Ministry of high Education and Scientific Research
Southern Technical University
Technological institute of Basra
Department of Electronic Techniques

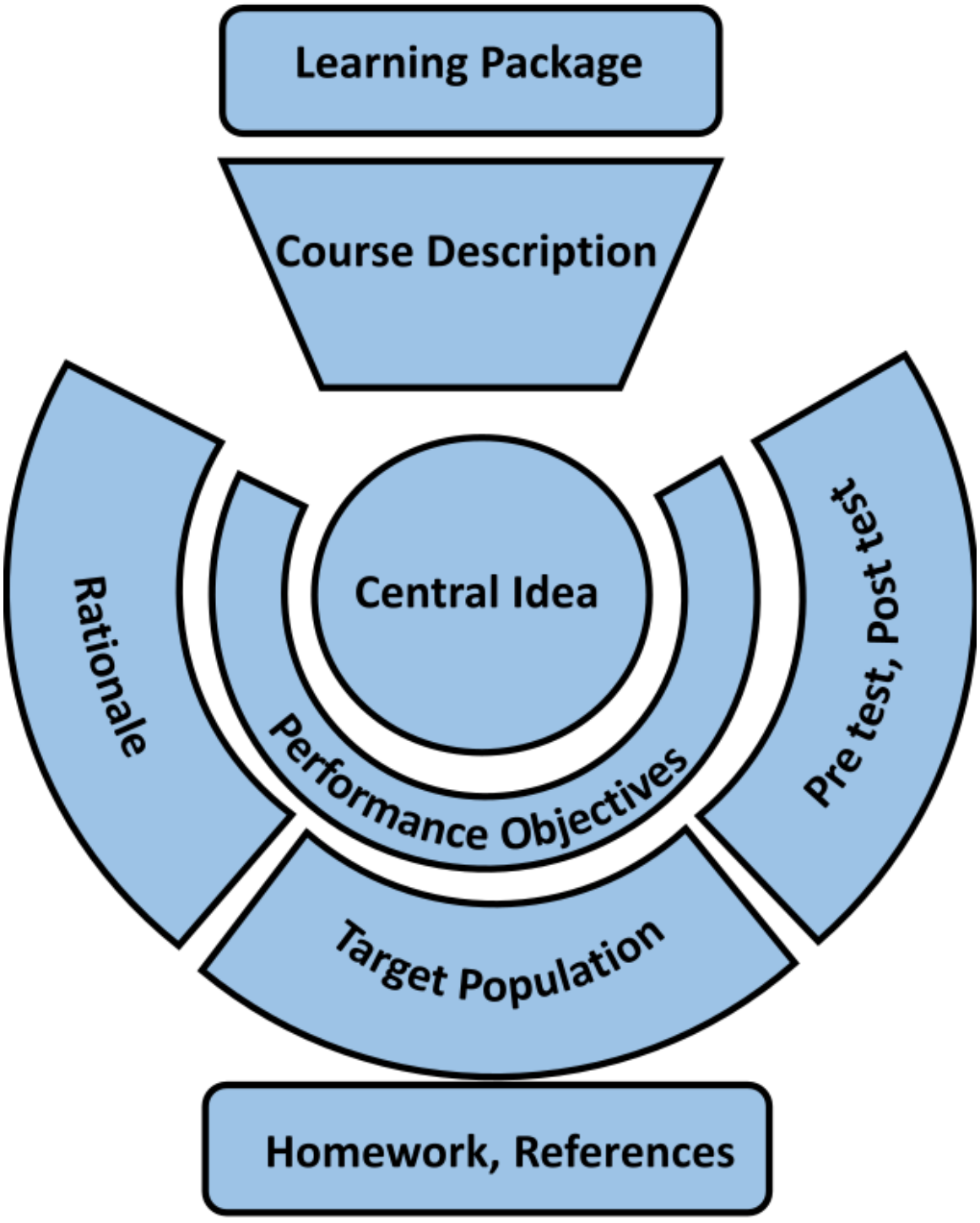
Learning package

Electronic Circuits (E210)

For

Second year students

By
Hana Abdul jabbar
Dep. Of Electronic Techniques
2025


Learning Package
Course Description
Rationale
Central Idea
Performance Objectives
Pre test, Post test
Target Population
Homework, References

المقرر:
وائر الالكترونية1
المقرر:
E210
سل / السنة:
لي
ريخ إعداد هذا الوصف
14/ 02/ 20
:أشكال الحضور المتاحة
سوري فقط
عدد الساعات الدراسية (الكلي)/ عدد الوحدات (الكلي):
دات604 ساعة فصليا / 4 ساعة اسبوعياً/
اسم مسؤول المقرر الدراسي (اذا اكثر من اسم يذكر)
الاسم: م. هناء عبد الجبار عبد الرزاق الآيميل : hanaa.abduljabar@stu.edu.iq م: حسين علوان عبد الرسول

اهداف المقرر	
1. تطوير الفهم الأساسي للإلكترونيات: تمكين الطلاب من فهم المبادئ الأساسية للإلكترونيات، بما في ذلك المكونات الإلكترونية الأساسية مثل المقاومات، والمكثفات، والترانزستورات. 2. تطبيق المفاهيم النظرية: تعزيز القدرة على تطبيق المفاهيم النظرية في تصميم وتحليل الدوائر الإلكترونية. 3. تنمية المهارات العملية: توفير التدريب العملي من خلال التجارب المختبرية، مما يمكن الطلاب من اكتساب المهارات اللازمة لبناء واختبار الدوائر الإلكترونية. 4. تكنولوجيا المعلومات والاتصالات: فهم دور الإلكترونيات في تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتطبيقاتها العملية. 5. تعزيز التفكير النقدي: تشجيع الطلاب على التفكير النقدي والتحليلي في حل المشكلات المتعلقة بالإلكترونيات. 6. تحضير الطلاب لسوق العمل: إعداد الطلاب لدخول سوق العمل من	• ..... • ..... • .....

خلال توفير المعرفة والمهارات المطلوبة في مجال الإلكترونيات. 7. التوجيه نحو التعلم المستمر: تحفيز الطلاب على متابعة التعلم الذاتي وتطوير مهاراتهم في مجال الإلكترونيات.	

استراتيجيات التعليم والتعلم

الاستراتيجية	-1استراتيجية التعليم تخطيط المفهوم التعاوني. -2استراتيجية التعليم العصف الذهني. -3استراتيجية التعليم سلسلة الملاحظات

بنية المقرر

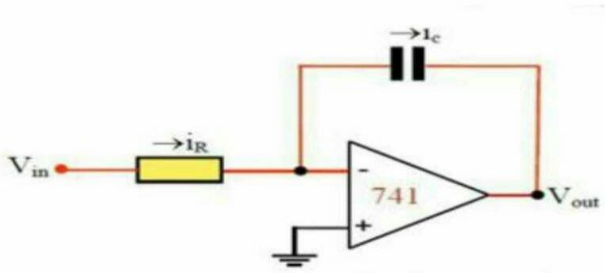
الأسبوع	الساعات	مخرجات التعلم المطلوبة	اسم الوحدة او الموضوع	طريقة التعلم	طريقة التقييم
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4 ساعة4	1- فهم تطبيقات الإلكترونيات 2-تطوير مهارات التفكير النقدي وحل المشكلات من خلال تحليل الدوائر واكتشاف الأخطاء. 3-القدرة على استخدام أدوات المختبر الإلكترونية، مثل الملتيمتر، ومولدات الإشارة، وأجهزة الأوسيلوسكوب. 4-تحليل الدوائر الإلكترونية	زات القدرة-مجهزالقدرة المتغير منظمات الفولتية الثايرستور الدایاك والترایاك تطبيقات المقوم السليكوني المذبذبات الترانزستور مكبر العمليات دائرة الجامع العاكس ومعادلة االخراج- دائرة الجامع غير العاكس ومعادلة إلخراج أمثلة و تطبيقات	لقيام بتجارب مختبرية اء واختبار الدوائر ترونية. هذا يعزز الفهم ري ويكسب المهارات العملية لب التغذية الراجعة المعلمين والزملاء يد نقاط القوة والضعف مراجعة المفاهيم بشكل ي وتطبيقها في مسائل دة لتعزيز الذاكرة والفهم. ستخدام البرامج يمية والتطبيقات علية لفهم المفاهيم ل أفضل، مثل محاكاة الدوائر شجيع البحث الذاتي عن نيع جديدة في ترونيات واستكشاف التطورات الحديثة	الامتحانات الأسبوعية والشهرية واليومية والتحريرية وامتحان نهاية الفصل.

وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي
الجامعـة التقنيـة الجنوبيـة
المعهـد التكنولوجـي بصـرة
قسـم التقنيـات الالكترونيـة

الدوائر الالكترونية

المرحلة الثانية

قسم التقنيات الالكترونية/ الألكترونيك



حقيبـــة تعليميـــة

1/نظرة عامة

A / 1 الفئة المستهدفة:-

طلبــة المرحلــة الثانية
المعهـد التقنــي في البصــرة
قســم التقنيــات الإلكترونيــة

B/ 1 الدوافع -:

فهم عمل الدوائر الكترونية لمعرفة تصميم وبناء دوائر عملية لهذا قمت بأنشاء حقيبة دراسية لتسهيل التعلم بهذا الموضوع.

C/ 1 الفكرة الرئيسة -:

1-عمل منظمات الجهد
2- عمل المذبذبات
3- عمل مكبرات القدرة

D/ 1 الأهداف السلوكية

بعد دراسة الوحدة الأولى، سيكون الطالب قادرًا على

1 -دوائر تنظيم الجهد وتصميمها

2- عمل المذبذبات واستخدامها بالدوائر الالكترونية

3- عمل مكبرات القدرة وفائدتها

2/ مجهزات القدرة power supplies

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 أذا تغيرت فولتية الدخل من المصدر
٢- تتغير فولتية الخرج اذا تغير الحمل
٣- جهد التموج في الخرج يكون بتردد (100 HZ) للمجهزات التي تتغذى من المصادر ذات التردد (50HZ) يزداد هذا التردد كلما زاد التيار في الحمل .

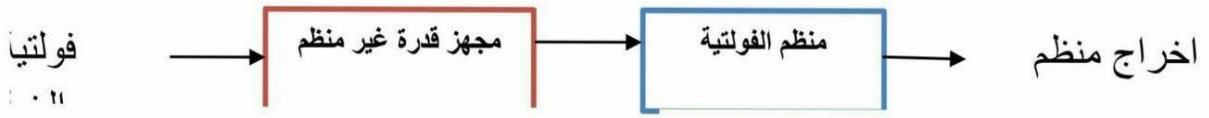
اما مجهزات القدرة المنظمة فتصمم لكي تقلل التموج الى اقل قيمة ممكنة . وكذلك يكون لها فولتية خرج ثابتة لا تتغير بتغير فولتية المصدر او بتغير الحمل . يعني نحتاج الى دائرة لها خواص مقاربة قدر الامكان لخواص مولد فولتية ثابته له مقاومة داخلية صغيرة جداً بحيث يمكن اهمالها . وهنالك نوعان من منظمات الفولتية النوع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

منظمات الفولتية Voltage regulators

هي عبارة عن دوائر وظيفتها المحافظة على فولتية ثابته 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



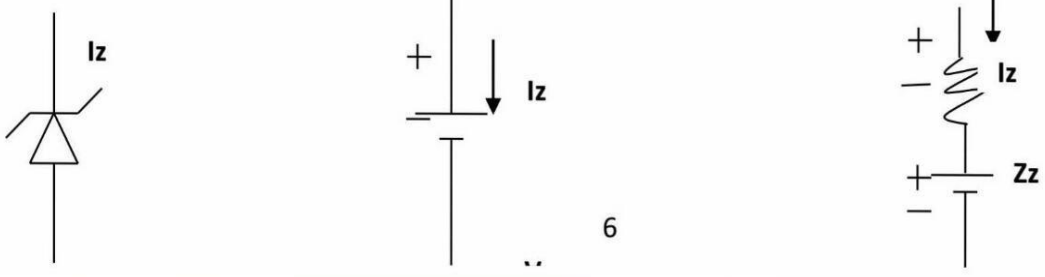
*فولتية ثابته لا تتغير مع تغيرات فولتية الخط ولامع ثيار الحمل.

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

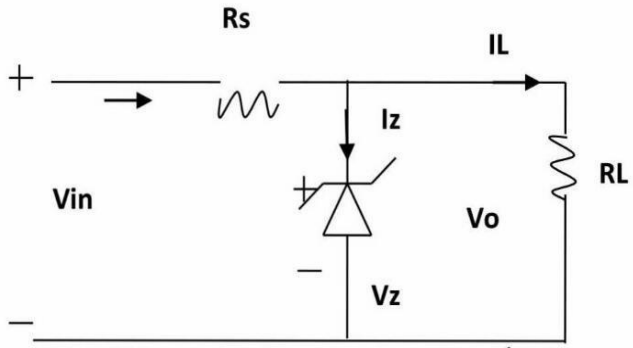
منظمات

اما في ا

يعتبر ثنائي الزنر ((Diode فولتية (V_z) مع المقاومة ق فقط . وكمافي الشكل.



