مؤسسة التدريب المهني

مديرية البرامج والاختبارات ومصادر التعلم

سلسلة الوحدات التدريبية القائمة على أساس الكفايات المهنية

اسم العمل

كهربائي أجهزة منزلية

اسم الوحدة

بناء الدارات الإلكترونية الأساسية

الرقم الرمزي: Elc-d-1

التعاون الألماني
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

بتنفيذ من
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

مؤسسة التدريب المهني

قررت مؤسسة التدريب المهني تطبيق هذه الوحدة التدريبية المبنية على أساس الكفايات المهنية في برامجها التدريبية ابتداء من 2019 - 2020 بموجب قرار لجنة الاعتماد الفنية رقم (2018/3) تاريخ 2018/5/20

الإشراف العام : مديرية البرامج والإختبارات ومصادر التعلّم

التدقيق الفنـــي : م. محمد زيد العجلوني
م. بسام يوسف شحادة

لجنة الاعتمـــاد : م. عمر قطيشات – رئيساً
م. إبراهيم الطراونة
م.أحمد مصطفى
م. داود شقبوعة
م. عبد الله الهور
م. رمزي الحروب

التحرير اللغوي : جمال ذيب طه

تدقيق الطباعة ومراجعتها: جمال ذيب طه – م. عصام الشامي

إعداد

م. ناصر درويش

بالتعاون مع:

فريق عمل مشروع التدريب على تطوير كفاءة استخدام المياه والطاقة (TWEED) / GIZ

- الاستاذه ايمـــان قـراعين
- الدكـتور خالـد القضـــاه

يتحمل المؤلف كافة المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه، ولا يعبر هذا المصنف عن رأي الوكالة الألمانية، دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة أخرى

قائمة المحتويات

	الموضوع	رقم الصفحة
	دليل الوحدة	
1	المقدمة	5
2	المتطلبات المسبقة	5
3	نتاجات التعلم	5
3	أهداف التعلم	5
5	الزمن المقترح	6
6	أدلة التقييم الذاتي	6
	هدف التعلم الأول: تفحص الثنائيات	7
1	أشباه الموصلات والعناصر الإلكترونية الأساسية	7
1-1	أشباه الموصلات	7
2-1	الثنائي شبه الموصل: تركيبه ومبدأ عمله	9
3-1	ثنائي زنر	13
4-1	الثنائي المشع للضوء	15
4-1	التقييم الذاتي	18
5-1	التمارين العملية	21
	هدف التعلم الثاني: تبني دارات تغذية التيار المستمر البسيطة	34
2	وحدات تغذية التيار المستمر	34
1-2	المخطط الصندوقي لوحدة التغذية	34
2-2	دارات تقويم التيار المتناوب	35
3-2	منظمات الفولطية	42
4-2	التقييم الذاتي	45
5-2	التمرين العملي	47
	هدف التعلم الثالث: تفحص الترانزيستورات.	54
3	الترانزيستورات	54
1-3	تركيب ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية	54
2-3	الأشكال الشائعة للترانزستورات	56
3-3	عمل ال ترانزستورBJT	57
4-3	المضخمات الترانزستورية الأساسية	59
5-3	المواصفات الفنية للترانزستور	61
6-3	ترانزستور دارلينجتون	62
7-3	ترانزستور تأثير المجال	62
8-3	أعطال الترانزستور	66
9-3	كتيب مكافئات الترانزستورات	68

10-3	الدارات المتكاملة	70
11-3	التقييم الذاتي	72
12-3	التمرين العملي	76
	هدف التعلم الرابع: تفحص الثايرستورات	86
4	الثايرستورات	86
1-4	تركيب الثايرستور	86
2-4	عمل الثايرستور	87
3-4	المواصفات الفنية للثايرستور	87
4-4	التحكم في القدرة باستخدام الثايرستور	88
5-4	الترياك	89
6-4	الدياك	90
7-4	التقييم الذاتي	92
8-4	التمرين العملي	93
7	اختبار المعرفة	99
8	اختبار الأداء	105
9	قائمة المصطلحات	116
10	قائمة المراجع	117

دليل الوحدة

المقدمة

حرصا على ربط العلم بالعمل والنظرية بالتطبيق، اتجهت مؤسسة التدريب المهني نحو استخدام الكفايات المهنية في التدريب؛ وذلك لإكساب المتدربين المهارات العملية والمعلومات النظرية؛ إذ يتيح استخدامها مرونة التكيف مع المتغيرات المهنية التي تطرأ على ميدان العمل المهني، ويوفر للمتدربين مجال التعلم والتدريب الذاتي والتقدم فيه بحسب قدراتهم. وقامت مؤسسة التدريب المهني حتى الآن بإعداد وحدات تدريبية على أساس الكفايات المهنية في مجال الصناعة والخدمات.
تقدم هذه الوحدة التدريبية/التعلمية القائمة على أساس الكفايات المهنية المادة التعلمية التدريبية اللازمة لاكتساب الكفاية بجوانبها الأدائية، والمعرفية والاتجاهية المتعلقة ببناء الدارات الإلكترونية الأساسية واختبارها، وفق معايير الكفايات المهنية الأردنية لعمل كهربائي الأجهزة المنزلية حيث تتضمن هذه الوحدة المادة التعلمية النظرية مدعمة بالرسومات التوضيحية، كما تتضمن التمارين الأدائية المطلوبة، بالإضافة إلى أدلة التقييم الذاتية في المجالات الأدائية، والمعرفية والاتجاهية.

المتطلبات المسبقة

قبل الشروع في دراسة هذه الوحدة يتطلب منك اجتياز الوحدات التدريبية التالية بنجاح:

- بناء الدارات الكهربائية الأساسية

نتاجات التعلم

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها وخبراتها يتوقع منك أن تصبح قادرا على بناء الدارات الإلكترونية الأساسية واختبارها.

أهداف التعلم

بعد إتمام هذه الوحدة يتوقع منك أن تصبح قادرا على أن:

1. تفحص الثنائيات
2. تبني دارات تغذية التيار المستمر البسيطة.
3. تفحص الترانستورات
4. تفحص الثايرستورات

الزمن المقترح

الفترة الزمنية المقترحة لتنفيذ أنشطة وتمارين هذه الوحدة هي (125) ساعة تدريبية موزعة، كما يلي:

- دروس نظرية:5 ساعات.
- تنفيذ التمارين العملية: 25ساعة.
- الاختبار النظري: ساعتان.
- الاختبار العملي: ساعتان.
- التدريب الميداني: أسبوعين (12×8=96 ساعة)

أدلة التقييم الذاتي

أجب عن أسئلة التقييم الذاتي المتوفرة في نهاية المادة النظرية المطلوبة لهذه الوحدة التدريبية القائمة على أساس الكفايات ثم اعرض إجاباتك على مدربك لتدقيقها، مما سيساعدك على مراجعة موضوعات الوحدة واستيعابها.

هدف التعلم الأول

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم أدناه عليك ان تصبح قادرا على أن: تفحص الثنائيات

أنشطة التعلم	المصادر
المادة التعلمية	الوحدة التدريبية
تنفيذ التمارين العملية	المشغل/ بإشراف المدرب
3-زيارة المواقع الإلكترونية	القرية الإلكترونية http://www.qariya.com/ http://www.electronics-tutorials.ws/ لحام الإلكترونيات الدقيقة https://www.youtube.com/watch?v=rkBkCuoWClw الثنائيات https://www.youtube.com/watch?v=3sbZkxU0TQU
التدريب الميداني	

1 – أشباه الموصلات والعناصر الإلكترونية الأساسية

دخلت الدارات الإلكترونية في الكثير من الأجهزة المنزلية، مما يتطلب دراسة عناصرها الأساسية ومبدأ عملها، ليسهل تحديد أعطالها وإصلاحها. وتحتوي هذه الدارات على عدد من العناصر الإلكترونية المختلفة التي صنعت بهدف التحكم بسريان التيار الكهربائي بشكل أو بآخر، وهي قادرة على القيام بعملية التبديل (الانتقال من حال الوصل إلى حال الفصل وبالعكس) أو عملية التضخيم أو كلاهما معا. ومن أشهر هذه العناصر الثنائيات (الدايودات) والترانزستورات والثايرستورات والدارات المتكاملة (Integrated Circuits)، وتصنع العناصر الفاعلة من المواد شبه الموصلة مثل السيليكون والجرمانيوم، ويطلق عليها اسم أشباه الموصلات (Semiconductors).

1-1 أشباه الموصلات

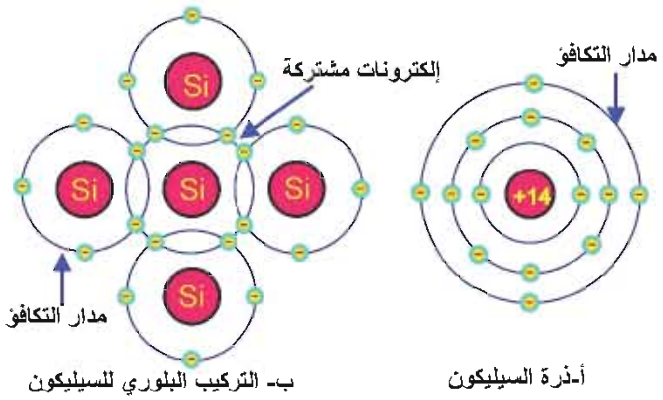
كما تعلمت فيما سبق تصنف المواد عموما، من حيث قدرة توصيلها للتيار الكهربائي إلى ثلاثة أقسام هي:

المواد الموصلة: هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها بسهولة، ويرجع السبب في ذلك إلى تركيبها الذري حيث تحتوي على عدد هائل من الإلكترونات الحرة والقابلة للحركة تحت تأثير قوة خارجية كمصدر فولطية كهربائية (مولد كهربائي أو بطارية). وتعرف الإلكترونات الحرة بأنها إلكترونات سالبة أفلتت من سيطرة قوة جذب النواة، وأصبحت تتجول عشوائيا ضمن البنية الذرية للمادة.

المواد العازلة: هي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها بسهولة، ويرجع السبب في ذلك إلى تركيبها الذري حيث تحتوي على عدد قليل جدا من الإلكترونات الحرة القابلة للحركة تحت تأثير فولطية كهربائية.

أشباه الموصلات: تمتاز هذه المواد بكونها مواد عازلة للكهرباء في حالتها النقية عند درجة الصفر المطلق، وتصبح موصلة جيدة للكهرباء بإضافة بعض الشوائب لها بنسب محددة من الفسفور أو الزرنيخ أو الأنديوم أو الغاليوم لتدخل بعدئذ في تصنيع الترانزستورات والثنائيات وغيرها من العناصر الإلكترونية.

يعد السيليكون من أشهر المواد شبه الموصلة المستخدمة في صناعة العناصر الإلكترونية، يليه الجرمانيوم. وتحتوي كل ذرة من ذرات السيليكون والجرمانيوم على (4) إلكترونات في مدارها الخارجي (التكافؤي)، وترتبط كل ذرة برابطة تساهمية (تشاركية) مع (4) ذرات مجاورة لها، مكونة تركيبا بلوريا (كريستاليا)، كما هو مبين في الشكل (1)، فيصبح لكل ذرة (8) إلكترونات في مدارها الخارجي، وتستقر.

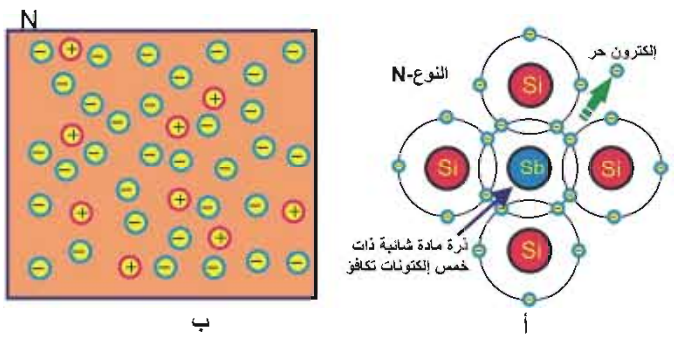


الشكل (1): التركيب البلوري لمادة السيليكون النقي.

نوع المادة الشائبة التي تضاف إلى السيليكون أو الجرمانيوم النقي هي التي تحدد نوع شبه الموصل الناتج من عملية التطعيم: شبة موصل من النوع السالب (Negative-type) وباختصار نوع (N)، أو شبة موصل من النوع الموجب الموجب (Postivie -type) وبأختصار نوع (P).

أ. شبه الموصل نوع السالب

عند إضافة مادة شائبة رباعية التكافؤ (يوجد خمسة إلكترونات في مدارها الخارجي) مثل الزرنيخ أو الفسفور أو الأنتيمون، إلى بلورة السيليكون أو الجرمانيوم النقية شبه الموصله، كما مبين في الشكل (أ/2)، فإن أربعة من إلكترونات التكافؤ الخمسة تأخذ مواضعها في التركيب البلوري، بينما يبقى الإلكترون الخامس حرا. وبهذا تسهم كل ذرة من ذرات المادة الشائبة بإلكترون حر، وبالتالي فإن كمية ضئيلة من المادة الشائبة توفر ملايين من الإلكترونات الحرة التي تعمل كحاملات للشحنة السالبة وتلعب دورا في توصيل التيار، وتسمى مثل هذه البلورة بالمادة شبه الموصلة السالبة (N-type Semiconductor)، لأنها تحتوي على عدد هائل من الإلكترونات الحرة السالبة، كما في الشكل (ب/2). وتسمى المادة الشائبة من المجموعة الخامسة (في هذه الحال) بالمادة المانحة (Doner).

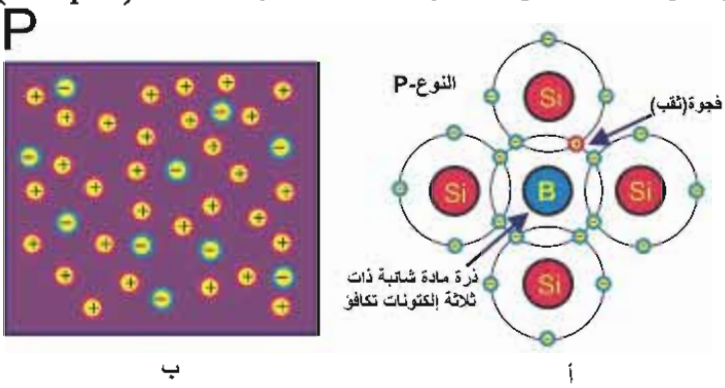


الشكل (2): المادة شبه الموصلة السالبة (N-type).

ب. شبه الموصل نوع الموجب

عند إضافة مادة شائبة ذات ثلاثية التكافؤ (يوجد ثلاثة إلكترونات في مدارها الخارجي) مثل الغاليوم أو البورون إلى بلورة السيليكون أو الجرمانيوم النقية ، كما مبين في الشكل (أ/3)، فإن إلكترونات التكافؤ الثلاثة تأخذ مواضعها في التركيب البلوري، ويصبح هناك منطقة بحاجة إلى إلكترون، وتسمى هذه المنطقة بالثقب أو الفجوة (Hole)، وتعمل هذه الثقوب كحاملات للشحنة الموجبة حيث تسلك سلوك جسيمات مشحونة بشحنة موجبة حرة الحركة خلال البنية البلورية، وتسمى هذه البلورة (المطعمة) بالمادة

شبه الموصلة الموجبة (P-type Semiconductor)، لأنها تحتوي على عدد هائل من الثقوب الموجبه، كما في الشكل (ب/3). وتسمى المواد الشائبة من المجموعة الثالثة بالمواد المتقبلة (Acceptor).



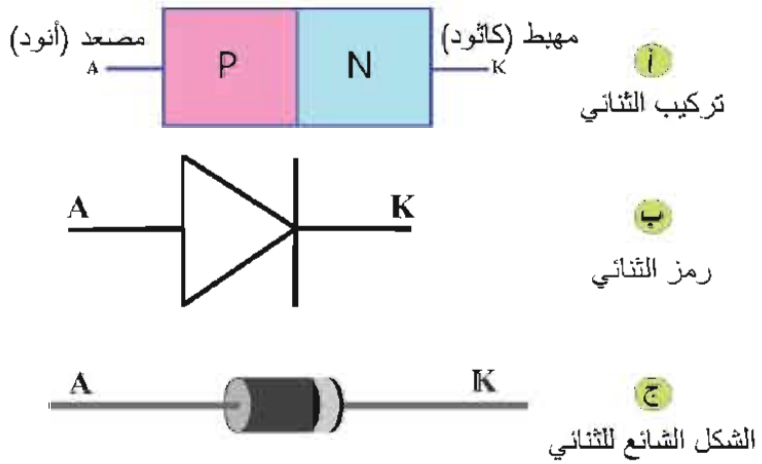
الشكل (3): المادة شبه الموصلة الموجبة (P-type).

