جمهورية مصر العربية
وزارة التربيه والتعليم والتعليم الفني

برنامج : فني التركيبات الكهربية

وحدة

الدوائر الالكترونية

المستوى 3

الوحدة: الدوائر الالكترونية

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلاب الجدارات المرتبطة باستخدام العناصر الالكترونية مثل الدايود، الترانزستور، الثايرستور، الترياك، الموسفيت، ومكبر العمليات. يتم تنفيذ واختبار الدوائر الالكترونية الأساسية، وذلك لتطبيقها في أجهزة التحكم.

مخرجات التعلم 1: ينفذ الدوائر الالكترونية للثنائي (الدايود). طبقا للمخططات الفنية

الأدوات اللازمة لعمل الدوائر الالكترونية

1	كاوية لحام 30 وات	
2	اناء مسطح	
3	قصدير	
4	محلول حامضي كلوريد الحديديك	
5	قلم دوكو 1 مم	
6	مناديل ورقية جافة	
7	زجاجة تنر	
8	شفاط قصدير	
9	صنفرة	
10	زراديه	
11	ملقاط	

12	افوميتر	
13	مساعد لحام (فلكس)	
14	بوردة نحاس	

تعليمات السلامة والصحة المهنية التي يجب إتباعها أثناء عمل الدوائر العملية

1. ارتداء البالطو الابيض.
2. إمساك المكونات الإلكترونية بالملقاط وعدم إمساكها باليد لحمايتها من التلف.
3. استخدام كاوية بقدرة ملائمة (نوع قصدير مناسب).
4. نقاط اللحام تكون صغيرة وملائمة حتى لا تتشابك مع بعضها وخصوصا عند لحام أطراف IC.
5. استخدام الشفاط عند الحاجة إلى إزالة أحد النقاط أو طبعها مع مراعاة عدم تقريبه من سن الكاوية.
6. مراعاة الأماكن التي توضع فيها المكونات.
7. مراعاة القطبية للمكونات الإلكترونية.
8. التعامل بحساسية شديدة مع المكونات الإلكترونية للحفظ عليها من التلف.
9. اختبار الموحدات والمقاومات والليدات قبل تثبيتها للتأكد من سلامتها.
10. مراعاة قيم العناصر الإلكترونية حتى يمكن تشغيلها بأمان
11. تحديد التركيز المناسب للحمض (كلوريد الحديد) بدقة.
12. تحديد الوقت المناسب لاستمرار عملية تحميض البرودة داخل الحمض.
13. الاستماع الجيد للمعلم والانصات لأي معلومة يقولها المهندس المختص.
14. التعاون مع زملاؤك في المجموعة المكلفة بالنشاط.

كيفية تجميع وعمل الدوائر الالكترونية

المرحلة الاولى: مرحلة طباعة البرودة (الدائرة) PCB

وتتم بطريقتين 1- الطريقة التقليدية 2- الطريقة الاحترافية

اولا : الطريقة التقليدية (اليدوية).

(1) بعد احضار المخطط النظري للدائرة الالكترونية (schematic diagram) يتم رسم الشكل العملي

للدائرة المطلوب تنفيذها(layout) بواسطة المعلم.

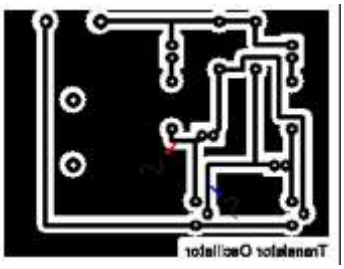
(2) يتم أخذ هذا الشكل وطباعته على اللوح النحاسي المطبوع ويتم ذلك بوضع ورق كربون بين الشكل واللوح النحاسي .ثم الاعادة علي رسم الشكل بالقلم الجاف ليطبع علي اللوح النحاسي . ثم ترفع ورقة الشكل العملي وورقة الكربون.

(3) الإعادة على اثر الرسم المطبوع علي اللوح النحاسي بقلم دوكو (وهو نوع خاص من الأقلام يحتوى على مادة تلتصق بسطح النحاس وتحميه من التأكسد أو من الذوبان عند وضعه فى المحلول الحمضى) لتحديد عرض المسا رات ويجب اختيار قطر السن المناسب للقلم الدوكو. شكل (1-أ) يوضح أحد الأمثلة للطباعة التقليدية.

شكل (1-أ): الطباعة التقليدية (اليدوية)

ثانيا : الطريقة الاحترافية (بالحاسب الالي).

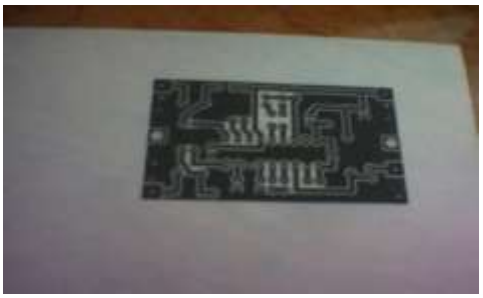
1. تصميم الدائرة الالكترونية على جهاز الكمبيوتر باستخدام احد برامج التصميم والمنتشرة بكثرة مثل برنامج (circuit wizard)الذي يمكنك تحميله من علي النت بسهولة وتستطيبه مباشرة. انظر شكل (1-ب)



شكل (1-ب): أحد الدوائر من برنامج circuit wizard

2. يتم طباعه الدائرة على ورق لا يشرب الحبر مثل ورق الكلك وهو رخيص الثمن باستخدام طابعة ليزر وليس طابعه حبر ويتم طباعتها بطريقة معكوسة (تقوم بعكس الصورة على الكمبيوتر) ثم

طباعتها بكثافة نقطية 600 dpi .كما في شكل (2) .



شكل (2) طباعه الدائرة على ورق

3. **بعد ذلك يتم تنظيف البورده من اى أوساخ او شوائب او بصمات اصابع لان اى من هذه الاشياء يمنع التصاق الحبر على البورده كما بشكل (3) وحاول الا تلمسها بأصابعك ومن الممكن ان تقوم بلبس جوانتى بلاستيك كالذي يستخدمه الاطباء خلال العملية كلها .**

شكل (3) تنظيف البوردة من أي أوساخ

4. **بعد ذلك يتم قطع الورقة التي طبعت عليها الدائرة ووضعها على البوردة النحاس وباستخدام مكواة ملابس عاديه مثل التي في أي بيت يتم كي الورقة على اللوحة النحاسية بعد تنظيفها .**
5. **بعد تمام انتقال الحبر إلى البوردة يتم ترك اللوحة النحاس تبرد ثم يتم ازالة الورقة التي تكون ملتصقة عليها بوضعها في اناء به ماء وكمية بسيطة من سائل التنظيف وتركها بضع دقائق حتى تبوش بعد ذلك تزال بحرص شديد حتى لا يزال أي جزء من الحبر مع الورقة .**
6. **بعد ذلك وباستخدام قلم دوكو اسود يتم تصحيح أي مسارات او خطوط تكون قد زالت مع ازالة الورقة .**

المرحلة الثانية: مرحلة تحميض اللوحة المطبوعة (PCB)

بعد الانتهاء من مرحلة طبع اللوحة المطبوعة (PCB) بأي طريقة من الطريقتين سواء اليدوية او الاحترافية تبدأ المرحلة الثانية وهي التحميض :

(1) يتم وضع البوردة في المحلول الحمضي كلوريد الحديد بعد تخفيف تركيزه لمدة 3 ساعات مع المتابعة الدورية لحالة البوردة .

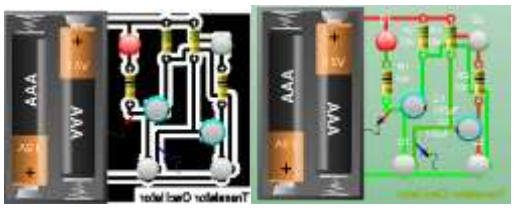
(2) تقوم برفع البوردة من المحلول وتنظيفها بقطعة جافة من المناديل.

(3) ثم يتم بلل قطعة من القماش بمادة التنر ومسح البوردة بها فنلاحظ أن حبر الدوكو يُزال بالتنر وتستمر هذه العملية حتى تنظيف البوردة تماما.

(4) تثقيب البوردة حسب النقاط المحددة طبقا للمخطط العملي وذلك باستخدام مثقاب صغير و بنطة 1 مم.

المرحلة الثالثة : تثبيت المكونات على البوردة (لوحة PCB)

1. **يتم تجهيز أدوات اللحام لبدء عملية تثبيت المكونات في اللوحة وذلك كالاتي:**
2. **يتم وضع قواعد الايسيهات من ناحية المادة العازلة في الثقوب المحددة لها ثم نقوم بلحام أطرافها واحدة تلو الأخرى مع مراعاة عدم تشابك نقاط اللحام لأطراف IC.**
3. **نقوم بتثبيت المكثفات ثم المقاومات ثم الموحدات ثم لدات الإضاءة بنفس طريقة التثبيت السابقة مع مراعاة القطبية لكل واحدة.**
4. **يتم تثبيت جسم المحول ان وجد بمسامير قلاووظ علي البوردة من الامام في الاماكن المحددة لها.**
5. **نقوم بقطع الاطراف الزائدة للمكونات بالقصافة.**
6. **نقوم بالتنظيف النهائي للبوردة بالاسبري.**



شكل (4) الشكل النهائي للبوردة

المرحلة الرابعة : اختبار الدائرة ووضعها في الغلاف الخاص

1. يتم توصيل الدائرة بمنبع التغذية الخاص بها والتأكد من عملها بالشكل المرجو الذي بنيت من اجله (بمجرد النظر).
2. يتم قياس كلا من دخل وخرج الدائرة للتأكد من عملها بشكل صحيح.
3. توضع الدائرة الالكترونية في الغلاف المخصص لها وذلك لحمايتها من التلف.

أشباه الموصلات Semicoductor

يمكن تقسيم المواد الي:

المواد الموصلة:

وهي المواد التي يمكن لإلكترونات المدار الخارجي فيها أن تتحرر من ذرّاتها وتتحرك حركة عشوائية بين الذرات، وإذا تعرضت لفرق جهد (أي الالكترونات) يتشكل تيار كهربائي. من أمثلة المواد الموصلة كهربائياً : الفضة ، النحاس ، الألمنيوم وعموم المعادن .

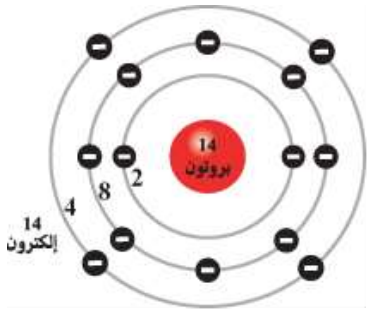
المواد العازلة:

وهي المواد التي تشتد فيها قوة جذب النواة لإلكترونات المدار الخارجي فلا تستطيع الخروج من الذرة. ومن أمثلة المواد العازلة للكهرباء: الورق، الزجاج، الميكا، البلاستيك، المطاط وغيرها

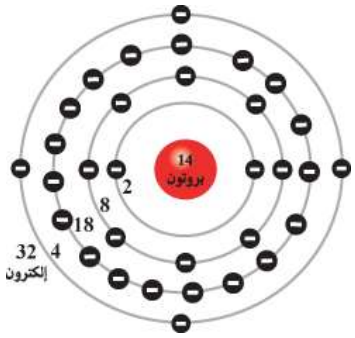
المواد شبه الموصلة:

تعرف المواد شبه الموصلة بالمواد التي تكون عازلة عند درجة الصفر المطلق بفعل الترابط القوي بين ذراتها وتزداد موصليتها بارتفاع درجة الحرارة حيث تعمل الحرارة على تفكيك الرابطة بين ذراتها.

تنتمي مادتي السليكون والجرمانيوم إلى عائلة أشباه الموصلات، تحتوي كل من ذرتي السليكون والجرمانيوم على أربعة الكترونات تكافؤ، (الكترونات التكافؤ هي الكترونات المدار الخارجي للذرة وتساهم في التفاعلات الكيميائية) والاختلاف بينهما هو أن ذرة السليكون تحتوي على 14 بروتون في النواة بينما ذرة الجرمانيوم تحتوي على 32 بروتون، ويوضح شكلي (5) و (6) التركيب الذري لمادة السليكون و التركيب الذري لمادة الجرمانيوم . ويُعد السيلكون من اهم عناصر اشباه الموصلات وهو عصب الاجهزة والدوائر الالكترونية.



شكل (5)البناء الذري للسليكون



شكل (6)البناء الذري للجرمانيوم

وبما أن السيلكون عصب الأجهزة الإلكترونية ففيما يلي شرح موجز لهذه المادة المهمة:

ما السيلكون؟

يعد السيلكون أحد العناصر الشائعة الوجود كمكون رئيسي للتراب والأحجار. وترتيبه في الجدول الدوري للعناصر بعد الألمونيوم مباشرةً، وقبل الكربون والجرمانيوم. والكربون والسيلكون والجرمانيوم عناصر تتسم بخاصية فريدة في هياكلها الإلكترونية، فكل عنصر من هذه العناصر يتسم بوجود أربع إلكترونات في مداره الخارجي، مما يمكن هذه العناصر من تشكيل بلورات. والإلكترونات الأربعة تشكل سوياً اتحاداً ذرياً مع أربع ذرّات متجاورة مما ينتج عنه نظاماً شبكياً. فالشكل البلوري للكربون هو الماس، أما السيلكون فالشكل البلوري الخاص به يميل إلى اللون الفضي المشابه للمعدن. المعادن بطبيعتها موصل جيد للطاقة الكهربائية لاحتوائها إلكترونات يمكنها التحرك بحرية بين الذرّات، والطاقة الكهربائية تنتج عن تدفق الإلكترونات. إلا أن بلورة السيلكون ليست من المعادن، فكافة الإلكترونات الخارجية فيها متشابكة في اتحاد.

تحويل السيلكون إلى موصل

يمكنك أن تغير من سلوك السيلكون وتحوله إلى موصل للطاقة وذلك بإضافة الشوائب أليه وبإتباع أي من الطريقتين

رقيقة سليكون موجبة (P)

باستخدام أي من عنصري البورون أو الجاليوم ليقوم أي منهما بمهمة تغيير طبيعة السيلكون. وهذان العنصران يتسمان بميزة رئيسة في التكوين الذري لكل منهما، حيث لا يوجد في أي منهما إلا ثلاثة إلكترونات خارجية ويسمي (بلورة موجبة P) فعند اتحاد عنصر البورون او الجاليوم مع السيليكون في فقدان السيليكون لاحد الكترونات التكافؤ و تكون فجوات الكترونية و تكون شحنته الإجمالية

موجبة كما يمكن لتلك الفجوات التحرك و حمل تيار كهربي.

رقيقة سليكون سالبة (N)

بإضافة كميات ضئيلة من الفسفور أو الزرنيخ أو الأنتيمون (شوائب خماسية التكافؤ) إلى بللورة السيلكون. كل من الفسفور والزرنيخ يتسم بوجود خمس إلكترونات خارجية ويسمي (بللورة سالبة N) . فعند اتحاد عنصر الفسفور أو الزرنيخ أو الأنتيمون يتسبب ذلك في اكتساب السيليكون الى الكترون تكافؤ زائد و تكون شحنته الإجمالية سالبة كما يمكن لتلك الالكترونات التحرك و حمل تيار كهربي.

نشاط تقويمي (1- 1):أ جب عن الاسئلة الاتية :

- **هل السليكون في حالته النقية موصل جيد للكهرباء؟**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

- **ما المواد التي يطعم بها السليكون ليصبح مادة موصلة موجبة**

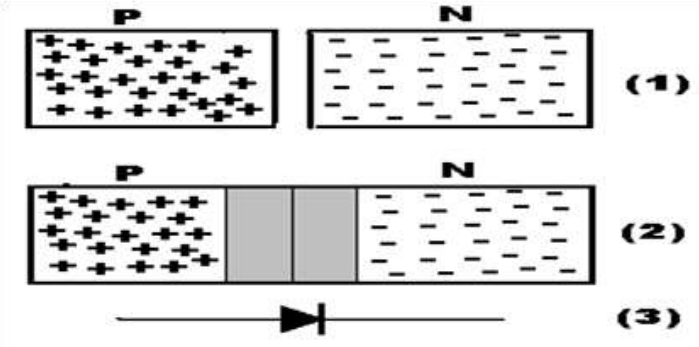
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

الثنائي (الدايود) Diode

تعريف الثنائي: الثنائي هو عنصر إليكتروني يحتوي على طرفين (المصعد والمهبط)،

تركيب الثنائي :

يتكون الثنائي شبه الموصل من بلورتين من المواد شبه الموصلة، إحداها شبه موصل موجب (p) و الأخر شبه موصل سالب (n) كما في شكل (6).



شكل (6) تركيب الثنائي

نشاط تقويمي (1- 2): أجب عن الاسئلة الاتية :

1. عرف الثنائي .

.....
.....
.....
.....

2. وضح بالرسم رمز الثنائي وشكله التجاري .

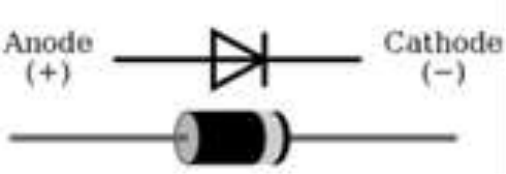
.....
.....
.....
.....
.....

3. بين بالرسم فقط تركيب الثنائي .

.....
.....
.....
.....
.....
.....

أطراف الثنائي: شبه الموصل (الدايود)

اطراف الثنائي الدايود كما هو مبين بشكل (7)

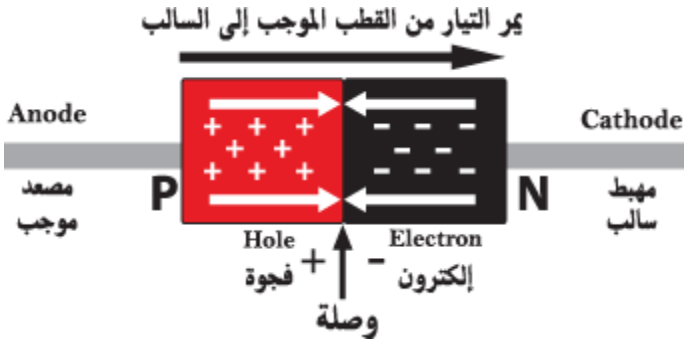


شكل (7) أطراف الثنائي

1. **الطرف الموجب (p) ويسمي المصعد او الانود A**
2. **الطرف السالب (n) ويسمي المهبط او الكاثود K**

نظرية عمل الثنائي:

يسمح الثنائي بمرور التيار الكهربي في اتجاه واحد وذلك عندما يكون جهد المصعد موجب بالنسبة للمهبط (توصيل أمامي)، ولا يمر إلا تيار ضئيل جداَ عندما يكون جهد المصعد سالباً بالنسبة للمهبط (توصيل عكسي)، وهكذا يمكن اعتبار الدايود كمفتاح جهد يوصل في أحد الاتجاهات ولا يوصل في الاتجاه الآخر كما في شكل (8).