منظم ثنائي الزنر :.
يمكن استخدام ثنائي زينر كمنظم وكما مبين في الشكل



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

والتغيرات في تيار زينر الساري خلال ممانعة $\Delta I_z = - \Delta I_L$ فولتية الاخراج النهائي

ومن هذا ترى انه كلما زادت التغيرات في تيا $\Delta V_L = Z_z * \Delta I_z$ ولتية الاخراج وهذه التغيرات في الفولتية قد تكون مقبولة اذا كان (ΔI_z) قليل . ولكن لو كانت التغيرات كبيرة ((عشرات الملي امبير او اكثر)) فأن التغيرات فولتية الحمل تصبح كبيرة جداً لكثير من التطبيقات . ولذلك فأن ثنائي زينر غير قادر لوحدة على تنظيم فولتية ذات تغير كبير في التيار لذلك نحتاج ربط ثنائي زينر مع مكبرات تغذية عكسية .

منظم الجهد التوالي Series Voltage Regulator

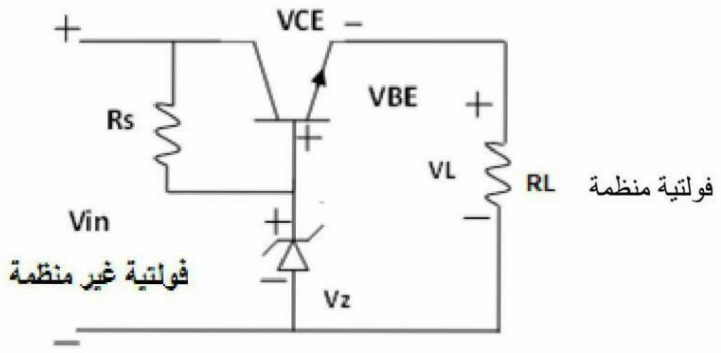
يوضح الشكل دائرة منظم جهد التوالي باستخدام الترانزستور والزينر دايود .ويلاحظ من الشكل ان ثنائي زينر يستخدم كفولتية مرجعية للدائرة والمقاومة (R_s) تستخدم لتحديد التيار المار بالدائرة أما الترانزستور المربوط على التوالي مع الحمل فيستخدم كمقاومة متغيرة للسيطرة على التيار المار بالحمل والدائرة المكافئة توضح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

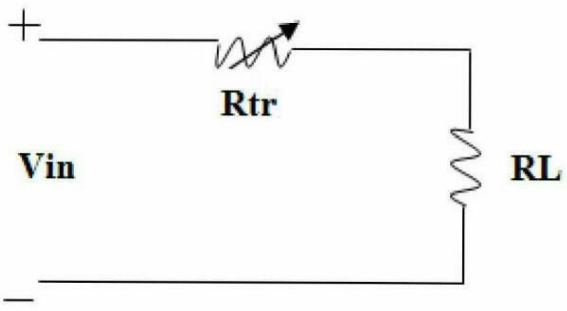
ولبيان عمل الدائرة في التنظيم نقوم بالتحليل التالي :.

من قانون كيرشوف للفولتية :

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

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





من المعادلة اعلاه نجد انه عندما تقل (v_L) فأن (V_{BE})فسوف تزداد (لان V_z ثابتة) وهذا يسبب في زيادة الانحياز الامامي للترنزستور ومن ثم زيادة مستوى التوصيل وهذا 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 .

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

وعند الزيادة (V_L) يكون التعاقب

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

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

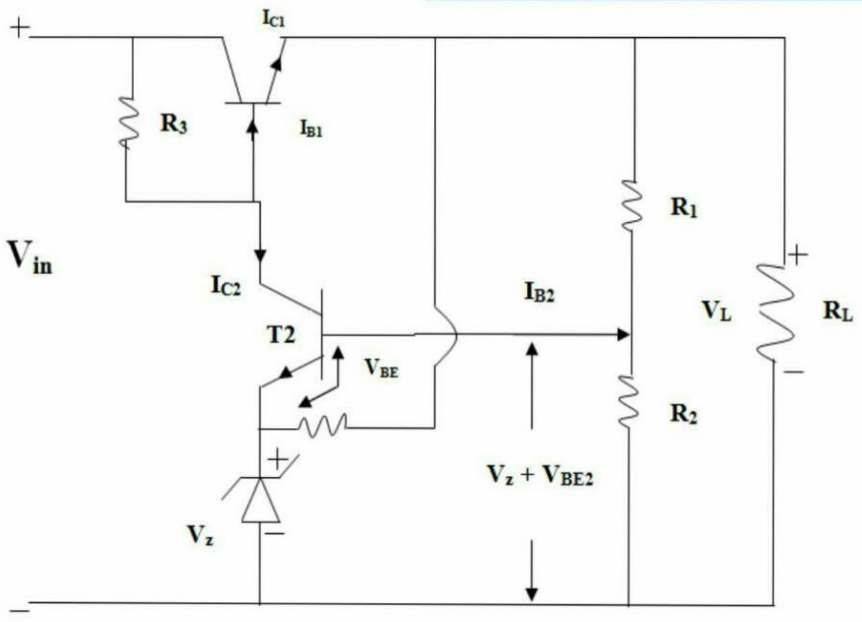
$$\Delta I_z = -\Delta I_L / \beta$$

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 ترنزستور المرور تساوي .

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

منظم التوالى المسيطر عليه

تبديد القدرة $P=(V_{in}-V_L) - I_L$



نستخدم هذه الدائرة ترنزستور ثاني وبمساعدة مقسم الجهد (R_1, R_2) نتمكن من السيطرة على فولتية الاخراج .

تفرض ان $I_{B2} \ll I$

$$V_L = V_{R1} + V_{R2} = I_{R1} + I_{R2} = I(R_1+R_2) \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$V_{R2} = V_Z + V_{BE2} \ldots\ldots\ldots (2) \quad V_{R2} = I * R_2 \ldots\ldots\ldots (3)$$

بقسمة المعادلة (١) على المعدلة (٣)

$$\frac{V_L}{V_{R2}} = \frac{I(R_1+R_2)}{I * R_2} = \frac{R_1+R_2}{R_2} \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

$$\frac{V_L}{V_Z+V_{BE2}} = \frac{R_1+R_2}{R_2} \Longrightarrow V_L = \frac{R_1+R_2}{R_2} (V_Z+V_{BE2})$$

وبما ان (R_1+R_2) كمية ثابته وV_z و V_{BE2} لها قيمة ثابتة لذلك فأن $V_L \propto \frac{1}{R_2}$ (V_L حيث تزداد عند نقصان R_2 والعكس بالعكس .

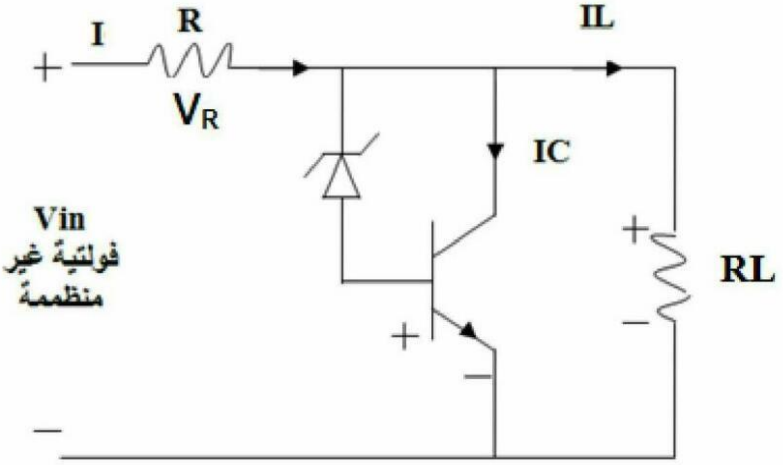
لنفرض ان R_Lتقل فأن I_L يزداد ولكن V_L تقل . والنقصان V_L يؤدي الى نقصان في I_{B2} وكذلك I_{C2} .

لنفرض ان I_s ثابت نسبياً فأن I_{B1}يزيد ومن ثم فان المقاومة T_{R1} تقل هذا يؤدي الى نقصان V_{CE1}مما يؤدي الى الغاء النقصان في V_Lومن ثم فأنها تعود الى قيمتها الاصلية . والمنطق التعاقب هو

VL↓ IB2↓ IC2 ↓IB1↑ VCE1↓ VL↑

منظم الجهد المتوازي :.

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



$I = I_B + I_C + I_L$

من خلال قانون كيرشوف للفولتية :.

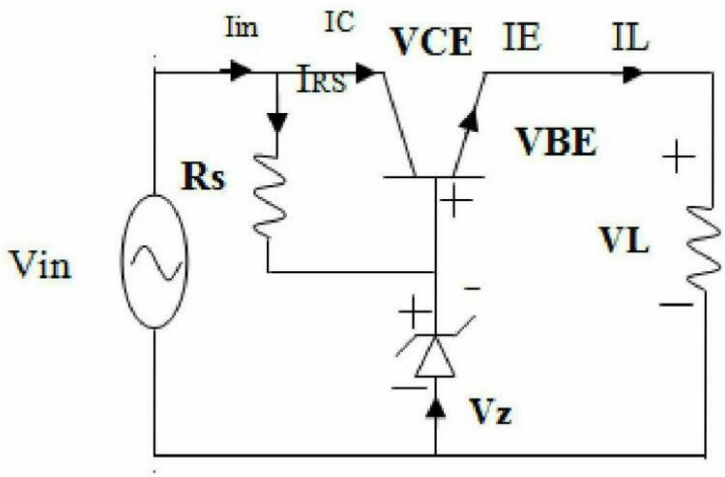
$$V_{be} + V_Z - V_I = 0$$

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

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

VL ↓ VBE ↓IB↓ IC↓ I↓ VR↓ VL↑

وعند زيادة VL فأن المنطق التعاقب يكون بالعكس :



مثال/[1] منظم الجهد متوالي فية Vz تساوي (7.5V)مقاومة الحمل RL تساوي (100 Ω) وB تساوي 100 كم هي

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

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

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

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

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

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

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

مثال/[2] منظم جهد متوالي فيه فولتية زنر (10 V) ومقاومة الحمل (R1 = 1KΩ) وفولتية الادخال (Vin = 20 V) الترانزستور المستخدم نوع سيلكون

أحسب :

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

1-VL = Vz – VBE = (10 – 0.7) = 9.3V

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

3-IE =IC+ IB ≈ IC

:. IE = IC = IL = 9.3 mA

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

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

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

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

VRs= Vin – Vz = 20 – 12 =8v

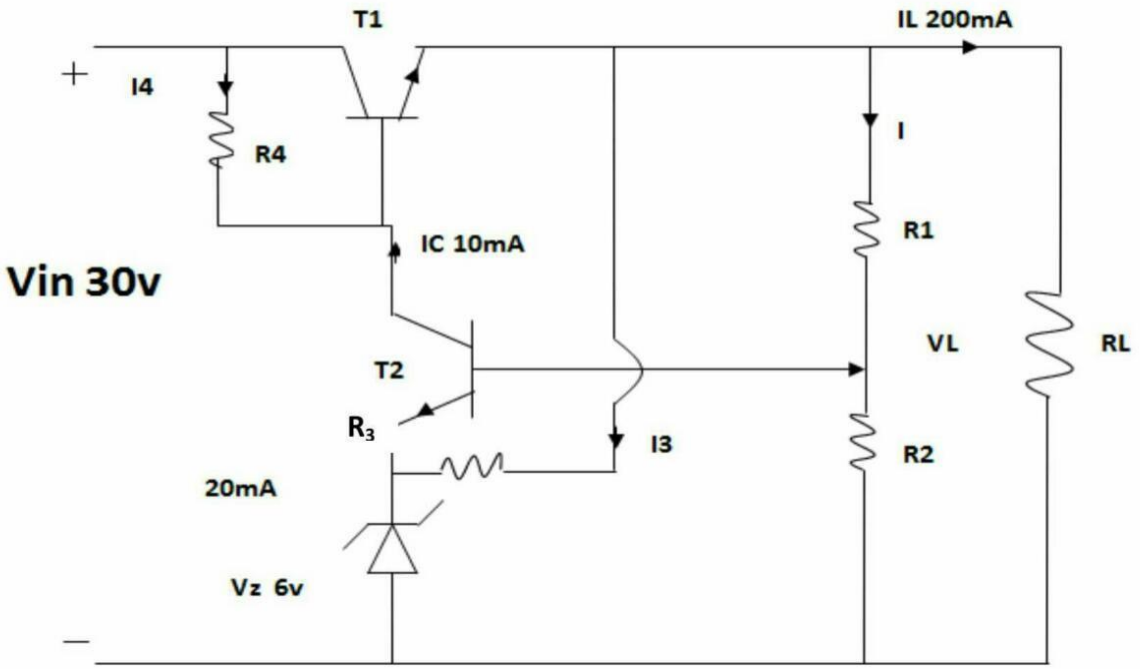
IRs = VRs / Rs = 0.04A VL = Vz – VBE = 12-0.7 = 11.3 v

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

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

مثال/٤ صمم منظم جهد هيكلي

صمم الدائرة المبينة ادناه اذا كان لدينا المعلومات التالية فولتية الادخال (Vin = 30v) و (V_L = 12 v) و (B = 200) و(Vz = 6)و(Iz= 20mA) و(V_{BE} = 0.7v) و(I_{E1} =10mA) و(I_L=200Ma) احسب (R_L, R_1R_2,R_3,R4).