2-1 الثنائي شبه الموصل: تركيبه ومبدأ عمله

الثنائي شبه الموصل (Semiconductor Diode) عنصر إلكتروني فاعل ذو طرفين مصعد(أنود) ومهبط (كاثود)، يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد، ويمنع مروره في الاتجاه المعاكس. وهو من أبسط العناصر الإلكترونية وأكثرها استخداما في الأجهزة الإلكترونية، وسوف تتعرف فيما يلي على تركيبه وطريقة عمله.

أ. تركيب ثنائي أشباه الموصلات

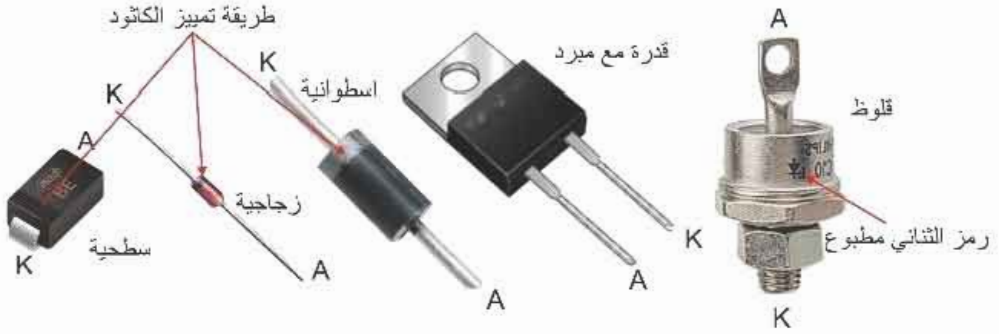
يتركب ثنائي أشباه الموصلات من وصلة (PN) تشكل على شريحة واحدة من مادة شبه موصلة، كما في الشكل (4/أ). ويسمى الطرف المتصل بالمادة نوع (p) بالمصعد (أنود)، ويرمز له بالحرف (A). ويسمى الطرف المتصل بالمادة نوع (n) بالمهبط (كاثود)، ويرمز له بالحرف (K).



الشكل(4): ثنائي أشباه الموصلات

ويبين الشكل(5) الأشكال الشائعة للثنائيات المستخدمة في الحياة العلمية. بالنسبة للثنائيات الكبيرة الحجم نسبيا، يطبع رمز الثنائي على جسم الثنائي ليوضح أي الأقطاب هو المصعد (أنود) وأيها هو المهبط

(كاثود). وبالنسبة للثنائيات الأصغر حجما ذات الأغلفة البلاستيكية، فيتم تميز المهبط (كاثود) بواسطة حلقة بيضاء تطبع على جسم الثنائي بالقرب منه، وبالنسبة للثنائيات الزجاجية فيتم تمييز المهبط (كاثود) بوساطة حلقة سوداء اللون تطبع على جسم الثنائي الثنائي بالقرب منه.



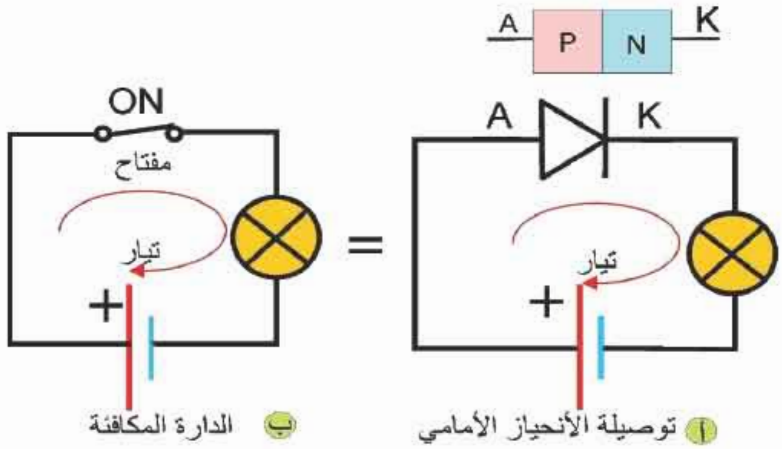
الشكل(5): الأشكال الشائعة للثنائيات المستخدمة في الحياة العلمية.

ب. مبدأ عمل الثنائي شبه الموصل

يعمل الثنائي على توصيل التيار عند تشغيله على منوال (نسق) الانحياز الأمامي، بينما لا يسمح بمرور التيار عند تشغيله على منوال الانحياز العكسي.

- **الانحياز الأمامي**

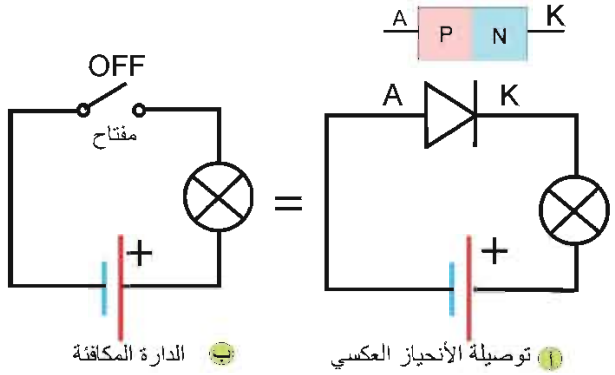
في حال الانحياز الأمامي (Forward Bias) يوصل المصعد(أنود) (النوع الموجب) بالقطب الموجب للمصدر، كما في الشكل (6/أ)، بينما يوصل المهبط (كاثود) (النوع السالب) بالقطب السالب للمصدر وفي هذه الحال يتصرف الثنائي وكأنه مفتاح في حال توصيل (ON)، كما في الشكل (6/ب) أي المقاومة بين طرفيه منخفضة جدا ويعمل على تمرير التيار.
والجدير بالذكر أن هبوط الفولطية في حاله الانحياز الأمامي بين طرفي ثنائي السيليكون يساوي تقريباً (0.7) فولط، و(0.3) فولط تقريباً بالنسبة لثنائي الجرمانيوم. وتعرف هذه الفولطية بـ (هبوط الفولطية الأمامي) ويرمز لها بالأحرف (Vf).



الشكل(6): الانحياز الأمامي.

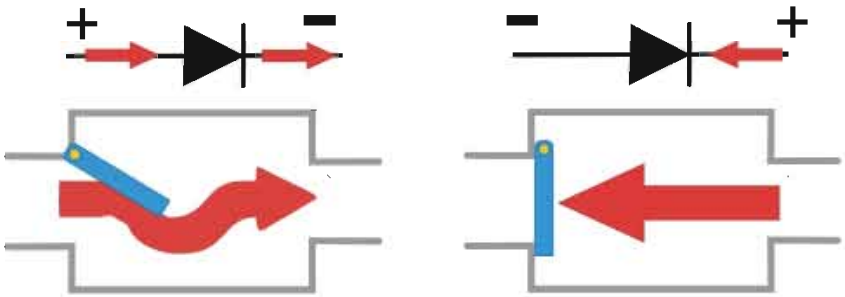
- **الانحياز العكسي**

في حال الانحياز العكسي (Reverse Bias) يوصل المصعد(أنود) (النوع الموجب) بالقطب السالب للمصدر، كما في الشكل(7/أ)، ويوصل المهبط (كاثود) (النوع السالب) بالقطب الموجب للمصدر، وفي هذه الحال تصبح المقاومة بين طرفي الثنائي مرتفعة جدا، ويتصرف الثنائي كمفتاح في حال قطع (OFF)، كما في الشكل (7/ب)، ولا يسمح بمرور التيار الكهربائي عبره.



الشكل(7): الانحياز العكسي.

ويمكن القول إن عمل الثنائي في الدارات الإلكترونية يشبه عمل الصمام أحادي الاتجاه (Check Valve) في شبكات المياه، حيث يسمح هذا الصمام بمرور تيار الماء في اتجاه واحد، ويمنع مرور تيار الماء في الاتجاه المعاكس، كما هو مبين في الشكل (8).



الشكل (8): عمل الثنائي يشبه عمل الصمام أحادي الاتجاه.

ج. المواصفات الفنية للثنائي شبه الموصل

عند استبدال ثنائي تالف أو عند اختيار آخر لاستخدامه في دارة إلكترونية معينة، يجب مراعاة مواصفاته الفنية التالية:

- **تياره الأمامي:** وهو أقصى تيار يمكن أن يمرره الثنائي في حال انحيازه الأمامي دون أن يتلف.
- **القيمة القصوى للفولطية العكسية المتكرر (V_{RRM}):** وهي أقصى فولطية يمكن أن يتحملها الثنائي في حاله انحيازه العكسي قبل انهياره، وبدء تمريره لتيار يؤدي إلى تلفه.وبعض الشركات تستخدم مصطلح القيمة الذروية للفولطية العكسية (PIV) بدلاً عن القيمة القصوى للفولطية العكسية المتكرر (VRRM). وفي كلتا الحالين، فإن تشغيل الثنائي على فولطية أعلى من هذه الفولطية قد يتلفه. ويبين الجدول رقم (1) مواصفات بعض الثنائيات الشائعة الاستخدام في الدارات الإلكترونية.

الجدول (1): مواصفات بعض الثنائيات شائعة الاستخدام في الدارات الإلكترونية.

النوع	OA47	OA91	IN4148	IN4007	IN5402
المادة	Ge	Ge	Si	Si	Si
	جرمانيوم	جرمانيوم	سيليكون	سيليكون	سيليكون
الفولطية الأمامية القصوى (V_f)	0.6V	2.1V	1.0V	1.6V	I V
التيار الأمامي الأقصى (I_F)	50mA	50mA	100mA	1 A	3A
القيمة القصوى للفولطية العكسي المتكرر (V_{RRM})	25V	115V	75V	1 KV	220v
الاستعمال	كاشف	أغراض عامة	ثنائي إشارة	موحد للفولطيه العالية	موحد للفولطيه المتدنية

د. تصنيف الثنائيات:

تصنف الثنائيات وفق مجال استعمالها إلى:

ثنائيات إشارة: تتطلب هبوط فولطية أمامي منخفضا، وبذلك فإن ثنائيات الجرمانيوم تكون مناسبة لهذا الغرض.

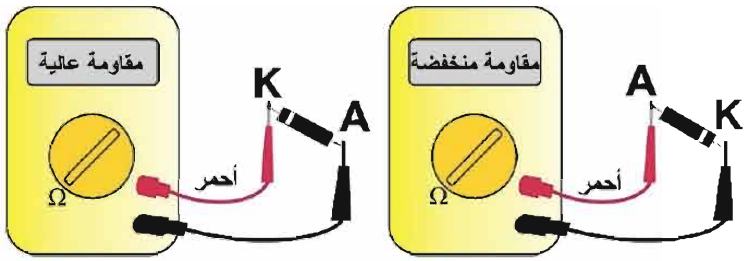
ثنائيات التوحيد (التقويم) متعددة الأغراض: تكون ثنائيات التوحيد قادرة على تحمل قيم عالية من الفولطية العكسية، وقيم كبيرة من التيار الأمامي، وبذلك فإن ثنائيات السيليكون تكون مناسبة لهذا الغرض، وتتوفر ثنائيات التوحيد سلكية الأطراف عموما بتيار أمامي أقصى يصل لغاية (6) أمبير، وفولطية عكسي أقصى لغاية (1500) فولط.

ثنائيات القدرة: مصممة للتركيب على مبددات حرارية خارجية من الألمنيوم، وتتوفر بتيار أمامي مقرر يتراوح بين (16-75) أمبير.

هـ اختبار الثنائي شبه الموصل

يمكن اختبار الثنائي شبه الموصل باستخدام الجهاز المتعدد القياسات الرقمي (Digital Multimeter) بطريقتين و:

- **اختبار المقاومة**
  - إذا كان الثنائي المراد اختباره ملحوما في دارة إلكترونية، فيجب أولاً فصل التيار الكهربائي عن الدارة، وفصل أحد طرفي الثنائي على الأقل.
  - جهز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لقياس المقاومة الكهربائية، وضع مفتاح الاختيار على مدى ال قياس20 كيلو أوم في تدريج قياس المقاومة الكهربائية على واجهة الجهاز.
  - قس مقاومة الثنائي في وضع الانحياز الأمامي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأحمر على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأسود على مهبط (كاثود) الثنائي، كما في الشكل (أ/9)، ويجب الحصول على مقاومة منخفضة نسبيا إذا كان الثنائي تحت الاختبار سليما.
  - قس مقاومة الثنائي في وضع الانحياز العكسي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأسود على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأحمر على مهبط (كاثود) الثنائي، كما في الشكل (ب/9)، فإذا كان الثنائي سليما فيجب ان يعرض الجهاز قراءة (OL)، أي مقاومة عالية جداً أو دارة مفتوحة (Open Line).



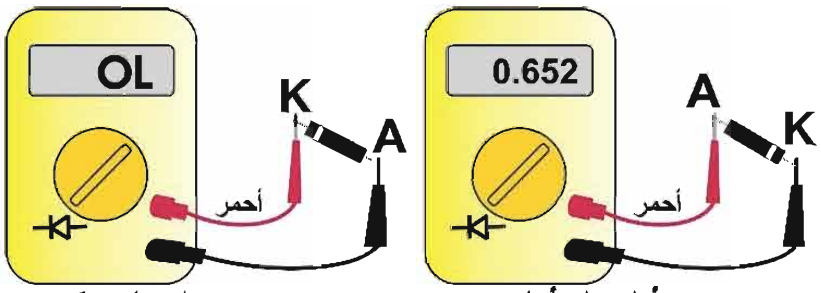
أ-انحياز أمامي ب-انحياز عكسي.

الشكل(9): فحص الثنائي شبه الموصل باستخدام جهاز قياس المقاومة الكهربائية.

- **اختبار هبوط الفولطية الأمامية:**

- جهز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار الثنائي، وذلك بوضع مفتاح الاختيار على وضع اختبار الثنائي ((Diode Test mode (⊣▶).
- قس هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي في وضع الانحياز الأمامي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأحمر على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأسود على مهبط(كاثود) الثنائي، كما في الشكل (أ/10)، وإذا كان الثنائي تحت الاختبار سليما، تكون قيمة هبوط الفولطية الأمامية (من 0.5 فولط إلى 0.8 ولط) بالنسبة للثنائيات المصنوعة من السيليكون، و(من 0.2 فولط إلى 0.3 فولط) بالنسبة للثنائيات المصنوعة من الجرمانيوم.
- ضع الثنائي في وضع الانحياز العكسي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأسود على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأحمر على مهبط(كاثود) الثنائي، كما في الشكل (ب/10)، وإذا كان الثنائي تحت الاختبار سليما، فيجب أن يعرض الجهاز قراءة (OL)، أي مقاومة عالية جداً.

والجدير بالذكر أن اختبار هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي هو الأفضل ونتائجه قاطعة أكثر من اختبار المقاومة.



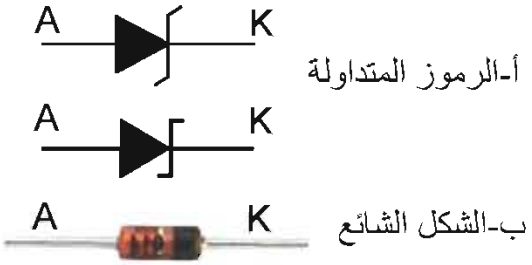
ب-انحياز عكسي. أ-انحياز أمامي

الشكل (10): اختبار هبوط الفولطية الأمامي.

