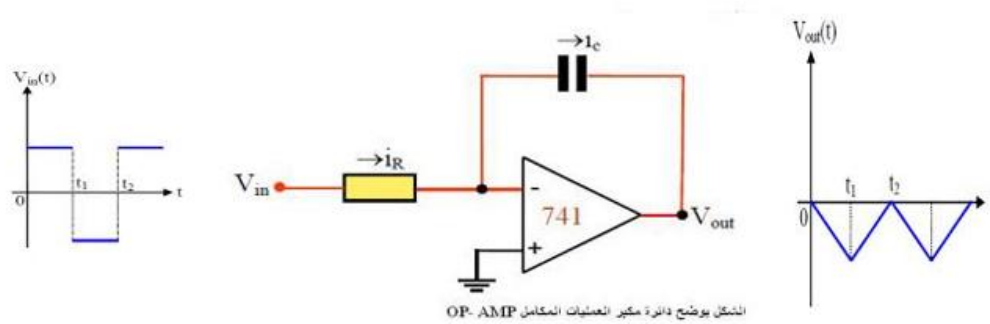
$$\frac{R_2}{R_1} = 5 \Rightarrow R_2 = 5R_1$$

- Choose $R_1 = 10 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_2 = 50 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ & $R_4 = 50 \text{ k}\Omega$



مكبر العمليات المكامل Intecrator

تقوم دائرة التكامل باجراء عملية التكامل الرياضية لاشارة الادخال وتستخدم لتحويل الاشارة المربعة الى اشارة مثلثة وكذلك تستخدم في الحاسبة التناظرية Analog Computer .



$$I_R = I_C$$

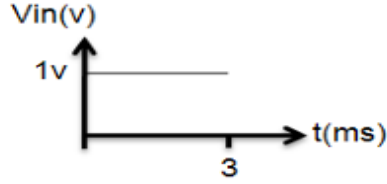
$$I_R = \frac{V_{in}}{R} \quad , \quad I_C = \frac{dV_C}{dt} * C = \frac{d(0 - V_O)}{dt} * C$$

$$I_C = -C \frac{dV_O}{dt} = \frac{V_{in}}{R}$$

$$\frac{dV_O}{dt} = \frac{V_{in}}{-cR} \quad \text{بتكامل الطرفين ينتج}$$

$$V_O = \frac{-1}{RC} \int_0^t V_{in} dt$$

احسب وارسم موجة الإخراج لدائرة مكبر عمليات مكامل لموجة الإدخال الموضحة في الشكل أدناه علماً إن
 $R = 1M\Omega$, $C = 0.1 \mu F$

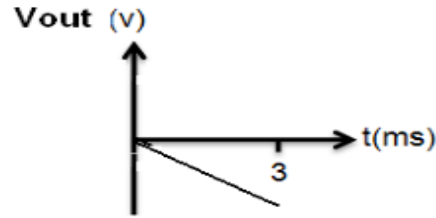


Solution

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

$$V_o = \frac{1}{1 \times 10^6 \times 0.1 \times 10^{-6}} \int_0^t 1 dt$$

$$V_o = 10 \times t \Big|_0^{3 \times 10^{-3}} = -30 mV$$



مثال

مثال: في دائرة المكامل إذا كانت المقاومة تساوي $100K\Omega$ والمتسعة $0.1\mu F$ و $V_{cc} = \pm 14V$. ارسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى إشارة إدخال مربعة ذو قيمة $30 V_{p-p}$ وبتردد $100Hz$.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها.

$$10ms = \frac{1}{100Hz} = \frac{1}{F} = \text{زمن الموجة}$$

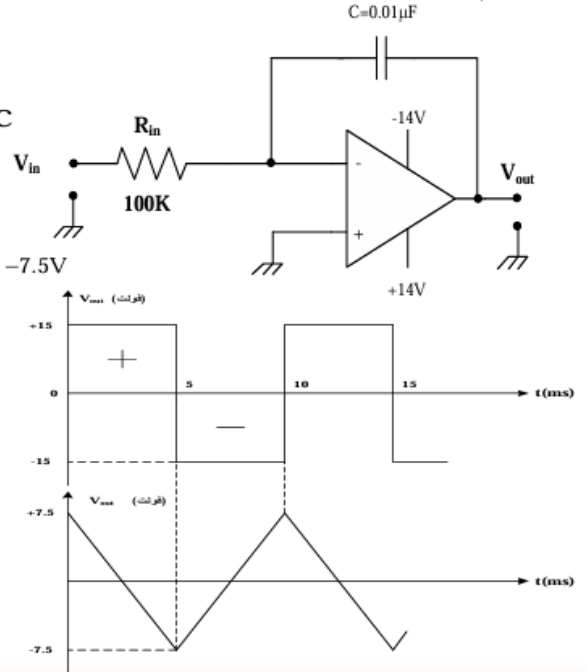
$$R_{in} * C = 100 * 10^3 * 0.1 * 10^{-6} = 0.01sec$$