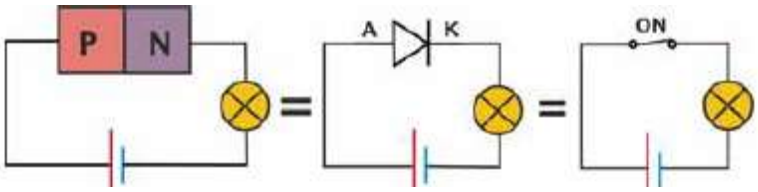
شكل (8) اتجاه التيارات في الثنائي

أنواع الدايودات (الثنائيات) Diode Types

م	اسم الثنائي	تعريفه	شكل الرمز	الشكل التجاري
1	ثنائي السيلكون (الموحد السليكوني)	هو ذلك الثنائي المصنوع من السيلكون ومحقون بشوائب تكون بلورة موجبة ومع شوائب أخرى تكون بلورة سالبة ، بحيث تكون البلورتان الموجبة والسالبة متجاورتين . هذا الثنائي من القطع المشهورة وتستعمل دائما في دوائر القدرة مثل دوائر التوحيد . الجهد الحاجز له 0.7 V.		
2	ثنائي الجرمانيوم	هو ذلك الثنائي المصنوع من الجرمانيوم ويختلف عن السليكون بأن الجهد الحاجزله 0.3 V.		
3	ثنائي الزينر	يستخدم ثنائي الزينر عادة في تثبيت جهد الخرج ويكتب عادة الجهد المثبت على قطعة الزينر. والخط الأسود دائما يدل على الكاثود		
4	ثنائي الانبعاث الضوئي إل L.E.D.	يشع الضوء عندما يثار بإشارة كهربية ولمعرفة طرف الكاثود أو الانود تجد طرف أطول من الطرف الأخر الطرف الاطول هو الانود		
5	الثنائي الضوئي Photo Diode	يتكون الثنائي الضوئي من شبه موصل موجب P واخر سالب N ونافذة شفافة منفذة للضوء. عندما يسقط الضوء على الثنائي الضوئي ، يقوم الضوء بكسر الروابط البلورية ويتحرر عدد من الشحنات التي تسمى بشحنات الأقلية ، يزداد هذا العدد بزيادة الضوء الساقط		

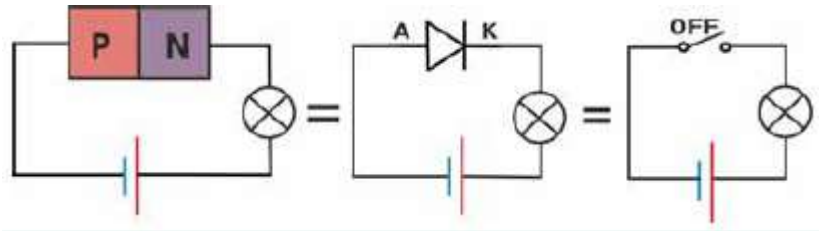
طرق توصيل الثنائي شبه الموصل في الدوائر الالكترونية

1. طريقة الانحياز الأمامي: حيث يتم توصيل أطراف الثنائي مع مصدر للطاقة الكهربائية، الطرف الموجب للثنائي مع الطرف الموجب للبطارية و الطرف السالب مع الطرف السالب طبقا لشكل (9) و في هذه الحالة يسمح الثنائي بمرور التيار الكهربائي من خلاله.



شكل (9) توصيل امامي – المصباح يضئ

2. طريقة الانحياز العكسي: ويتم توصيل أطراف الثنائي بشكل عكسي, أي طرف الثنائي الموجب مع الطرف السالب للبطارية و طرف الثنائي السالب مع الطرف الموجب للبطارية, و في هذه الحالة يكون الثنائي ممانع للمرور التيار الكهربائي.(شكل 10)



شكل (10) توصيل عكسي – المصباح لا يضئ

تدريب عملي (1-1)

جهز موحد سليكوني وبطارية أو مصدر جهد 3 فولت ومصباح كهربي صغير3 فولت وقطعة من السلك تقريبا 50 سم من مخازن الورشة ووصلهم في الحالتين (التوصيل الامامي, التوصيل العكسي) كما في شكلي 9 و10.

ماذا تلاحظ :

1. في الحالة الاولي (شكل 9) يضئ المصباح لماذا ؟

.....

.....

2. في الحالة الثانية (شكل 10) لا يضئ المصباح لماذا ؟

.....

.....

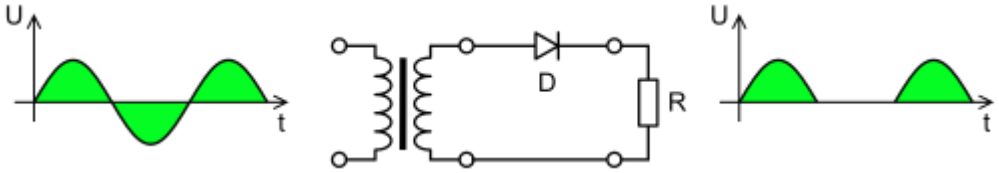
دوائر التوحيد هي دوائر تحويل التيار الكهربائي من التيار المتردد AC إلى تيار مستمر DC .

تركيب دوائر التوحيد:

وتتركب هذه الدوائر من مجموعة من الموحدات السليكونية ومكثفات للتنعيم ايضا.

انواع دوائر التوحيد

1. دائرة تقويم نصف موجه باستخدام (موحد واحد) ويظهر الشكل التالي تركيب دائرة التقويم نصف موجة ومكوناتها (شكل 11)



شكل (11) دائرة تقويم نصف موجه

نعلم أن الدايود يمرر التيار الكهربي في اتجاه واحد فقط وهو الاتجاه الذي يجعله متصلا توصيلا أماميا، لذلك فإن الدايود إذا اتصل بمصدر تيار متردد فإنه سوف يمرر اتجاه واحد فقط من الإشارة الاتجاه الموجب أو السالب حسب توصيله .

نشاط تقويمي (1-4):أجب عن الاسئلة الاتية :

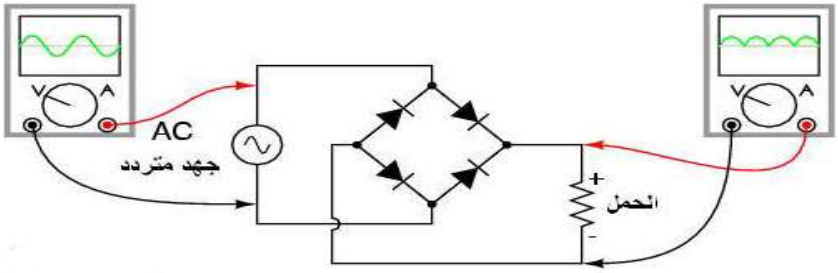
1. مما تتكون دوائر التوحيد .

.....
.....
.....
.....
.....

2. ارسم دائرة موحد نصف موجة .

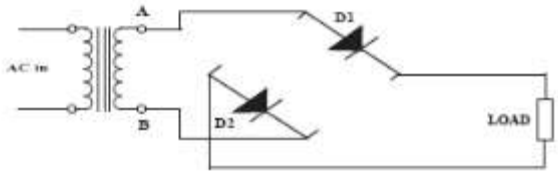
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. دائرة تقويم موجه كاملة باستخدام دائرة القنطرة Bridge Circuit المكونة من (اربعة موحدات).



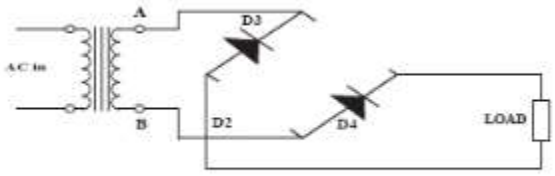
شكل (12) دائرة تقويم موجه كاملة باستخدام دائرة القنطرة

وهي الطريقة الثانية والأكثر كفاءة والتي تستفيد من كامل الإشارة المترددة الداخلة وشكل (12) يوضح طريقة القنطرة *Bridge* " أربع موحدات " للحصول على النتيجة المطلوبة. لاحظ أنه عند مرور الإشارة المتغيرة , فإنه في النصف الموجب سوف تكون الدايودات D1 و D2 متصلين توصيلا أماميا (أي كأنهم مفاتيح مغلقة) , وباقي الدايودات ستكون متصلة بشكل عكسي (أي كأنهم مفاتيح مفتوحة) (انظر شكل 13)



شكل (13) D1 و D2 متصلين توصيلا أماميا

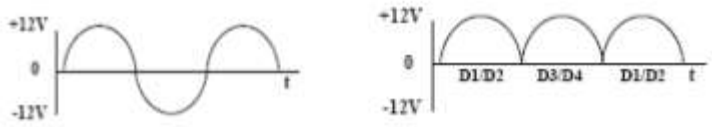
بهذا الشكل سوف يسري التيار للحمل ويكون الموجب في الطرف الأعلى , والسالب في الطرف الأسفل. وفي حالة مرور النصف السالب من الموجة , فإن الدايودات D3 و D4 , سوف تكون هي المتصلة أماميا وباقي الدايودات ستكون متصلة عكسيا . (انظر شكل 14)



شكل (14) D3 و D4 متصلين توصيلا أماميا

وبهذه الطريقة سوف يسري التيار للحمل ويكون الموجب على الطرف العلوي للحمل أيضا، والسالب على الطرف السفلي .

فيكون شكل إشارة الخرج كما شكل (15)



شكل (15): علي اليمين: إشارة الدخل و علي اليسار: إشارة الخرج

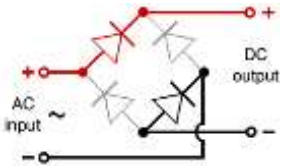
3. دائرة تقويم موجة كاملة باستخدام دائرة القنطرة BridgE Circuit الجاهزة.

الثنائيات الجسرية (القنطرة الجاهزة) Bridge Circuit كما في شكل (16) ويطلق عليه تجاريا بريدج

1 امبير

4 امبير

6 امبير



رسمة القنطرة

شكل (16) أمثلة لبعض دوائر القنطرة الجاهزة

يتكون البريدج (القنطرة) داخليا من أربعة ثنائيات عادية موصلة مع بعضها بشكل كوبري . يحتوي البريدج على أربعة نقاط يكون مشاراً عليها بالرموز التالية (~ , ~ , − , +)

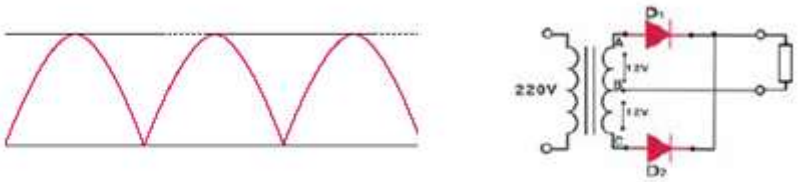
إشارتي (~, ~) الموجودة على القطبين هي مدخل البريدج (تيار متردد) .

إشارتي (− , +) هي مخارج البريدج موجب وسالب .

4. دائرة تقويم (توحيد) موجه كاملة باستخدام (موحدين) و محول ذو طرف وسط (Center tapped transformer).

تحتاج هذه الدائرة الي محول ذو ملفين وله طرف مشترك بين الملفين (وسط) كما في شكل 16.

عند مرور النصف الموجب من الموجة , فإن الدايود الموجود في الأعلى سيكون موصلا توصيلا أماميا , والدايود السفلي سيكون موصلا توصيلا عكسيا , وعند مرور النصف السالب من الموجب , يحدث العكس وبالتالي فإن الإشارة الناتجة في الخرج تكون كما هي موضحة بشكل (17).



شكل (17) دائرة توحيد موجه كاملة باستخدام موحدين ومحول ذو طرف وسط

فحص القنطرة

يتم فحص الموحد في القنطرة كما لو أننا نفحص الثنائي الموحد العادي بأخذ كل نقطتين بالنظر إلى الشكل السابق، أي أننا سنفحص الثنائيات الأربعة (باستخدام الأفوميتر)

نشاط تقويمي (1- 5): أجب عن الاسئلة الاتية :

1. وضح بالرسم شكل الموجة الكاملة بعد التوحيد وقبل التوحيد .

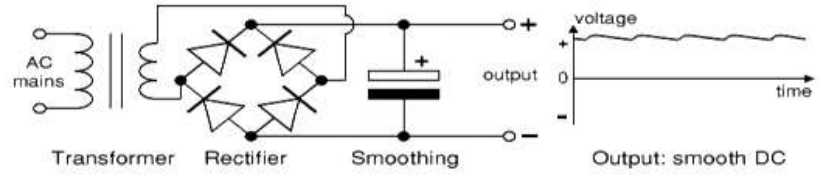
.....
.....
.....
.....
.....

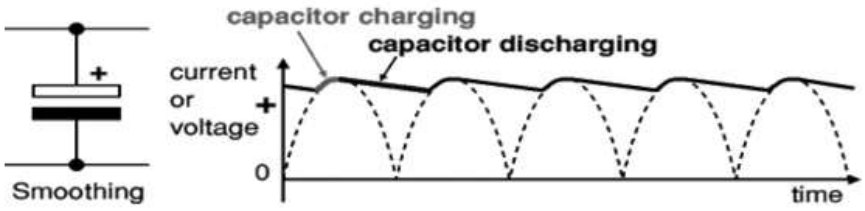
2. ارسم دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام 4 موحدات .

.....
.....
.....
.....
.....

دوائر التنعيم :

إذا تم توصيل أي مكثف على التوازي يعمل على تنعيم الجهد , ولكن إذا كان المكثف صغير السعة جدا , فإن عملية التنعيم التي سيقوم بها ستكون غير ملحوظة نهائيا , ولذلك نستخدم مكثفات ذات سعة كهربية عالية في عملية التنعيم , حتى يكون زمن التفريغ كبير , لذا نستخدم المكثفات الكيميائية في عمليات تنعيم الجهد , نظرا لسعتها الكبيرة . (انظر شكل 18) . لاحظ كيف قام المكثف بعمل تنعيم للتيار، ولكن لاحظ أيضا أنه ما زال هناك تذبذب قليل في الإشارة , فتلك الإشارة لا يمكن أن تدخل على الجهاز الإلكتروني مباشرة بهذا الشكل , لذا نقوم بعملية التثبيت في النهاية





شكل (18) دائرة تنعيم الجهد: الأعلى: الدائرة مكتملة، الأسفل: توضيح تذبذبات الجهد

نشاط تقويمي (1- 6): أ جب عن الاسئلة الاتية:

1. **ما اسم المكون الذي يقوم بعملية تنعيم الجهد وتحسين شكل الموجة وجعلها أقرب ما يكون للجهد المستمر؟**

.....

.....

2. **ماذا يحدث لو كانت سعة مكثف التنعيم صغيرة؟**

.....

.....

3. **اقترح. اي المكثفات نستخدم لتكون عملية التنعيم سليمة؟**

.....

.....

.....

تثبيت الجهد

لابد من التعرف على عنصر إلكتروني هام أولا قبل التحدث عن مرحلة تثبيت الجهد، وهو :

(موحد الزينر) Zener Diod

موحد الزينر هو دايود عادي مثل السابق، ولكن عملية إضافة الشوائب تكون مكثفة..

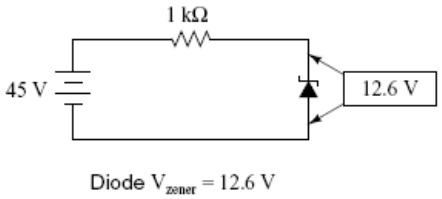
فكرة عمل ثنائي الزينر:

صنع خصيصا للعمل في إتجاه التوصيل العكسي، ولكن إذا تم توصيله أماميا فإنه يوصل التيار، وإذا تم توصيله عكسيا فإنه يمنع مرور التيار، ولكن إذا كان مصدر الجهد في حالة تزايد في القيمة (وزينر متصل عكسيا) , فإن فرق الجهد المطبق على ثنائي زينر يبدأ يزيد مع زيادة الجهد للمصدر , حتى يصل إلى قيمة معينة للجهد ,فيثبت فرق الجهد بين طرفيه عند هذه القيمة حتى لو زادت قيمة مصدر الجهد عن ذلك .

إذن ثنائي زينر يوصل عكسيا , ويعرف بجهد تشغيله ويرمز له بالرمز التالي(انظر شكل 19)

شكل (19)

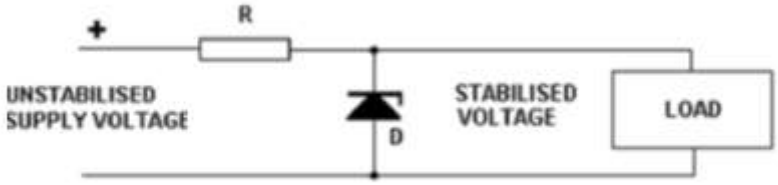
والدائرة التالية في شكل 20 توضح عمل ثنائي زينر:



شكل (20)

فنلاحظ أن فرق الجهد المطبق على ثنائي زينر ثابت عند القيمة 12.6 فولت , إذا يمكن اعتبار أن فرق الجهد المطبق على ثنائي زينر هو مصدر جهد ثابت آخر(انظر شكل 20) .

الآن في مرحلة التثبيت , يتم استخدام ثنائي زينر كما قلنا , فيعمل على تثبيت قيمة التيار في الخرج كالآتي (انظر شكل 21):



شكل (21)

نشاط تقويمي (1 – 7):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **ارسم شكل موحد الزينر التجاري ورمزه في الدوائر الالكترونية .**

.....
.....
.....
.....

2. **ارسم دائرة كهربية مكونة من (زينر – مقاومة – بطارية) توضح فيها توصيل موحد الزينر .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

تدريب عملي (1–2) دايود الزينر .

مكونات الدائرة :

- **بطارية 9 فولت – مفتاح – مقاومة 1 كيلو اوم – زينر 2,7 فولت – افوميتر**

خطوات التنفيذ

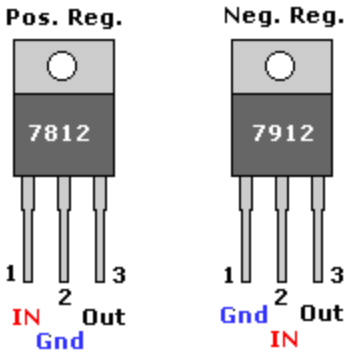
1. **وصِل الدائرة كما في شكل 22 بالمكونات المذكورة أعلاه أو الأقرب لها طبقاً للمتاح في المعمل.**
2. **قِس الجهد علي طرفي الزينر ومقاومة الحمل.**

V_{z1} = ... V

منظمات الجهد وتطبيقاتها:

تستخدم منظمات الجهد في الدوائر الإلكترونية عندما نحتاج جهود خرج ثابتة ودقيقة. إن أشهر أنواع هذه المنظمات هي العائلة (78XX , 79XX) ، حيث تستخدم العائلة كما في الشكل 23.(78XX) من أجل تنظيم الجهود الموجبة ، وتستخدم العائلة (79XX) من أجل تنظيم الجهود السالبة . يقوم المنظم بنفس عمل دايود الزينر، فهو يأخذ التيار الغير منتظم، فيعطي قيمة منتظمة للتيار في الخرج , ويتميز عن الزينر في أنه أكثر كفاءة , وهو عبارة عن دائرة متكاملة تتكون من عدة ترانزستورات موضوعة جميعها في عنصر واحد (انظر شكل 23).