الحل /نفرض ان اتيار القاعدة يهمل في الترانزستور الثاني

$VR2 = Vz + VBE2 = 6 + 0.7 = 6.7v$

$VR1 = VL - VR2 = 12\text{-}6.7 = 5.7v$

$RL = VL / IL = 12/200 = 60\Omega$

$IC1 = IE2 = 10Ma \Longrightarrow I3 = Iz - IE2 = 20\text{-}10 = 10mA$

$VR3 = VL - Vz = 12 - 6 = 6v \Longrightarrow R3 = 6/10 = 600\Omega$

$IE1 = Is + I + IL \Longrightarrow I = 220 - 200 - 10 = 10mA$

$\therefore R1 = VR1 / I = 5.3/10 = 530\Omega$

$R2 = VR2/I = 6.7/10 = 670\Omega$

$IB1 = IC1/\beta = 220/20 = 1.1mA \Longrightarrow I4 = IC2 + IB1 = 11.1$

$VCE2 = VL + VBE - Vz = 6.7v$

$Vin - VR4 - VCE2 - Vz = 0 \Longrightarrow VR4 = Vin - VCE2 - Vz = 17.3$

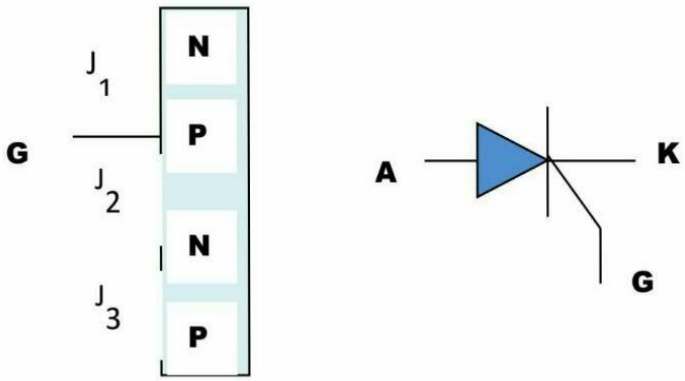
$\therefore R4 = VR4/I4 = 17.3/11.1 = 1.558\ K\Omega$

3/ الثايرستور Thyrstor

هو اسم يطلق على تركيب معين من اشباه الموصلات السليكون والتي يمكن تفتح وتغلق للسيطرة على مرور التيارات العالية لتجهيز المحركات ذات القدرة العالية وبعض الأجهزة الكهربائية.

تركيب الثايرستور:

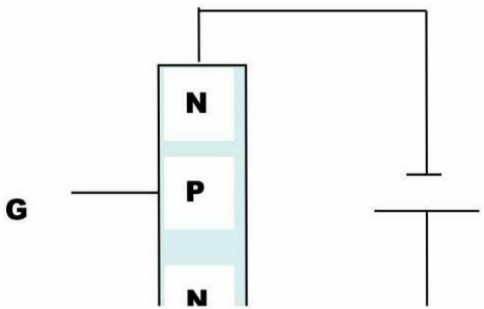
يتكون الثايرستور من اربع طبقات موضوعة بشكل متعاقب (**n - p - n - p**) كما في الشكل، ويحتوي على ثلاث ملتقيات لهذه الوصلات الاربعة هي (**J1 ,J2 ,J3**) ، حيث يسمى الطرف المربوط بالطبقة P الخارجية انود (**A**) بينما يسمى الطرف المربوط بالطبقة (**N**) الخارجية كاثود (**K**) ويسمى الطرف المربوط بالطبقة الداخلية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



الخواص وكيفية العمل:-

عندما يكون انحياز الانود موجب والكاثود سالب تكون (**J3**) منحازة اماميا و(**J2**) منحازة عكسيا لذلك لا يسري تيار في الثارستور لوجود مقاومة عالية جدا تمنع مرور التيار ماعدا تيار التسريب.

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



في الحالتين السابقتين يوصف الثايرستور بأنه يمتلك مقاومة عالية جدا بسبب الجهد الحاجز الكلي وكلي يمرر الثايرستور للتيار المطلوب للعمل يجب ازالة الجهد العكسي في الملتقى (**J2**) ويتم ذلك عن طريق نبضه قدح خارجية على طرف البوابة (**G**) المربوطة الى طبقة **P** الداخلية بحيث يكون الجهد يسلط عليها موجبا بالنسبة الى الكاثود انها الجهد المسلط يعمل على تقليل فاعلية الجهد العكسي للملتقى **J1** نسبيا

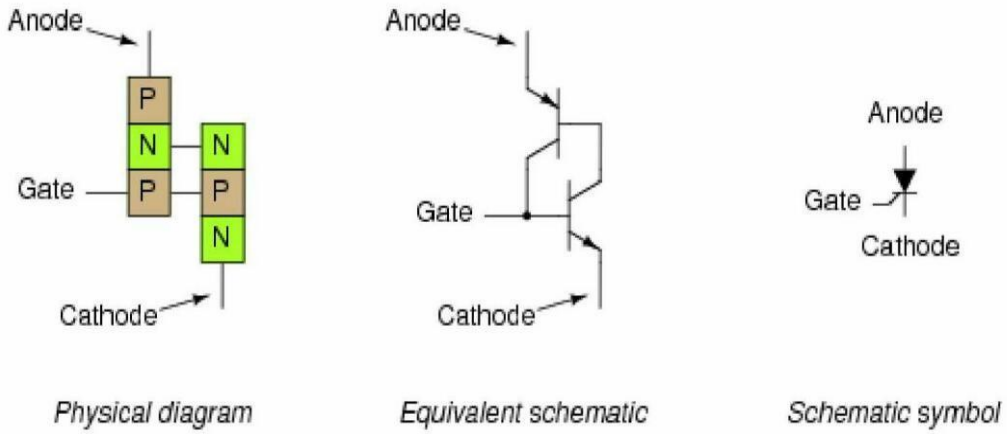
يسمى الجهد الثاني الذي يحصل عنده التوصيل بجهد لانكسار (القدح)

يحدث التوصيل في زمن صغير جدا يعرف زمن التوصيل (**TUM OTIME**) تتراوح قيمته من (3 – 1) وتعتمد قيمة التيار على مقاومة الحمل حيث يهبط الجهد (**VAK**) بعد حدوث التوصيل الى قيمة التيار على مقاومة الحمل حيث يهبط الجهد (**VAK**) بعد حدوث التوصيل الى قيمة صغيرة تسمى جهد الابقاء (**VH**) ولإرجاع الثايرستور الى حالة القطع لابد من تخفيض التيار المار بالدائرة (**IA**) الى قيمة صغيرة تسمى (**IH**) يصبح الثايرستور غير موصل (**OFF**)حيث تهبط قيمة التيار بسرعة الى قيمة صغيرة جدا في زمن قطع يصل (12**µS**) وعند زيادة تيار البوابة (IG) وبأقل جهد موجب (**VAK**) الذي يبدأ عنده حدوث التوصيل، وعند ما يصبح الثايرستور في حالة توصيل لا يعتمد بعد ذلك على تيار البوابة (**IG**) .

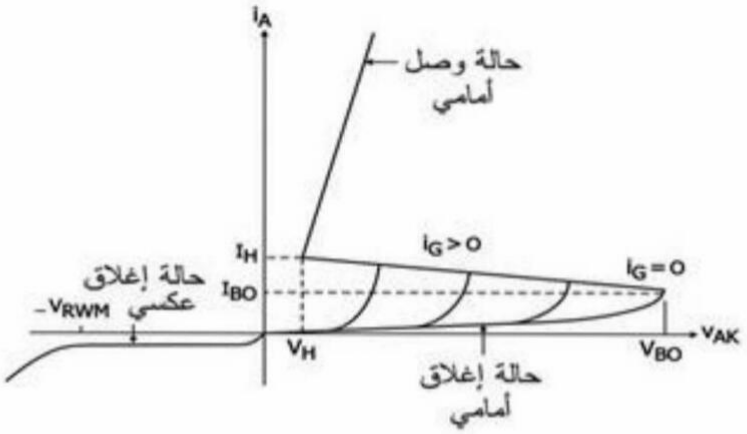
الثايرستور الموحد السليكوني المتحكم **SCR** (Silicon Controlled Rectifier)

اشتعاله وخواصه:- يعمل الثايرستور عندما يكون الانود موجبا بالنسبة للكاثود ويشرط ان يكون جهد البوابة موجبا فعند ما يكون جهد البوابة سالب او صفرا فان الثايرستور يكون في حالة عدم توصيل لان الوصلة (**J1 ,J2**) في الحالة انحياز امام اما الوصلة (**J2**) فتكون في حالة انحياز عكسي لذلك

يكون غير موصل للتيار ويمكن فهم ذلك من خلال تمثيل الثايرستور كهربائيا ترانزستور الاول (**T1**) من نوع (**P N P**) بحيث يكون جامع منع كل منها متصل بقاعده الاخرى ... فعند ما يكون جهد البوابه سالبا او قريبا من الصفر فان وصلة الباعث القاعدة (**T2**) يعتبر من الناحية النظرية تيار قاعدة (**T1**) لذلك فان تيار جامع **T1** يكون مساويا للصفر اي ان (**IT1**) في حالة **OFF** وبذلك تصبح المقاومة بين الانود والكاثود كبيرة جدا اي ان الثايرستور في حالة **OFF** اما عند تسليط جهد موجب على البوابة بحث يكون كافيا لمرور تيار القاعدة **T2** فأن ذلك يسبب مرور تيار في جامعه هذا التيار يساوي قوة تيار قاعدة **T1** مما يسبب مرور التيار جامعه يؤدي الى ان يكون تيار جامع **T1** هو تيار قاعدة **T2** لذلك يمكن الاستغناء عن جهد البوابة اي انه يستعخدم فقط لقدح امر اشعال الثايرستور كل ترانزستور يقوم بتشغيل الاخر الى ان يصبح كل منها في حالة اشتغال تام عند ذلك يصبح المقاومة للانود والكاثود قليلة جدا ويكون الثايرستور في حالة **ON** ويبقى على هذه الحالة مع عدم وجود جهد بوابة الى ان يتم اطفاءه الى الطرق المعروفة.



في تسليط ضغط عالي عليها وبالتالي الحصول على انهيار فيها بحيث تمر كثافة عالية من الشحنات من الانود الى الكاثود ويسمى هذا التيار بتيار المسك وهو اقل تيار يمر في الثايرستور يتحول من حالة القطع الى حالة التوصيل بحيث لايمكن للثايرستور من الرجوع الى حالة القطع التي تسمى عملية الاخماد او الاطفاء .



يلاحظ مما سبق انه لكي يتحول الثايرستور من حالة القطع الى حالة التوصيل يجب توفر شرطان هما

١- ان يكون الانود موجب بالنسبة للكاثود وانجاز امامي.

٢- يجب ان يكون طرف البوابة موجب بالنسبة للكاثود

اما عملية ارجاع الثايرستور من حالة التوصيل الى حالة القطع او الاطفاء يتم بطريقتين:-

١- تسلسل تيار الحمل وتيار الانود الى قيمة اقل من قيمة تيار المسك عند هذه الحالة يعود الثايرستور الى حالة القطع وهذه الحالة تتم او عن طريق زيادة مقاومة الحمل او تقليل قيمة جهد المصدر او بربط مفتاح على التوازي مع الثايرستور.