3-1 ثنائي زينر

يتصرف ثنائي الزينر (Zener Diode) في حال انحيازه الأمامي كثنائي عادي (شبه موصل)، حيث يسمح بمرور التيار الأمامي عبره، في حين يمنع مروره في حال انحيازه العكسي إلى أن تبلغ قيمة الفولطية العكسية بين طرفيه قيمة الفولطية المصمم عنده ثنائي الزينر (V_z). وعند هذه النقطة يمرر ثنائي الزينر التيار في الاتجاه العكسي، وتبقى الفولطية بين طرفيه ثابتا بالرغم من تغير قيمة التيار العكسي المتدفق عبره، ويتوفر هذا الثنائي تجاريا بفولطيات انهيار عكسية (فولطيات زنر) مفضلة، فمنها على سبيل

المثال (2.7)، و(4.7)، و(5.1)، و(6.2)، و(6.8)، و(9.1)، و(10)، و(11)، و(12)، وهكذا إلى (200) فولط. ولقد صمم هذا الثنائي بحيث يبدد الحرارة المتولدة عنه عند تشغيله في حال الانهيار العكسي، ويصعب تلفه ما لم تتجاوز قيمة التيار العكسي المتدفق عبر الزينر القيمة القصوى المقررة (I_{zm})، ويبين الشكل (11) رمز ثنائي الزينر وشكله الشائع.



الشكل (11) ثنائي الزينر.

أ. المواصفات الفنية لثنائي الزينر

عند استبدال ثنائي زنر تالف أو عند اختيار آخر لاستخدامه في دارة إلكترونية معينة، يجب مراعاة مواصفاته الفنية التالية:

فولطية الزينر (Vz): هي قيمة الفولطية العكسية التي ينهار عندها الزينر، ويبدأ بتمرير التيار العكسي، وتبقى هذه الفولطية ثابتة بالرغم من التغيرات في قيمة التيار العكسي.

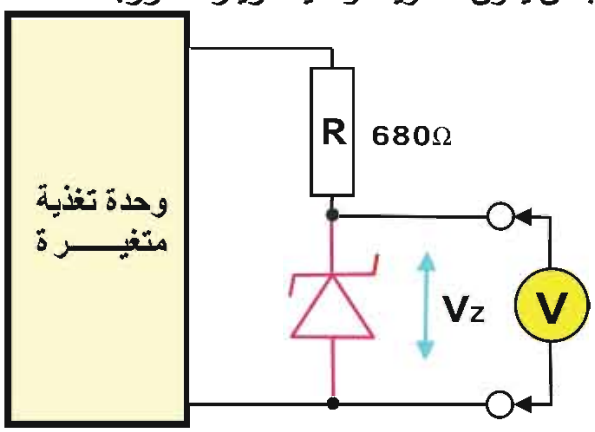
القدرة القصوى (Pzm): وهي أقصى قدرة بالواط يمكن أن يبددها ثنائي في حال انهياره العكسي دون أن يتلف، ويبين الجدول رقم (2) مواصفات بعض أنواع ثنائيات الزينر الشائعة الاستعمالات. ويطبع عادة على جسم ثنائي الزينر رقم السلسلة التي ينتمي إليها، وفولطيته، فعلى سبيل المثال: يشير الرقم (BZY88C9VI) إلى أن ثنائي الزينر ينتمي إلى السلسلة (BZY88)، في حين تبلغ فولطيتة (9.1) فولط.

الجدول (2): مواصفات بعض أنواع ثنائيات زنر الشائعة

السلسلة	القدرة بالواط (W)	العبوة	مدى الفولطيات المتوفرة بالفولط(V)
BZY88 Series	(0.5)	زجاجي	(15-2.7)
BZX85 Series	(1.3)	زجاجي	(62-5.1)
BZX61 Series	(1.3)	زجاجي	(72-7.5)
BZX55 Series	(0.5)	زجاجي	(91-2.4)
BZY93 Series	(20)	برغي	(75-9.1)
BZY97 Series	(1.5)	بلاستيكي	(37-9.1)
IN5333 Series	(5)	بلاستيكي	(24-3.3)

ب. اختبار ثنائي الزينر

يفحص ثنائي الزينر بصورة سريعة باستخدام الجهاز المتعدد القياسات الرقمي (DMM) بالطريقة نفسها التي اتبعتها في اختبار الثنائي العادي (شبه الموصل)، ويمكنك أن تحصل على نتائج أكثر دقة من خلال بناء دارة بسيطة كالمبينة في الشكل (12)، تمكنك من قياس هبوط الفولطية بين طرفي الزينر في منوال الانهيار العكسي، حيث يجب أن يكون مساويا لفولطية الزينر المقرر.



الشكل (12): بناء دارة بسيطة لقياس هبوط الفولطية بين طرفي الزينر في منوال الانهيار العكسي.

4-1 الثنائي المشع للضوء

يتميز الثنائي المشع للضوء (Light Emitting Diode) عن غيره من الثنائيات بإطلاقه للضوء عند مرور تيار كهربائي عبره نتيجة وجوده في حال الانحياز الأمامي. ويعد الثنائي المشع للضوء وسيلة مفيدة للإشارة إلى حاله معينة، ويتميز عن المصباح العادي ذي الفتيلة التقليدية في الكثير من المزايا، وأهمها احتياجه إلى قدر أقل من تيار التشغيل، وبموثوقيته العالية.

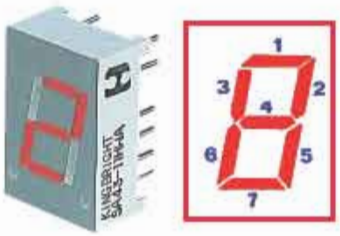
أ. رمز الثنائي المشع للضوء وشكله الشائع.

يصنع هذا الثنائي من فوسفيد الغاليوم ومن زرنيخيد فوسفيد الغاليوم، ويرمز له بالرمز المبين في الشكل (13)، وتكون شدة إنارته ملائمة عند تيار أمامي يتراوح بين (5-30) ميلي أمبير، ويتوفر هذا الثنائي بالهيئة المبينة في الشكل (13)، وبألوان عدة محددة، هي: الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق. كما يتوفر الثنائي المشع للأشعة غير المرئية تحت الحمراء (Infra-Red) ليستخدم في أجهزة التحكم عن بعد (Remote Control). ويعتمد لون الضوء الذي ينتجه الثنائي المشع للضوء على نوع المادة التي تصنع منها شريحته، وليس على لون غلافه الخارجي، فعلى سبيل المثال يصنع الثنائي المشع للضوء الأخضر من فوسفيد الغاليوم.

ب-الأشكال الشائعة أ-الرمز

الشكل (13) رمز الثنائي المشع للضوء وشكله الشائع.

ومما يجدر ذكره أن العارض سباعي الشرائح (Seven Segment Display) يتركب من سبع ثنائيات مشعة للضوء، ويظهر الرقم اعتمادا على أي مجموعة من الثنائيات تضيء في فترة معينة، كما هو مبين في الشكل (14).



الشكل(14): العارض سباعي الشرائح

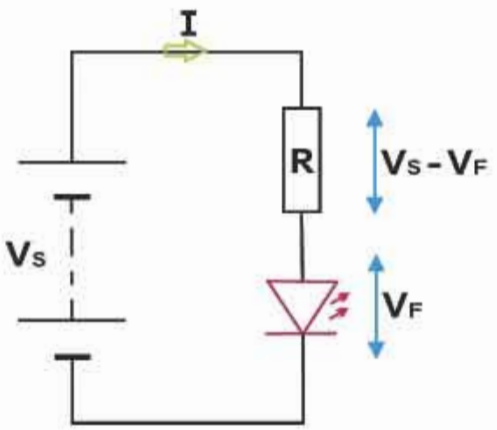
ب. دارة تشغيل الثنائي المشع للضوء

لضبط قيمة التيار الأمامي لهذا الثنائي عند قيمة مناسبة، توصل معه مقاومة على التوالي، كما مبين في الشكل (17)، وتحسب قيمتها بوساطة المعادلة الرياضية التالية: $Rs = \frac{V_S - V_F}{I}$

حيث أن: (V_F) تمثل هبوط الفولطية الأمامي عبر الثنائي بالفولط، ويمكن افتراض قيمتها بحوالي (2) فولط.

(V_S) تمثل فولطية المصدر، بالفولط.

(I) تمثل التيار الأمامي بالأمبير، وقيمته المناسبة هي (10) ميلي أمبير، وهي المفضلة للمقاومة (RS)



الشكل(15): دارة تشغيل الثنائي المشع للضوء.

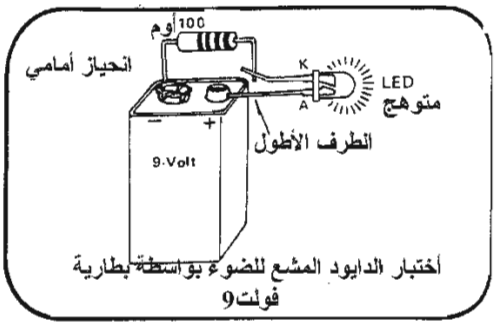
مثال: إذا كانت قيمة مصدر الفولطية (12) فولط، وتيار الثنائي المشع للضوء (20) ميلي أمبير، فما القيمة المناسبة لمقاومة التوالي (Rs)، علما أن هبوط الفولطية الأمامي عبر الثنائي يساوي (2) فولط.

الحل: $Rs = \frac{V_S - V_f}{I} = 12-2/0.02 = 500\ \Omega$

ويجب التنبه إلى أن جهود الانهيار العكسية للثنائيات المشعة للضوء تكون منخفضة بحيث لا تزيد عن (5) فولط، وإن تجاوزها سيؤدي إلى إتلاف الثنائي. أما في الدارات التي تتعامل بجهود مترددة، فمن الضروري توصيل ثنائي سيليكوني عادي (شبه موصل) بالتوازي مع الثنائي المشع للضوء.

ج. اختبار الثنائي المشع للضوء

يفحص الثنائي المشع للضوء بصورة سريعة باستخدام الجهاز المتعدد القياسات الرقمي (DMM) بالطريقة نفسها التي اتبعتها في اختبار الثنائي العادي (شبه الموصل)، ويمكنك أن تحصل على نتائج أكثر دقة من خلال بناء دارة بسيطة كالمبينة في الشكل (16).



الشكل (16): دارة بسيطة لفحص الثنائي المشع للضوء

4-1 التقييم الذاتي

1- أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.

2- إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضروريا.

الأسئلة

السؤال الأول

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة

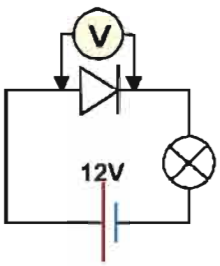
1- يصنع الثنائي شبه الموصل من:

أ- شريحتين شبه موصلتين نوع (P) ونوع (X).

ب- شريحتين شبه موصلتين نوع (P) ونوع (Y).

ج- شريحتين شبه موصلتين نوع (X) ونوع (N).

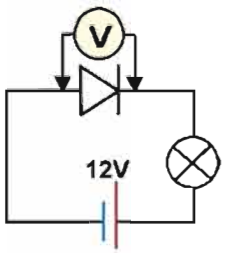
د- شريحتين شبه موصلتين نوع (P) ونوع (N) .



2- إن الثنائي شبه الموصل المبين في الشكل المجاور هو:

أ- منحاز أماميا.

ب- منحاز عكسيا.



3- إن الثنائي شبه الموصل المبين في الشكل المجاور هو:

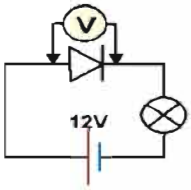
أ- منحاز أماميا.

ب- منحاز عكسيا .

4- يقرأ جهاز قياس الفولطية الموصل بين طرفي ثنائي السيليكو:ن في الشكل المجاور

أ- (12) فولط . ب- (0.7) فولط.

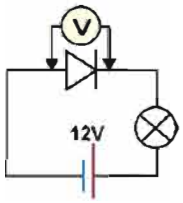
ج- (صفر) فولط . د- (0.3) فولط .



5- يقرأ جهاز قياس الفولطية الموصل بين طرفي الثنائي السيليكوني في الشكل المجاور:

أ- (12) فولط . ب- (0.3) فولط.

ج- (0.7) فولط. د- (صفر) فولط.



6- عند استبدال ثنائي تالف أو عند اختيار آخر لاستخدامه في دارة إلكترونية معينة، يجب مراعاة مواصفاته الفنية الآتية:

أ- المقاومة (بالأوم) والقدرة (بالواط).

ب- فولطية الانهيار العكسي والتيار الأمامي الأقصى.

ج- حجم الثنائي وفولطية تشغيله.
د- نوع مادة الثنائي وتياره.

7- يتوفر في جهاز القياس الرقمي متعدد القياسات ميزة اختبار الثنائي، فهو يقيس:
أ- مقاومة الثنائي في الاتجاهين الأمامي والعكسي.
ب- هبوط الفولطية الأمامي بين طرفي الثنائي.
ج- التيار عبر الثنائي.
د- فولطية الانهيار العكسي.

8- تحت شروط العمل العادية، تتراوح قيمة الفولطية الأمامية على طرفي الثنائي المشع للضوء (LED) بين:
أ- (10-7) فولط ب- (5-3) فولط
ج- (2-1) فولط د- (صفر-1) فولط

9- يتم تشغيل ثنائي الزينر :
أ- على منوال الانحياز الأمامي ب- على منوال الانحياز العكسي
ج- بالتوالي مع الحمل الكهربائي د- بالتوازي مع مصدر التغذية

10- العمل الأساسي لثنائي الزينر هو:
أ- التقويم ب- التكبير
ج- تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر د- تنظيم الفولطية

11- يشير ثنائي الزينر الذي يحمل الرقم (BZY 88C 9V1) إلى أن فولطية الزينر هي:
أ- (88) فولط ب- (9) فولط
ج- (89) فولط د- (9.1) فولط

12- عند استبدال ثنائي زنر تالف أو عند اختيار آخر لاستخدامه في دارة إلكترونية معينة، يجب مراعاة مواصفاته الفنية التالية:

أ- فولطية الزينر ومقاومته ب- فولطية الزينر والقدرة القصوى
ج- فولطية الزينر والتيار الأمامي الأقصى د- حجمه ومقاومته

13- يمكن اختبار ثنائيات زنر بصورة سريعة باستخدام جهاز قياس المقاومة الكهربائية، وبنفس الأسلوب المتبع في اختبار الثنائيات أشباه الموصلات:
أ- عبارة خاطئة ب- عبارة صحيحة

14- يتم تغذية دارة منظم زنر من مصدر فولطية مستمر غير ثابت القيمة، ويجب أن تزيد قيمة فولطية المصدر بحوالي:
أ- (4-3) أضعاف فولطية الزينر ب-(2.5-2) أضعاف فولطية الزينر
ج- (2-1.5) أضعاف فولطية الزينر د-قيمة مساوية تقريبا لفولطية الزينر (Vz)

السؤال الثاني

أكمل الفراغات التالية بالعبارات المناسبة:
1. أشهر المواد شبه الموصلة المستخدمة في صناعة العناصر الإلكترونية هي ------- يليه -------

2. التطعيم هو عملية ----------، والهدف من عملية التطعيم هو ----------.

3. يحتوي شبه الموصل السالب (N-type) على عدد هائل من -------، ويمكن الحصول عليه بإضافة مادة شائبة ذات خمسة إلكترونات تكافىء السيليكون والجرمانيوم النقي.

4. يحتوي شبه الموصل الموجب (P-type) على عدد هائل من ----------، ويمكن الحصول عليه بإضافة مادة شائبة ذات ثلاثة إلكترونات تكافىء السيليكون والجرمانيوم النقي.

5. تكون القيمة التقريبية لفولطية الحاجز عبر منطقة الاستنزاف (---) فولط لثنائي السيليكون، و(---) فولط لثنائي الجرمانيوم.

السؤال الثالث

ارسم ما يلي:

1. ارسم تركيب ورمز الثنائي شبه الموصل.

2. ارسم دارة تحتوي على ثنائي شبه موصل ومصباح وبطارية، بحيث يكون فيها الثنائي في حاله انحياز أمامي والمصباح مضاءً.

3. ارسم دارة تحتوي على ثنائي شبه موصل ومصباح وبطارية، بحيث يكون فيها الثنائي في حاله انحياز عكسي والمصباح مطفأ.