يتكون هذا المنظم من 3 أطراف: 1. طرف الدخل 2. الطرف المشترك 3. طرف الخرج



شكل (23)

نشاط تقويمي (1- 8):أجب عن الاسئلة الاتية :

1. عائلة 78xxتستخدم لتنظيم الجهود .....
2. عائلة 79xx تستخدم لتنظيم الجهود .....

مصدر القدرة الكهربية – Power Supply

عزيزي الطالب: هل كان لديك يوما ما جهازا كهربائيا صغيرا (راديو) مثلا يعمل بالبطارية وأردت تحويله ليعمل بالكهرباء المنزلية بدلا من شراء بطاريات بين الحين والاخر.

اليك الحل : نعلم ان التيار الواصل للمنازل يكون متردد وذو جهد عالي 220 فولت. التعامل معه به خطورة. ما سوف تصنعه هو جهاز تغذية (POWER SUPPLY) يكون دخله 220 فولت وعن طريق محول يتم تخفيضه الي تيار متردد وخرجه 12 فولت تيار مستمر (مثلاً) ثابت القيمة يمكن التعامل معه دون اي خطورة

وظيفة هذه الدائرة بالترتيب , الآتي :

1) تقوم أولا بخفض قيمة الجهد إلى الحد المطلوب لعمل الجهاز (5 فولت تيار متردد) .

2) تقوم بعد ذلك بتوحيد التيار المتردد (توحيد موجة كاملة) .

3) تقوم بتنعيم التيار بعد توحيده.

4) تقوم في النهاية بتثبيت التيار عند القيمة الـ DC المطلوبة.

تدريب عملي (1– 3) : عمل دائرة التغذية (POWER SUPPLY)

اولا: مرحلة التجهيز:

يتم تجهيز العدد والادوات والخامات المطلوبة المتوفرة في المعمل كما في شكل (24) :

مكثفات نانو — اربعة موحدات

مكثف

محول كهربي

منظم الجهد 7805

شكل (24)

ثانيا : مرحلة التحويل (220 –12) فولت :

توصيل المحول

وصل طرفي الملف الابتدائي للمحول بسلك معزول وفيشة وقم بعزل الاطراف جيدا ليتم توصيل الفيشة (مأخذ التيار) بمنبع جهد تيار متغير 220 فولت .بعد مراجعة معلمك علي الدائرة فيما بعد

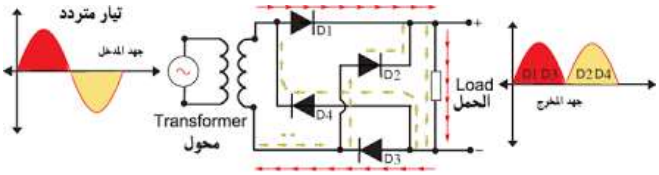
سؤال : كيف اعرف اطراف الملف الابتدائي .

جواب : يتم معرفة اطراف الملف الابتدائي بطريقتين :

1. **عن طريق بيانات المحول مكتوبة من الخارج (220 – 0)**
2. **عن طريق جهاز الأفوميتر بقياس مقاومة الملفين (الابتدائي و الثانوي) والملف ذو المقاومة الاعلي يعبر عن عدد لفات كثيرة يكون هو صاحب الجهد الأعلي (الابتدائي)**

ثالثا : مرحلة التوحيد :

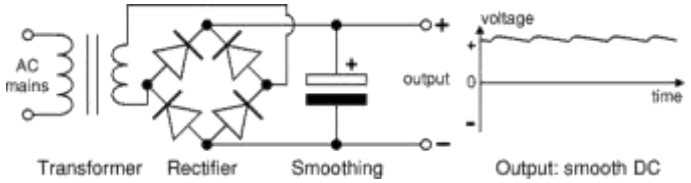
شكل الاربعة موحدات كما بالشكل ليكونوا موجة كاملة ووصل نقطتين منهم الي الملف الثانوي للمحول حسب الشكل المرسوم امامك شكل (25)، قم بتوصيل خرج دائرة التوحيد بجهاز الاوسيليسكوب بمساعدة معلمك ستجد الشكل الموجي المرسوم امامك .



شكل (25)

رابعا : مرحلة التنعيم :

وصل خرج دائرة التوحيد طرفي الموجب والسالب بالمكثف 1000 ميكروفاراد 25 فولت مع مراعاة القطبية (الطرف السالب للمكثف عليه اشارة --------) كما في شكل (26 – أ)



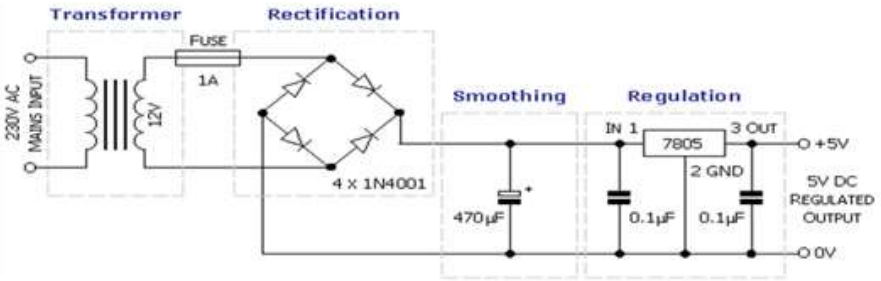
خرج تيار مستمر ناعم مرحلة التنعيم مرحلة التحويل والتوحيد

شكل (26 – ب) شكل (26 – أ)

عند توصيل خرج دائرة التوحيد بعد اضافة المكثف بجهاز الأوسليسكوب ستجد الشكل الموجي المرسوم امامك اقرب الي الخط المستقيم كما في شكل (26 – ب).

خامسا: مرحلة التثبيت :

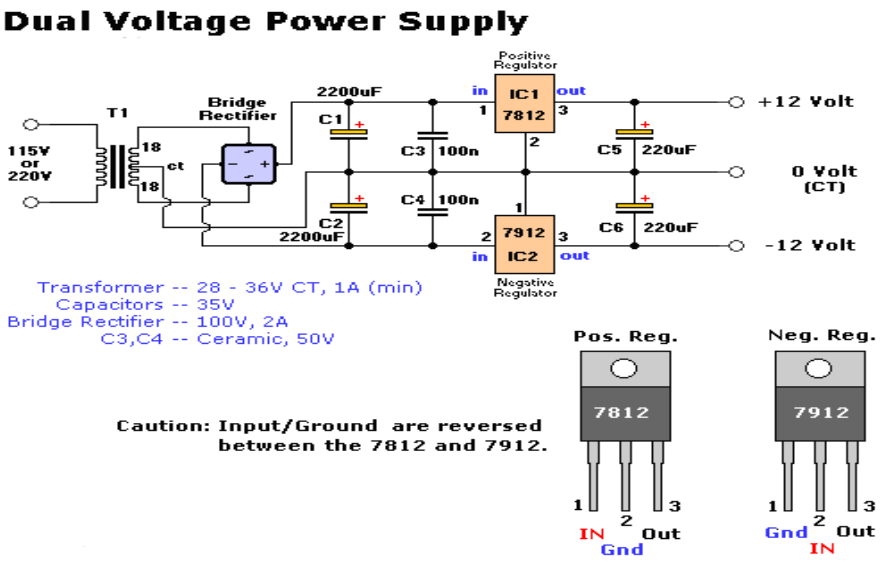
يتم توصيل منظم الجهد (7805)كما في (شكل 27) لنحصل علي جهد ثابت (5 فولت) تيار مستمر خالي من التشوهات. قس الخرج بجهاز الفولتميتر اذا وجدته 5 فولت تكون قد نجحت واذا كان غير ذلك ابحث عن العطل مع مدرسك .



شكل (27)

تدريب عملي (1–4) بمساعدة معلمك صمم الدائرة الاتية :

الدائرة كما بشكل (28) عبارة عن دائرة تغذية للجهود الموجبة (12 v+) والجهود السالبة (12 v –)



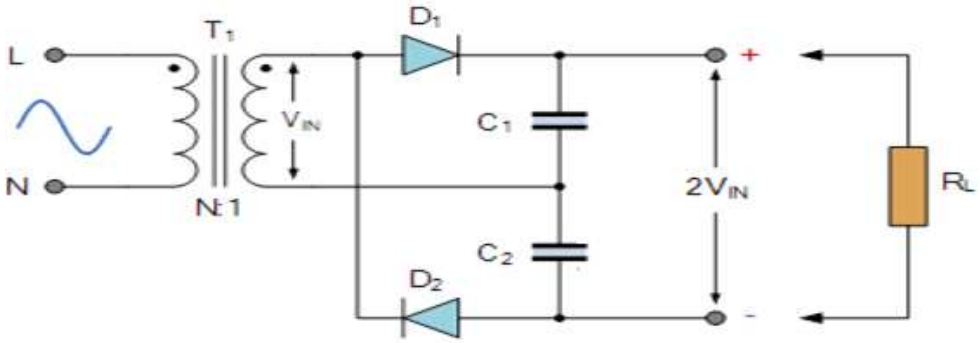
شكل (28)

جدول الخامات

م	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	ملاحظات
1	محول 220 فولت 18-0-18	عدد	1	
2	قنطرة توحيد	عدد	1	
3	مكثفات 2200 ميكروفاراد 25 فولت	عدد	2	
4	مكثفات 220 ميكروفاراد 25 فولت	عدد	2	
5	مكثفات 100 نانوفاراد	عدد	2	
6	منظم جهد 7812	عدد	1	
7	منظم جهد 7912	عدد	1	
8	لوحة خام مقاس 6×6سم	عدد	1	
9	قصدير لحام	متر	1	

1. وصل الدائرة كما بشكل 28.
2. قس الخرج بالفولتميتر علي طرف للمنظم 7812 تجده + 12 فولت .
3. قس الخرج بالفولتميتر علي طرف المنظم 7912 تجده -12 فولت
4. اذا كان الخرج كذلك فأنت طالب نشيط ومجتهد اذا كان غير ذلك راجع الدائرة مع معلمك.

و تعتمد على المكثفات كوسيلة لتخزين الشحنات الكهربائية وعلى ثنائيات الوصلة الدايود من اجل التلاعب بمسارات الشحن والتفريغ حيث ان الحيلة الأساسية تكمن في شحن المكثفات على التوازي وتفريغها على التوالي ما يؤدي الى رفع الجهد الكهربائي كما في شكل (29) حيث يتم شحن المكثف C1 من خلال الموحد الاول D1 خلال النصف الموجب للموجة لأقصى قيمة لجهد الموجة و هي V_{IN} و يظل مشحوناً بهذا الجهد نظراً لعدم وجود مسار لتفريغ الشحنة و خلال النصف السالب من الموجة يتم شحن المكثف C2 من خلال الموحد D2 الى اقصى جهد لموجة الدخل V_{IN}. يمكننا الان ان نرى ان جهد الخرج هو مجموع جهدي المكثفان C1و C2 و يساوى $2V_{IN}$

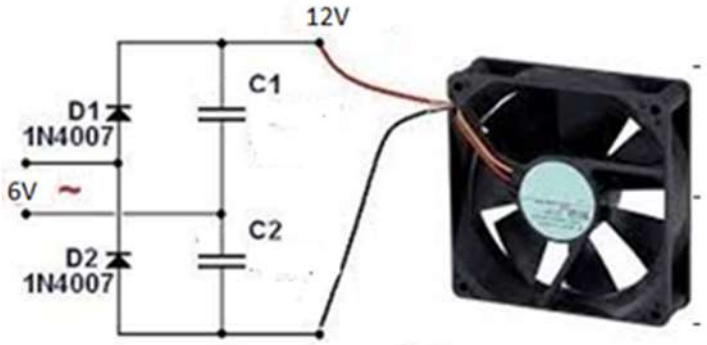


شكل (29)

تدريب عملي (1– 5): دائرة مضاعف الجهد

نفذ عزيزي الطالب الدائرة المرسومة امامك في شكل (30) مع معلمك .بالأدوات الاتية

(مروحة صغيرة 12 فولت – موحدين – مكثفين 2200 ميكروفاراد 10 فولت – منبع تغذية 6 فولت تيار متردد – اسلاك توصيل) .



شكل (30)

ماذا حدث بعد التوصيل:

هل دارت المروحة ام لا

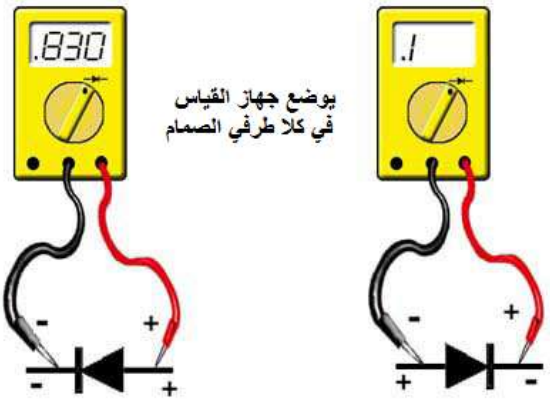
اذا دارت المروحة فانت طالب مجتهد اذا

لم تدور راجع التوصيل مع معلمك

تدريب عملي (1 – 6) : اختبار وتحديد عطل الموحد

اولا : اذا كان الدايود منفردا (أي غير متصل بالدائرة)

1. احضر أفوميتر وضع مفتاحه علي وضع الموحد كما (بشكل 31– 32)



(شكل 31)　　(شكل 32)

2. وصل الاطراف كما في (شكل 32) تجد ان الأفوميتر قراءته ما لا نهاية لأنه موصل عكسيا
3. اعكس وضع الدايود كما في شكل (شكل 32) قراءته حوالي 700 مللي فولت وهذا يمثل الجهد اللي عليه في التوصيل الامامي .

نتيجة الفحص: اذا كانت النتائج كما ذكرناها يكون الدايود سليم وخلاف ذلك يكون تالف

ثانيا : اذا كان الدايود (متصل بالدائرة والدائرة متصلة بالتيار)

يوجد فرق جهد صغير على طرفي الدايود 0.6 فولت للدايود المصنوع من مادة السليكون Si.. وتقريبا 0,3 للمصنوع من مادة الجرمانيوم. يمكن استخدام هذا الجهد الصغير لاختبار وفحص دائرة الكترونية موصله بالمصدر وتحتوي على موحدات. فإذا كان الدايود المفحوص سليم فانه سيعطي جهد صغير بين أطرافه في حالة التوصيل بالانحياز الأمامي اما إذا أعطى قيمه جهد أعلى من 1 فولت او 0 فولت فهذا يعنى أن هذا الدايود تالف.

أهم تطبيقات الدايود في الدوائر الإلكترونية

1. دوائر الحماية.
2. تقليل الجهد الكهربائي المستمر.
3. تقليل الجهد الكهربائي المتردد.
4. دوائر تقويم التيار المتردد

5. دوائر المرشحات

اعطال الموحدات :

يعتبر الموحد من المكونات الهامة فى الدوائر الالكترونية والتي يكون عمرها الافتراضي طويل. تنقسم اعطال الموحد الي عطلين (يكون تالف اذا كان)

1. مفتوح (open) مقاومة كبيرة لا نهائية
2. قصر (short) مقاومة صغيرة تقارب الصفر

و يمكن ان تصاب بعطب في الحالات التالية:

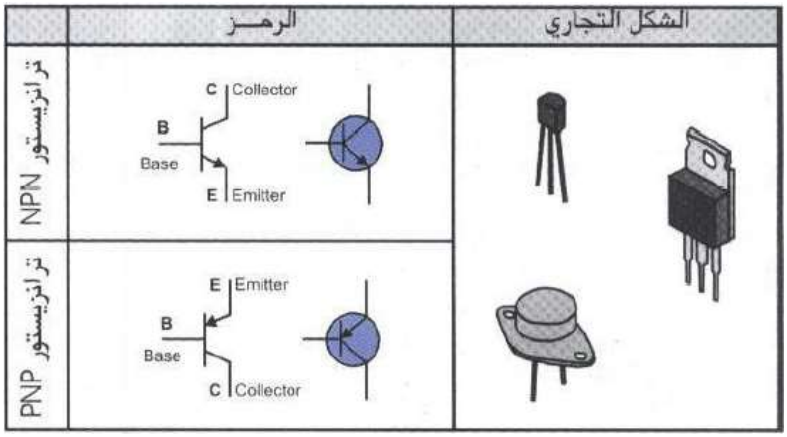
1. مرور تيار زائد بالموحد عن اقصى تيار يستطيع الموحد تحمله طبقا لدليل التشغيل.
2. تعرضه لجهد زائد عن اقصى جهد يستطيع الموحد تحمله طبقا لدليل التشغيل.
3. ازدياد الحرارة على الموحد والتي بالتبعية تودى لمرور تيار اكبر بالموحد قد يودى الى تلفه.

ولكن ماذا نفعل في حالة اكتشاف عطل بالموحد:

- لا تقم ابداً بإزالة / اضافة موحد للدائرة وهي موصلة بالجهد الكهربي.
- نقوم بإزالة لحام طرفي الموحد بحذر دون تعريض جسم الموحد للحرارة.
- نستبدل الموحد بأخر من نفس النوع والمواصفات.

مخرج تعلم (2) ينفذ دوائر الترانزستور ثنائي القطبية (BJT)

ترانزستور ثنائي القطبيةBJT

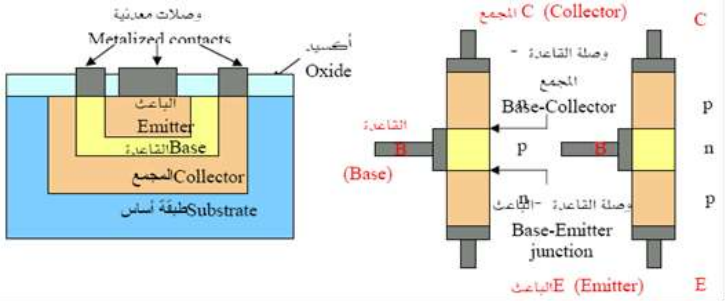


شكل (33)

وصف الترانزستور BJT:

الترانزستور من المكونات الهامة في عالم الإلكترونيات. حيث يمكن استخدامه كمكبر Amplifier للإشارة وأيضا يمكن استخدامه كمفتاح Switch وهو عنصُر لهُ ثلاثة أطراف تخرُج منهُ . و هي القاعدة B و المجمّع C و الباعث E كما هو موضح في شكل 33 بينما يوضح شكل (34) رسم لترانزستور من النوع BC547 و البنية الداخلية الأساسية موضحة في شكل (35)

شكل (34)



شكل (35)

أنواع الترانزستور BJT:

هناك نوعين من الترانزستور يختلف كل واحد في تركيبه وهما كالتالي:

1- الترانزستور PNP :

يحتوى الترانزستور PNP على ثلاثة طبقات، اثنتان موجبتان P وبينهما طبقة سالبة N ليتكون بذلك الترانزستور PNP .

شكل الترانزستور PNP

2- الترانزستور NPN :

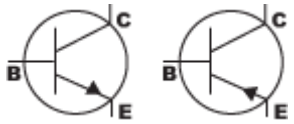
يحتوى الترانزستور NPN على ثلاثة طبقات اثنتان سالبتان N وبينهما واحدة موجبة P ليتكون بذلك الترانزستور NPN .