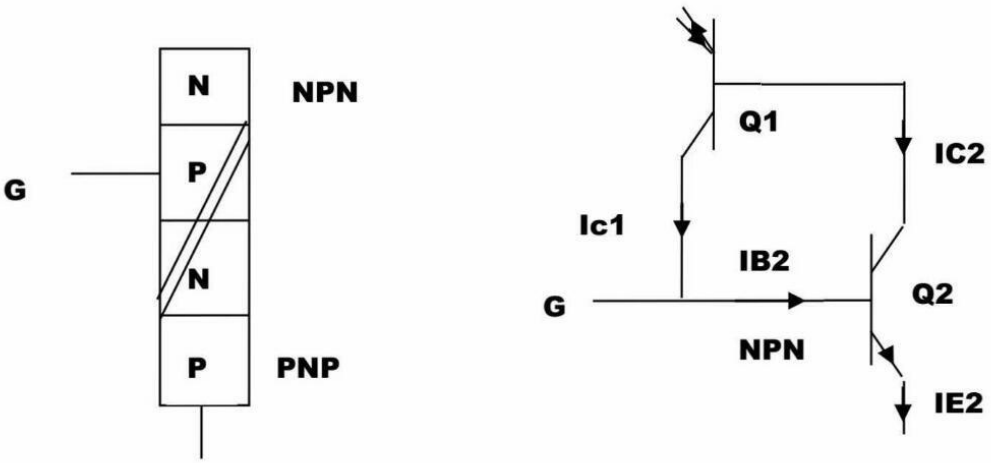
٢- تسليط جهد عكسي بين الانود والكاثود وحيث يعمل هذا الجهد العكسي على توليد تيار معاكس لتيار الحمل مما يؤدي الى نقصان التيار المار في الثايرستور وبالتالي يتم الاطفاء واذا كان الجهد العكسي قادر على توليد تيار معاكس لتيار الحمل سوف يؤدي الى نقصان التيار المار في الثايرستور وبالتالي يتم الاطفاء واذا كان الجهد العكسي عالي قد يؤدي الى تلف الثايرستور

ومنحني الخواص للثايرستور يمثل العلاقة بين تيار الانود **(IA)** وفولتية الانود الى الكاثود **(YAK)** الموجبة عند قيم مختلفة لجهد البوابة**(VG)**

يأتي الثايرستور تراستورين احدهما نوه **(P N P)** والاخر نوع **(N P N)** مربوطين بشكل بحيث ان كل من يغذي الاخر تغذية عكسية ولهذا السبب عند البدء يجب توفير انحياز امامي عند قاعدة الترانستور الثاني عن طريق نبضة قدح خارجية لكي يعمل الترانستور نوع (**P N P**) والذي بدوره يشغل الترانستور الاول، وكما مبين في الشكل

A

PNP



يمكن تعريف الثايرستور بان مفتاح الاكتروني ممكن التحكم باشتغاله عن خلال التحكم بجهد البوابه.

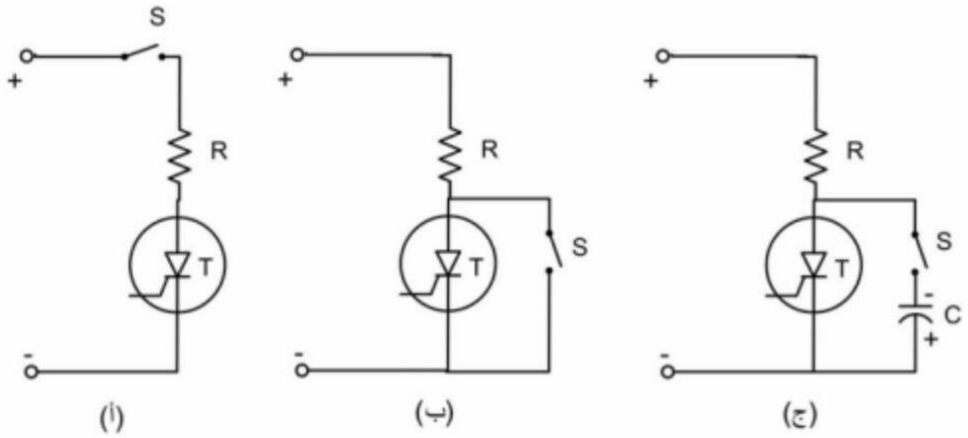
قدح الثايرستور :-

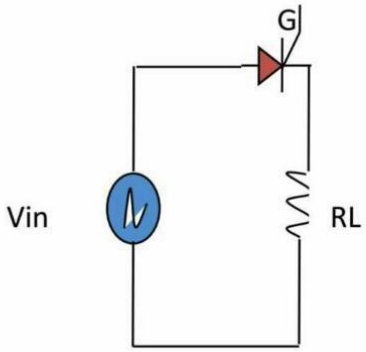
ان عملية القدح للثايرستور عن طريق البوابة تمثل افضل الطرق المستخدمة حيث يتم القدح لزمن قصير حيث تستخدم نبضة مربعة على طرف البوابة تسلط عليها لفترة زمنية قصيرة وذلك لان استمرار الجهد على البوابة يؤدي الى تلفها ونبضات القدح هذه تسلط اما من تنفس المصدر المغذي لدائرة الثايرستور او من مصدر خارجي مستقل بواسطة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

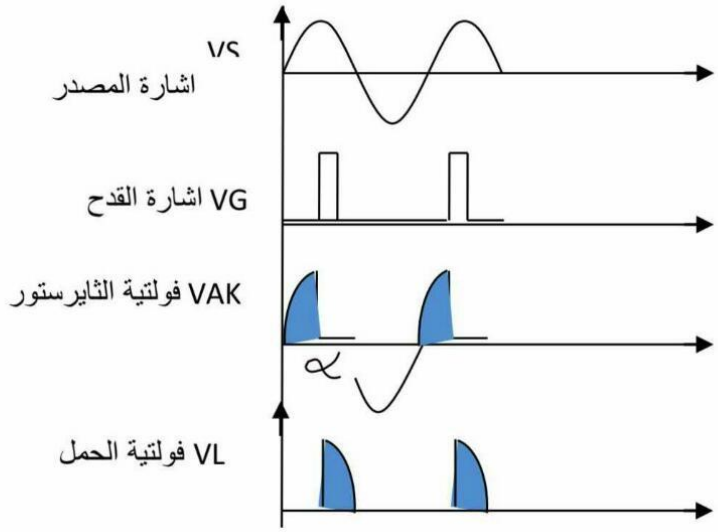
زاوية قدح الثايرستور α:

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

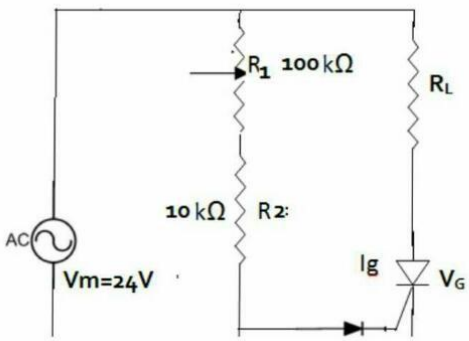
تغير طور الاشارة من الموجب الى السالب، اما في حالة التيار المستمر فان الثايرستور يبقى في وضع توصيل ولا يمكن أطفاءه بعد القدح الا عن طريق تسليط جهد خارجي وتسمى هذه الطريقه بالاطفاء القسري







مثال: في الدائرة المبينة اذا كان ($I_{G} = 0.1mA$) وفولتيه قدح البوابة (V_{GT} = 0.5v) والدايود المستخدم نوع سليكون وفولتية الادخال (V_m=24v) اوجد زاوية القدح α ، علما ان R1=100KΩ وR2=10kΩ



الحل:

تحدد فولتية القدرة التي يحدث عندها قدح الثايرستور

$V_G = V_{GT}=0.5V$ ، $I_G=0.1mA$

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

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

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

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

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

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

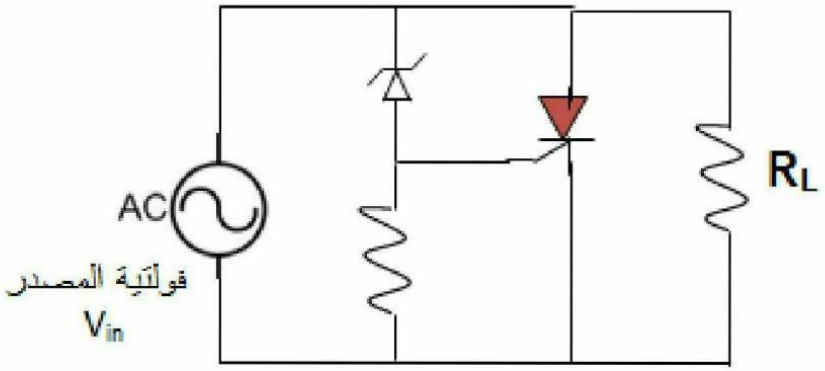
تطبيقات الثايرستور:

هناك تطبيقات عملية كثيرة يتستخدم فيها الثايرستور خصوصا التطبيقات الصناعية والاجهزة المنزلية التي تعمل بالقدرة العالية نظرا لان الثايرستور يتحمل تيارات عالية ولانه عنصر يمكن التحكم في توصيله او عدم توصيله وهذه هي الصفة المهمة التي تميز الثايرستور عن الثنائيات الاعتيادية المستخدمة لنفس الغرض ومنها :

١- حماية الحمل من الزيادة المفاجئة في الفولتية

يكون ثنائي زينر مفتوحا طالما كانت فولتية المصدر اقل من V_Z وبذلك يكون (**SCR**) مفتوحا لعدم استلامه القدح لذلك فأنه فولتية المصدر تظهر على الحمل عند حدوث خطأ في المصدر بحيث ان فولتيته تحاول ان تزداد على (V_Z) فان ثنائي زنر ينكسر فيقدح (**SCR**) وبذلك يفصل مجهز القدرة عن الحمل (يقصر الحمل)

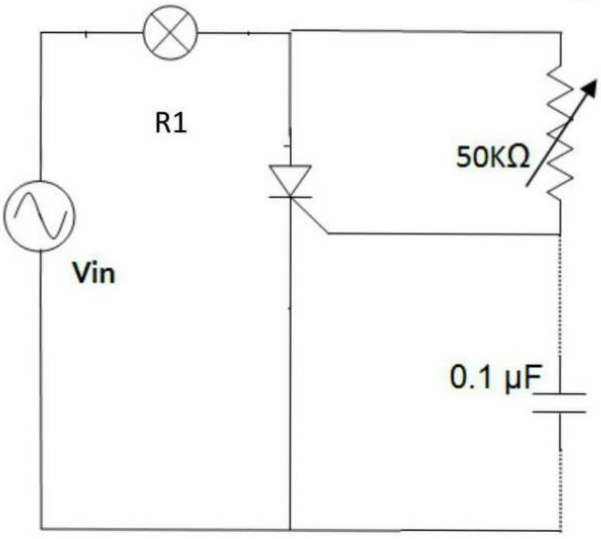
ولانه (**SCR**) ينغلق بسرعة وبذلك يوفر الحماية للحمل وعلى الفور من تأثيرات زيادة الفولتية الضارة .



فلو فرضنا ان الحمل يعمل على فولتية مقدارها (**20V**) فاننا نستخدم ثنائي زنر دايود يعمل بفولتيه (**20V**) فأذا ازدادت فولتية المصدر عن **20V** فأن الزنر دايود يعمل ويقدح الثايرستور بسرعة والذي يكون دائرة قصر على الحمل فيفصله على الفور.

السيطرة على شدة أضاءه مصباح:-

في الدائرة المبينة اذا اعتبرها التيار المار في بوابة الثايرستور قليل فان قيمة تيار المتسعة



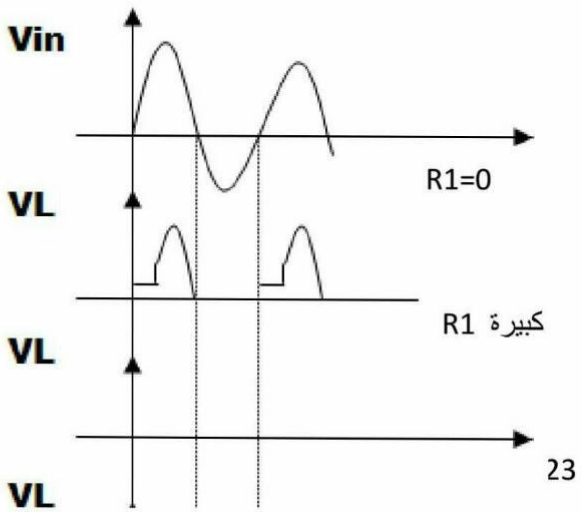
$$I=I_C = \frac{V_{in}}{(R_1+R_2) +(1/jwc)}$$

$$V_c = I_c * Z_c = \frac{Vin}{(R_1+R_2)+(1/jwc)} \times \frac{1}{jwc} = \frac{Vin}{jwc\,(R_1+R_2)+1}$$

من المعادلة النهائية نلاحظ بأنه عندما تكون قيمة ($R_1=0$) فان المقدار ($jwcR_2 \ll 1$) مما يؤدي الى ان تكون فولتية المتسعة مساوية تقريبا لفولتية الادخال (V_{in}) وبنفس الطور وعند زيادة R_1 الى اكبر قيمة يكون المقدار ($jwc(R_1+R_2) \ll 1$) مما يؤدي الى ان تكون قيمة فولتية المتسعة قليلة المقدار ومتأخرة عن فولتية الدخل بفرق طور مقداره (90) ومن هذا فأننا نجد انه عندما تتغير قيمة المقاومة R_1 فان زاوية التوصيل للثايرستور تتغير من (0 – 180) تقريبا مما يؤدي الى ان يكون تيار الحمل متغير.