5-1 التمارين العملية

إجراءات السلامة والصحة المهنية عند تطبيق تمارين هذه البطاقة

إن تطبيقك لإجراءات السلامة والصحة المهنية والسلوك المهني السليم عند تطبيق تمارين هذه الوحدة هو الطريقة الأمثل لنجاحك وتفوقك، واكتساب احترام وتقدير الآخرين وتجنبك للحوادث المحتمل حدوثها أثناء العمل. ومن أهم هذه السلوكيات ما يأتي:

- تقيد بلباس التدريب داخل الورشة والتزم بمتطلبات السلامة الآخرى مثل: الحذاء المناسب لحماية القدمين، والقفازات الواقية لحماية اليدين، والنظارات الواقية لحماية العينين.
- دائما افصل التيار الكهربائي من المصدر قبل القيام بأي عمل حتى لو كنت تجري تعديلات بسيطة.
- احرص على عدم لمس أي جزء معدني مكشوف في الدارات الكهربائية التي تعمل عليها، فقد يسبب ذلك إصابتك بالصعقة الكهربائية.
- استخدم المفكات والزراديات والقطاعات المعزولة المخصصة لأعمال الكهرباء.
- تأكد من صلاحية العدد والأدوات قبل استخدامها.
- ارجع نصل سكين التعرية إلى غمده فور الانتهاء من استعمالها.
- اطلب من مدربك تفقد الدارة الكهربائية التي قمت ببنائها قبل وصلها بمصدر القدرة الكهربائية.
- المحافظة على نظافة وترتيب المشغل ومكان العمل.
- المحافظة على الأجهزة والأدوات واستخدامها وصيانتها بحسب تعليمات الشركة الصانعة.
- التأكد من تهوية مكان العمل.
- احترام قواعد العلاقات البينية والعمل كعضو ضمن فريق في بيئة العمل.

رقم التمرين: (1)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: لحام العناصر الإلكترونية على اللوحات المطبوعة وفكها.	10 ساعات

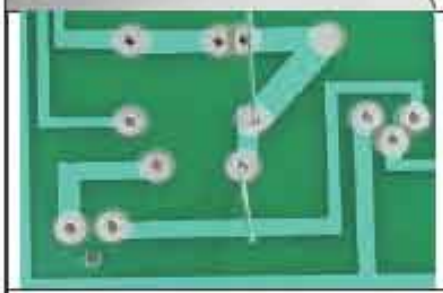
- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن:
  1. تلحم العناصر الإلكترونية على اللوحات المطبوعة باستخدام كاوي لحام كهربائي.
  2. تفك لحام العناصر الإلكترونية باستخدام شريط إزالة اللحام النحاسي.
  3. تفك لحام العناصر الإلكترونية باستخدام مضخة شفط اللحام.
  4. تفك لحام العناصر الإلكترونية باستخدام محطة الهواء الساخن.
  5. تلحم العناصر الإلكترونية باستخدام محطة الهواء الساخن.

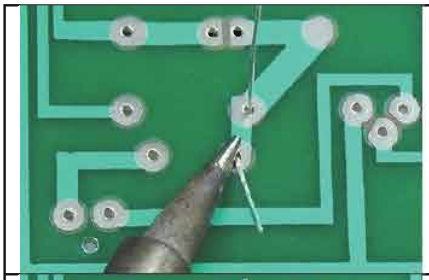
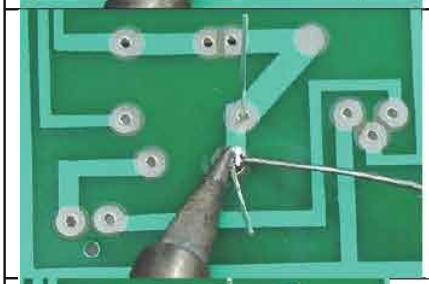
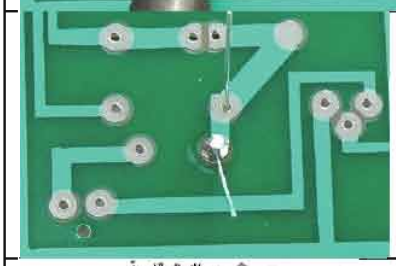
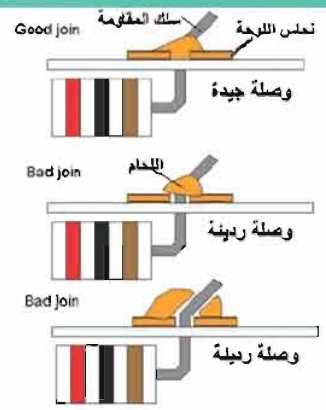
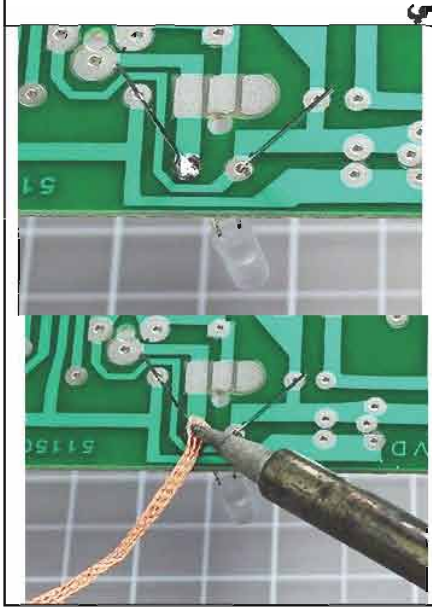
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

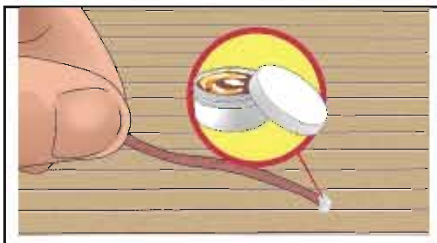
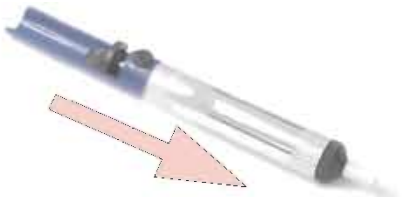
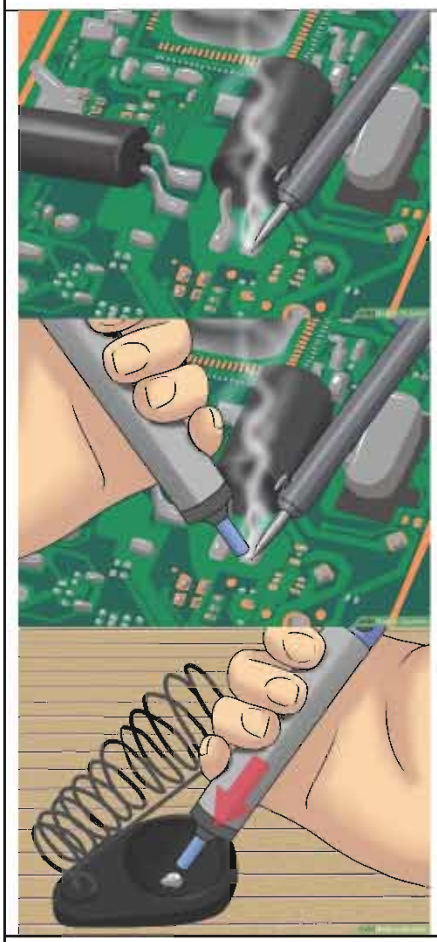
الأدوات والتجهيزات والمواد			
1	عناصر إلكترونية	1	مجموعات من العناصر الإلكترونية من ثنائيات وترانزستورات عادية وسطحية.
3	كاوي لحام	1	30 واط

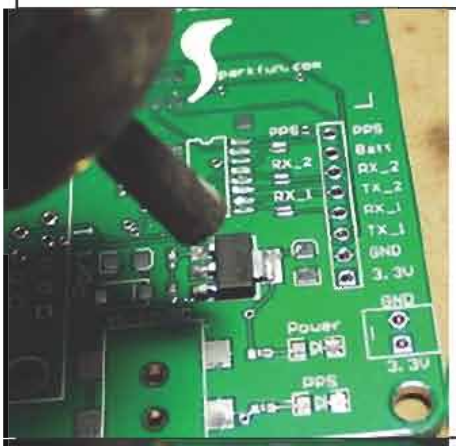
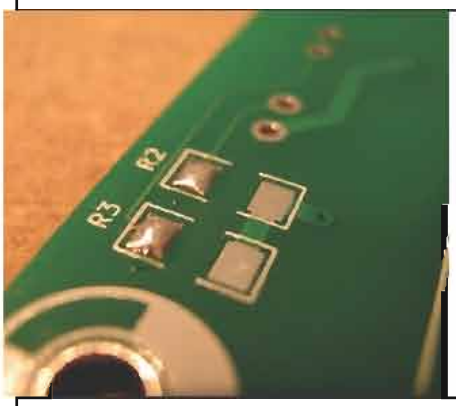
4	محطة اللحام بالهواء الساخن	1	
5	لوحات إلكترونية مطبوعة من أجهزة قديمة		
6	لحام قصدير	1	
7	شريط إزالة اللحام	1	
8	مضخة شفط للحام	1	
9	مادة الفلكس	1	

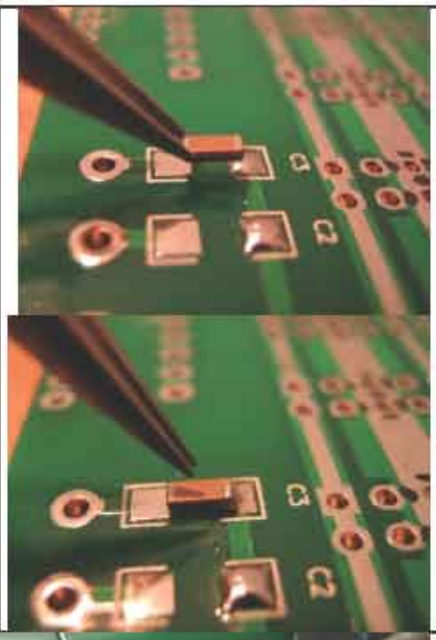
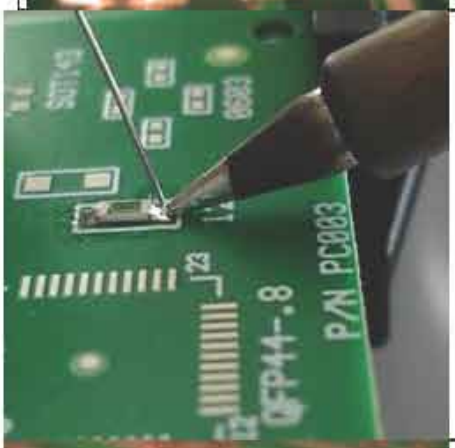
• خطوات العمل

	خطوات العمل والنقاط الهامة	الرسوم التوضيحية
أولاً: تلحيم العناصر الإلكترونية على اللوحات المطبوعة باستخدام كاوي اللحام الكهربائي.		
1	حضر الأدوات والتجهيزات اللازمة للعمل.	
2	اختر لوحة مطبوعة مناسبة لتركيب العناصر الإلكترونية.	
3	حضر العناصر الإلكترونية المراد تثبيتها على اللوحة الإلكترونية.	
4	نظف وبيّض رأس كاوي اللحام باتباع الخطوات الآتية: • وصل الكاوي بالمصدر الكهربائي ودعه يسخن • نظف رأس الكاوي بوساطة اسفنجة رطبة. • امسك كاوي اللحام بيدك اليمنى وسلك اللحام باليد اليسرى، ثم ضع طرف سلك اللحام على رأس كاوي اللحام، وتحقق أن القصدير المنصهر ينساب حول رأس الكاوي بالتساوي.	
6	ادخل أطراف العنصر الإلكتروني المراد لحامه في الثقوب المخصصة لها في لوحة التوصيل.	
7	قص الأطراف الزائدة عن الحاجة بوساطة قطاعة الأسلاك.	

8	امسك كاوي اللحام بيدك اليمنى وسلك اللحام باليد اليسرى، ثم ضع رأس كاوي اللحام على طرف العنصر البارز وبحيث يلامس السكة النحاسية على اللوحة المطبوعة وذلك لتسخينهما معاً، كما في الشكل المجاور.	
9	انتظر بضع ثوانٍ كي يسخن طرف العنصر، ثم قرب طرف سلك اللحام ليلامسه ويبدء بالانصهار والانتشار حوله.	
10	ارفع رأس الكاوي وافسح المجال للقصدير ليبرد بشكل طبيعي. كرر العملية للحام الطرف الثاني للعنصر، ثم قص الأطراف الزائدة باستخدام قطاعة أسلاك خاصة بالاشغال الإلكترونية.	
	يبين الشكل أمثلة على وصلات اللحام الجيدة والرديئة.	
ثانياً:تفك لحام العناصر الإلكترونية باستخدام شريط إزالة اللحام النحاسي		
11	ضع شريط شفط اللحام فوق وصلة اللحام المراد فكها، ثم ضع رأس كاوي اللحام الساخن فوق شريط إزالة اللحام النحاسي، كما في الشكلين المجاورين. ثم انتظر بضع ثواني كي يمتص الشريط النحاسي كل القصدير المنصهر.ثم كرر العملية إذا لزم.	

	إذا واجهتك صعوبة في فك بعض وصلات اللحام، يمكنك تسريع عملية إزالة اللحام بوضع القليل من معجون اللحام على طرف شريط إزالة اللحام النحاسي.	
ثالثا:تفك لحام العناصر الإلكترونية باستخدام مضخة شفط اللحام.		
12	اضغط مكبس مضخة شفط اللحام حتى النهاية وذلك لتجهيزها لعملية شفط اللحام المنصهر، كما في الشكل المجاور.	
13	سخن وصلة اللحام المراد فكها باستخدام كاوي اللحام، ثم انتظر حتى يبدء اللحام بالانصهار، ثم قرب فوهة المضخة من اللحام المنصهر واضغط على زر تحرير مكبس المضخة، وذلك كي يرتد المكبس للخلف ويسحب معه اللحام المنصهر. تخلص من اللحام الذي سحبته المضخة في وعاء مناسب، ثم كرر العملية عدة مرات إذا لزم. تنويه: إذا واجهتك صعوبة في فك بعض وصلات اللحام، يمكنك تسريع عملية إزالة اللحام بوضع القليل من معجون اللحام على الوصلة المراد فكها ثم صهره بكاوي اللحام.	
رابعاً:تفك لحام العناصر الإلكترونية باستخدام الهواء الساخن.		

14	اقرأ دليل استخدام محطة اللحام بالهواء الساخن التي لديك، وتعرف على مكوناتها وطريقة ضبطها واستخدامها.	
15	اضبط درجة حرارة الهواء الساخن وقوته على قيمة وسطية.ثم شغل كاوي الهواء وانتظر حتى يسخن.	
16	وجه الهواء الساخن نحو العنصر المراد فكه (على مسافة 10 سم تقريباً)	
17	استمر في تسليط الهواء الساخن حتى ينصهر القصدير، ثم ارفع العنصر الإلكتروني عن اللوحة بوساطة ملقط مناسب.	
18	نظف مكان العنصر الإلكتروني الذي تم فكه جيدا بوساطة شريط شف اللحام النحاسي.	
خامساً: تلحم العناصر الإلكترونية باستخدام الهواء الساخن.		
19	بيض أماكن تركيب أطراف العنصر الإلكتروني المراد لحمه على اللوحة الطبوعة، وذلك بوضع كمية صغيرة من اللحام على كل منها كما هو في الشكل المجاور.	
20	ضع العنصر الإلكتروني في مكانه على اللوحة المطبوعة	

	بالشكل الصحديح باستخدام ملقط دقيق كما هو في الشكل المجاور.	
21	امسك كاوي اللحام بيدك اليمنى وسلك اللحام باليد اليسرى، ثم ضع رأس كاوي اللحام على مربع النحاس بجانب طرف العنصر بزاوية 45 درجة وذلك لتسخينهما معاً.	
22	انتظر بضع ثوانٍ كي يسخن طرف العنصر، ثم قرب طرف سلك اللحام ليلامسه ويبدء بالانصهار والانتشار حوله. ويجب التنويه إلى أن وصلة أو نقطة اللحام الجيدة تكون لامعة ومحدبة الشكل.ثم الحم الطرف الثاني (أو الأطراف الأخرى) للعنصر الإلكتروني بالأسلوب نفسه.	