شكل الترانزستور NPN

رموز الترانزستور BJT:

هناك رمزين للترانزستور والسهم يدل على نوعه كما بالشكل:

يدل السهم على نوع الترانزستور فالسهم الخارج يدل على ترانزستور NPN، والداخل يدل على ترانزستور PNP



NPN PNP

نشاط تقويمي (2 – 1):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **اشرح مما يتكون الترانزستور .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. **وضح بالرسم انواع الترانزستور .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. **وضح كيف يستدل علي نوع الترانزستور من اتجاه السهم .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

أطراف الترانزستور BJT

يحتوى كل ترانزستور BJT على ثلاث أطراف وهي كما يلي :

المشع (الباعث) Emitter : وهو الجزء المختص بإمداد حاملات الشحنة وهي الفجوات في حالة

1- الترانزستور PNP والالكترونات في الترانزستور NPN ويوصل المشع أماميا (forward) بالنسبة للقاعدة وبذلك فهو يعطي كمية كبيرة من حاملات الشحنة عند توصيلة .

2- المجمع Collector : ويختص هذا الجزء من الترانزستور بتجميع حاملات الشحنة القادمة من

المشع، ويوصل عكسيا (reverse) مع القاعدة .

3- القاعدة Base : وهي عبارة عن الجزء الأوسط بين المشع والمجمع ويوصل أماميا (forward) مع المشع، وعكسيا (reverse) مع المجمع .

نشاط تقويمي (2- 2):أ جب عن الاسئلة الاتية :

كم عدد اطراف الترانزستور BJT وما هي ؟

.....

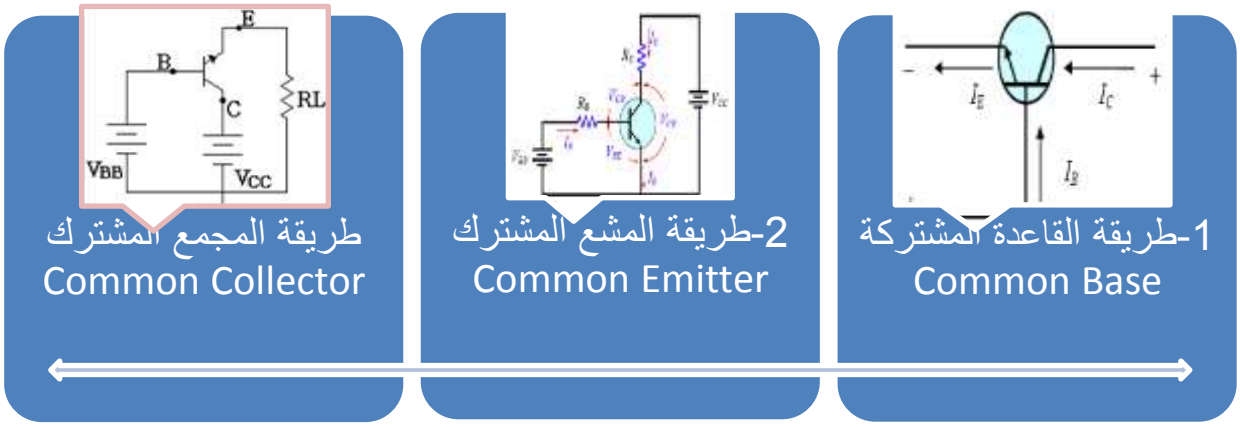
.....

طرق توصيل الترانزستور

يوصل أحد أطراف الترانزستور بإشارة الدخل والطرف الثاني يوصل بإشارة الخرج ويشترك الطرف الثالث بين الدخل والخرج، ولهذا يوصل الترانزستور في الدوائر الالكترونية بثلاث طرق مختلفة .

1. طريقة القاعدة المشتركة Common Base
2. طريقة المشع المشترك Common Emitter
3. طريقة المجمع المشترك Common Collector

والثلاث طرق موضحة في شكل (36).



شكل (36)

نشاط تقويمي (2- 3):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **طرفان للدخل وطرفان للخرج يكون المجموع اربعة اطراف كيف ذلك واطراف الترانزستور ثلاثة فقط .**

.....
.....
.....
.....

2. **اذكر كم طريقة لتوصيل الترانزستور ؟**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

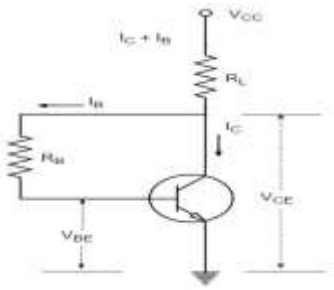
3. **بين بالرسم فقط طريقة المشع المشترك .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

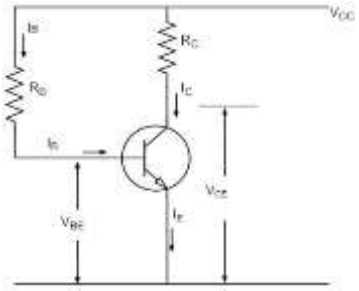
انحياز الترانزستور

تهدف عملية انحياز الترانزستور كما بشكل (37) الى ضبط مستوى الجهد / التيار بالترانزستور حتى يستطيع التكبير بشكل صحيح و من اشهر دوائر الانحياز:

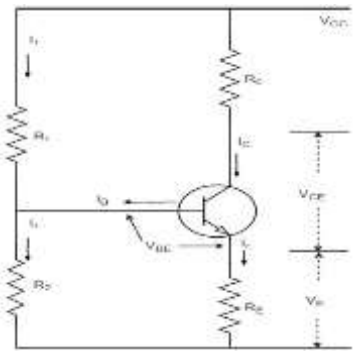
1. **Base Resistor Method- طريقة مقاومة القاعدة.**
2. **Collector to Base- انحياز المجمع-القاعدة**
3. **Collector feedback resistor- مقاومة تغذية راجعة للمجمع**
4. **Voltage-divider- تقسيم الجهد**



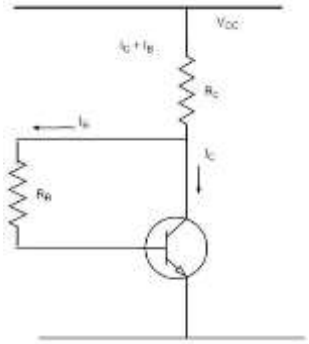
انحياز المجمع-القاعدة



انحياز مقاومة القاعدة



انحياز تقسيم الجهد



مقاومة تغذية راجعة للمجمع

شكل (37)

تدريب عملي (2-1): دوائر انحياز الترانزستور

الهدف من التدريب:

بناء وقياس دوائر انحياز الترانزستور.

احضر المكونات الاتية:

1- ترانزستور صغير NPN وليكن BC547

2- بطارية 6 فولت 3- اربع مقاومات مادية 1 كيلو اوم

وصل الاربع دوائر الاساسية لانحياز كما فى الشكل السابق.

قم بقياس تيار المجمع فى كل حالة.

وظائف الترانزستور:

الترانزستور له وظيفتين هما.

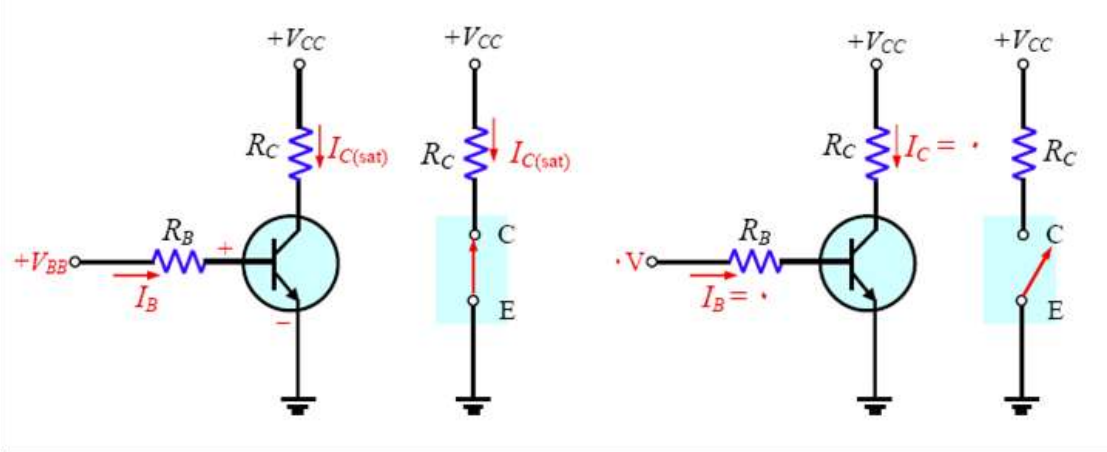
1- يعمل كمفتاح (قاطع) الكتروني 2- يعمل كمكبر اشارة

اولا: الترانزستور كقاطع إلكتروني:

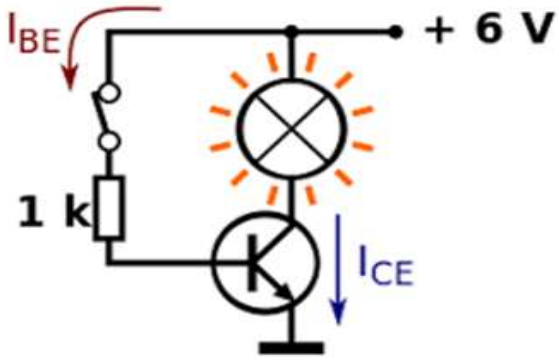
يتم توصيل الترانزستور في الدوائر الإلكترونية ليستخدم كمفتاح لقيادة الأحمال التي هي في خرجه وذلك كوسيط بين مرحلة التحكم بالحمل والحمل. في هذه الحالة يعمل الترانزستور بين القطع والإشباع

فقط، وتتعلق قدرة الترانزستور بقيمة التيار الذي يستهلكه الحمل المستمر.

شكل (38- أ) يبين الترانزستور كمفتاح مفتوح وفيه يكون تيار القاعدة صفرا .اي لا يوجد فرق جهد مطبق بين المشع والقاعدة . شكل (38- ب) يبين الترانزستور كمفتاح مغلق وفيه يمر تيار بالقاعدة نتيجة فرق جهد بين المشع والقاعدة .



شكل (38- أ)　　شكل (38 – ب)



شكل (39)

وصل الدائرة كما هو مبين بالشكل (39).

س 1: ماذا يحدث عزيزي الطالب عند غلق المفتاح ولماذا؟

جـ 1: المصباح سوف يضئ , لمرور تيار بقاعدة الترانزستور من المفتاح عبر المقاومة 1KΩ

س2: ماذا يحدث عند فتح المفتاح ولماذا ؟

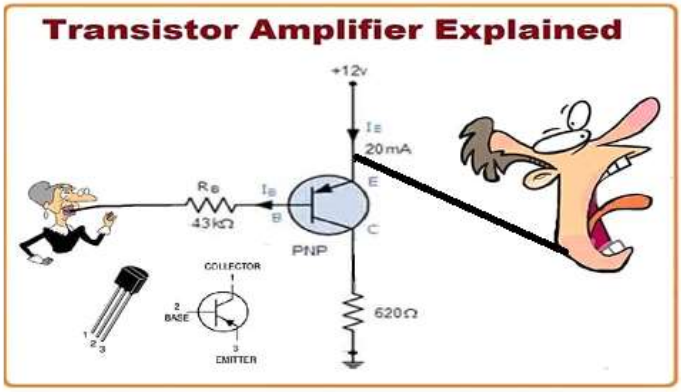
جـ 2 : المصباح سوف يطفئ , لان دائرة القاعدة فتحت ولا يمر يها اي تيار .

الاستنتاج :

نستنتج من هذا التدريب انه يتم اشعال الترانزستور عن طريق تطبيق فرق جهد اعلي من 0.7 بين

القاعدة والمشع ليمر تيار بالقاعدة .

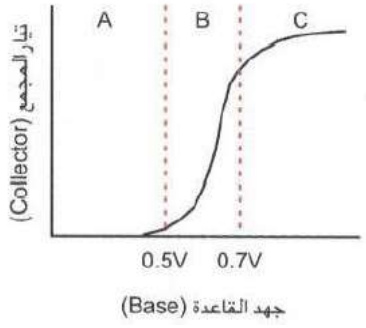
ثانيا: الترانزستور كمكبر اشارة



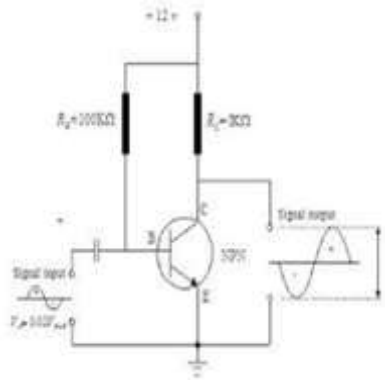
شكل (40)

شكل (40) يوضح دائرة ترانزستور كمكبر للصوت.

- **يكون الترانزستور في حالة قطع إذا كان جهد القاعدة – المشع أقل من 0.7 فولت في حالة ترانزستورات السيلكون ، 0.3 فولت في حالة ترانزستورات الجرمانيوم.**
- **في الوقت الذي يكون فيه جهد القاعدة – المشع يساوى من 0.7 فولت في ترانزستورات السيلكون يتزايد تيار المجمع بتزايد تيار القاعدة. كما في شكل (41- أ)**
- **تيار القاعدة أصغر بكثير من تيار المجمع ولكنه يتحكم فيه ، أي أن الزيادة القليلة في تيار القاعدة يناظرها زيادة كبيرة في تيار المجمع**
- **ولهذا تدخل الإشارة صغيرة إلى دائرة القاعدة – المشع وتخرج كبيرة من دائرة المجمع – المشع كما في (شكل 41- ب) .**



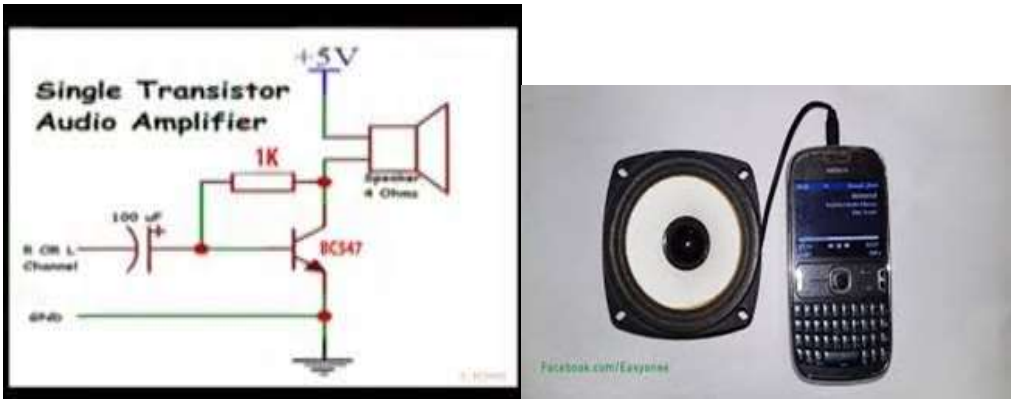
شكل (41- أ)



(شكل 41- ب)

تدريب عملي (2 – 2) اختبار تشغيل الترانزستور كمكبر

الهدف من التدريب هو اختبار دارة ترانزستور BJT كمكبر كما بشكل(42)



شكل (42)

مكونات الدائرة

1. ترانزستور NPN رقمه BC547
2. مكثف 100 ميكروفاراد 25 فولت
3. مقاومة 0.5 W 1 K Ω
4. سماعة 8Ω 1OW
5. اسلاك توصيل مع جاك موبيل
6. بطارية 5 فولت
7. مصدر اشارة صوت ضعيف من موبيل مثلا

خطوات التدريب

1. يتم توصيل الدائرة كما بالشكل
2. توصل الاشارة المراد تكبيرها من الموبيل الي قاعدة الترانزستور عبر المكثف .
3. يتم تشغيل مقطع صوتي من الموبيل

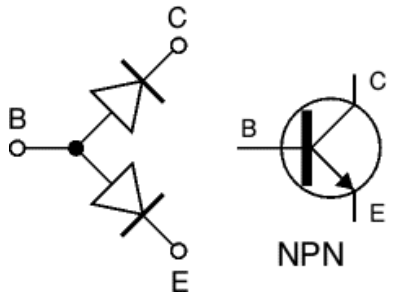
الملاحظة :

تلاحظ عزيزي الطالب ارتفاع الصوت الخارج من السماعة كثيرا عن الصوت الاصلي الخارج من الموبيل .

الاستنتاج :

1. **تم تكبير الاشارة الصوتية علي مجمع الترانزستور BC547 عندما دخلت ضعيفة علي القاعدة .**
2. **عمل الترانزستور في هذه الحالة كمكبر .**

طرق فحص الترانزستور ومعرفة نوعه:



الترانزستور نوعان :

1. **NPN : ويكون سهم الباعث متجه نحو الخارج .**
2. **PNP : ويكون سهم الباعث نحو الداخل .**

يمثل الترانزستور بديودين موصولين على التضاد .

قبل فحص الترانزستور يجب علينا معرفة أقطابه ويمكننا ذلك من خلال مقياس الأفومتر على مجال الأوم كمايلي:

- **بين القاعدة وكل من المجمع والباعث مقاومة منخفضة / في حال التوصيل الأمامي / أي يؤشر المؤشر أما إذا عكسنا الأقطاب فيشير إلى مقاومة لا نهائية أي لا يؤشر المؤشر .**
- **بين الباعث و المجمع مقاومة مرتفعة في كلا الحالتين ..**

كما يمكننا معرفة نوعه (NPN , PNP) وذلك :

- **إذا كان القطب الموجب للمقياس موجوداً على القاعدة عندما تعطي مقاومة منخفضة مع المجمع والباعث فالترانزستور نوع (NPN) ..**
- **أما إذا كان القطب السالب للمقياس موجوداً على القاعدة عندما تعطي مقاومة منخفضة مع المجمع والباعث فالترانزستور نوع (PNP)**

ملاحظات على الترانزستور :

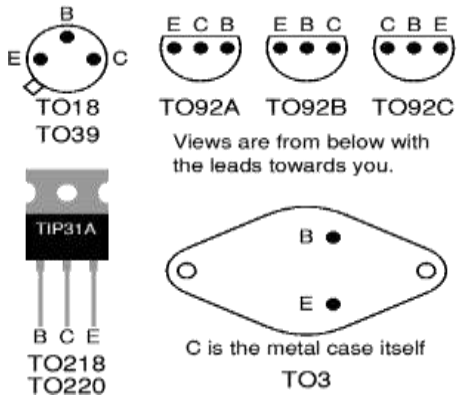
أي ترانزستور مكتوب عليه 2sc او 2sd يكون من النوع NPN

أي ترانزستور مكتوب عليه 2sa او 2sb يكون من النوع PNP

و لابد من الرجوع للداتا شيت.