عمل الدائرة:-

مما سبق نلاحظ ان التحكم بشدة الانارة يتم عن طريق التحكم بالمقاومة R_1 والتي بدورها تتحكم بزاوية القدح للثايرستور، فلو فرضنا ان R_1 عند اكبر قيمة لها فانه كل الفولتية تسلط عليها تقريبا مما يؤدي الى ان فولتية المتسعة تكون قريبة من الصفر وبذلك فانه الثايرستور لايوصل وبالتالي فان فولتية الحمل تساوي صفر، عندما نقلل R_1 فان فولتية المتسعة تبدأ بالزيادة وبالتالي يبدأ الثايرستور بالتوصيل (تعتمد درجة التوصيل على قيمة R_1 R_2 وقيمة المتسعة) وبذلك تبدأ الفولتية تظهر على الحمل وبذلك نلاحظ ان المصباح سيتوهج (يزداد التوهج بنقصان R_1) يستمر الثايرستور بالتوصيل عند النصف الموجب من الدورة اما في النصف السالب فانه لايوصل وهكذا تعاد نفس العملية خلال كل دورة ان زاوية قدح الثايرستور لها مدى تقريبا يساوي (10– 180).



4/ الهزازات **Multividrator**

الهزازات Multivibrator AMV

هي احدى انواع المذبذبات وهي عبارة عن داوائر الكترونية تستخدم الترانستورات او الدوائر المتكاملة لتوليد موجات مربعة او مستطيلة حيث تستخدم ترانستورين مع توقيت نوع R – c مربوطتين على شكل تغذية خلفية بحيث يكون احد هذين الترانستورين في حالة توصيل بينما يكون الترانستور الثاني في حالة قطع بصورة منظمة ولذلك فان الاخراج سوف يتذبذب بني القيمة العظمى او القيمة السفلى بحيث يكون شكل الموجة الناتجة هو موجة مربعة تتضمن الدورة الكاملة في موجة الاخراج على زمنين هما زمن التوصيل وزمن القطع ولذلك تسمى هذه الهزازات مذبذبات الارتخاء لوجود حالة القطع التي يكون فيها المذبذب في حالة ارتخاء.

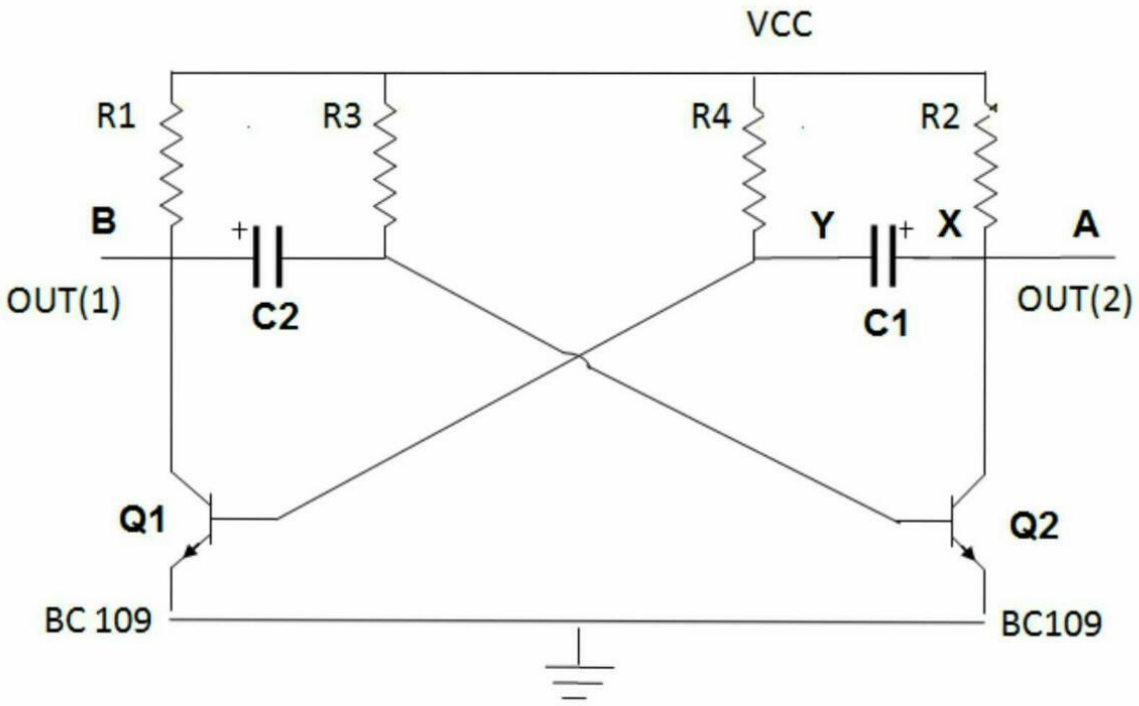
للهزازات اخراجان هما Vo1 و Vo2 حيث Vo1 هو اخراج الترانستور الاول و Vo2 هو اخراج الترانستور الثاني وبسبب الشكل الذي يربط به الهزاز فأنه قيمة Vo1 هي معكوس Vo2

يوجد نوعين من الهزازات الاول النوع مهتزات حرة الدوران، ويحدث فيها التذبذب تلقائيا عند ربطها الى المصدر وهي لا تحتاج الى تحفيز خارجي والنوع الثاني مهتزات ذات اشارة قدح(trigger). ويشترط في عملها ان تسلط اشارة تحفيز خارجية كإشارات قدح تسوق المهتز.

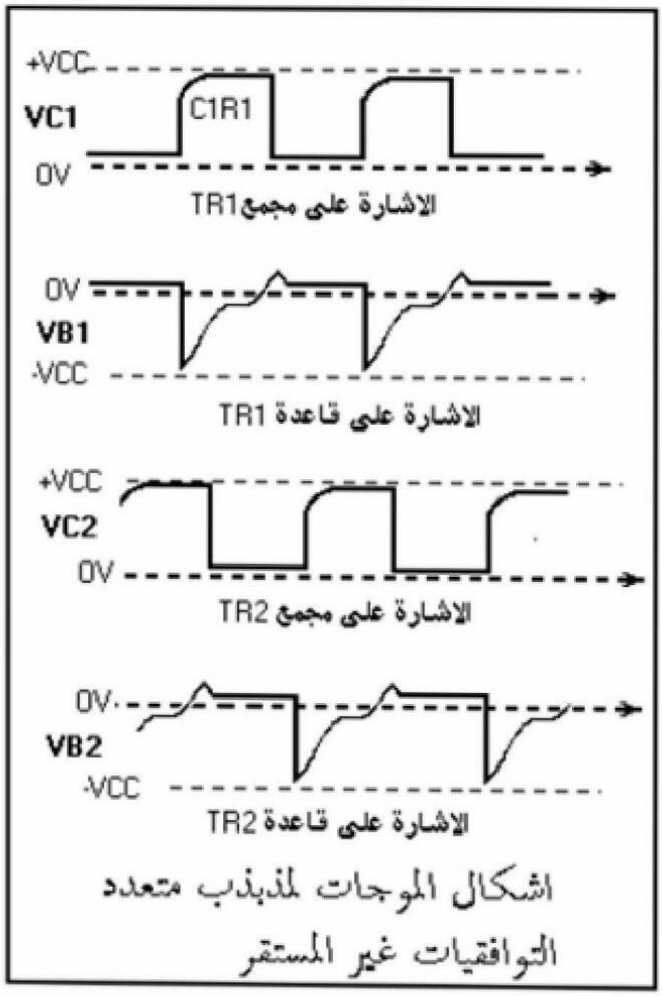
وتقسيم الهزازات الى ثلاثة اقسام

١- الهزاز الغير المستقر (Astable multivibrator)

وهو مثال على النوع الاول من المهتزات سمي هذا الهزاز بهذا الاسم لعدم وجود حالة مستقرة له فهو يتأرجح بين حالتين هما القطع والتوصيل وهذه الحالة ناتجة بسبب وجود شكلين التوصيل (R_{B1} C_1 , $_{RB2}$ C_2) حيث تعمل هاتان الشبكتان على تغيير الحالة للهزاز بشكل مستمر ومنظم



تتكون دائرة الهزاز عديم الاستقرار من ترانزستورين مربوطين كمكبر باعث مشترك لمرحلتين كل منهما تجهز تغذية خلفية للأخرى وتكون موجبة لانه هناك فرق طور مقداره ١٨٠ لكل مرحلة.



اشكال الموجات لمذبذب متعدد التوافقيات غير المستقر

يكون Q1 منحاز اماميا عن طريق Vcc والمقاومة Rc_1 بينما Q2 منحاز عن طريق Vcc والمقاومة Rc_2 . الفولتية V_{CE} لكل من Q2 و Q1 توجد على الترتيب بواسطة RB_1 و RB_2 مع Vcc ونلاحظ انه اخراج Q1 بواسطة C2 بينما اخراج Q2 يقرن الى ادخال Q1 بواسطة C1 ويؤخذ الاخراجان من النقاط A و B

عمل الدائرة:

لأجل فهم عمل الدائرة نفرض Q1 في حالة ON لذلك فأن Q2 في حالة OFF ، ولنفرض الان ان الترانستور Q1 تحول الى حالة OFF بينما Q2 تحول الى حالة ON ولنأخذ الان حالة فروق الجهد عبر صفائح (x,y)

المتسعةC1 قبل لحظة التحول.

نلاحظ ان الصفيحة x مربوطة الى جامع Q2 والذي كان في حالة off لذلك فأن فولتية جامعه تساوي Vcc بينما الصفيحة y مربوطة الى الترانزستر Q1 والذي كان في حالة ON و فولتية قاعدته مقدارها (0.6V) تقريبا أي ان للمتسعة C1 فرق جهد يساوي (0.6- Vcc) في لحظة التحول واشتغال Q1 (ON) سوف تهبط فولتية جامعه الى صفر فولت تقريبا وبذلك تصبح فولتية الصفيحةx صفر فولت في هذه اللحظة تحاول المستعة ان تحافظ على فرق الجهد بين صفيحته Y الى (0.6- Vcc) هبوط جهد الصفيحة Y الى هذه القيمة السالبة يؤثر على اشارة Q1 ويحوله الى حالة قطع بعد هذه اللحظة تبدأ المتسعة C1 بالشحن مرة اخرى .