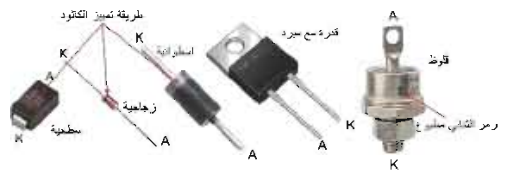
رقم التمرين: (2)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: **فحص صلاحية الثنائيات.**	5 ساعات

- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن:
  1. تمييز أطراف الثنائي من خلال الرموز المطبوعة عليها.
  2. تستخرج المواصفات الفنية للثنائي من كتاب المكافِئات.
  3. تبني دارة لدراسة خواص الثنائي شبه الموصل وعلاقة الانحياز بمرور التيار.
  4. تفحص صلاحية مختلف أنواع الثنائيات باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي (DMM).
  5. تبني دارة مؤشر ضوئي تستخدم الثنائي المشع للضوء.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
1	ثنائيات أغراض عامة	10	مختلفة الأشكال والأنواع والأحجام (1N4001,1N4007,1N4148)
2	ثنائيات مشعة للضوء	5	ألوان مختلفة (أحمر اخضر، اصفر، ازرق)
3	ثنائيات زينر	5	(5.1)، و(6.2)، و(9.1)، و(10)، و(12) فولط
4	لوحة تجارب (Breadboard)، مع طقم أسلاك التوصيل الخاصة بها.	1	
5	وحدة تغذية تيار مستمر (صفر-12) فولط		(صفر-12) فولط 1 أمبير
6	مصباح 6 فولط مع قاعدته	1	
7	جهاز متعدد قياسات رقمي (DMM)	1	
8	مقاومة	1	220 أوم ½ واط
9	كتاب مكافئات أشباه الموصلات (البدائل)	1	
	عدسة مكبرة	1	

● خطوات العمل

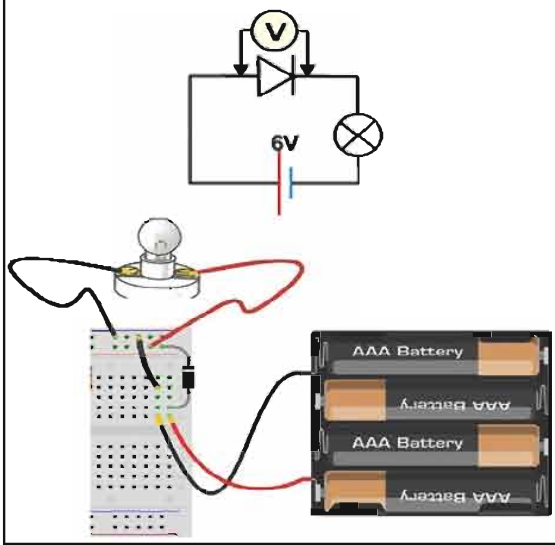
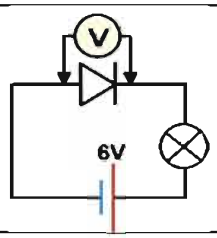
	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
أولاً: تمييز أطراف الثنائي وتستخرج مواصفاته الفنية من كتاب مكافئات أشباه الموصلات.		
1	صنف مجموعة الثنائيات التي تسلمتها من مدربك حسب الشكل والحجم (أسطوانية/زجاجية/برغي قلوظ- ----).	
2	حدد أطراف هذه الثنائيات التي أمامك من خلال الرموز المطبوعة على أجسامها.	
3	اقرأ الرمز المميز للثنائي المطبوع على جسمه.	الرمز المميز
4	استخرج المواصفات الفنية للثنائي من كتاب مكافِئات أشباه الموصلات، وسجل هذه المواصفات في الجدول	

	(1) المبين أدناه.	
5	كرر الخطوات السابقة (1-4) لكافة الثنائيات التي تسلمتها من مدربك.	

الجدول (1)

الرقم	الرمز المميز للثنائي	شكل الثنائي	التيار الأمامي الأقصى	الفولطية العكسية الأقصى	نوع مادة الثنائي	هبوط الفولطية الأمامي	الإستخدامات	رسم الثنائي مع تحديد الأطراف

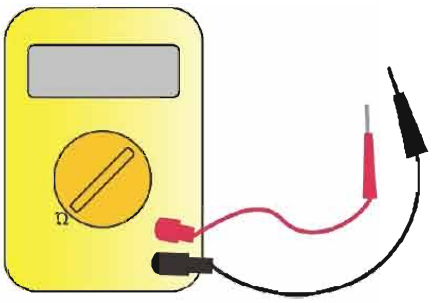
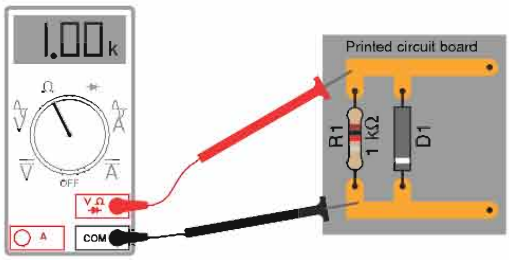
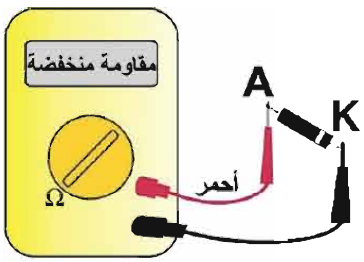
ثانيا:

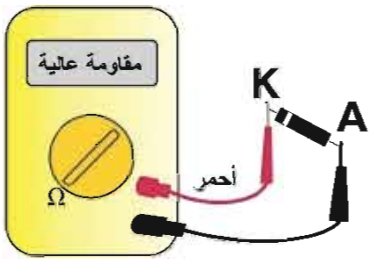
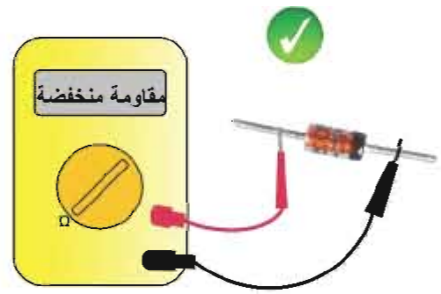
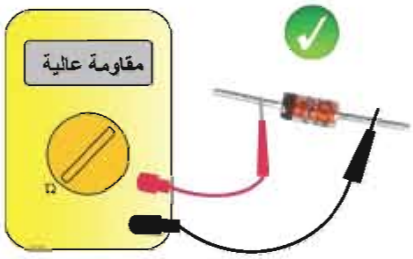
	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	دراسة خواص الثنائي شبه الموصل وعلاقة الانحياز بمرور التيار.	
1	صل الدارة المبينة في الشكل المجاور على لوحة تجارب	
2	اضبط مصدر التغذية المستمرة على 6 فولط، وصله بالدارة مع مراعاة القطبية.	
3	قس هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي، ثم بين طرفي المصباح (الحمل).	
4	سجل النتائج في الجدول رقم(2).	
5	أعد توصيل الدارة كما في الشكل المجاور وذلك بعكس وصلتي مصدر الفولطية (أي عكس قطبية المصدر).	
6	كرر الخطوات السابقة 3 و4.	

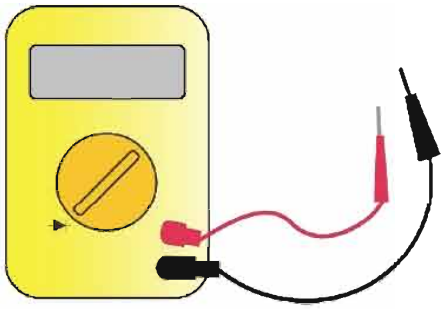
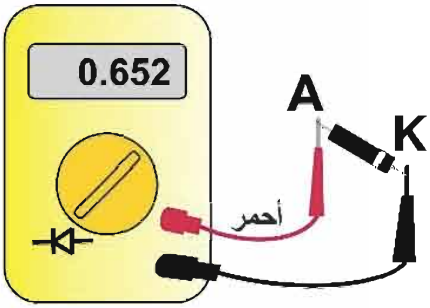
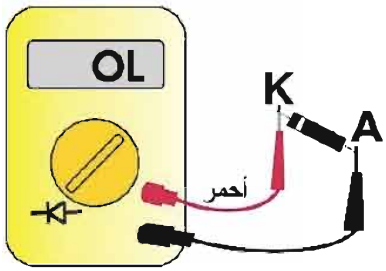
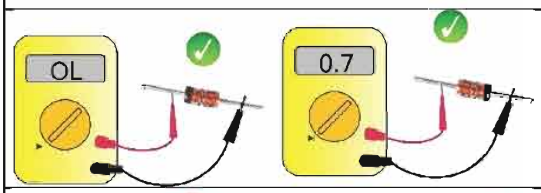
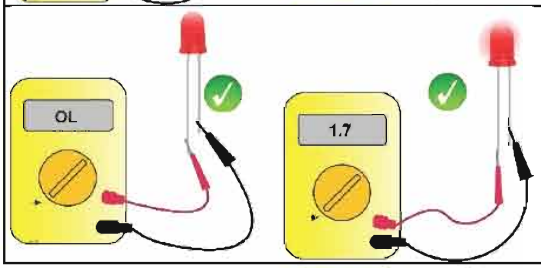
الجدول (2)

حاله الانحياز	حاله المصباح	هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي	هبوط الفولطية بين طرفي المصباح
أمامي			
عكسي			

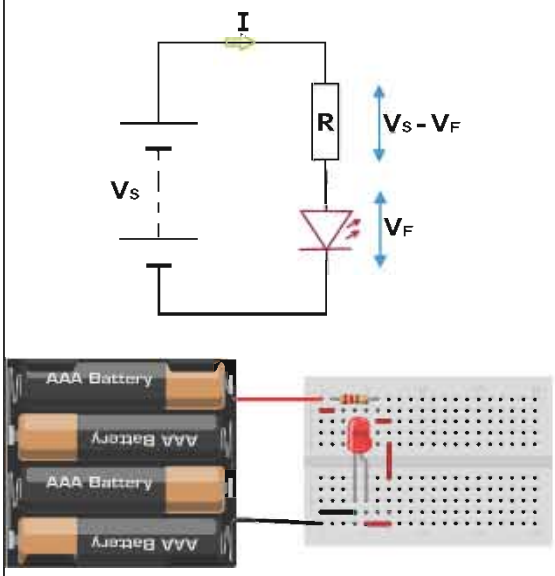
ثالثا:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
فحص صلاحية مختلف أنواع الثنائيات باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي (DMM).		
	اختبار المقاومة:	
1	جهز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لقياس المقاومة الكهربائية، وذلك باتباع الخطوات التالية: o ضع المجس السالب (الأسود) في المقبس المشترك (COM)، وضع المجس الموجب (الأحمر) في مقبس قياس الفولطية والمقاومة والتيار المستمر بالملي أمبير(VΩMa). o ضع مفتاح الاختيار على مدى ال قياس20 كيلو أوم في قسم قياس المقاومة الكهربائية على واجهة الجهاز. o جهز ثنائي التقويم أو الإشارة المراد اختباره مثلا (1N4001,1N4007,1N4148). ويجب التنويه إلى أنه إذا كان الثنائي المراد فحص صلاحيته مثبت في دارة إلكترونية، فيجب أولاً فصل التيار الكهربائي عن الدارة، وفصل أحد طرفي الثنائي عن اللوحة المطبوعة على الأقل، وذلك قبل فحص الثنائي لتفادي الحصول على قراءات خاطئة.وعلى سبيل المثال في الشكل المجاور المقاومة الموصولة بالتوازي مع الثنائي سوف تأثر على قراءة جهاز الفحص.	 
2	قس مقاومة الثنائي في وضع الانحياز الأمامي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأحمر على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأسود على مهبط(كاثود) الثنائي، كما في الشكل المجاور، ويجب الحصول على مقاومة منخفضة نسبيا إذا كان الثنائي تحت الاختبار سليما.	

3	قس مقاومة الثنائي في وضع الانحياز العكسي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأسود على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأحمر على مهبط(كاثود) الثنائي، كما في الشكل المجاور، ويجب الحصول على مقاومة مرتفعة جدا (OL) إذا كان الثنائي سليما.	
4	كرر الخطوات السابقة (1-3) لاختبار ثنائي زينر هذه المرة، كما في الشكلين المجاورين.	 
5	كرر الخطوات السابقة (1-3) لاختبار مشع للضوء هذه المرة، كما في الشكلين المجاورين.	

اختبار هبوط الفولطية الأمامية:		
6	▪ جهز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار الثنائي، وذلك بوضع مفتاح الاختيار على وضع اختبار الثنائي (Diode Test mode (⊣▶+)). ▪ جهز ثنائي التقويم أو الإشارة المراد اختباره مثلا (1N4001,1N4007,1N4148). ويجب التنويه إلى أنه إذا كان الثنائي المراد اختباره ملحوما في دارة إلكترونية، فيجب أولاً فصل التيار الكهربائي عن الدارة، وفصل أحد طرفي الثنائي على الأقل.	
7	قس هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي في وضع الانحياز الأمامي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأحمر على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأسود على مهبط(كاثود) الثنائي، كما في الشكل المجاور، وإذا كان الثنائي تحت الاختبار سليما، تكون قيمة هبوط الفولطية الأمامية (من 0.5 فولط إلى 0.8 ولط) بالنسبة للثنائيات المصنوعة من السيليكون، و(من 0.2 فولط إلى 0.3 فولط) بالنسبة للثنائيات المصنوعة من الجرمانيوم.	
8	ضع الثنائي في وضع الانحياز العكسي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأسود على مصعد(أنود) الثنائي، ووضع المجس الأحمر على مهبط(كاثود) الثنائي، كما في الشكل المجاور، وإذا كان الثنائي تحت الاختبار سليما، فيجب أن يعرض الجهاز قراءة (OL).	
9	كرر الخطوات السابقة (6-8) لاختبار ثنائي زينر هذه المرة، كما في الشكلين المجاورين.	
10	كرر الخطوات السابقة (6-8) لاختبار مشع للضوء هذه المرة، كما في الشكلين المجاورين.	

رابعا:

خطوات العمل والنقاط الحاكمة		الرسوم التوضيحية
تبني دارة مؤشر ضوئي تستخدم الثنائي المشع للضوء.		
1	وصل الدارة المبينة في الشكل المجاور على لوحة تجارب. تنوية: قيمة المقاومة 220 أوم (أحمر، أحمر، بني).	
2	اضبط مصدر التغذية المستمرة على 6 فولط، ثم وصله بالدارة مع مراعاة القطبية.	
3	قس هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي، ثم بين طرفي المقاومة.	
4	سجل النتائج في الجدول رقم(3).	
5	اعكس قطبية المصدر في الدارة.	
6	كرر الخطوات السابقة 3 و4.	

الجدول (3)

حاله الانحياز	حاله الثنائي المشع للضوء	هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي المشع للضوء	هبوط الفولطية بين طرفي المقاومة
أمامي			
عكسي			

تمارين الممارسة العملية

- نفذ التمرين الآتي بطريقة العمل الجماعي، أو حسب إرشادات المدرب.

رقم التمرين: ()	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: بناء دارة بسيطة لفحص صلاحية الثنائيات	ساعات

- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن :
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
1			
2			
3			

- خطوات العمل

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
1		
2		
3		
4		
6		
7		
8		
9		
10		
14		
15		
16		

هدف التعلم الثاني:

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم أدناه عليك أن تصبح قادرا على أن تبني دارات التغذية المستمرة(DC) البسيطة.