- **الترانزستور الضوئي يكون له مجمع و باعث ونافذة ضوئية، فالمجمع هو الذي وصل مع الجسم إن كان معدنياً ..**
- **يوجد نوع من الترانزستورات المعدنية يحوي على طرفان هما الباعث و القاعدة أما المجمع فيكون هو جسم الترانزستور المعدني كالترانزستور (2N3055) ..**

شكل (43) يوضح بعض أنواع الترنزستور BJT



شكل (43)

كما يوضح هذا الشكل ترتيب الاطراف الخاصة بالترانزستور وذلك بعد تحديد طرف ال B، حيث توجد ثلاثة حالات فقط

الاولي اذا كان ال B اول طرف من اليسار يكون ال C الثانى وال E الثالث

الثانية اذا كان ال B في المنتصف يكون الC علي اليمين وال E علي اليسار

الثالثة اذا كان ال B علي اليسار يكون ال C المنتصف وال E علي اليسار، كما موضح بالشكل (43).

اكتشاف الاعطال في الترانزستور:

- **قياس المقاومة بين المجمع والمشع امامياً وعكسياً فاذا كانت المقاومة بينهما صفر او مقاومة صغيرة فيوجد دائرة قصر بين المجمع والمشع.**
- **قياس المقاومة الامامية بين القاعدة والمشع يجب ان تكون المقاومة ما بين 500 اوم و 1000 اواما اذا كانت المقاومة صفر يوجد دائرة قصر بين القاعدة و المشع**
- **قياس المقاومة الامامية بين القاعدة والمجمع يجب ان تكون المقاومة ما بين 500 اوم و1000 اواما إذا كانت المقاومة صفر يوجد دائرة قصر بين القاعدة والمجمع**
- **قياس المقاومة العكسية بين القاعدة والمشع يجب ان تكون المقاومة ما لا نهاية والا فيوجد دائرة قصر بين القاعدة والمشع.**
- **قياس المقاومة الامامية بين القاعدة والمجمع يجب ان تكون المقاومة ما لا نهاية والا فيوجد دائرة قصر بين القاعدة و المجمع.**

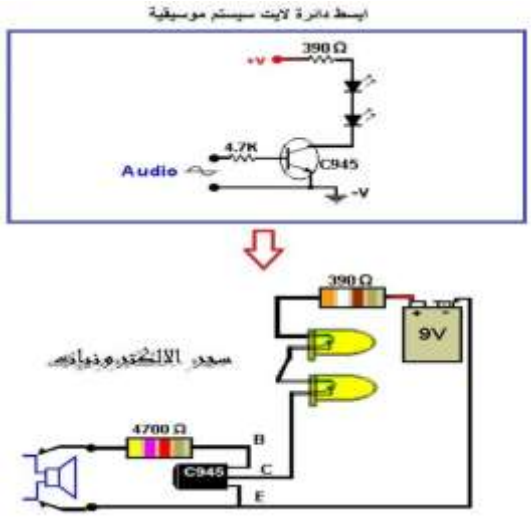
اختبار اداء الترانزستور بالدوائر:

- **قياس فرق الجهد بين القاعدة و المشع و يكون فى حدود 0.7 فولت اما اذا زاد فرق الجهد فقد**

يعنى ذلك وجود دائرة مفتوحة بين القاعدة و المشع.

- **تساوى الجهد بين طرفين او اكثر من اطراف الترانزستور قد يعني وجود دائرة قصر بين تلك الاطراف.**
- **اذا كان جهد المجمع اقل من المتوقع ففى الغالب التراتوستور يوصل بكثافة (مفتاح مغلق)**
- **اذا كان جهد المجمع اكثر من المتوقع ففى الغالب التراتوستور لا يوصل (مفتاح مفتوح)**

تدريب عملي (2 – 3) عمل دائرة لايت سيستم الموسيقية



شكل (44)

العناصر المطلوبة

م	اسم الصنف	الوحدة	الكمية
1	ترانزستور NPN 945	عدد	1
2	ليدات الوان	عدد	2
3	مقاومة 4700Ω	عدد	1
4	مقاومة 390Ω	عدد	1
5	بطارية 9 فولت	عدد	1
6	سماعة 8 Ω 10 W	متر	1
7	جاك توصيل بسلك	عدد	1
8	اشارة صوت قادمة من موبيل		

اختبار الترانزستور: ابدأ اولا باختبار الترانزستور لاكتشاف ما اذا كان به أى اعطال اولا

توصيل الدائرة:

توصل الدائرة كما بشكل (44) التوصيل الصحيح لأطراف الليد والترانزستور

عمل الدائرة: اشارة الصوت تدخل متقطعة الي قاعدة الترانزستور c945وتخرج مكبرة علي مجمعه الي الليدات التي تهتز اضاءتها بنفس الدرجة .

الملاحظة : اضاءة الليدات تبعا لشدة الصوت .

تدريب عملي (2 – 4) دائرة استخدام الترانزستور كمفتاح

شكل (45) مخطط الدائرة من برنامج Circuit wizard للتدريب العملي 2-4

مكونات الدائرة :

م	اسم الصنف	الوحدة	الكمية
1	ترانزستور 2N2222A	عدد	1
2	موحد ضوئي	عدد	1
3	مقاومة 470Ω	عدد	1
4	مقاومة متغيرة	عدد	1
5	مقاومة ضوئية 100kΩ	عدد	1
6	بطارية 9 فولت	عدد	1
7	اسلاك توصيل	متر	

توصيل الدائرة: توصل الدائرة كما بالشكل 45 .

فكرة الدائرة :عند وجود الضوء يقوم الترانزستور بتشغيل الموحد الضوئي

طريقة عمل الدائرة :

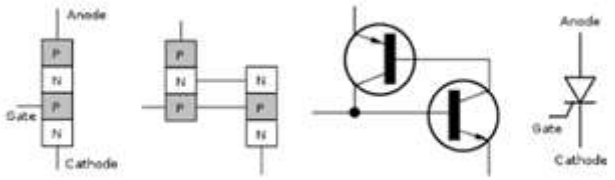
عندما يسقط الضوء علي المقاومة الضوئية تقل قيمتها مما يسمح للتيار بالمرور وعليه يرتفع جهد ال B الخاص بالترانزستور مما يجعل الترانزستور في حالة الانحياز الامامي حيث يسمح بمرور التيار من ال C الي ال E بحيث يضيئ الموحد الضوئي كما في شكل 45

لاحظ عزيزي الطالب الفولت الموجود علي قاعدة الترانزستور ان لم يكون 0.7 او اكثر لن يضيئ المصباح ويمكن التحكم في هذا الجهد عن طريق المقاومة المتغيرة الموجودة بالدائرة كما في شكل 45

مخرج تعلم (3) ينفذ دوائر وتطبيقات الثايرستور والترياك

مقوم التحكم السيليكوني SCR

The Silicon-Controlled Rectifier



شكل (46)

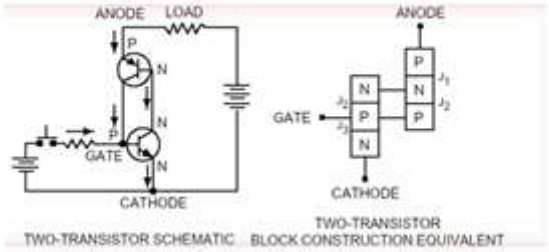
تعريف الثايرستور (Thyristors) :

يعرف الثايرستور باسم S.C.R وهو اختصار لكلمة (Silicon Controlled Rectifier) اي الموحد السليكوني المحكوم , و كلمة الثايرستور لها أصل يوناني والتي تعنى الباب، والثايرستور هو عنصر إلكتروني مصنوع من مواد شبه موصلة وتتألف من أربع طبقات و هي على التسلسل , P1 N1 , P2 , N2 و له ثلاثة أقطاب (مصعد A ومهبط K وبوابة G) كما هو مبين بشكل (46) .

نظرية عمل الثايرستور:

يوضح عمل الثايرستور عن طريق تمثيله بترانزستورين احدهما NPN والاخر PNP موصلين عكسيا علي التوازي ,

نلاحظ أن هذه التوصيلة للترانزستورين تعتمد مبدأ يسمى بالتغذية العكسية الموجبة Positive Feedback (شكل 47)



شكل (47)

التغذية العكسية الموجبة

يمكن تلخيصها إلكترونياً بأنها توصيلة معينة بين خرج و دخل دائرة إلكترونية تقوم بزيادة ربح الدائرة (سواء جهد أو تيار) بشكل كبير .بتطبيق هذا على الدائرة بالشكل ، فإنه عند مرور تيار في قاعدة الترانزيستور Q1 فإن هذا التيار سيظهر أثره مضخماً على مجمع Q1 الموصول مع قاعدة الترانزستور Q2 وبالتالي عند مرور التيار في قاعدة Q2 يفتح الترانزستور Q2 ويمرر التيار من باعث Q2 إلى مجمع الترانزستور نفسه والموصول مع قاعدة Q1 وبالتالي يزداد تيار القاعدة للترانزستور Q1 وهكذا نلاحظ أن الترانزستورين ينتقلان بسرعة كبيرة نحو الإشباع.

نشاط تقويمي (3 – 1):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **عرف الثايرستور ومما يتكون ؟**

.....
.....
.....
.....

2. **ارسم رمز الثايرستور موضح عليه اسماء اطرافه .**

.....
.....
.....

3. **عرف التغذية العكسية الموجبة .**

.....
.....

خصائص الثايرستور:

الثايرستور له خصائص الدايود تماما، حيث يقوم بتوصيل التيار في حالة التوصيل الأمامي فقط، ولكن الفرق بينه وبين الدايود هو أنه يحتوي على طرف ثالث يسمى " البوابة" Gate، فلن يقوم الثايرستور بتوصيل التيار مثل الدايود إلا إذا كانت البوابة أيضا أكثر إيجابية من الكاثود.

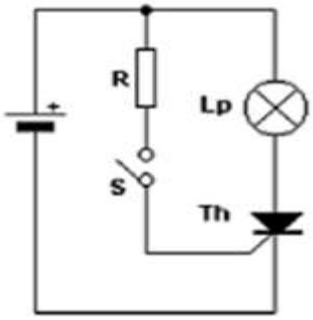
شروط عمل الثايرستور:

1. **أن يتم توصيله أماميا مع المصدر.**
2. **أن يكون الجهد المطبق على البوابة أكثر إيجابية من الجهد المطبق على الكاثود.**

توصيل الثايرستور

1. توصيل الثايرستور في دوائر التيار المستمر

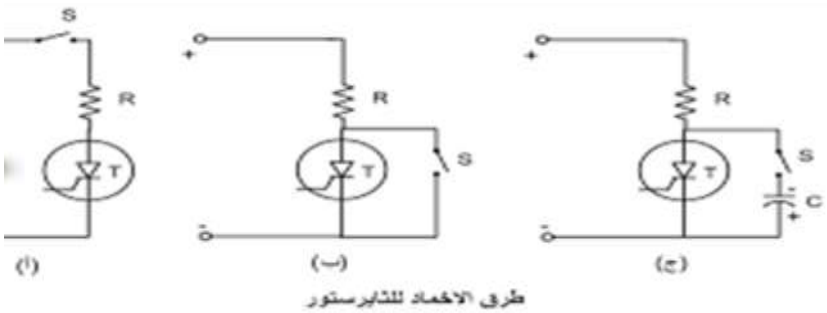
لاحظ أنه مثل الدايود المتصل أماميا , ولكنه لن يقوم بالتوصيل حتى في هذه الحالة إلا بعد إغلاق المفتاح S لجعل البوابة موجبة بالنسبة للكاثود , فعند حدوث هذا فإنه سوف يمرر التيار في الدائرة , فتضيء اللمبة Lp . وتستمر الاضاءة عند فتح المفتاح s دلالة علي حدوث امساك اوحفظ لحالة التوصيل (شكل 48)



شكل (48)

ولان الثايرستور في دوائر التيار المستمر يعمل بعد إعطاء نبضة القدح ولا يتوقف إلا في حال قطعه فانه لابد ان تعرف هذه الطرق وتسمي (طرق اطفاء الثايرستور) كما بشكل (49) وهي :

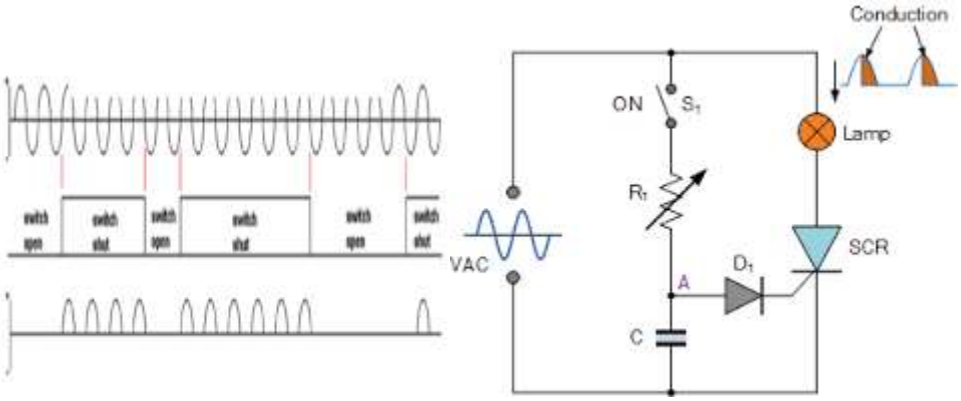
1. **فصل التغذية نهائيا عن أقطابه .**
2. **قصر المصعد و المهبط بواسطة مقاومة وصل .**
3. **تطبيق نبضة قدح معاكسة للنبضة السابقة .**



شكل (49)

2. توصيل الثايرستور مع مصدر تيار متغير AC :

لاحظ أنه يقوم بعملية توحيد لنصف الموجة الموجب تماما مثل الدايود العادي , ولكن هذا فقط أيضا في حالة إغلاق المفتاح.(شكل 54- أ) اما النصف السالب فان الثايرستور لا يمر اي تيار ويتم تخفيض الجهد المتردد الي القيمة المطلوبة بواسطة مقاومات ومكثفات . (شكل 50- ب)



(شكل 50- أ) (شكل 50- ب)

مميزات الثايرستور:

يتميز الثايرستور عن غيره من المفاتيح الالكترونية بما يلي:

1. يتحمل الاهتزازات القوية والضجيج بعكس القاطع الآلي .
2. عند فصله ووصله لا يصدر أي شرارة كهربائية .
3. لا يصدر أي صوت .
4. سرعات عالية جداً تصل حتى النانو ثانية وخاصة في المبدلات الترددية
5. تحمل جهود كبيرة وتيارات عالية تصل حتى 2000 أمبير مع العلم أن حجمه صغير .
6. سهولة التحكم به وذلك عن طريق نبضة قدح .

نشاط تقويمي (3 – 2):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **هل الثايرستور يوصل مثل الدايود العادي ؟**

.....
.....
.....
.....

2. **وضح الفرق بين الدايود العادي والثايرستور ؟**

.....
.....
.....
.....

3. **ما هي الشروط لكي يعمل الثايرستور ؟**

.....
.....
.....
.....

استخدامات الثايرستور:

تتميز الثايرستورات باستطاعتها الكبيرة وتحملها للتيارات الكبيرة فلذلك تستخدم في التطبيقات الصناعية والتي تحتاج إلى قدرات كبيرة مثل:

1. **ريليهات التحكم .**
2. **دوائر التأخير الزمني .**
3. **مغذيات القدرة .**
4. **دوائر الحماية .**
5. **شواحن البطاريات .**
6. **المبدلات (التبديل بين AC–AC , DC–AC , AC–DC , DC–DC) .**

ولاشك إن الاستخدام الرئيسي لـ SCR اليوم في حقول التحكم بالطاقة وأيضا كعنصر تفرعي أو تسلسلي , وتكمن أفضليته في المردود العالي الناتج عن التبديد المنخفض للطاقة ... مثل : التحكم بالطاقة المقدمة لتسخين العناصر , تعيين سرعة الموتورات الكهربائية , تعتيم الضوء , الخ.....

نشاط تقويمي (3 – 2):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. اذكر طرق اطفاء الثايرستور .

.....
.....
.....
.....

2. ارسم طرق اطفاء الثايرستور .

.....
.....
.....
.....

3. يتميز الثايرستور عن غيره من القواطع , وضح ذلك .

.....
.....
.....
.....

4. ما هي العناصر الالكترونية التي استطاع الثايرستور ان يحل مكانها ؟

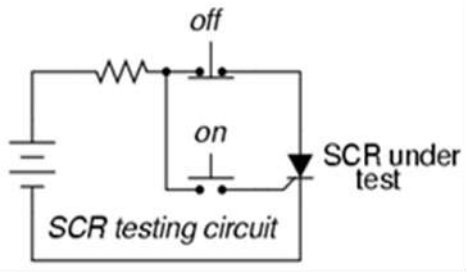
.....
.....
.....
.....

5. اذكر بعض مميزات الثايرستور .

.....
.....
.....
.....

فحص الثايرستور

والدائرة العملية المستخدمة لفحص الـ SCR هي كما بالشكل (51)



شكل (51)

1. بمجرد غلق المفتاح (الموجود في حالة فتح طبيعيا Normally opened) يصل لطرف البوابة تيار يكفي لجعل التيار يمر بين المهبط والمصعد.
2. وعندما نترك هذا المفتاح released فإن الثايرستور سيظل في حالة العمل latched وسيظل التيار يمر بالدائرة.
3. وبالضغط على المفتاح (الموجود في حالة غلق طبيعياً Normally closed) فإن التيار سيتوقف عن المرور في الدارة مجبرا الثايرستور على الدخول في حالة فتح OFF .
4. والتيار اللازم لبدأ عملية الإشعال Firing يسمى holding current وهو في الأغلب يقع بين 1 ملي أمبير إلى 50 ملي أمبير أو أكبر للثايرستورات الأكبر .

تدريب عملي (3 – 1) طريقة اختبار الثايرستور باستخدام الأوميتر التماثلي

الهدف من التدريب هو اختبار الثايرستور باستخدام الاوميتر التماثلي كما في شكل (52).

الادوات المستخدمة :

- أوميتر تماثلي – ثايرستور

شكل (52)

خطوات الفحص

يجب عمل اختبارين للتاكد من سلامة الثايرستور.

الاختبار الاول – اختبار بين الانود والكاثود (الدائرة المفتوحة)

1. ضع الطرف الموجب للاوميتر علي انود الثايرستور والطرف السالب علي الكاثود

النتيجة : لا يتحرك المؤشر .

2. اعكس اطراف الاوميتر

النتيجة لا يتحرك المؤشر.

الاختبار الثاني : عملية الامساك (المقاومة المنخفضة)

1. ضع الطرف السالب للاوميتر علي طرفي الانود والبوابة معا والطرف الموجب علي الكاثود .

النتيجة: تحرك المؤشر (مقاومة منخفضة) دليل علي تحول الثايرستور الي الوضع ON

2. بحرص شديد ارفع الطرف السالب عن البوابة دون فصل الانود والكاثود .

النتيجة : ايضا مقاومة منخفضة دليل علي عملية الامساك اوالاحتفاظ بحالة التوصيل حتي بعد ازالة الجهد الموجب من علي البوابة .

اذا كانت النتائج مطابقة لما تم يعتبر الثايرستور سليم .