فأذ اكان C1=C2 و $R_{B1}=R_{B2}$ ،فأن الفترة الزمنية لكل حالة تكون متساوية T1=T2 لذلك فأن الزمن الدوري للنبضة الخارجة يكون 2T1 ويحسب التردد من العلاقة

$$f = \frac{1}{(t_1 + t_2)}$$

اما عند تماثل مقاومات ومتسعات الدائرة ، فيمكن حساب التردد كما يلي $f = \frac{1}{1.4\, R_B C)}$

معادلات تصميم الهزاز الغير مستقر

$$RB = \frac{V_{CC} - V_{CE(ON)}}{Ic(max)} \quad , \quad R_{C1} = R_{C2} = \frac{V_{CC} - V_{BE(ON)}}{IB(ON)}$$

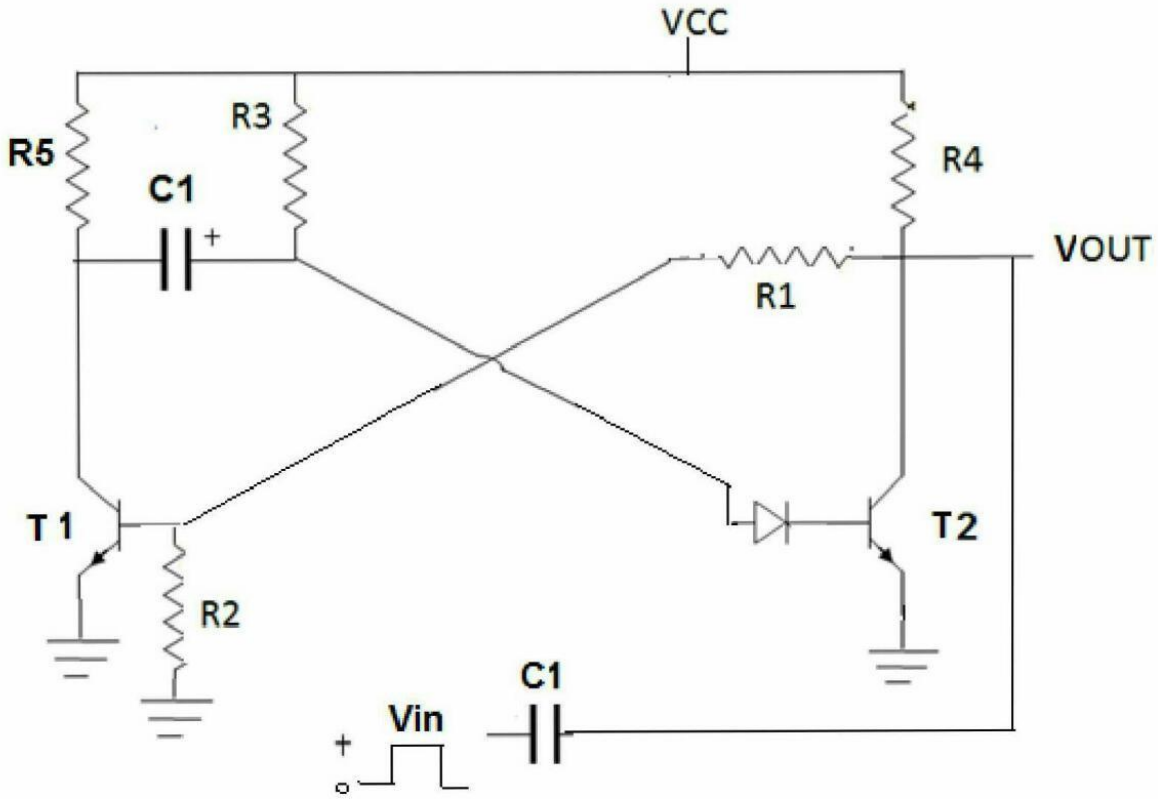
$$e^{T/R_C} = \frac{V_{CC}-V_{BE(ON)}}{2V_{CC}-V_{CE(ON)}-V_{BE(ON)}} \xrightarrow{\text{ينتج}} \frac{T}{R_C} = ln\left[\frac{V_{CC}-V_{BE(ON)}}{2V_{CC}-V_{CE(ON)}-V_{BE(ON)}}\right]$$

الهزاز احادي الاستقرار (Mon stable Multivibrator) :-

ويسمى هذا المهتز ايضا بالمولد ذو الطلقة الواحدة (on shot) لأنه يحتاج الى نبضة قدح

لتحويله من الوضع المستقر الى الوضع غير المستقر، اما عملية رجوعه الى الوضع المستقر ثانية فتتكفل بها ثوابت الدائرة .

تتكون دائرة المهتز احادي الاستقرار من ارتباط دائرة مهتز غير مستقر ويمكن استعمال دائرة هذا المهتز كدائرة لتأخير النبضات ، وذلك للتأخير الزمني الناتج لنبضة اخراج الدائرة مقارنة بإشارة الادخال والدائرة موضحه بالشكل الاتي



عمل الدائرة

في حالة الوضع المستقر يكون التر انزستور (T2) في حالة التوصيل وذلك بسبب تيار المار بالقاعدة I_{B2} المجهز من المصدر المستمر.

اما الترانزستور (T1) فيكون في حالة قطع وذلك لان قيمة الجهد (V_{BE1}) تقارب الجهد الارضي لأنها جزء من جهد التغذية الخلفية الناتج من جامع الترانزستور الثاني والذي يكون مؤرض لأنه في حالة توصيل.

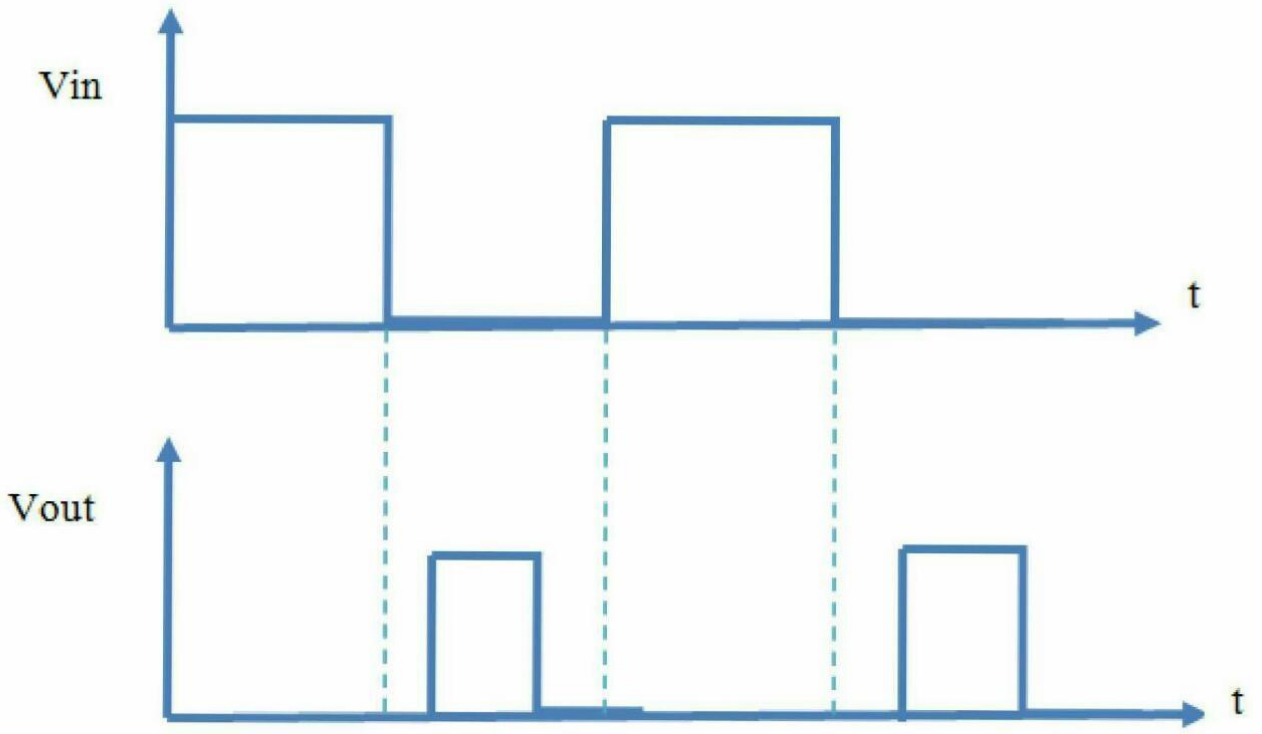
الحالة المستقرة لهذا المذبذب لا تتغير الا بعد تسويقه بواسطة مصدر خارجي يكون بإجبار ترانزستور الثاني على التحول الى حالة القطع عند ذلك يقوم مقسم الجهد (R_1,R_2,R_4) بتوفير جهد الانحياز الامامي اللازم لتحويل ترانزستور الاول الى حالة توصيل ، ان بقاء (T1) في حالة التوصيل سيسبب شحن المتسعة (C_1) عن طريق المقاومة (R_3) وسيكون جهد هذه المتسعة مسلط مباشرة على قاعدة وباعث (T_2)وبالاتجاه الامامي بسبب توصيل (T_1) لذلك يتحول (T_2) الى التوصيل عند بلوغ شحنة المتسعة الى قيمه محددة .

وسيكون جهد جامع (T_2) المؤرض بإجبار (T_1) على التحول الى حالة القطع يبقى وضع الدائرة ثابت على حالته المستقرة الى ان تصل نبضة ادخال تجبرها على التحول الى وضع القطع للترانزستور الثاني(T2) ثم تعود الدائرة الى الحالة المستقرة كما بينا ..... وهكذا

يعتمد رجوع (T_2) الى التوصيل و(T_1) الى القطع على ثابت زمن شحنة المتسعة الذي يمكن حسابه كما يلي

$$T = 0.7R_3C_1$$

الشكل الاتي يوضح الاشارات الكهربائية لإدخال واخراج هذه الدائرة

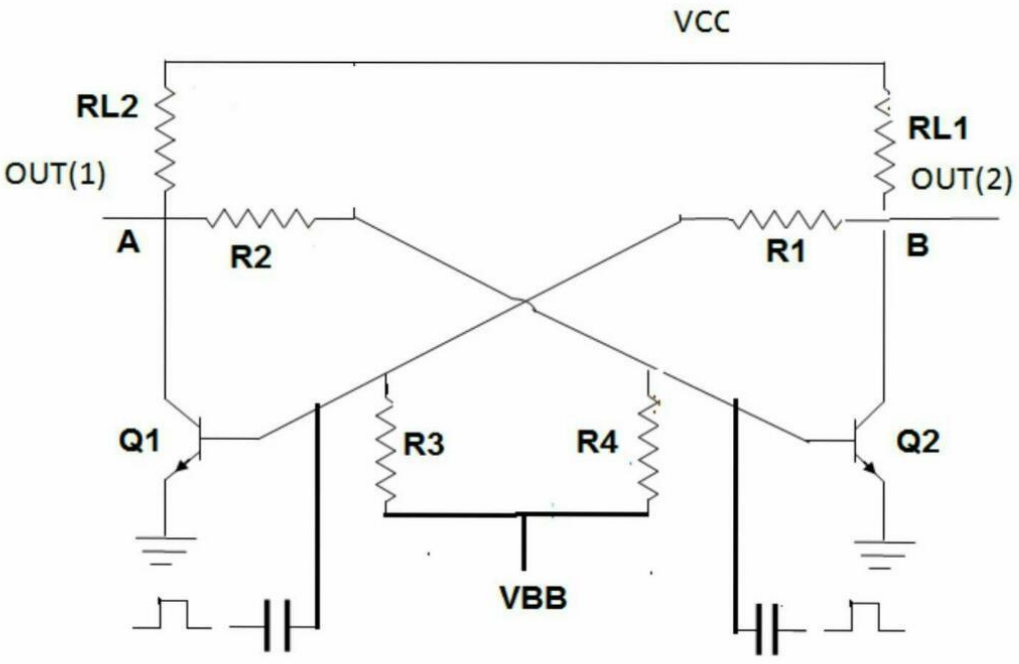


الهزاز ثنائى الاستقرار Bistable Mulltivibrator :-

لهذا الهزاز حالتان مستقرتان ويمكن ان يبقى على أي من الحالتين الى ما لانهاية طالما هناك قدرة مجهزة ويتغير الى الحالة المستقرة الاخرى فقط عندما يستلم نبضة قدح من الخارج وعندما يقدح مرة اخرى يعود الى حالته الاصلية . وبما ان نبضة القدح الواحدة تجعل الهزاز ينقلب من حالة الى اخرى والنبضة الاخرى تجعله يرجع الى حالته الاصلية فأن الهزاز ثنائي الاستقرار يعرف باسمه الشائع النطاط (flip flop).

تختلف الهزازات ثنائية الاستقرار عن الهزاز احادي الاستقرار حيث:- ١- مقاومة القاعدة غير مربوطة الى V_{CC} لكنها مربوطة مع $-V_{BB}$

٢-التغذية الخلفية مربوطة عبر المقاومات وليس عبر المتسعات.



اذا Q_1 في حالة ON فأن جهد النقطة A يكون

كان

تقريبا صفر فولت مما يؤدي الى جعل قاعدة ذات جهد سالب بواسطة مجزء الجهد R_2,R_4

ويبقى Q_2 في حالة قطع.