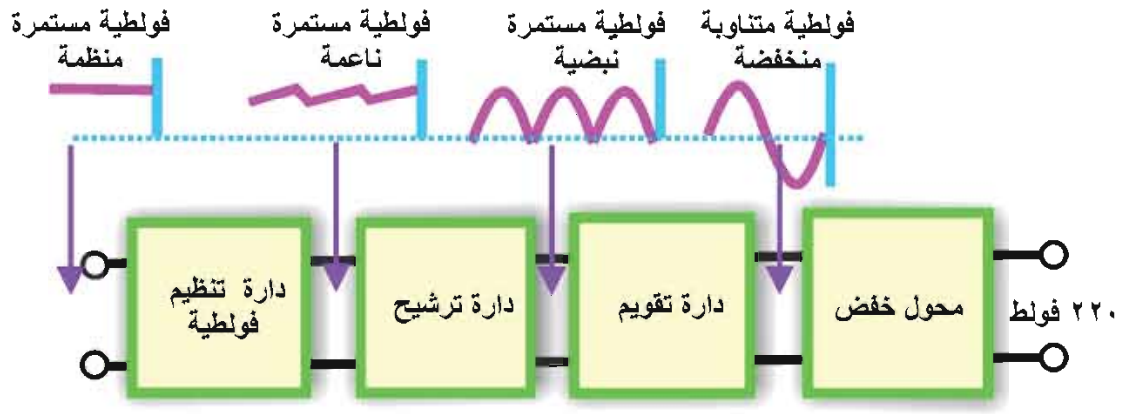
أنشطة التعلم	المصادر
المادة التعلمية	الوحدة التدريبية
تنفيذ التمارين العملية	المشغل/ بإشراف المدرب
زيارة المواقع الإلكترونية	الإلكترونية http://www.qariya.com/ http://www.electronics-tutorials.ws/ dc power supply tutorial https://www.youtube.com/watch?v=cyhzpFqXwdA&t=410s
التدريب الميداني	

2-وحدات تغذية التيار المستمر

تحتاج معظم الأجهزة الإلكترونية إلى فولطية تغذية تيار مستمر (D.C)، ويتم تأمينها من البطاريات في الأجهزة الإلكترونية المحمولة مثل أجهزة الهاتف المحمول والراديو والآلات الحاسبة، ولكن في معظم الحالات يتم تأمين فولطية التغذية بالتيار المستمر المطلوبة من شبكة التيار العام (220V/A.C)، حيث تستخدم دارة خاصة في الجهاز تعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر مناسب لتغذية الدارات الإلكترونية، ويطلق عليها اسم وحدة التغذية (DC Power Supply).

2-1 المخطط الصندوقي لوحدة التغذية

يبين الشكل (17) المخطط الصندوقي لوحدة التغذية، ويمكن توضيح عمل كل مرحلة من مراحل وحدة التغذية على النحو التالي:



الشكل(17): المخطط الصندوقي لوحدة التغذية.

- **مرحلة خفض الفولطية:** يستخدم محول خفض لتخفيض فولطية شبكة التيار العام (220V/A.C) إلى قيمة مناسبة حسب حاجة الجهاز الإلكتروني.

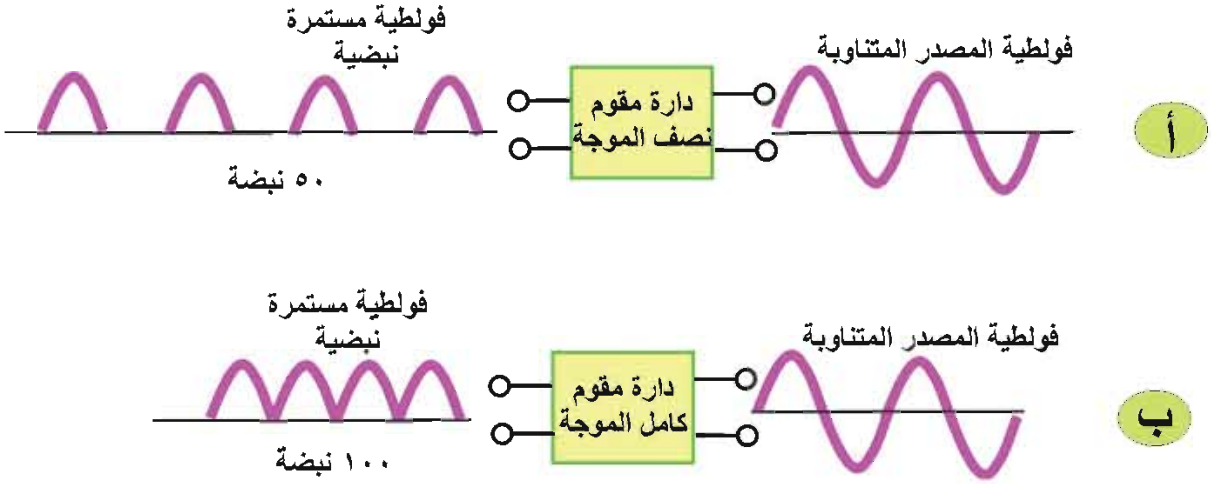
- **مرحلة التقويم:** تستخدم دارة تقويم مكونة من ثنائيات، تعمل على تحويل موجة الفولطية الجيبية (A.C) إلى فولطية مستمرة ولكن نبضية.
- **مرحلة الترشيح:** تحتاج معظم الأجهزة الإلكترونية إلى فولطية تغذية ثابتة وناعمة جدا، ولكن الفولطية التي تنتجها دارة التقويم هي فولطية مستمرة نبضية، وبالتالي غير مناسبة لتغذية معظم الأجهزة الإلكترونية، لذا فإننا نحتاج إلى دارة ترشيح تعمل على تنعيم هذه الفولطية النبضية وتجعلها مناسبة لتغذية الأجهزة الإلكترونية.
- **مرحلة تنظيم الفولطية:** في الحالات المثالية، يجب إعطاء وحدة التغذية فولطية خرج ثابتة القيمة، وهذا صعب التحقيق من الناحية العملية نظراً للعاملين التاليين:
  - عدم ثبوت فولطية شبكة التيار العام (220V/A.C)، حيث غالبا ما تتراوح بين (240- 200) فولط.
  - عدم ثبوت الحمل الكهربائي، لأنه كلما زاد الحمل الكهربائي وزاد سحب التيار من وحدة التغذية، انخفضت فولطية خرجها، والعكس صحيح.

لذا تستخدم دارات خاصة تعرف بدارات منظمات الفولطية تعمل على تنظيم وتثبيت فولطية الخرج بالرغم من تغيرات فولطية الدخل والحمل الكهربائي.

2-2 دارات تقويم التيار المتناوب

تمثل دارات تقويم التيار المتناوب قلب وحدة التغذية، وتقوم بتحويل موجة التيار المتناوب الجيبية (A.C) إلى موجة مستمرة ولكن نبضية، ويكون ترددها مساوٍ للتردد موجة المصدر (50 هيرتز) في دارات مقوم نصف الموجة، أي (50) نبضة في الثانية الواحدة، كما يبين الشكل (20/أ). ويكون ترددها ضعف تردد موجة المصدر في دارات مقوم كامل الموجة، أي (100) نبضة في الثانية الواحدة، ترددها كما يبين الشكل (18/ب).

وسوف تتعرف فيما يلي أهم أنواعها بشيء من التفصيل.

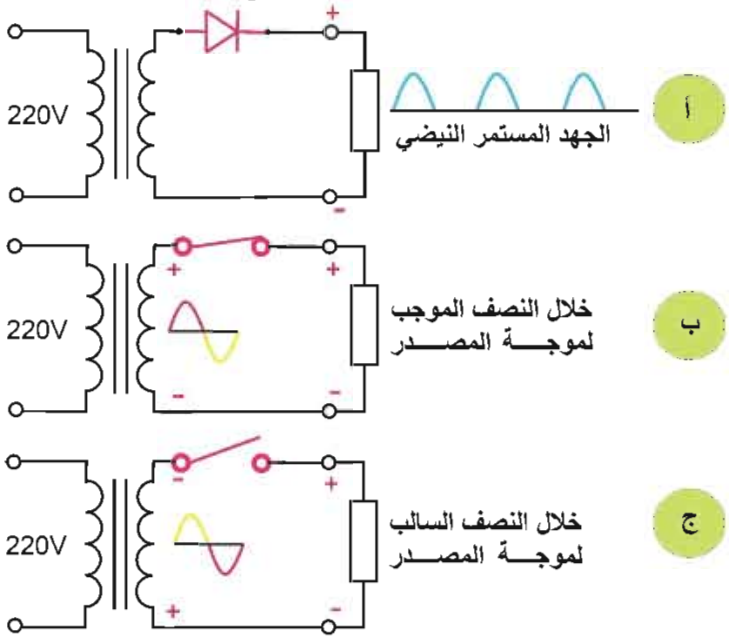


الشكل (18) عمل دارات تقويم التيار.

أ. مقوم نصف الموجة

يبين الشكل (19/أ) دارة مقوم نصف الموجة (Half –Wave Rectifier)، حيث يعمل المحول على خفض فولطية الدخل (220V/A.C) إلى القيمة المطلوبة، أما المقاومة فتمثل الحمل الكهربائي المطلوب تغذيته بالتيار المستمر، ويمكن توضيح عملها على النحو الآتي:

- في خلال فترة نصف الدورة الموجبة لموجة المصدر يكون الثنائي في حال انحياز أمامي، كما في الشكل (19/ب)، حيث يكون المصعد (أنود) موجب بالنسبة إلى المهبط (كاثود). وفي هذه الحال، يتصرف الثنائي كمفتاح في حال وصل (ON) يسمح بمرور التيار عبر الحمل، وبالتالي تمر نصف الموجة الموجبة من موجة الدخل الجيبية في الحمل.



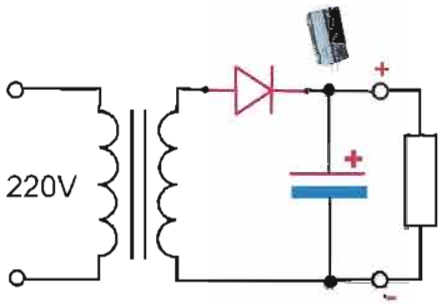
الشكل (19) دارة مقوم نصف الموجة ومبدأ عمله.

- وفي خلال فترة نصف الدورة السالبة لموجة المصدر يكون الثنائي في حال انحياز عكسي، كما في الشكل (19/ج)، حيث يكون المصعد(أنود) موجب بالنسبة إلى المهبط(كاثود). وفي هذه الحال، يتصرف الثنائي كمفتاح في حال فصل (OFF) يمنع مرور التيار عبر الحمل، وبالتالي لا تمر نصف الموجة السالبة في الحمل. وتلاحظ أن الموجة الجيبية للفولطية قد تحولت إلى فولطية مستمرة النبضية، ويمكن الملاحظة أنه يوجد نبضة خرج مقابل كل موجة دخل، أي أن تردد النبضات هو تردد موجة المصدر الجيبية نفسها، وبالتالي يكون هناك (50) نبضة في الثانية الواحدة.

<u>مرحلة الترشيح:</u>

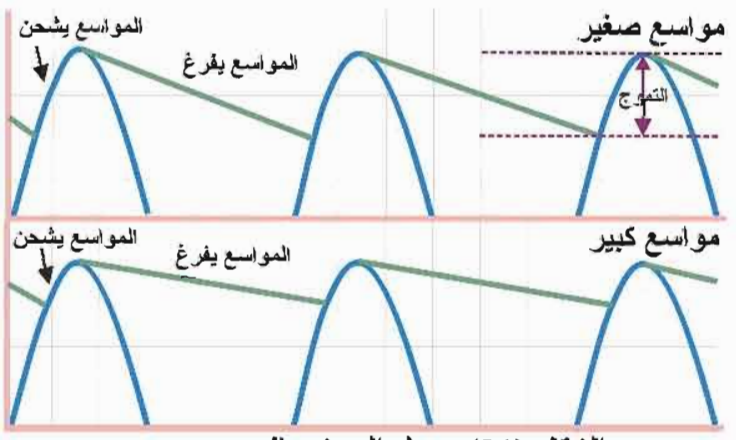
- بما أن الفولطية المستمرة النبضية غير مناسب لتغذية الأجهزة الإلكترونية، لذا توصل دارة ترشيح في مخرج دارة التقويم، تعمل على تحويل الفولطية المستمرة النبضية إلى فولطية مستمرة ناعمة. ودارة الترشيح في أبسط أشكالها ليس أكثر من مواسع (مكثف كهربائي) موصول بين

طرفي خرج دارة التقويم كما موضح في الشكل (20)، ويعرف باسم "المرشح السعوي". ويمكن توضيح مبدأ عمله على النحو الآتي:



الشكل(20): المرشح السعوي.

- عند وصول نبضة فولطية إلى المواسع، يبدأ هذا المواسع بالشحن حتى تصل الفولطية بين طرفيه إلى قيمة الذروة لنبضة الفولطية، كما مبين في الشكل (21) سواء للمواسع الصغير أم الكبير.
- وعند اختفاء نبضة الفولطية، يبدأ المواسع بالتفريغ في مقاومة الحمل (R_L)، ويستمر في التفريغ إلى أن تصل نبضة فولطية أخرى، حيث يبدأ مرة أخرى بالشحن إلى القيمة الذروية لنبضة الفولطية.



الشكل (21): عمل المرشح السعوي.

وبالتمعن في الشكل (23)، تلاحظ بأن المواسع يحاول الحفاظ على الفولطية عند مستوى ثابت، يساوي تقريبا القيمة الذروية لفولطية النبضة، وبالتالي فإن فولطية الخرج بين طرفي المواسع تعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

$$V_{OUT} \approx V_{IN} \times \sqrt{2}$$

مثال: إذا كان المحول في الشكل (22) 6/220 فولط، احسب قيمة الفولطية بين طرفي مواسع الترشيح.

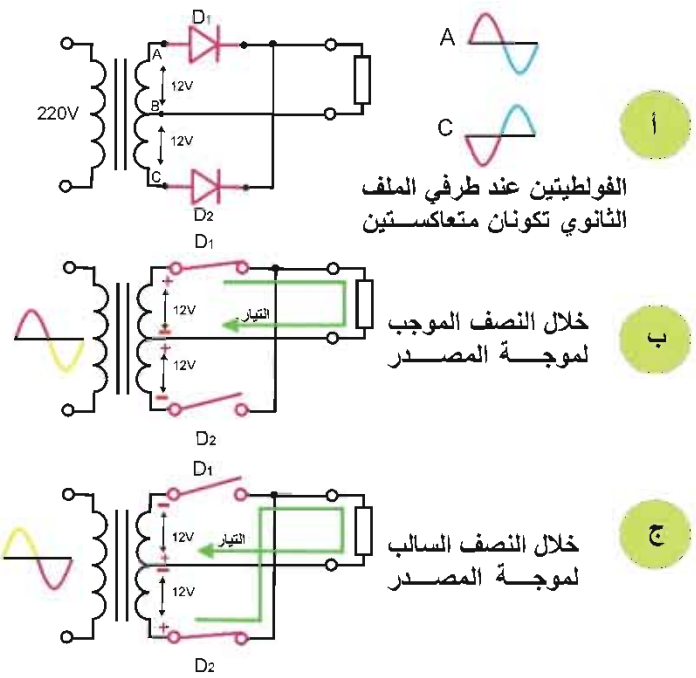
$$V_{OUT} \approx 6 \times 1.414 \approx 8.4\,V$$

ينتج عن عمليتي شحن وتفريغ المواسع فولطية متموجة (مركبة تيار متناوب) مركب على أعلى الفولطية المستمرة الثابت، وكلما كان التموج قليلا كان الترشيح أفضلا. ومما يجدر ذكره أن قيمة المواسع الكيميائي المستخدم كمواسع تنعيم تبلغ (1000) ميكروفاراد أو أكثر.

إن عمل مواسع الترشيح يشبه عمل خزان المياه الموجود على سطح منزلك، حيث يتم تغذية الخزان بالماء من شبكة سلطة المياه على دفعات بصورة متقطعة، ويقوم خزان المياه بدوره بتغذية المنزل بتيار مستمر من الماء، وفي الظروف العادية لن يتم ملاحظة التقطعات في تغذية المياه التي تحدث باستمرار في شبكة المياه، ولهذا يطلق على مواسع الترشيح اسم مواسع التخزين (Reservoir Capacitor).

ب. مقوم كامل الموجة ـ ثنائي الطور

يبين الشكل (22/أ) دارة مقوم كامل الموجة ثنائي الطور (Bi-Phase Rectifier) تستخدم ثنائيين ومحول بنقطة وسط. فعند تأريض نقطة الوسط تكون الفولطيات عند أطراف الملف الثانوي متعاكسة بمقدار (180) درجة، مما يعني أنه عندما تكون فولطية النقطة (A) موجبة، تكون فولطية النقطة (C) سالبة بالنسبة لنقطة الوسط (B). وعندما تصبح فولطية النقطة (A) سالبة، تصبح فولطية النقطة (C) موجبة. ويمكن توضيح مبدأ عمله على النحو الآتي:



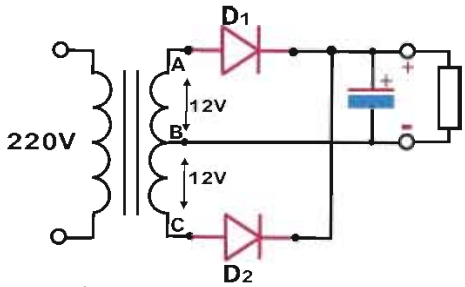
الشكل (22) دارة مقوم كامل الموجة ثنائي الطور ومبدأ عمله.