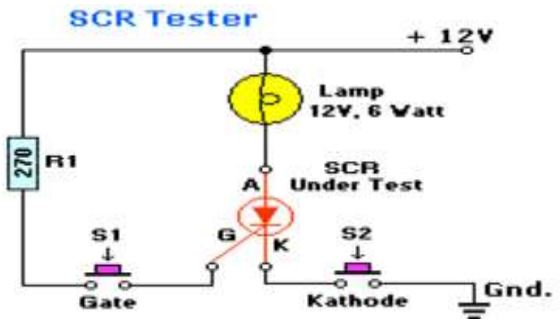
تدريب عملي (3 – 2) طريقة اختبار الثايرستور داخل دائرة

الادوات المستخدمة :

- مصباح صغير 12 فولت. – مقاومة 270 اوم – ثيرستور.
- عدد 2 مفتاح (ضاغط) – منبع تغذية 12 فولت.

خطوات العمل :

1. وصل الدائرة كما في شكل 53 مع مراعاة معرفة اطراف الانود (A) والكاثود (K) والبوابة (G) للثايرستور جيدا .
2. يجب أن ينير المصباح عند الضغط على المفتاحين S2 ، S1، ويبقى مضيئ حتى بعد فصل المفتاح الأول S1 والإبقاء فقط على المفتاح الثاني مضغوط.



شكل (53)

نشاط تقويمي (3 – 3):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **في دوائر التيار المتردد هل يحتاج الثايرستور الي دوائر اطفاء ؟ ولماذا ؟**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

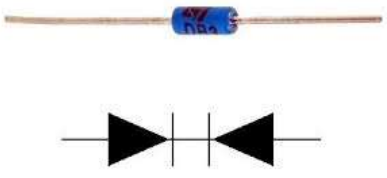
2. **في دوائر التيار المستمر هل يستمر الثايرستور في العمل بعد فصل النبضة عن بوابته .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. **لماذا نحتاج الي اطفاء الثايرستور في دوائر التيار المستمر .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

تعريف الداياك (شكل 54).



شكل (54)

هو مفتاح من اشباه الموصلات يعمل فى الاتجاهين .

الاسم يعنى Di مشتقة من Diode اى دايود او ثنائى و ac هى AC اى تيار مترددوهو عنصر

يستخدم في القدح Triggering Device حيث يوصل مع دائرة تحكم البوابة بالترياك ويسمى بدايود القدح ثنائي الاتجاه ويقوم بتمرير التيار بالاتجاهين اذا بلغ الجهد بين طرفيه جهد الانهيار الامامي او العكسي .

الرمز الإلكتروني للدياك في الدوائر الإلكترونية وشكله التجاري كما في شكل (55) .

الشكل التجاري للدياك رمز الدياك

شكل (55)

فكرة عمل الدياك .

تكون مقاومة عنصر الدياك كبيرة جدا إذا كان فرق الجهد بين طرفيه أقل من قيمة معينة للجهد، ولتكن مثلا 35 فولت. ولكن عندما يزيد فرق الجهد عن تلك القيمة فإن مقاومتة تقل بشكل كبير، فيقوم بتوصيل التيار , مع ملاحظة أنه يستطيع توصيل التيار في الإتجاهين.

مجالات استخدام الدياك.

1. يستخدم كمفتاح للتيار المتردد باتجاهين.
2. يستخدم في دوائر التحكم الالكتروني كعنصر مساعد للتحكم في إقلاع الثايرستور والترياك .
3. يستخدم في دوائر توليد النبضات.

يتم معرفة جهد الفتح للدياك إما من جدول المواصفات أو من حلقة لونية موجودة في وسطه مرمزة كمايلي

اللون	القيمة
برتقالي	30فولت
أصفر	40فولت
أخضر	50فولت
أزرق	60 فولت

نشاط تقويمي (3 – 4):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **عرف الدياك .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

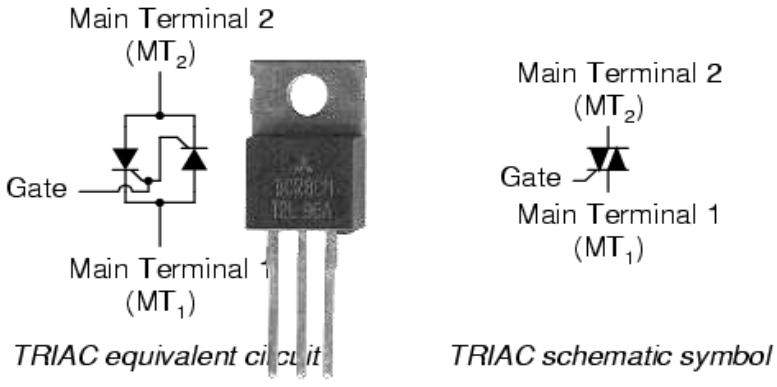
2. **ما هو مجال استخدام الدياك ؟**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. **وضح فكرة عمل الدياك .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

التريك (Triak)



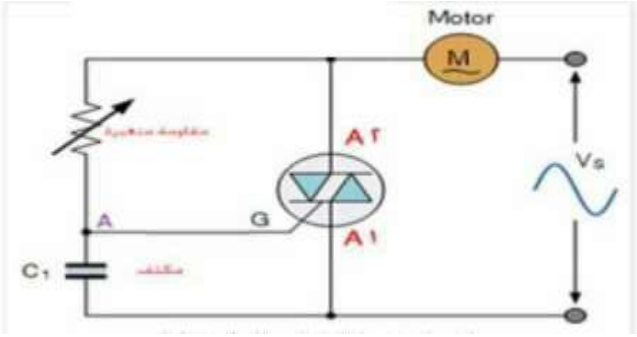
شكل (56)

لأن الثايرستورات SCRs أحادية الاتجاه فهي تستخدم في دوائر التحكم التي تعمل بالتيار المستمر .

ولكن بوضع زوج منها بطريقة معاكسة سيتكون لدينا عنصرا جديدا يسمى التريـاك TRIAC (شكل 56) يعمل مع التيار المتغير.

تعريف التريـاك :

وعنصر التريـاك مثله مثل الثايرستور تماما , فهو يقوم بتوصيل التيار عند فتح البوابة , ولكن يتميز عن الثايرستور في أنه يستطيع التوصيل في الاتجاهين. يستخدم التريـاك بكثرة في دوائر التيار المتردد مثل دارات التحكم في المحركات للتحكم في سرعتها و المصابيح لتغيير شدة الإضاءة بها كعنصر في التطبيقات التي لا تتطلب قدرات عالية عند عملها كما بالشكل 57 :



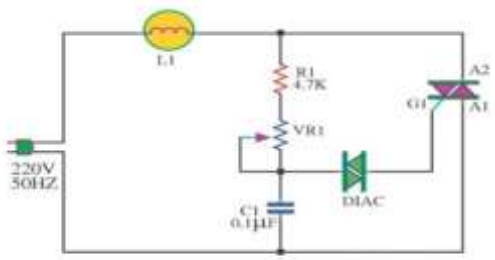
شكل (57)

وطبعاً الجزء المكون من المقاومة المتغيرة والمكثف هو الذي يحدد الزاوية التي يحدث عندها التشغيل (مما يحدد متوسط الجهد الذي سيشغل المحرك) .

فكرة عمل التريـاك

إذا أردنا توصيل التيار من A1 إلى A2 , بحيث يكون A1 موجب وA2 سالب , فإننا نطبق جهد موجب على البوابة G , وإذا أردنا توصيل التيار بالعكس , أي أن A1 سالب وA2 موجب , فإننا في تلك الحالة لابد أن نطبق جهد سالب على البوابة.

دائرة الديمر(المتحكم بجهد– AC) AC Voltage Dimmer



شكل (58)

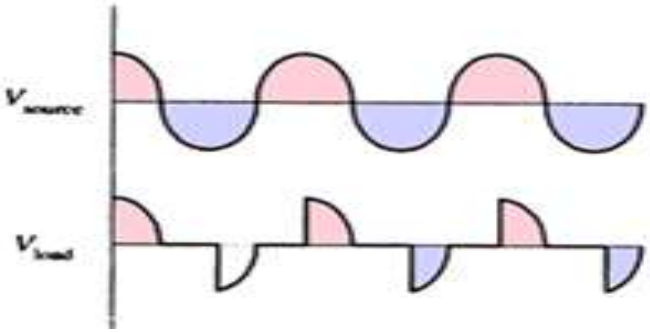
فكرة الدائرة :

هذه الدائرة (شكل 58) من اهم الدوائر التي يمكن الاستفادة منها في تصميم دوائر التحكم للاستخدام العملي في السوق. من المهم جداً التحكم في محركات ال AC سواءً احادية أو ثلاثية الطور في المراوح السقفية أو في اجهزة الطرد المركزي مثلاً، أو حتى قد نحتاج للتحكم في درجة سطوع مصباح كهربائي في مسرح مثلاَ، أو درجة الحرارة لسخان، فكيف يمكننا فعل ذلك بدون اهدار الطاقة الكهربائية على شكل حرارة غير مرغوب فيها في مقاومات او محولات ذو تكلفة مرتفعة و حجم كبير لحل مشكلة التحكم بال AC يوجد أكثر من طريقة، ابرزها دائرة الديمر الشائعة تمتاز دائرة الديمر(dimmer) بقلة تكلفتها و ارتفاع كفاءتها . فيمكّنك بتغيير المقاومة في الدائرة من التحكم في قيمة جهد ال AC المسلط على المحرك أعلاه، و بالتالي التحكم في سرعته ، حيث يمكننا التحكم بسرعة المحرك إمّا بتغيير التردد عليه ، او بتغير الجهد و تتحكم هذه الدائرة بالجهد حيث سنقوم بزيادته او تقليله .

مكونات الدائرة :

1. **مقاومة متغيرة**
2. **مكثف غير قطبي**
3. **Diac (دایاك)**
4. **Triac (ترياك)**

تقوم الدائرة على مبدأ تغير القيمة الفعالة للجهد عن طريق اقتطاع اجزاء من الموجة ، وهكذا يصبح شكل الموجة كما في شكل 59



شكل (59)

شرح الدائرة.

و لفهم الدائرة كما في شكل (58) فإننا سنتخيل آلية العمل في الجزء الموجب من دورة ال AC

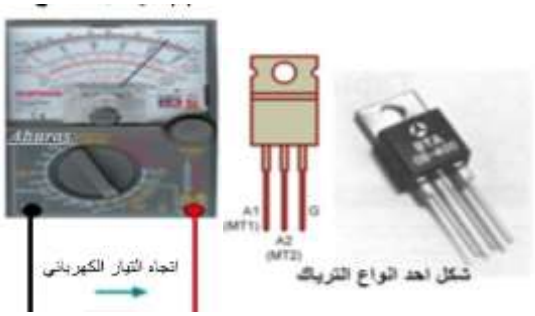
عند بدأ هذه الدورة فان: التريـاك مغلق ولا يمرر التيار اللازم لعمل المحرك و الدايـاك لا يمرر تياراً ايضاً ، و لكنه في اللحظة التي سيبدأ فيها بالتمرير سيبدأ التريـاك بالعمل لأننا سنكون ولدنا اشعال له . و لكن متى سيعمل الدايـاك؟ نعم صحيح سيعمل الدايـاك عند وصوله لجهد الانهيار, ومتى يصل الدايـاك جهد الانهيار ؟ لاحظ معي هنا بأن جهد الدايـاك مساوي تقريباً لجهد المكثف , بالتالي فإن الدايـاك سيفتح و يبدأ بالعمل عندما يصل المكثف لجهد الانهيار الخاص به .و نتحكم بالزمن اللازم لفتح الدايـاك (والذي سوف يشعل التريـاك) عن طريق تغير الزمن اللازم لشحن المكثف . و ذلك عن طريق تغيير المقاومة المسماة في الرسم VR1 ، بالتالي فإن تغيير المقاومة سيتسبب في تغيير زاوية الاشعال (الفا) و التي ستغير الجهد الخارج من الدائرة وبالتالي سرعة المحرك او اضاءة المصباح .

فحص التريـاك

تدريب عملي (3 -3) طريقة الفحص بالأوميتر التماثلي كما بشكل (60)

الادوات المطلوبة :

1- افوميتر تماثلي 2- تريـاك كما في شكل 60.



شكل (60)

طريقة الفحص :ضع اطراف الأوميتر كما يلي :

1. A1 , G : يمرر باتجاه واحد فقط / الأمامي/ مقاومة منخفضة .
2. A2 , G : يمرر باتجاه واحد فقط /الأمامي/ مقاومة منخفضة .
3. A , A1 : لا يمرر تيار (لا يتحرك المؤشر)

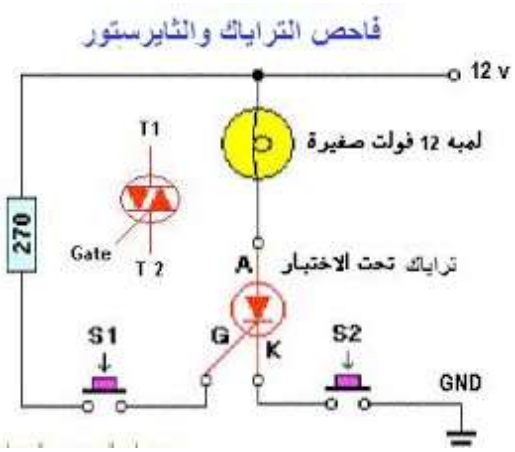
هناك طرق أخرى لفحص التريـاك أدق من استخدام جهاز أوميتر تماثلي . و أفضل الطرق وأسهلها باستخدام دائرة تستخدم لفحص التريـاك أو الثايرستور .

تدريب عملي (3 -4) اختبار وفحص التريـاك داخل دائرة بمصباح

مكونات الدائرة :

1. مصباح كهربي صغير 12 فولت 2-تريـاك 3-عدد 2 مفتاح (ضاغط) 4-مقاومة 270 اوم
2. منبع تغذية 12 فولت 6-اسلاك توصيل.

شكل (61)



شكل (62)

تنفيذ التجربة

1. وصل الدائرة كما في شكل 61 و 62 مع مراعاة معرفة أطراف االترياك T1 و T2والبوابة G المعرفة الصحيحة بمساعدة المعلم.
2. يجب أن ينير المصباح عن الضغط على المفتاحين S1, S2، ويبقى مضيئ حتى
3. بعد ترك المفتاح الأول S1 والإبقاء فقط على المفتاح الثاني مضغوط.

ملحوظة مهمة : هذه الدائرة تصلح لاختبار الترياك والثايرستور

يمكنك أيضا تثبيت هذه الدائرة في صندوق ليكون جهاز مفيد في ورشتك الالكترونية.

مخرج تعلم (4) ينفذ دوائر بسيطة لعنصري الموسفت MOSFET/ IGBT

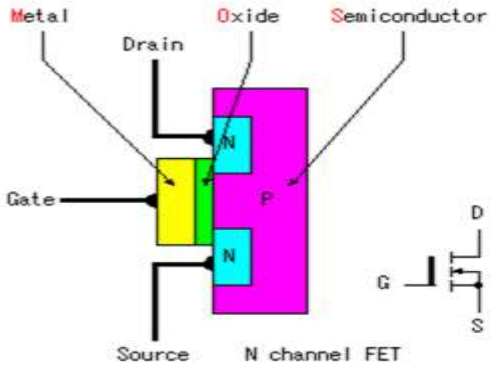
ترانزستور التأثير المجالي والمصنوع من أشباه الموصلات وأكسيد المعادن

يتركب ترانزستور التأثير المجالي من:

1. طبقة سفلية Substrate وهى إما من النوع N كما بشكل 64 أو من النوع P كما بشكل 65
2. منطقتين من بلورتين من نفس النوع بعكس الطبقة السفلية P <==> N ويمثلان طرفين من أطراف الترانزستور وهما المصرف Drain والمنبع Source ..
3. طبقة من الأكسيد (ثاني أكسيد السليكون SIO2) وهي مادة غير موصلة للتيار الكهربائي (عازلة)
4. طبقة من المعدن وتمثل الطرف الثالث للترانزستور وهو البوابةGate

أنواع الترانزستور الموسفيت

ونجد أيضا من الشكل أن هذا الترانزستور له نوعان هما الـ (P-Channel) والـ(N-Channel)بحسب اختيار نوع الطبقة السفلية والبلورتين الجانبيتين (المصرف والمنبع) .



شكل (63)

شكل (64)

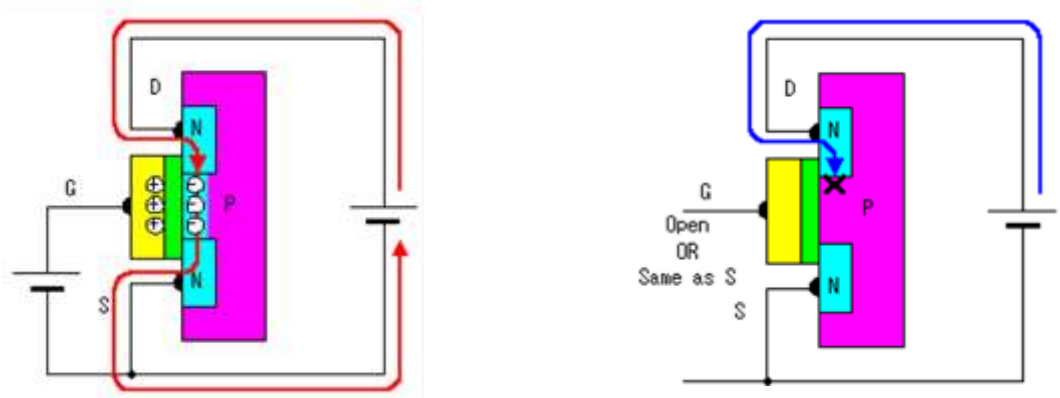
فكرة عمل ترانزستور MOSFET

في هذا النوع من الترانزستورات يتم التحكم بتيار الخرج عن طريق جهد (المجال الكهربائي) الدخل. فكيف ذلك؟ بالرجوع لشكل 65 حيث تم توصيل المصرف بالطرف الموجب لبطارية والمنبع بالطرف السالب لها:

1. في حالة عدم وضع جهد على البوابة (G) Gate فإنه لن يمر أي تيار بين المنبع (S والمصرف (D) شكل (65) .

2. في حالة وضع جهد موجب على البوابة شكل (65) لاحظ في الترانزستور من نوع القناة N أن الإلكترونات الحرة الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستنجذب للمجال الكهربائي الموجب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف.

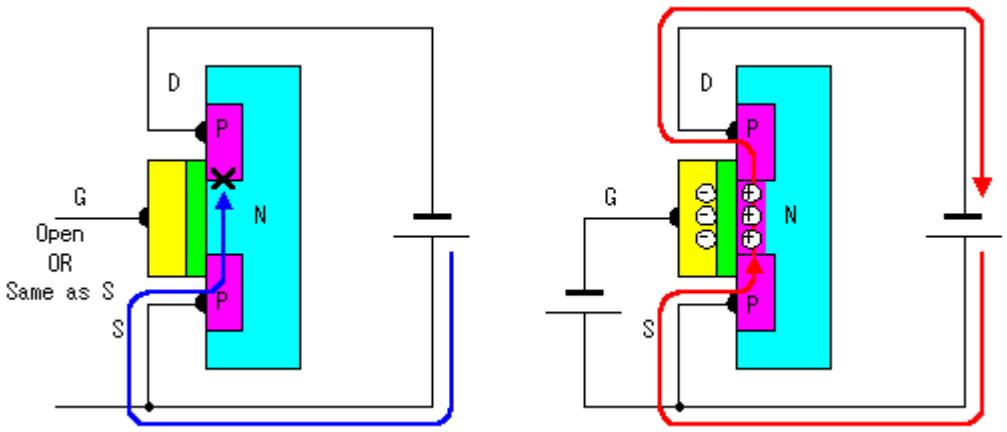
ويتغير حجم هذه القناة تبعا لقوة المجال الكهربائي عند البوابة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار بين المنبع والمصرف.