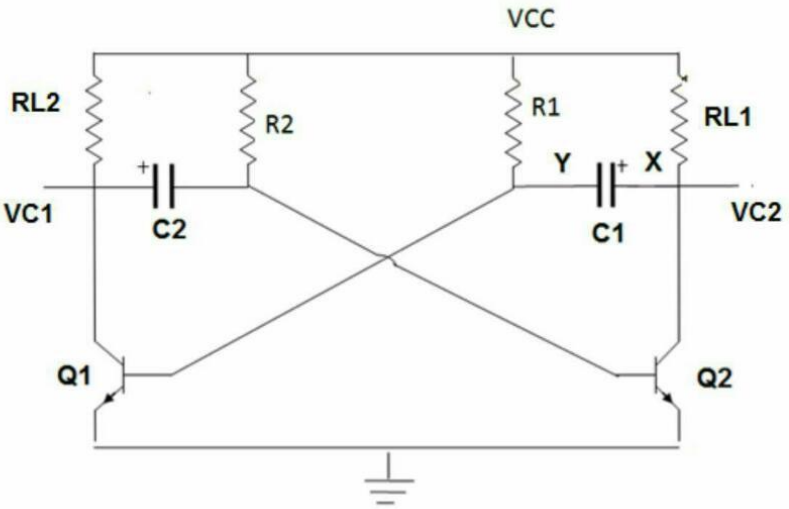
امثلـــة على المهتزات

مثال (١)

مهزاز غير مستقر كما في الشكل الاتي ، اوجد تردد التذبذب اذا كانت$R_1 = R_2 = 10K\Omega$

و$C_1 = C_2 = 0.01\mu F$

الحل:-



يكون ثابت الزمن في الحالتين متساوي لذلك

$$\begin{bmatrix} t_1 = 0.7R_1c_1 \\ t_2 = 0.7R_2c_2 \end{bmatrix}$$

$$t_1 = t_2 0.7 * 10^4(10^{-8}) = 69\mu s$$

ويكون تردد الدورة الواحدة

$$t_1 + t_2 = 2(69 * 10^{-6}) = 138\mu s$$

يكون تردد التذبذب او الاهتزاز

$$f_o = \frac{1}{138 * 10^{-9}} = 7.250 H_Z$$

مثال (٢)

في دائرة مهتز احادي الاستقرار افرض ان الترانزستورات مثالية .

$$R_2 = 30K\Omega \quad , \quad R_1 = R_3 = 15K\Omega \ , \ R_4 = R_5 = 1.5K\Omega \ , \ V_{CC} = 12V$$

وان

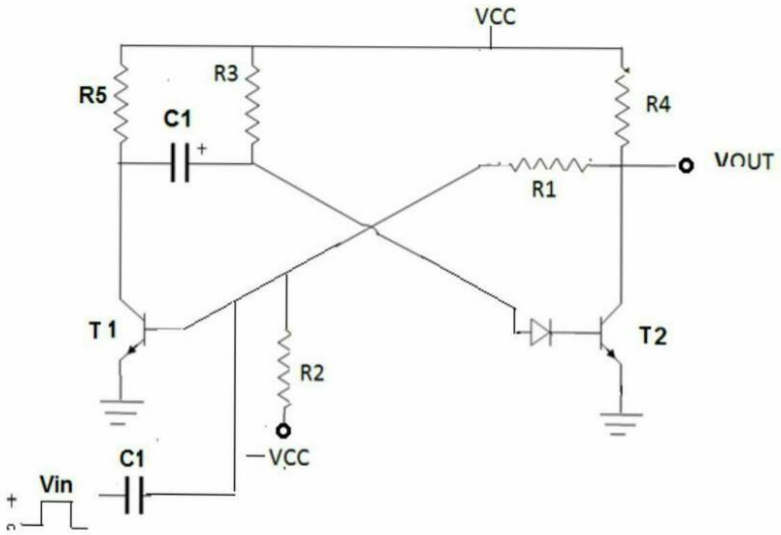
$$C_1 = 0.1\mu f$$

احسب :-

١- زمن دورة المهتز

٢- قيمة (V_{C2}) خلال دورة كاملة للمهتز

٣- قيمة (V_{B1}) خلال حالة الاستعداد *stand by*



الحل:-

١- يحسب زمن دورة المهتز من R_3, C_1

$$1 - \ T = 0.7 R_3 C_1$$

$$T = 0.7 * (15 * 10^3) * \ (10^{-7}) = 1ms$$

٢- خلال دورة كاملة تزداد قيمة V_{C2} الى:

$$2 - \ V_{C2} = \frac{R_1}{R_1 + R_4} = 12 * \frac{15 * 10^3}{16.5 * 10^3} = 10.9V$$

٣- خلال حالة الاستعداد *stand by* ، $(T1)$ يكون مقطوع ،وتكون فولتية القاعدة للترانزستور في هذه الحالة معتمده على المقاومات R_2 و R_1 وتحسب V_{B1} كما يلي:

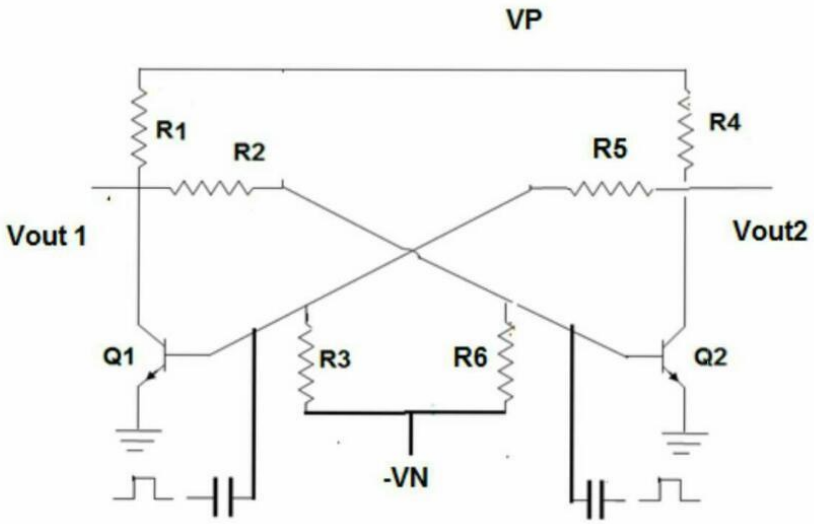
$$3- \quad V_{B1} = -12 * \frac{R_1}{R_1+R_2} = -12 * \frac{15*10^3}{45*10^3} = -4V$$

مثال (٣)

اوجد قيمة فولتية القاعدة وفولتية الجامع لكل ترانزستور للدائرة المبينة بالشكل

افرض ان $R_3 = R_6 = 100k\Omega \quad , \quad R_2 = R_5 = 18k\Omega \, , \; R_1 = R_4 = 2.7k\Omega$

$$V_N = V_P = 15V$$



الحل :-

نفرض ان (T_1) موصل ، (T_2) مقطوع ، لنفرض ان $(V_{sat} = 0.3\ V)$ وكذلك $(V_{sat} = 0.7\ V)$ ويكون

$$V_{B1} = 0.7\ V$$

$$V_{c1} = 0.3\ V$$

ولكي نوجد قيمة V_{B2} ، فأن فرق الجهد عبر مقاومات التوالي R_2 و R_6 يكون مساويا لـ:

$$V_{C1} - \quad V_N = 0.7\ V$$

ويكون فرق الجهد عبر R_6 مساويا لـ

$$V_{R6} = 15.3 * \frac{R_6}{R_2 + R_6} \cong 13\ V$$

وتكون فولتية قاعدة الترانزستور (T_2) نسبة الى الارضي:

$$V_{B2} = \quad V_N + V_{R6}\ , \quad V_{B2} = -15 + 13 = -2$$

ويمكن حساب V_{C2} وذلك بوجود فرق جهد مقداره

$$V_P - \quad V_{B1} = 14.3\ V$$

عبر مقاومات التوالي R_{56} , R_4 ويكون فرق الجهد عبر R_4 مساويا :

$$V_{R4} = 14.3 * \frac{R_4}{R_5 + R_4} \cong 1.86\ V$$

$$V_{C2} = \quad V_P - V_{R4}$$

$$= 15 - 1.86 = 13.14V$$

5/ مكبر العمليات:-

تقسم الدوائر المتكاملة من حيث تعاملها مع الاشارات الداخلة والخارجة الى قسمين :

١- الدوائر المتكاملة الخطية

٢- الدوائر المتكاملة غير الخطية (المنطقية)

سميت بهذا الاسم وذلك بسبب تغير الفولتية في الاخراج تغير خطي مع الادخال واذا كانت فولتية الادخال صفر فولت فان الاخراج يكون صفر فولت واذا ازدادت الفولتية في الادخال تزداد الفولتية في الاخراج وبالعكس ومن امثلة الدوائر المتكاملة الخطية مكبر العمليات.

مكبر العمليات:

وهو من الدوائر الشائعة الاستخدام في كثير من التطبيقات العملية حيث يقوم هذا المكبر بالإضافة الى عملية التكبير بتنفيذ العلميات الرياضية مثل الجمع والطرح والضرب والتكامل والتفاضل والمقارنة ولهذا السبب يسمى بمكبر العمليات.

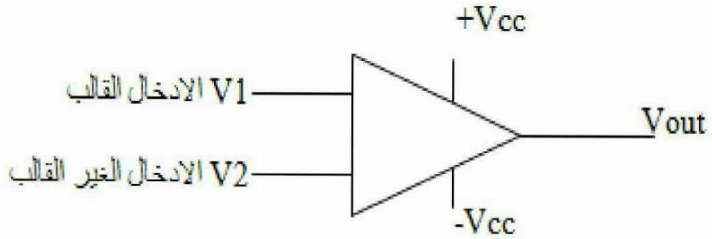
الشكل التالي يمثل الرمز الكهربائي لمكبر العمليات.

تركيب مكبر العمليات

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 (V1 – V2) وخرج واحد فقط (Vo) وعادة نحتاج إلى مصدري جهد أحدهما يعطى جهداً مستمراً موجباً (15 V+) والآخر يعطى جهداً سالباً (15V-)



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

$$V_O = A_O(V_2 - V_1) \quad \text{.....(١)}$$

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

$$V_O = A_O V_2 \quad \text{.....(٢)}$$

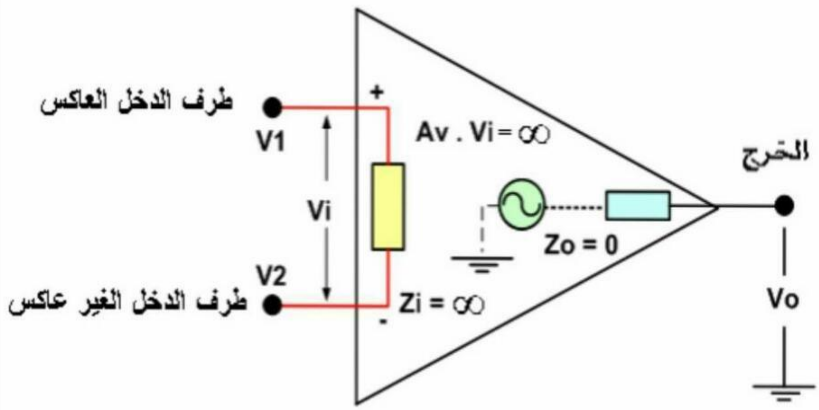
أما إذا وضعنا $V_2 = 0$ فإن الخرج يصبح

$$V_O = -A_O V_1 \quad \text{.....(٣)}$$

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

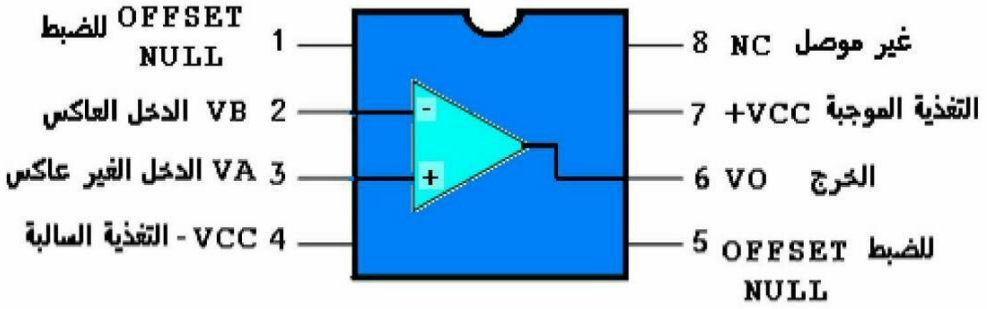
و عندما نتكلم عن خواص مكبر العمليات فإننا فسوف نفرق بين مكبر العمليات المثالي ومكبر العمليات الغير مثالي مع العلم أن المكبر المثالي لا يمكن بناؤه.