- في خلال فترة نصف الدورة الموجبة لموجة المصدر الجيبية، كما في الشكل (22/ب) تكون النقطة (A) موجبة والنقطة (C) سالبة بالنسبة لنقطة الوسط (B)، وبالتالي يكون الثنائي (D_1) في حال انحياز أمامي، ويكون الثنائي (D_2) في حال انحياز عكسي، وهكذا تمر نصف الموجة الموجبة في مقاومة الحمل عبر الثنائي (D_1).

- وفي خلال فترة نصف الدورة السالبة لموجة المصدر الجيبية، كما في الشكل (24/ج) تكون النقطة (A) سالبة والنقطة (C) موجبة بالنسبة لنقطة الوسط (B)، وبالتالي يكون الثنائي (D_1) في حال انحياز عكسي، ويكون الثنائي (D_2) في حال انحياز أمامي، وهكذا تمر نصف الموجة السالبة في مقاومة الحمل عبر الثنائي (D_1).
- وهكذا نلاحظ أن التيار يمر في الاتجاه نفسه عبر الحمل أثناء نصفي الموجة، وهذه من مميزات مقوم كامل الموجة على دارة مقوم نصف الموجة التي تمرر نصف موجة واحدة فقط في الحمل، كما يمكنك أن تلاحظ أيضا أنه يوجد نبضتي خرج مقابل كل موجة مصدر، أي أن تردد النبضات يساوي ضعف تردد موجة المصدر الجيبية، وبالتالي فإن هناك (100) نبضة في الثانية الواحدة.

مرحلة الترشيح:

- ويوصل عادة في مخرج المقوم مرشح سعوي يعمل على تحويل الفولطية النبضي المستمر إلى فولطية مستمر ناعم كما مبين في الشكل (23).



الشكل (23) دارة مقوم كامل الموجة ثنائي الطور مع مرشح سعوي.

تعطى فولطية الخرج بين طرفي المواسع بالعلاقة الرياضية التالية:

$$V_{OUT} \approx V_{IN} \times \sqrt{2}$$

مثال: إذا كان المحول في الشكل (23) 12/220 فولط، احسب قيمة الفولطية بين طرفي مواسع الترشيح.

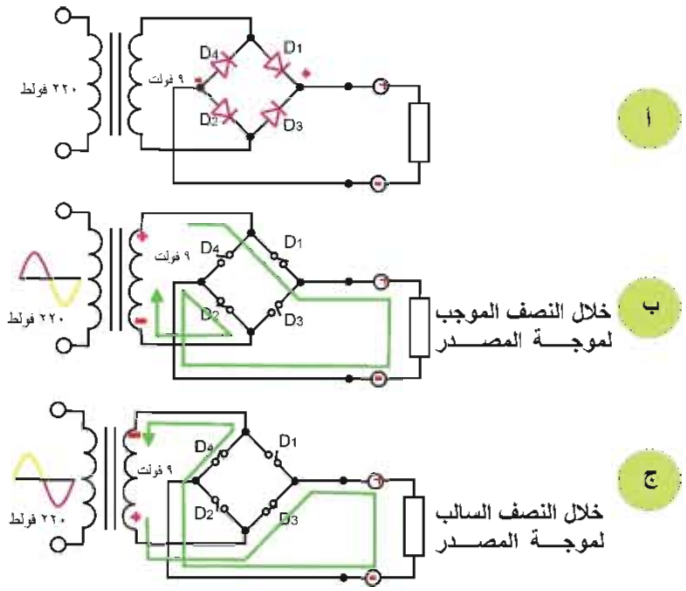
$$V_{OUT} \approx 12 \times 1.414 \approx 16.8\,V$$

ج. مقوم القنطرة

يبين الشكل (24/أ) دارة مقوم القنطرة (Bridge Rectifier)، وكما تلاحظ تتكون هذه الدارة من محول لرفع أو خفض الفولطية إلى المستوى المطلوب، ومن أربع ثنائيات تقويم مرتبة بحيث يمر التيار في الحمل في اتجاه واحد فقط، إضافة إلى الحمل (المقاومة)، وتلاحظ أن هذا المقوم لا يحتاج إلى محول ذي نقطة وسط كما في دارة مقوم كامل الموجة ثنائي الطور. ويمكن توضيح مبدأ عمله على النحو الآتي:

- أثناء النصف الموجب من موجة المصدر، كما في الشكل (24/ب) يكون الثنائيان (D1) و(D2) في حال انحياز أمامي، ويمر التيار عبر الثنائي (D1) ومقاومة الحمل (RL) والثنائي (D2).

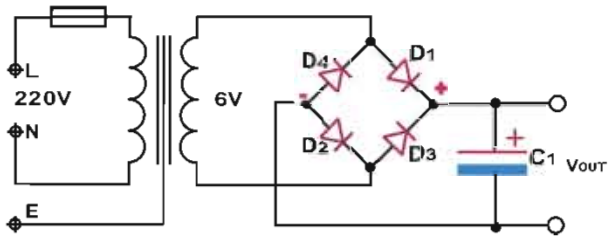
- أثناء النصف السالب من موجة المصدر، كما في الشكل (24/ج) يكون الثنائيان (D_3) و(D_4) في حال انحياز أمامي، ويمر التيار عبر الثنائي (D_3) ومقاومة الحمل (R_L) والثنائي (D_4). وبهذا يحصل الحمل (R_L) على سلسلة من نبضات التيار المستمر ترددها (100) هيرتز، أي ضعف تردد موجة المصدر الجيبية (50) هيرتز.



الشكل (24) دارة مقوم القنطرة ومبدأ عمله.

مرحلة الترشيح:

ويوصل على مخرج مقوم القنطرة مواسع كيميائي ذي سعة عالية مبين في الشكل (25) يزيد في قيمته عن (100) ميكروفاراد، يعمل على تنعيم الفولطية النبضية.



الشكل (25) دارة مقوم القنطرة مع مرشح سعوي.

تعطى فولطية الخرج بين طرفي المواسع بالعلاقة الرياضية التالية:

$$V_{OUT} \approx V_{IN} \times \sqrt{2}$$

مثال: إذا كان المحول في الشكل (25) 9/220 فولط،احسب قيمة الفولطية بين طرفي مواسع الترشيح.

$$V_{OUT} \approx 9 \times 1.414 \approx 12.6\,V$$

ويمكن بناء مقوم القنطرة باستخدام أربع ثنائيات تقويم مستقلة، كما يمكن استخدام مقومات القنطرة المتكاملة التي تحتوي بداخلها على الثنائيات الأربعة. ويوضح الشكل (26) الأشكال الشائعة لمقومات

القنطرة المتكاملة.

الشكل (26) الأشكال الشائعة لمقومات القنطرة المتكاملة.

المواصفات الفنية لمقوم القنطرة المتكامل

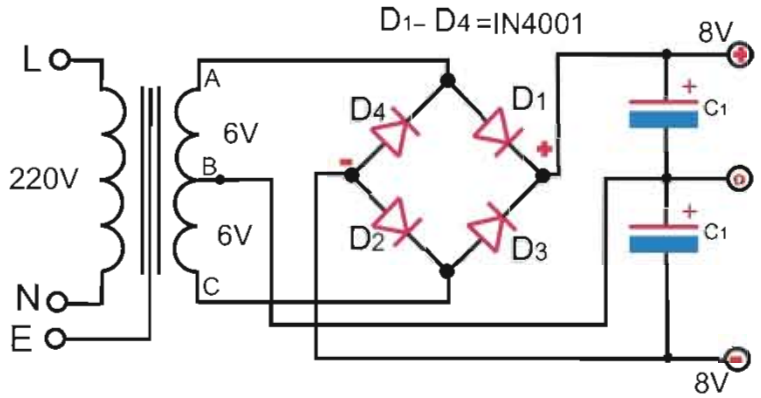
إن أهم المواصفات التي يجب مراعاتها عند استبدال مقوم قنطرة متكامل تالف أو اختيار مقوم قنطرة متكامل لاستخدامه في دارة إلكترونية معينة، مبينة في الجدول رقم (3)، وهي:

- **التيار الأمامي الأقصى (I_{FM})**: وهو أقصى تيار أمامي يمكن أن يمرره مقوم القنطرة دون أن يتلف.
- **الفولطية العكسي الأقصى (V_{RRM})**: وهو أقصى فولطية يمكن أن يتحمله مقوم القنطرة في حال الانحياز العكسي دون أن يتلف.

جدول (3): مواصفات بعض مقومات القنطرة الشائعة الاستخدام في الدارات الإلكترونية.

النوع	الصورة /الشكل الفيزيائي	I_{FM}	V_{RRM}
السلسلة (VM)	دارة متكاملة (4 أطراف)	0.9A	800v-200v
السلسلة (DF)	دارة متكاملة (4 أطراف)	0.9A	800V-200V
السلسلة (WO)	أسطوانية	1A	800V-50V
السلسلة (SKB2)	في خط	1.6A	800V-200V
السلسلة (KBPC)	مربعة	6A-2A	800V-200V
السلسلة (KBU4)	في خط	4A	880V-200V
السلسلة (SKB25)	مغموس بالايبكوسي	35A-6A	1200V-200V

تحتاج بعض الدارات الإلكترونية إلى مصدر تغذية يوفر مخرج فولطية موجب ومخرج فولطية سالب بالنسبة إلى الأرض. ويمكن أن تستخدم مقوم قنطرة ومحول بنقطة وسط لتحصل على مصدر تغذية ثنائي القطبية كما مبين في الشكل (27)، ويلاحظ أن كل مخرج فولطية بحاجة إلى مواسع ترشيح كيميائي خاص به.



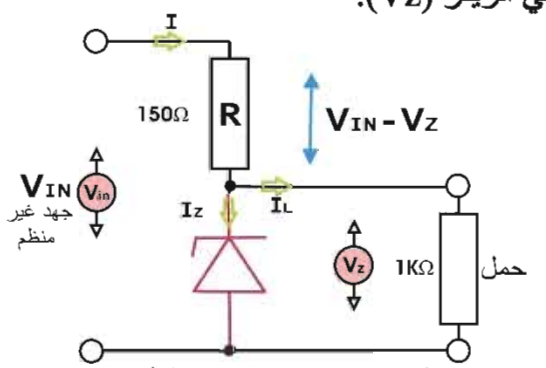
الشكل(27): وحدة تغذية ثنائية القطبية.

3-2 منظمات الفولطية

عادة يجب أن تكون قيمة فولطية خرج وحدة التغذية ثابتة القيمة، لذا تستخدم دارات خاصة تعرف بدارات منظمات الفولطية تعمل على تنظيم وتثبيت فولطية الخرج بالرغم من تغيرات فولطية الدخل والحمل الكهربائي

أ. دارة منظم الزينر

منظم زنر (Zener Regulator Circuit) هو عبارة عن دارة إلكترونية وظيفتها توفير فولطية تغذية ثابت القيمة بغض النظر عن تغيرات فولطية الدخل وتيار الحمل، ويبين الشكل (28) دارة منظم فولطية تستخدم ثنائي زنر، وتلاحظ في هذه الدارة أن ثنائي زنر يعمل على منوال الانحياز العكسي، حيث يوصل المهبط(كاثود) بالقطب الموجب، ويوصل الحمل (RL) بالتوازي مع الزينر، وبهذا يحصل الحمل على فولطية ثابت بين طرفي الزينر (Vz).



الشكل(28): دارة منظم فولطية تستخدم ثنائي زنر.

يتم تغذية دارة المنظم من مصدر فولطية مستمر متغير القيمة (غير منظم)، ويجب أن تكون قيمة فولطية المصدر أكبر من فولطية الزينر بحوالي مرة ونصف على الأقل لضمان بقاء الزينر في حال انحياز عكسي طيلة الوقت. ومما يجدر ذكره أن المقاومة التسلسلية (Rs) هي التي تحدد قيمة التيار، ويمكن حساب قيمتها باستخدام المعادلة الرياضية التالية:

$$\frac{V_{IN}-V_Z}{I_L+I_Z}=\text{Rs}$$

حيث أن: (V_{IN}) = فولطية المصدر (V_Z) = فولطية الزينر
(I_Z) = أدنى قيمة لتيار الثنائي عند الحمل الكامل (I_L) = تيار الحمل

مثال: يراد تصميم دارة منظم فولطية لتوفر تيارا قيمته (12.5) ميلي أمبير عند فولطية ثابت قيمته (5) فولط.

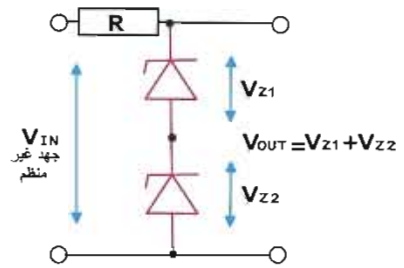
الحل: أ- الزينر المناسب: زنر (5) فولط، قدرته (0.5) واط.

ب- فولطية المصدر: يجب أن يكون فولطية المصدر أكبر من فولطية الزينر مرة ونصف على الأقل، لذا يمكن اعتبار (9) فولط فولطية مناسبه.

ج- قيمة المقاومة (Rs): لتحديد قيمة هذه المقاومة، يجب تحديد قيمة تيار الزينر (Iz) إضافة إلى القيم المذكورة أعلاه في (أ) و(ب)، ثم تستعين بالمعادلة الرياضية أدناه. وبما أن التيار يجب أن يمر عبر الزينر بصورة مستمرة، فيجب تشغيل الزينر طوال الوقت على منوال الانهيار العكسي. وعليه، لنفترض أن أدنى قيمة لتيار الدايود (I_Z) تساوي (2.5) ميلي أمبير.

$$\frac{V_{IN}-V_Z}{I_L+I_Z}=\text{Rs}=9-/5(2.5+12.5)\times 0.001=267\Omega$$

ومما يجدر ذكره، أن منظمات الفولطية من هذا النوع يناسب فقط التطبيقات التي يسري فيها تيار قيمته (50) ميلي أمبير أو أقل. كما يمكن توصيل عدة ثنائيات زنر بالتوالي للحصول على فولطية الزينر المطلوبة، كما في الشكل (29).



الشكل (29): توصيل عدة ثنائيات زنر بالتوالي لتحصل على فولطية الزينر المطلوب.

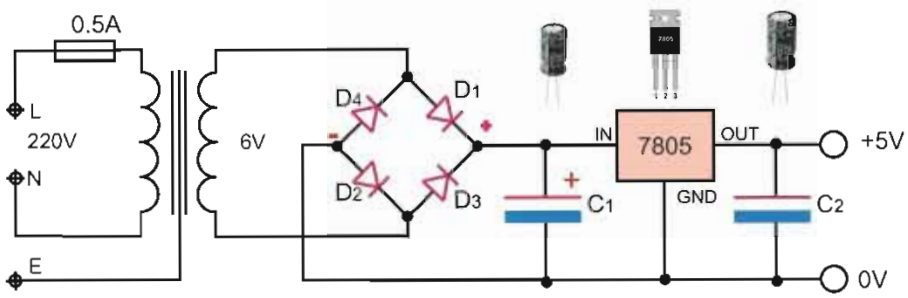
ب. منظمات الفولطية المتكاملة ثلاثية الأطراف

نتيجة التطور الهائل في العلوم الإلكترونية، فقد تم إنتاج دارات متكاملة لتعمل كمنظمات فولطية، وهناك أنواع كثيرة منها، ولكل منها تيار وفولطية محدد وكل دارة متكاملة من هذا النوع تحوي دارة تنظيم معقدة مع دارة حماية.من أكثر الأمثلة شيوعا على هذا النوع من المنظمات هي منظمات الفولطية المتكاملة ثلاثية الأطراف، ويوجد منها سلسلتين أساسيتين، وهما:

السلسلة (78xx): وهي مصممة لتنظيم الفولطية الموجب (دخلها وخرجها موجبان).

السلسلة (79xx): وهي مصممة لتنظيم الفولطية السالب (دخلها وخرجها سالبان).