شكل (65)

3. في حالة وضع جهد سالب على البوابة كما بشكل (66) لاحظ أن الترانزستور من نوع القناة P فإن الفجوات الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستنجذب للمجال الكهربائي السالب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف.

ويتغير حجم هذه القناة تبعا لقوة المجال الكهربائي عند البوابة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار بين المنبع والمصرف.



شكل (66)

خواص الترانزستور الموسفيت (MOSFET)

1. يتم اشعال الموسفيت عندما يكون الجهد بين البوابة G والمنبع S أكبر بحوالي من (2 : 5) فولت .
2. يتطلب تيار قليل جدا (تقريبا صفر) في البوابة gate لتحويله إلى حالة التوصيل (التشغيل) on ويمكن أن يمد الحمل بتيار من 10 إلى 50 أمبير أو أكثر .
2. الموسفيت جهاز يتم التحكم فيه عن طريق الجهد ، والتيار الذى يتناوله يعتمد على حجمه المادي. (الطبيعي) وطريقة بناؤه، ولا يمكنك تغيير هذا البارامتر .
3. من أجل تيار حمل قيمته تصل إلى A35 ، فإن تيار البوابة للموسفيت IRZ40 سوف يكون أقل من mA0.25 .
4. يجب إضافة زينر دايود إلى بوابة الموسفيت إذا كان جهد البوابة يأتي من مصدر فوق V20

اختبار الموسفيت :

1. هذا الاختبار يستخدم المقياس المتعدد الرقمي على وضع قياس الدايود .
2. يتم توصيل طرف "المصدر" S للموسفيت بالطرف السالب (–) للمقياس .
3. يتم مسك الموسفيت من الغلاف المعزول مع عدم لمس الأجزاء المعدنية لمجسات القياس مع أى من أطراف الموسفيت الأخرى لحين الحاجة لذلك .
4. أولا يتم لمس المجس الموجب للمقياس مع "بوابة" Gate الموسفيت.
5. الآن حرك المجس الموجب إلى "مصرف" Drain الموسفيت . يجب أن تحصل على "قراءة منخفضة"

السبب:

لقد تم شحن المكثف الداخلي على بوابة الموسفيت عن طريق المقياس ، وتحول الموسفيت إلى حالة التوصيل مع بقاء اتصال المجس الموجب للمقياس بالمصرف ، يتم لمس الإصبع بين المصدر S والبوابة G . سوف يتم تفريغ البوابة G من خلال الإصبع ويجب أن تتحول قراءة المقياس إلى الارتفاع ، مما يدل على عدم توصيل (قطع) الموسفيت . هذا الاختبار البسيط لا يعتبر الأمثل 100% ، ولكنه مفيد وعادة يكون كافيا .

اعطال الموسفيت (MOSFET)

عندما يتلف الموسفيت فإنه غالبا ما يكون دائرة قصر بين المصرف والبوابة D – G . وهذا قد يتسبب فى وصول جهد المصرف D عائدا إلى البوابة ، وبطبيعة الحال ، وعن طريق مقاومة البوابة ، إلى

دائرة تشغيل (قيادة) الموسفيت ، وربما يتلف هذه الدائرة . كما أنه أيضا قد يصل التأثير (التلف) إلى أي موسفيت أخر متوازي مع هذا الموسفيت (وهذا يفسر تلف أكثر من موسفيت في آن واحد).

لذلك ، إذا تلف موسفيت ، يجب اختبار دائرة التشغيل أيضا . يمكنك أيضا إضافة مقاومة من النوع الذى يعمل كمصهر عند زيادة التيار فتفصل بوابة الموسفيت .

مميزات ترانزستور تأثير المجال (MOSFET) :

1. سرعة التجاوب
2. الجهد المنخفض عند التحكم.
3. ممانعة عالية للتيار بالاتجاه العكسي (كلما ارتفعت مقاومة الدخل قلت قيمة التيار اللازم لقيادة الترانزستور.
4. قوة في الأداء
5. سهولة تصنيف وحجم صغير.
6. مناسب عند العمل فى الترددات العالية –.

عيوب ترانزستور تأثير المجال :

يتأثر بالمجالات الكهربية الخارجية القوية وقد تتسبب في تلفه حيث يعتمد فى عمله على المجال الكهربي للتحكم في التيار .

وظائف ترانزستور الموسفيت (MOSFET)

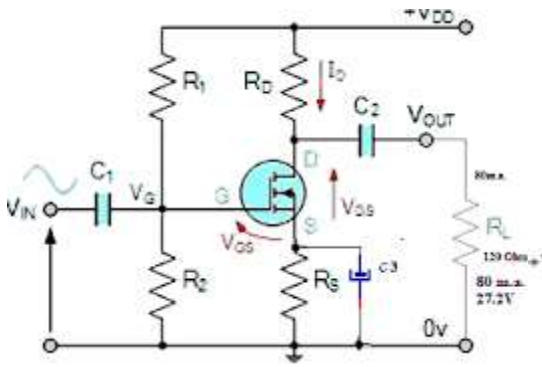
الترانزستور الموسفيت (MOSFET) له وظيفتان هما .

1- يعمل كمفتاح (قاطع) الكتروني 2- يعمل كمكبر اشارة

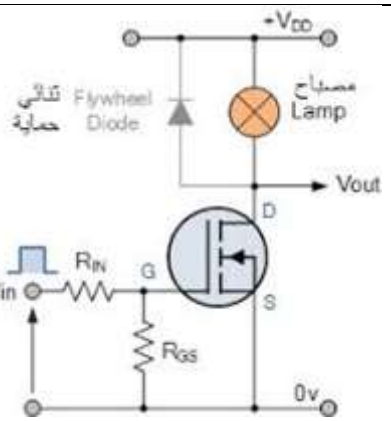
اولا : الترانزستور الموسفيت كقاطع إلكتروني:

يتم توصيل الترانزستور في الدوائر الإلكترونية ليستخدم كمفتاح لقيادة الأحمال التي هي في خرجه وذلك كوسيط بين مرحلة التحكم بالحمل والحمل. انظر شكل (67)

ثانيا : الترانزستور الموسفيت كمكبر اشارة كما في شكل (68)



شكل (67)



شكل (68)

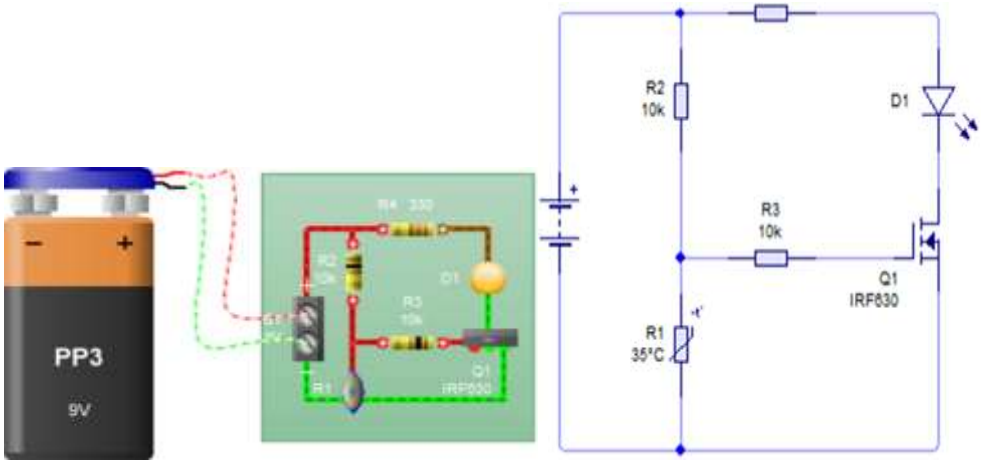
تدريبات عملية تستخدم ترانزستورات الموسفيت

1-دائرة حساس حرارة

فائدة الدائرة :

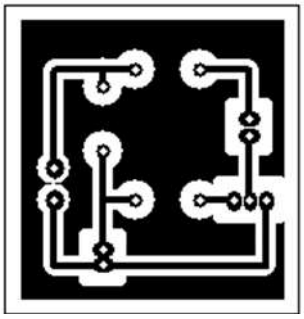
عند زيادة درجة الحرارة عن حد معين فان الليد يضيئ.

مكونات الدائرة .موضحة في شكلي 69 و 70 .



شكل (69) المخطط العملي

المخطط النظري



شكل (70) اللوحة المطبوعة PCB

عمل الدائرة :

تعمل المقاومة الحساسة للضوء R1مع المقاومة R2 كمجزئ جهد .

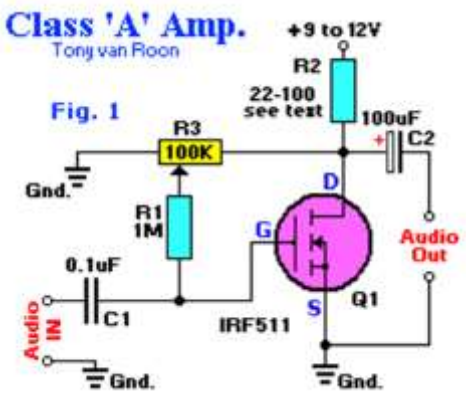
عندما تزيد درجة الحرارة عن الحد المسموح فان الجهد علي R1 يكون اعلي من الجهد علي R2 مما يسمح باشعال الموسفيت عبر المقاومة R3 وانارة الليد .

ملاحظة: اللوحة المطبوعة تساعدك كثيرا عزيزي الطالب. فقط قم بطبعها علي ورق كلك بطريقة معكوسة وضعها علي البوردة ثم مرر عليها مكواة الملابس عدة مرات حتي تطبع علي البوردة النحاسية كما ذكرنا سابقا.

التطبيقات والدوائر العملية لترانزستور MOSFET

1. دائرة مضخم سمعي

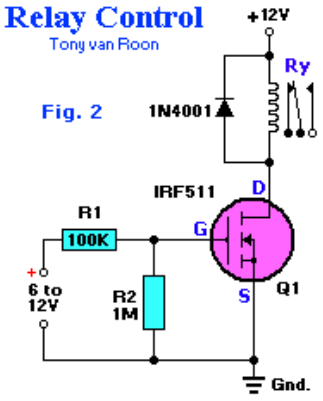
الدائرة التالية في شكل 71 عبارة عن مضخم سمعي نوع (A) ، فعند وجود إشارة في الدخل فإن الترانزستور سوف يقوم بتضخيمها ..



شكل (71)

2. هي دائرة قيادة حمل (ريليه)

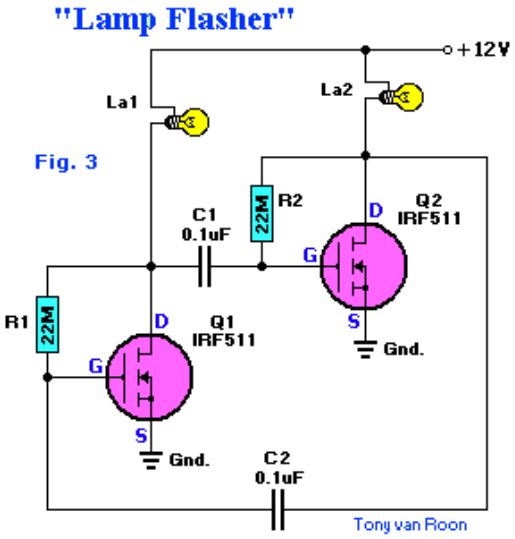
الدائرة التالية في شكل 72 هي دائرة قيادة حمل (ريليه) ، حيث يعمل الريليه عند تطبيق جهود على البوابة من (6 to 12) فولت ، وتحتاج قاعدة الترانزستور حتى يعمل تياراً أقل من (10uA).



شكل (72)

3. دائرة هزاز عديم الاستقرار

الدائرة التالية في شكل 73 عبارة عن هزاز عديم الاستقرار يعمل فيه المصباحان بالتناوب على نحو متقطع.

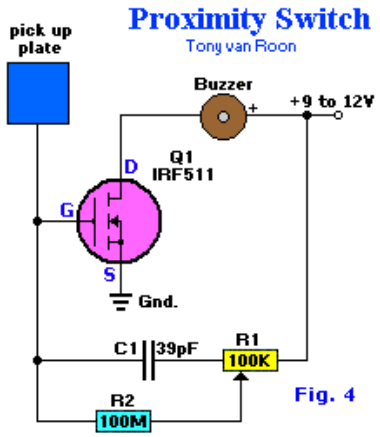


شكل (73)

4. دائرة حساس اقتراب وجرس إنذار السائق

الدائرة التالية في شكل 74 هي دائرة مفتاح يستغل المقاومة الداخلية العالية للترانزستور وقابلية

المعالجة الكهربائية لعمل دائرة بسيطة ولكن حساسة وهي دائرة حساس اقتراب وجرس إنذار السائق .

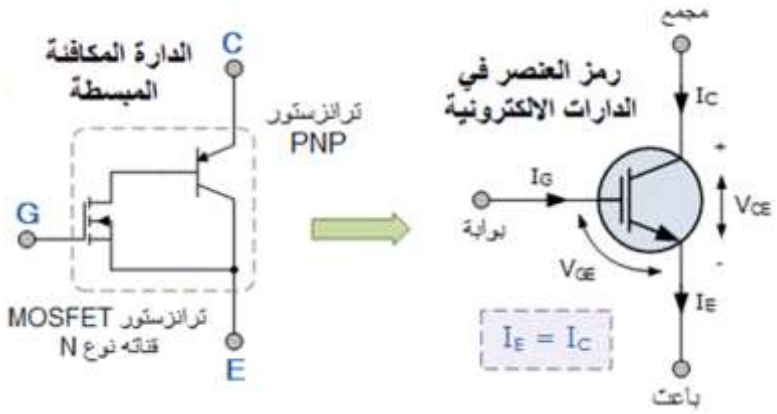


شكل (74)

ترانزستور ثنائي القطبية ذو البوابة معزولة (IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor)

التعريف:

الترانزستور ثنائي الوصلة ذو البوابة المعزولة (Insulated Gate Bipolar Transistor) يطلق عليه اختصاراً IGBT، وهو عبارة عن تقاطع أو تهجين بين ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية BJT (Bipolar Junction Transistor)وترانزستور تأثير الحقل الكهربائي(MOSFET) مما يجعل منه مفتاح الكتروني مثالي لدرجة كبيرة.وشكل (4- 1) يبين رمز العنصر والدائرة المكافئة له .



شكل (75)

نلاحظ من الشكل 75 أن ترانزستور IGBT يمتلك ثلاث أطراف، فهو عنصر موصل يدمج مدخل ترانزستور MOSFET ذو البوابة المعزولة من النمط الناضب بخرج ترانزستور ثنائي الوصلة

PNP، ويتم ترميز الأطراف كما يلي: المجمع (Collector) الباعث (Emitter) والبوابة (Gate)، حيث تكون النهايتان E،C متصلتان بمسار موصل أما النهاية G فتكون متصلة بنقطة التحكم.

اهمية ترانزستور IGBT.

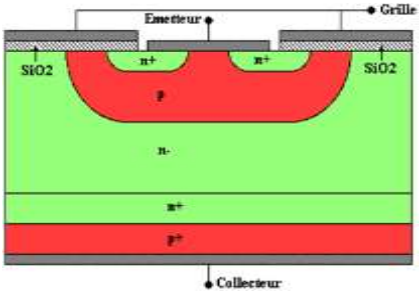
يجمع ترانزستور IGBT بين مزايا ترانزستورين(BJT), (MOSFET) معا ، فهو يأخذ من ترانزستور MOSFET صفات ممانعة الدخل العالية (كلما ارتفعت مقاومة الدخل قلت قيمة التيار اللازم لقيادة الترانزستور) وسرعات التبديل الكبيرة (كلما ارتفعت سرعة التبديل زاد مردود وأداء الحمل) في حين يأخذ من ترانزستور BJT جهد الإشباع المنخفض. فنحصل بالنتيجة على نوع من الترانزستورات قادر على تحمل تيارات باعث – مجمع كبيرة جداً مقادة بواسطة تيار بوابة قيمته 0 أمبير تقريباً.

فكرة عمل ترانزستور IGBT .

يستخدم هذا الترانزستور تقنية البوابة المعزولة Insulated Gate IG التي تتمتع بها ترانزستورات MOSFET والتي تشكل القسم الأول من اسم الترانزستور IGBT مضافاً لها مزايا أداء الخرج لترانزستورات الوصلة ثنائية القطبية التقليدية والتي تشكل القسم الثاني من اسم الترانزستور IGBT. نحصل نتيجة لذلك على ترانزستور IGBT يملك قدرة تبديل خرج كبيرة مضافاً إليها خصائص النقل للترانزستورات ثنائية القطبية ويتم التحكم بجهده كما في حالة ترانزستور MOSFET.

البنية الداخلية :

1. **طبقات من اشباه الموصلات من النوع P و النوع N**
2. **منطقتين من ثاني اكسيد السليكون (ClO2) .**
3. **طبقات من المعدن لتوصيل الاطراف . كما هو موضح في شكل 76.**



شكل (76)

نشاط تقويمي (4 – 1):أ جب عن الاسئلة الاتية :

1. **عرف ترانزستور ثنائي الوصلة ذو البوابة المعزولة IGBT .**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. **ما هي مميزات ترانزستور ثنائي القطبية BJTالتي اخذها ترانزستور IGBT؟**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. **ما هي مميزات ترانزستورMOSFETالتي اخذها ترانزستورIGBT**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

استخدامات ترانزستور IGBT

يستخدم ترانزستور IGBT بشكل رئيسي في تطبيقات الكترونيات القدرة (الكترونيات القدرة أحد فروع الهندسة التي تهتم بعملية التحكم الالكتروني في التطبيقات المختلفة بواسطة تيارات عالية) مثل :

1. **دوائر العواكس Inverter**
2. **المبدلات Converters**
3. **ومولدات القدرة Power Supplies**

ولا يمكن لترانزستورات القدرة BJT وMOSFET ان تحل محله بشكل فردي، فالتيارات المرتفعة والجهود الثنائية العالية تكون متوفرة، ولكن ذلك يكون على حساب سرعات التبديل التي تكون منخفضة لدرجة كبيرة في ترانزستورات BJT، على خلاف ترنزستورات MOSFET التي تتمتع بسرعات تبديل عالية لكن كلفة تصميم مفاتيح تعمل على جهود وتيارات مرتفعة يكون باهظ الثمن وصعب الإنجاز.