الدائرة المكافئة لمكبر العمليات :



الشكل ٢ يبين الدائرة المكافئة لمكبر التضخيمي OP AMP

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



الشكل ٣ يبين مخطط الدبابيس للمكبر التشغيلي (741)

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

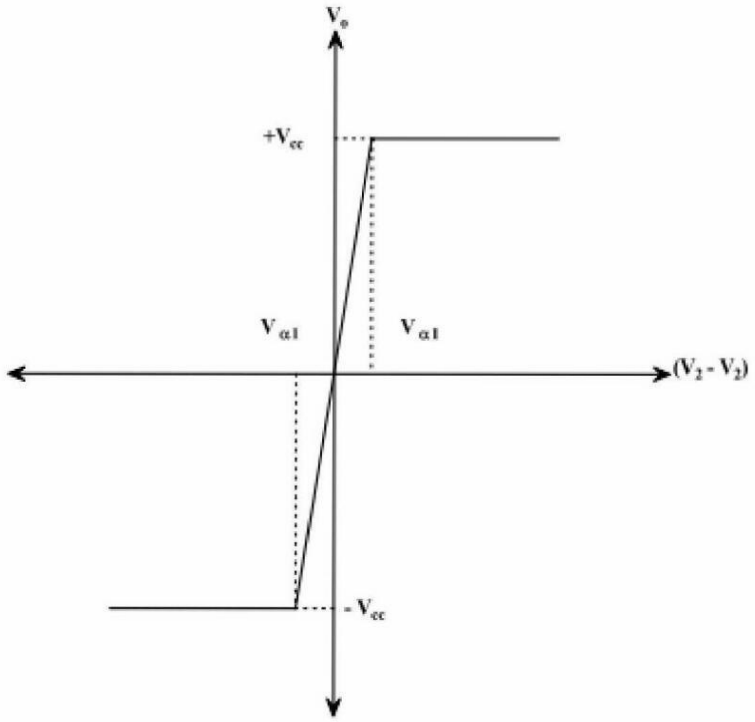
وهذه الخواص يمكن تلخيصها كالتالي:

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

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

والشكل (١) يوضح الطرفين المستخدمين لتوصيل مصدر الطاقة.

مكبر العمليات يمتاز بأن خرجه V_o يتغير تغيراً خطياً بالنسبة لتغير الفرق بين الدخلين $(V_2 - V_1)$ كما هو موضح بالشكل (٢).



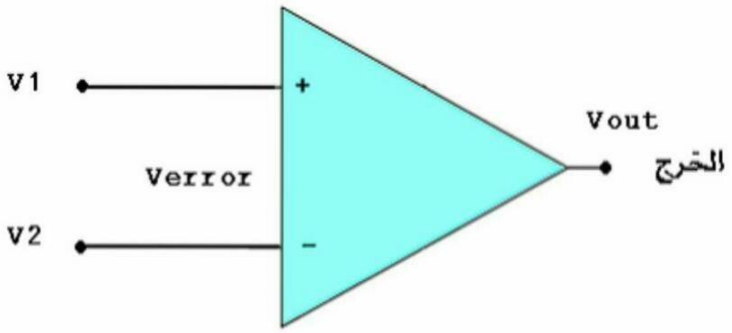
وفي هذا الشكل نلاحظ أن V_O يتغير خطياً مع $(V_2 - V_1)$ طالما أن الأخير له قيمة صغيرة جداً (حوالي واحد مللي فولت) أما إذا زاد الفرق $(V_2 - V_1)$ عن $V\alpha 1$ أو $V\alpha 2$ فإن خرج المكبر يصل إلى درجة التشبع ويثبت عند قيمة جهد مصدر الطاقة الخاص به وهو إما $+V_{CC}$ أو $-V_{CC}$ وذلك حسب إشارة $(V_2 - V_1)$. 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.

6/ المقارن Comparator:-

المقـــارن Comparator

المقارن هو ابسط طريقة لاستخدام مكبر العمليات حيث لايوجد تغذية عكسية. والشكل (٩) يوضح المكبر التشغيلي كمقارن حيث لايوجد تغذية عكسية، وللمقارن كسب عالٍ جداً (قد يساوي 300 000) ولذلك فإن أقل فولتية بين طرفي الدخل (عادة بالميكروفولت) تنتج في الخرج أقصى جهد (Vsat) يقل عن Vcc بمقدار وأحد أو اثنين فولت .



الشكل (٩) يوضح المكبر التشغيلي كمقارن

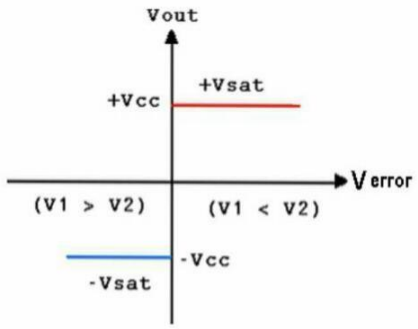
يوضح الشكل (١٠) منحنى خصائص المقارن وهي العلاقة بين الفرق في جهدي دخل المقارن Vd = V1 – V2 أو مايسمى بجهد الخطأ Verror ومن الواضح أنه :

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

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

أي ان هذه الدائرة هي تستخدم للمقارنة بين مستوي فولتية.

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



الشكل (١٠) يبين منحنى الخصائص للمقارن

جهد الدخل وكسب الجهد :

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

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

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

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

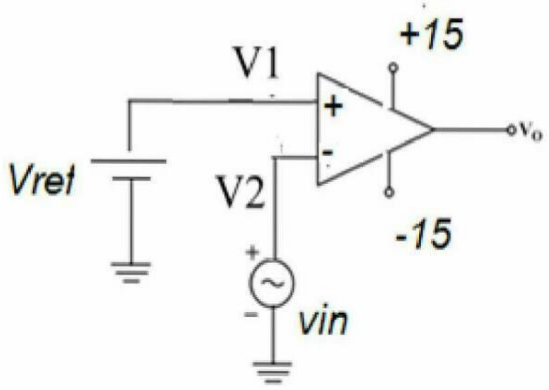
استخدامات المقارن :

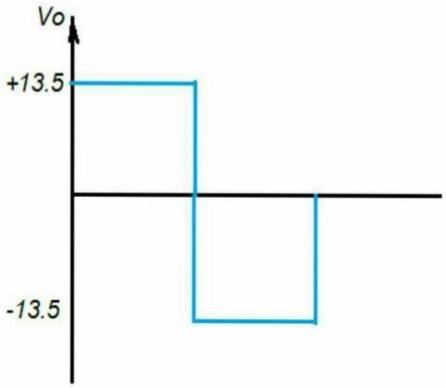
للمقارنات تطبيقات مختلفة نذكر منها كاشف الذروة للإشارات الصغيرة وتقويم نصف موجة أو موجة كاملة فعالة والتي من مميزاته تقليل حاجز جهد الثنائي PN من 0.6 إلى جهد في حدود الميكروفولت وكذلك كاشف عبور الصفر، وكذلك دائرة كاشف اذهب / لاتذهب (كاشف المستوى (Level detection

١ - (كاشف المستوى (Level detection

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

اي انه يقارن فولتية Vin نسبة الى فولتية المرجع





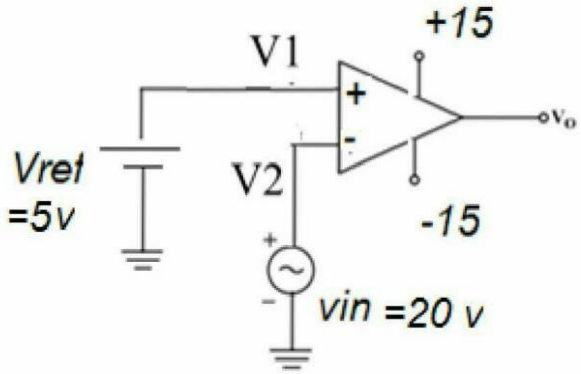
IF:

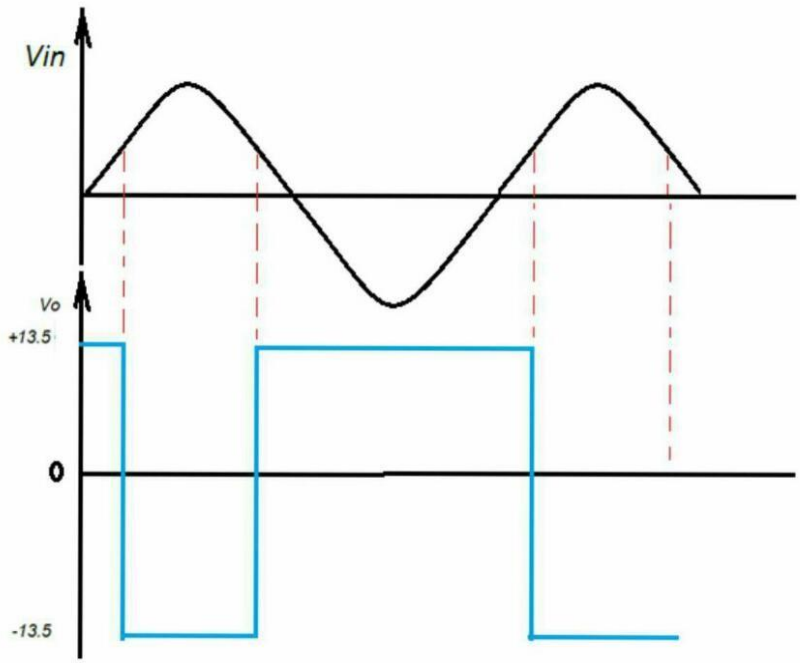
$V_{in} < V_{ref} \rightarrow Vo = +13.5$

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

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

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



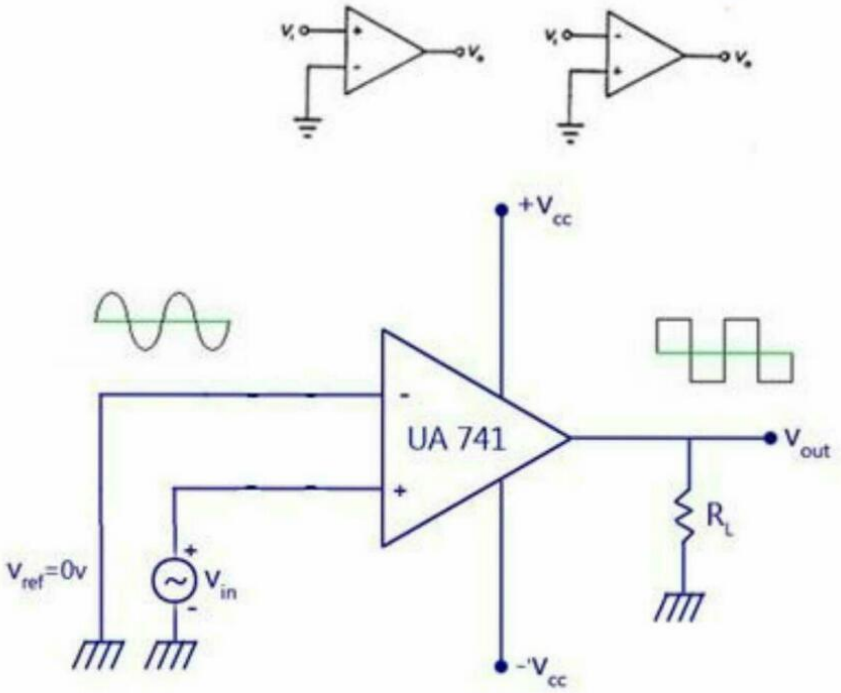


٢- الكاشف الصفري Zero detection

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

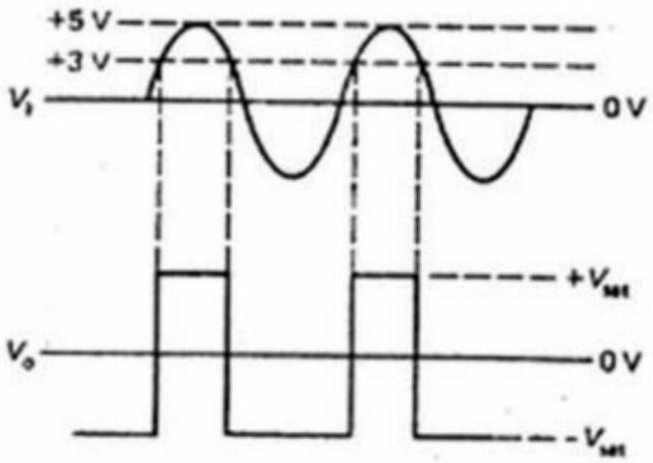
فى حالة قيام المقارن بمقارنة إشارة جهد مع (0 V) فإنه يسمى بكاشف عبور الصفر Zero Crossing Detector كما فى الشكل التالى :

Zero Crossing Detector Using UA 741 op-amp IC



حيث تتغير حالة خرج المقارن عند عبور جهد الدخل بالصفر ٠

إذا افترضنا أن مقارن للجهد غير عاكس يقارن موجة جيبية جهدها الأقصى 5V بجهد أساس مستمر يساوى 3V+ فإن شكل موجة الدخل وموجة الخرج المتوقع كما فى الشكل التالى :



ويلاحظ إنه عندما يكون جهد الدخل أكبر من3V فإن خرج المقارن يكون مساويا Vsat + , وعندما يكون جهد الدخل أصغر من3V فإن خرج المقارن يكون مساويا Vsat – ٠ علما بأن Vsat تساوى 13 V تقريبا عندما يكون جهد VCC مساويا 15 V

المصادر

Gupta, J. B. *Fundamentals Of Electrical Eng. & Electronics*. SK Katarina and Sons, 2009

Goldsmith, Andrea. *Wireless communications*. Cambridge university press, 2005