تكامل النصف الموجب لموجة الإدخال V_{in} :

$$V_{out} = \frac{-1}{R_{in} * C} \int_0^t V_{in} dt = -0.01 * \left(\int_0^{5ms} 15 dt \right) = -100 * (15 * 5 * 10^{-3}) = -7.5V$$

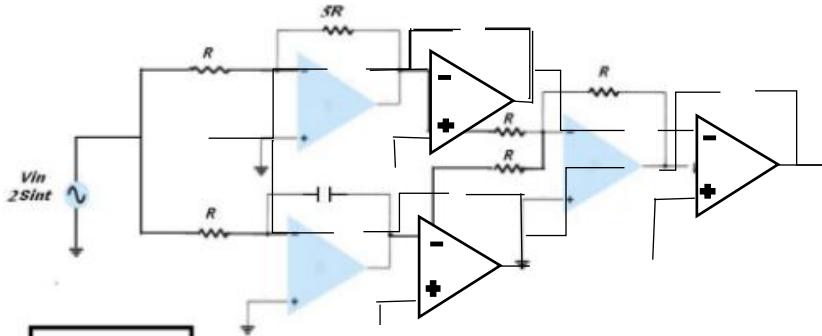
أما تكامل النصف السالب لموجة الإدخال V_{in} :

$$V_{out} = -0.01 * \left(\int_{5ms}^{10ms} -15 dt \right) = 100 * 15 * (10 - 5) * 10^{-3} = -7.5V$$



مثال

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



Solution

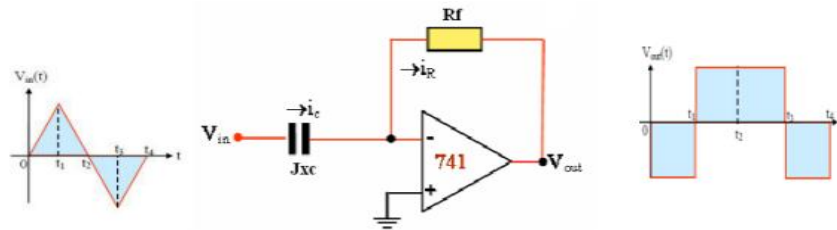
$$V_{o1} = -\frac{5R}{R} \times 2S \text{ int} = -10 S \text{ int}$$

$$V_{o2} = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt = 1 \int 2S \text{ int} dt = 2 Cost$$

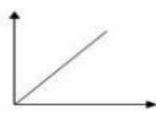
$$V_o = -(-10 S \text{ int} + 2 Cost) = 10 S \text{ int} - Cost$$

مكبر العمليات 741 المفاضل Differentiator

تقوم دائرة المفاضل باجراء عملية التفاضل الرياضية على اشارة الادخال وتشبه دائرة المكامل غير ان المتسعة والمقاومة يتم استبدال مواقعهما كما موضح في رسم الدائرة . واستخداماته اقل من استخدامات المكامل بسبب وجود مشاكل الضوضاء العالية خصوصا في الترددات العالية .



الشكل يوضح دائرة مكبر العمليات المفاضل Differentiator OP-amp



Input



Differentiator



Out put

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

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

مثال: في دائرة المفاضل إذا كانت المقاومة $R_f=10K$ والمتسعة $C=0.02\mu F$ ، $V_{cc}=\pm 15V$. المطلوب رسم شكل موجة فولتية الإخراج نسبة إلى فولتية الإدخال المثبتة المعطاة.

الحل: نرسم الدائرة ونثبت المعلومات عليها

للفترة من 0 إلى 2ms لموجة الإدخال يكون الإخراج V_{out} كما يلي:

$$V_{out} = -R_f * C * \frac{\Delta V_{in}}{\Delta t}$$

$$= -10 * 10^3 * 0.02 * 10^{-6} * \frac{5 - (-5)}{(2 - 0)ms}$$

$$= -0.2 * 10^{-3} * \frac{10}{2 * 10^{-3}} = -1V$$

للفترة من 2ms إلى 4ms لموجة الإدخال يكون الإخراج V_{out} كما يلي:

$$V_{out} = -R_f * C * \frac{\Delta V_{in}}{\Delta t}$$

$$= -0.2 * 10^3 * \frac{-5 - (+5)}{4 * 10^{-3} - 2 * 10^{-3}}$$

$$= -0.2 * 10^{-3} * \frac{-10}{2 * 10^{-3}} = +1V$$