خواص ترانزستور IGBT

1. يتطلب الترانزستور IGBT قيمة جهد صغيرة تطبق على بوابته من أجل تشغيله لأنه عنصر ذو جهد متحكم به وذلك على خلاف ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية BJT الذي يتطلب تيار قاعدة مطبق بشكل مستمر بكمية كافية للحصول على حالة الإشباع (القيمة المناسبة لتشغيله).
2. يعتبر الترانزستور IGBT عنصراً وحيد الاتجاه، أي أنه يقوم بتحويل التيار في الاتجاه الأمامي فقط من المجمع إلى الباعث على خلاف ترانزستور MOSFET الذي يمتلك قدرة التوصيل في الاتجاهين (حيث يكون عنصر متحكم به في الاتجاه الأمامي وغير متحكم به في الاتجاه العكسي .

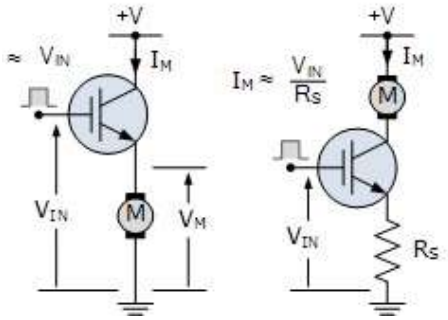
مقارنة بين انواع الترانزستور المختلفة :

خصائص العنصر	ترانزستور القدرة ثنائي القطبية BJT	ترانزستور القدرة MOSFET	ترانزستور IGBT
مستويات الجهد	مرتفعة أقل من 1000 فولت	مرتفعة أقل من 1000 فولت	مرتفعة جداً أكثر من 1000 فولت
مستويات التيار	مرتفعة أقل من 500 أمبير	منخفضة أقل من 200 أمبير	مرتفعة أكثر من 500 أمبير
آلية قيادة الدخل	تيار بمعامل تكبير من 20-200	جهد بين البوابة والمصرف V_{GS} بين 3-10 فولت	جهد بين البوابة والباعث بين 4-8 فولت
ممانعة الدخل	منخفضة	مرتفعة	مرتفعة
ممانعة الخرج	منخفضة	متوسطة	منخفضة
سرعة التبديل	بطيئة (ميكرو ثانية)	سريعة (نانو ثانية)	متوسطة
الكلفة	منخفضة	متوسطة	مرتفعة

تطبيقات ترانزستور IGBT

استخدام ترانزستور IGBT كمفتاح الكتروني مستقر:

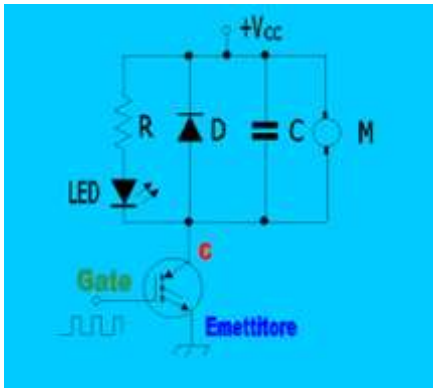
شكل 77 بوضع إشارة دخل جهد موجب عبر البوابة والباعث علي IGBT فانه يكون في حالة التشغيل On أما في حال غياب إشارة الدخل فإن الترانزستور سيكون في حالة القطع Off State كما هي حالة في ترانزستورات BJT.



شكل (77)

تطبيق عملي لترانزستور IGBT

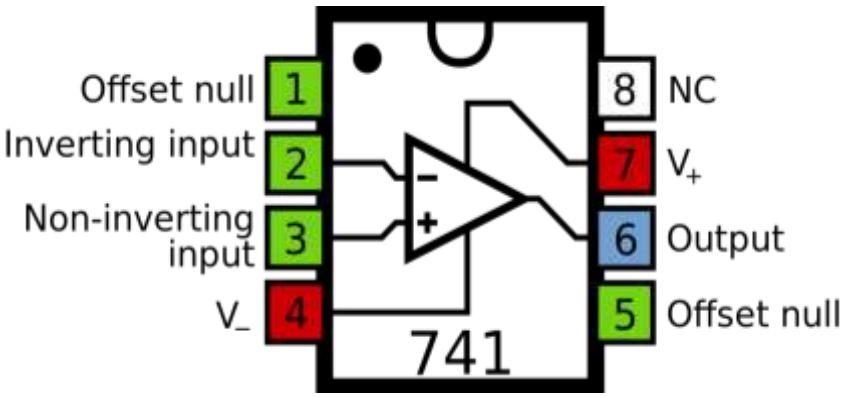
الدائرة كما بشكل (78) هي عبارة تشغيل محرك تيار مستمر بترانزستور IGBT .



شكل (78)

مخرج تعلم (5) ينفذ دوائر بسيطة لمكبر العمليات 741

مكبر العمليات 741 Operational Amplifiers

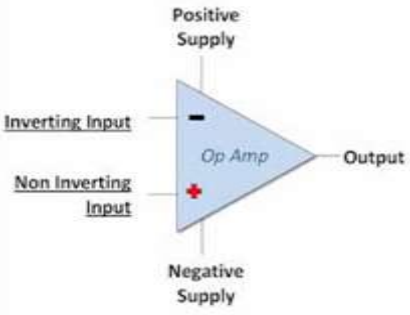


شكل (79)

مضخم العمليات Op-Amp

مضخم العمليات (شكل 79) Op-Amp هو قطعة الكترونية تستخدم لتكبير وتضخيم الجهود المستمرة والاشارات المترددة ، وفي بداية تصميمها كان لغرض القيام ببعض العمليات الحسابية. مضخم العمليات ساعد كثيراً في عملية التكبير وبعض التطبيقات الاخرى مثل استخدامه في دوائر

المقارنات والمنظمات .



شكل (80)

اطراف مضخم العمليات Op-Amp.

لمضخم العمليات (شكل 80) عدة اطراف لتوصيله في الدوائر الالكترونية حيث انه يتكون من طرفان التغذية الرئيسين +V على الطرف رقم 7 و-V على طرف 4 ويوجد طرفين أساسيين ايضاً للدخل والذي سوف يتم توظيفهم فيما بعد إذا كان للتضخيم او المقارنة . وهما الدخل المعكوس Inverting Input على الطرف رقم 2 ورمزه (-) والدخل غير المعكوس Non-inverting على الطرف رقم 3 ورمزه (+) و ايضاً طرف الخرج Output على طرف رقم 6 .

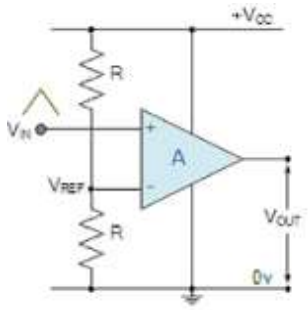
بعض الخصائص الرئيسية لمضخم العمليات Op-Amp

1. **مقاومة الدخل له كبيرة جداً والتي تقع بين اطراف الدخل المعكوس و الغير معكوس داخل مكبر العمليات (وتؤدي ذلك إلى عدم استهلاك Op-Amp تيار من طرفي الدخل) .**
2. **مقاومة الخرج صغيرة جداً وتتصل بطرف الخرج Vout من داخل مكبر العمليات (وتؤدي الى توفير تيار كهربي على الخرج يمكن استخدامه).**
3. **حيث ان مضخم العمليات Op-Amp يحاول جاهداً دائماً جعل الفرق بين V2,V1 يساوي صفر اي انه يحاول تحقيق المعادلة V2= V1**

عمل مضخم العمليات كمقارن .

في حالة وضع مضخم العمليات كـ مقارن في الدائرة تصبح وظيفته عملية مقارنة بين طرفي الدخل Inverting Input و Non-inverting Input ، حيث انه إذا تم وضع جهد كهربي اكبر على Inverting من Non-inverting يقوم بتمرير تيار التغذية السالب على اطراف الخرج Vout... فإذا كان جهد التغذية السالب الرئيسي على طرف - V هو مثلاً - 5 سوف يقوم بتمريره الى Vout وفي حالة GND يمرره كما هو ايضاً على Vout ويساوي 0 .

مع العلم ان V0 = GND. انظر شكل (81)



شكل (81)

وتتم نفس العملية مع الطرف Non-inverting حيث انه يقوم بتمرير تيار التغذية الموجب على طرف الخرج Vout في حالة وضع تيار كهربي اكبر عليه من Inverting ... مثلاً فإذا كان جهد التغذية الموجب هو مثلاً +5 فإنه سوف يمرره الى Vout ويساوي +5.

ملحوظة : توجد منطقة تسمى بمنطقة التشبع Saturation وهي التي يصل لها جهد الخرج وهو جهد التغذية الرئيسي لمكبر العمليات ولن يستطيع تجاوز هذا الجهد .. حتى ولو استمر جهد الدخل في التزايد .حيث ان جهد الدخل على طرف Non-inverting يستمر بالتزايد ولكن جهد الخرج يتوقف عند حدود جهد التغذية.

كذلك جهد الخرج لايتزايد او يتناقص بتدرج، في حالة وضع مكبر العمليات كمقارن بل ينتظر احد الاطراف يكون الجهد عليه اعلى من الاخر ثم يصل لمرحة التشبع مرة واحدة وليس بالتدرج

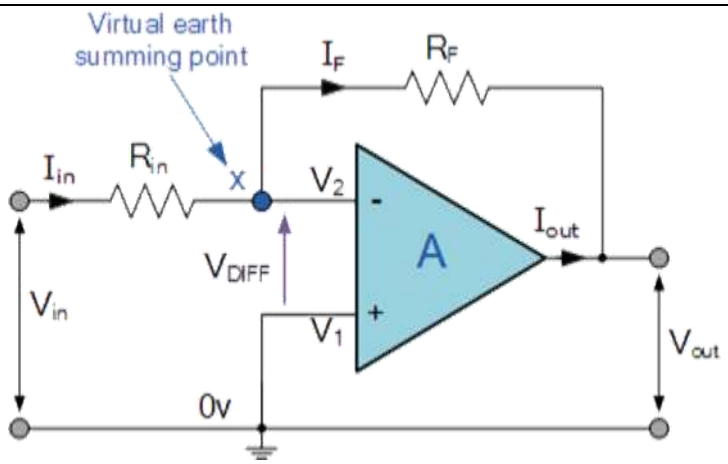
عمل مضخم العمليات في دوائر التكبير

1- مكبر عاكس Inverting Amplifier

من خلال وضع مكبر العمليات في حالة تضيخم عكسي Inverting Amplifier تستطيع تكبير وتضخيم الاشارة الداخلة ولكن بالسالب يعني سوف تجدها معكوسة على جهاز الاوسيلسكوب ومن اسمه تستطيع الفهم بان الاشارة تدخل للمكبر من الطرف Inverting (-)، شكل 82.

وفي هذه الحالة ينتج قانون التضخيم في حالة العاكس وهو :

$$V\ out = -\frac{RF}{Rin} \times Vin$$



شكل (82)

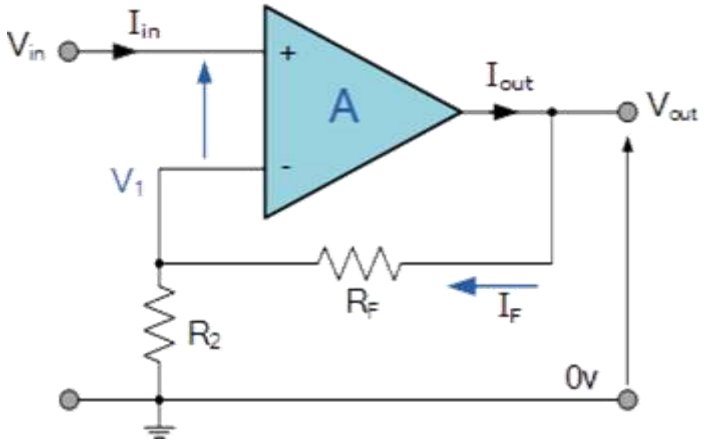
RF هي المقاومة الكهربائية بين طرف Inverting , Vout ،و Rin هي المقاومة بين طرف Inverting والاشارة الداخلة. مع العلم ايضاً: ان عملية التضخيم تتم ولكن لها حدود لا تستطيع تخطيها وهي قيمة جهد التغذية الرئيسي للمكبر ... وتنتج علاقة التكبير من $Gain\ (AV) = \frac{Vout}{Vin} = -\frac{Rf}{Rin}$

حيث ان Gain هو معامل تكبير الاشارة ويدل على عدد مرات تكبير اشارة الدخل"

2- مضخم غير عاكس Non-inverting Amplifier

من خلال وضع مكبر العمليات في حالة تكبير غير عكسي Non-inverting Amplifier تستطيع تكبير وتضخيم الاشارة الداخلة وبدون عكس خلافاً بالمضخم العاكس يعني سوف تجد اشارة الدخل مكبرة على جهاز الأوسليسكوب ومن اسمه تستطيع الفهم بان الاشارة تدخل للمكبر من الطرف Non-inverting (+) . وفي هذه الحالة ينتج قانون التضخيم في حالة الغير عاكس وهو:

$Voltage\ Gain\ (Av) = \frac{Vout}{Vin} = 1 + \frac{Rf}{R2}$ كما بشكل (83)



شكل (83)

المضخم التابع Follower Amplifier

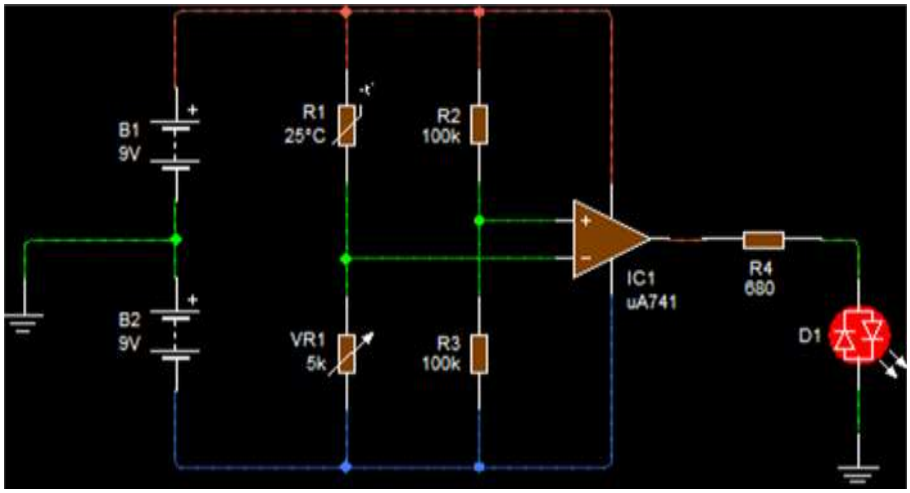
من خلال وضع مكبر العمليات في حالة المضخم التابع Follower Amplifier لا تتم عملية تكبير او تغير في الاشارة، حيث انه يعمل على تنفيذ وتطبيق الاشارة والجهد الدخل على جهد الخرج .. بدون تغير ويتم تنظيم جهد الخرج من جهد التغذية الرئيسية وليس من جهد الدخل. بمعنى اخر انه لايستهلك تيار من جهد الدخل.

تدريب عملي : استخدام IC 741 علي برنامج (Circuit Wizard) كما بشكل (84)

1-حساس حرارة باستخدام Ic 741

مكونات الدائرة :

1. لوحة مطبوعة مقاس 2× 2سم
2. مقاومة 100 كيلو اوم
3. مقاومة680 اوم
4. مقاومة متغيرة 10كيلو
5. IC 741 OP AMP
6. ليد لون احمر
7. عدد 2 بطارية9 فولت
8. ثيرمستور



شكل (84)

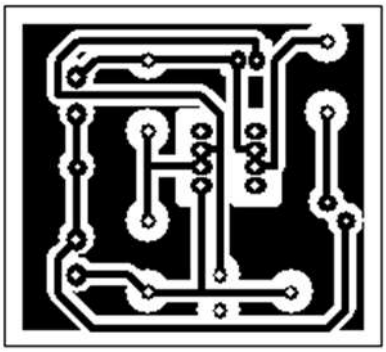
فكرة الدائرة (شكل 84):التنبيه عند ارتفاع درجة الحرارة

في درجات الحرارة العادية يكون اليد غير مضيء وعند ارتفاع درجة الحرارة يضئ باللون الاحمر.

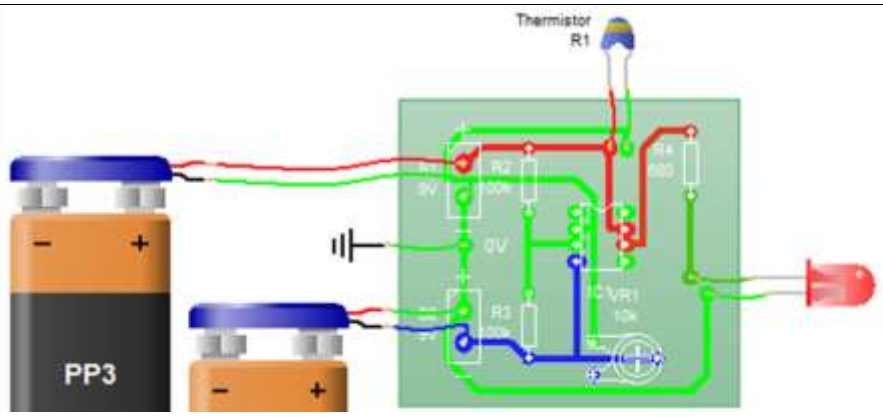
عمل الدائرة:

لقد تم استخدام مكبر العمليات 741، في خاصية المقارن Comparator وتم وضع جهد مرجعي حوالي 4,5 فولت على طرف 3 باستخدام مقاومتين (R2 ,R3)على التوالي كعمل مقسم الجهد Voltage Divider لـ 741.

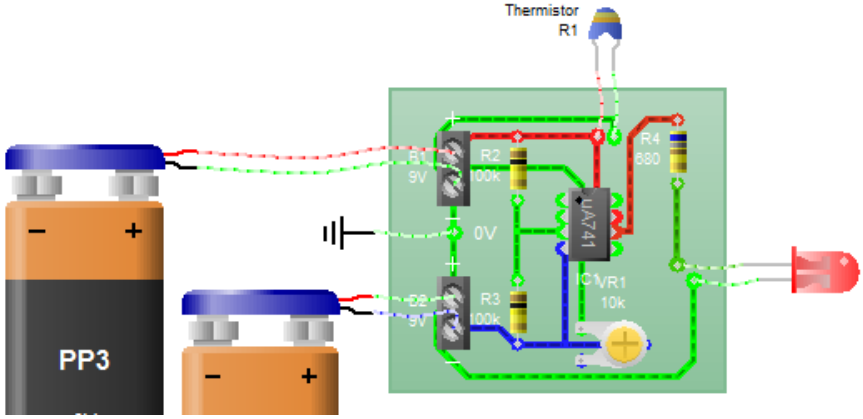
وفي الطرف 2 ل 741 تم وضع مقسم جهد يتكون من (R2وVR1 الثيرمستور Thermistor) ، وعند زيادة درجة الحرارة على thermistor تقل قيمة مقاومته وبالتالي تزيد قيمة الجهد على الطرف noninverting 2 ويقوم 741 بعمل مقارنة بين قيم الجهد على كلاً طرفيه noninverting و inverting، و يعطي خرج على طرفة 6 ليضئ الليد ويعطي اشارة بارتفاع درجة الحرارة .



اللوحة المطبوعة (PCB)



اللوحة المطبوعة بدون المكونات



شكل (85) دائرة حساس الحرارة باستخدام 741