تشير الخانتان الأولى والثانية من رقم المنظم من اليمين إلى فولطية الخرج، فعلى سبيل المثال فان المنظم الذي يحمل الرقم (7805) هو منظم ذو فولطية خرج ثابت يساوي (5 فولط) موجب، والمنظم الذي يحمل الرقم (7812) هو منظم ذو فولطية خرج ثابت يساوي (12 فولط). موجب.



الشكل(30): وحدة تغذية (5 فولط / ١ أمبير)

4-2 التقييم الذاتي

1- أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.

2- إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضروريا.

الأسئلة

السؤال الأول

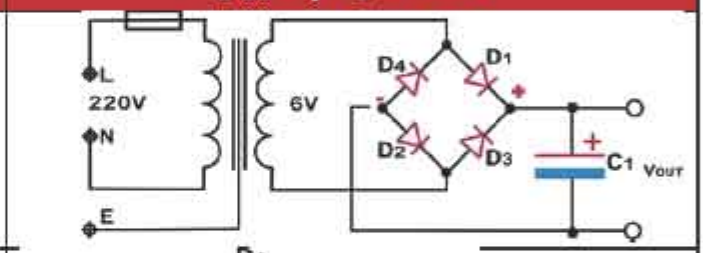
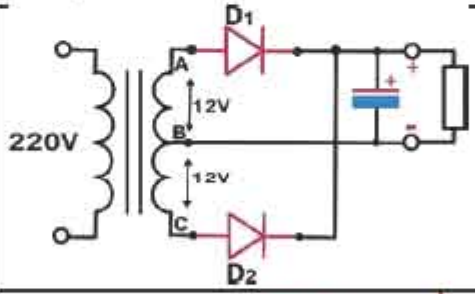
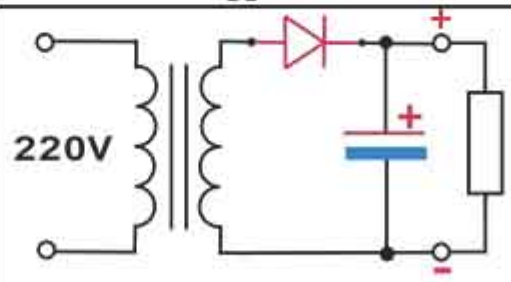
أ. ارسم المخطط الصندوقي لوحدة تغذية التيار المستمر الخطية.

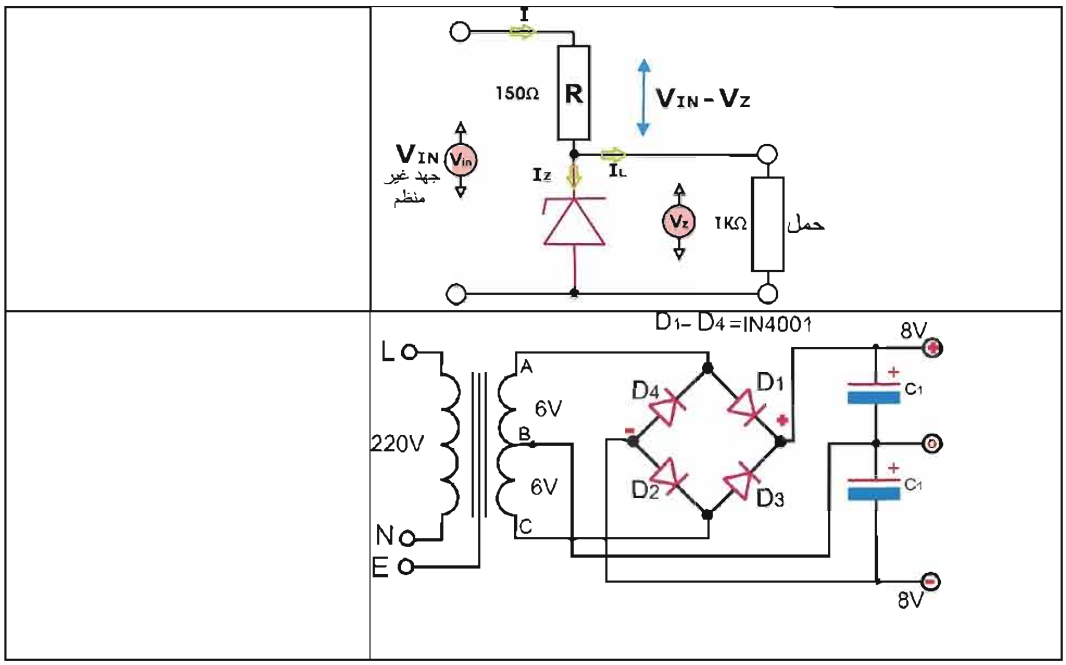
ب. اذكر وظيفة كل مرحلة من مراحل وحدة تغذية التيار المستمر الخطية.

السؤال الثاني:

في الجدول (1) أدناه اكتب اسم الدارة الإلكترونية المشتق من عملها في الخانة المقابلة لمخططها.

الجدول (1)

مخطط الدارة الإلكترونية	اسم الدارة
	
	
	


I
150Ω
R
VIN - VZ
VIN
جهد غير منظم
Vin
Iz
IL
Vz
1KΩ
حمل
D1- D4 =IN4001
8V
L
220V
N
E
A
6V
B
6V
C
D4
D1
D2
D3
C1
C1
8V

5-2 التمارين العملية

رقم التمرين: (3)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: بناء دارت تغذية التيار المستمر الخطية.	10 ساعات

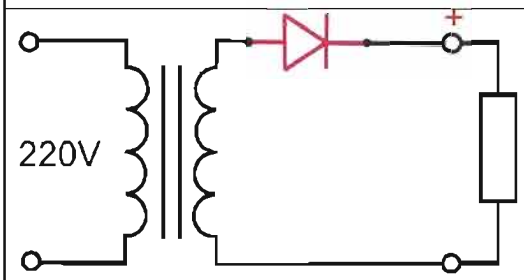
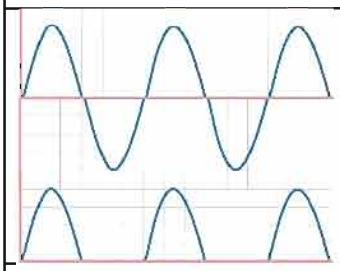
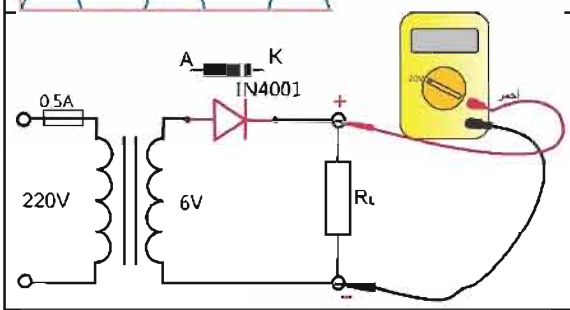
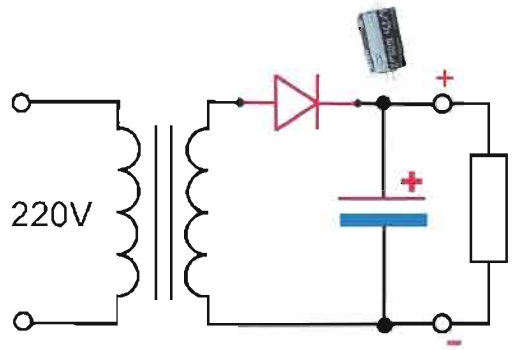
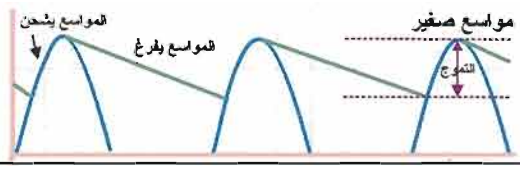
- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن:
  1. تبني دارة مقوم نصف الموجة.
  2. تبني دارة مقوم كامل الموجة ثنائي الطور.
  3. تبني دارة مقوم قنطرة كامل الموجة.
  4. تبني دارة وحدة تغذية تيار مستمر منظمة على أساس ثنائي الزينر.
  5. تبني دارة وحدة تغذية تيار مستمر منظمة على أساس مظمات الفولطية ثلاثية الأطراف.

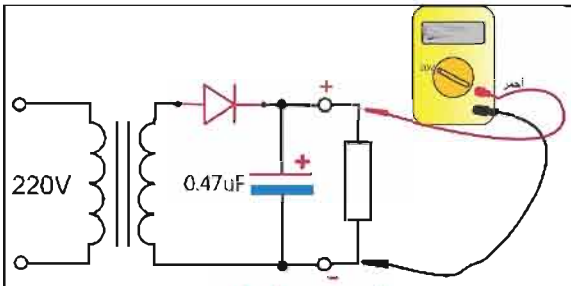
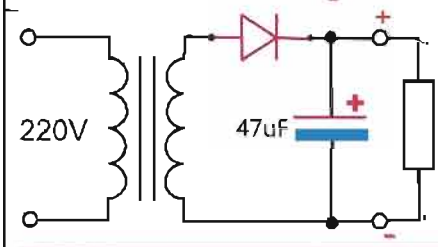
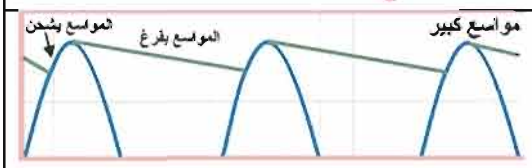
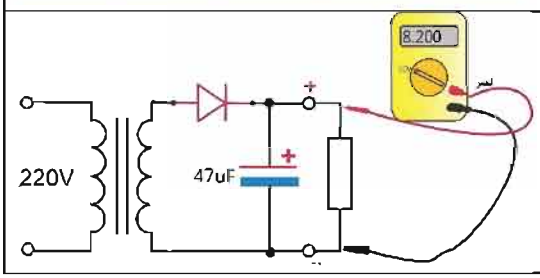
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
1	ثنائيات أغراض عامة	10	(1N4001,1N4007)
2	منظم فولطية ثلاثي الأطراف	1	1/LM7805 امبير
3	منظم فولطية ثلاثي الأطراف	1	1/LM7812 امبير
4	ثنائيات زينر	5	(9.1) فولط/1.5 واط
5	لوحة تجارب (Breadboard)، مع طقم أسلاك التوصيل الخاصة بها	1	
6	جهاز متعدد قياسات رقمي (DMM)	1	
7	راسم اشارة	1	20 ميغا هيرتز-قناتين
8	مقاومة	1	39 أوم 1 واط
9	مقاومة	1	150 أوم 1 واط
10	مقاومة	1	1 كيلو أوم 1 واط
11	مواسع كيميائي	2	100 ميكروفاراد/25 فولط
12	مواسع كيميائي	2	0.47 ميكروفاراد/25 فولط
13	مواسع كيميائي	2	47 ميكروفاراد/25 فولط
14	كتاب مكافئات أشباه الموصلات (البدائل)		

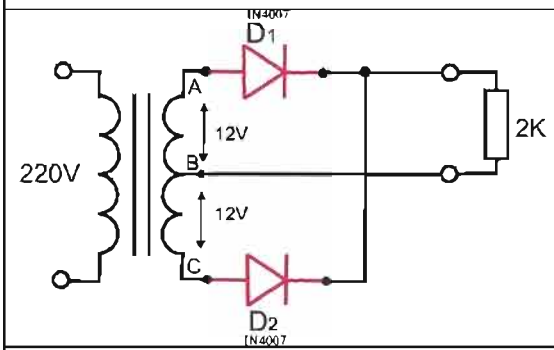
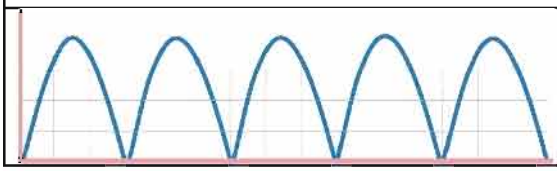
● خطوات العمل

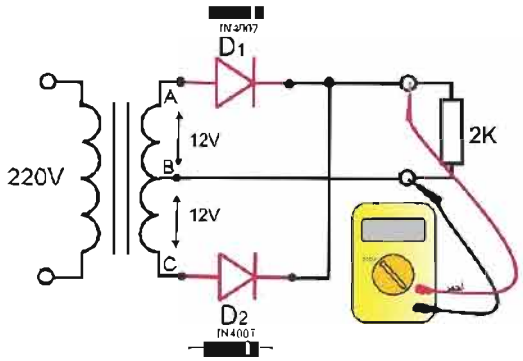
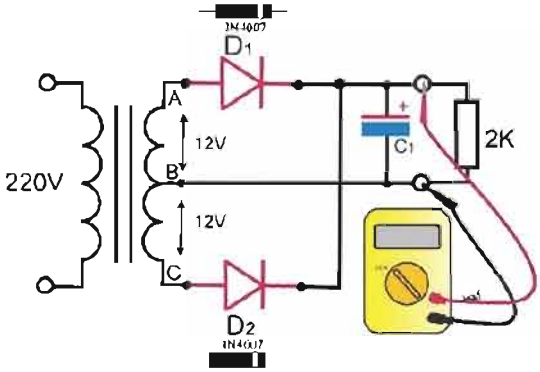
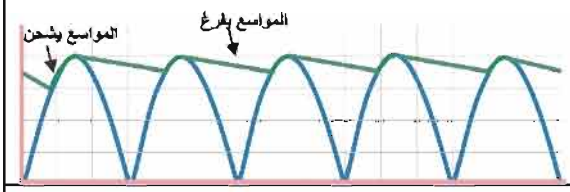
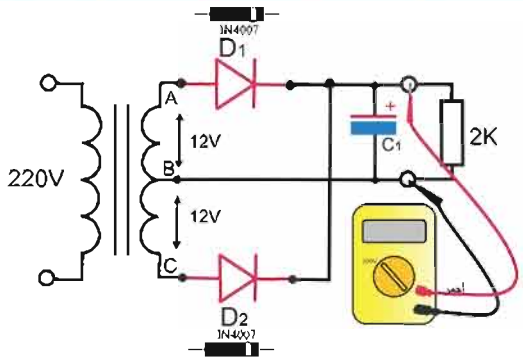
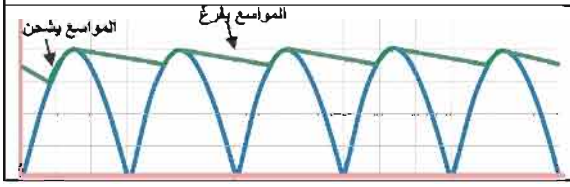
أولاً:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	بناء دارة مقوم نصف موجة مع مرشح سعوي	
1	صل دارة مقوم نصف موجة المبينة في الشكل المجاور على لوحة التجارب.ولا تنس وصل مصهر 0.5 أمبير في الخط الحار للحماية.	
2	اطلب من مدربك تفقد الدارة الكهربائية التي قمت ببنائها قبل وصلها بمصدر التيار المتناوب.	
3	اعرض موجة الفولطية عند مصعد(أنود) الثنائي (المدخل) ومهبط(كاثود) الثنائي (الخرج) على شاشة راسم الإشارة وقارن بينهما من حيث التردد.	
4	قس الفولطية بين مهبط(كاثود) الثنائي والطرف الآخر للملف الثانوي للمحول، كما في الشكل المجاور.	
5	افصل التغذية وصل مواسع تنعيم بقيمة 0.47 ميكروفاراد كما في الشكل المجاور.	
6	اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية عند خرج الدارة، ولاحظ تأثير مواسع التنعيم على موجة فولطية الخرج.	

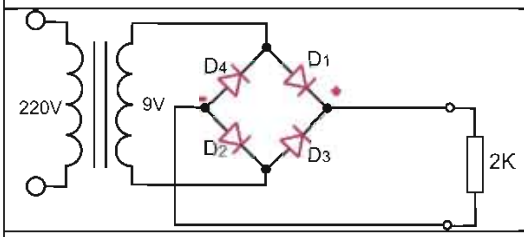
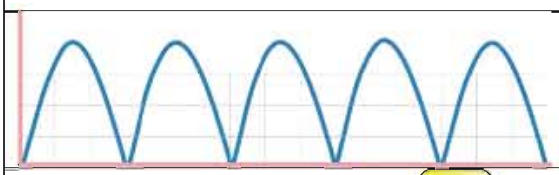
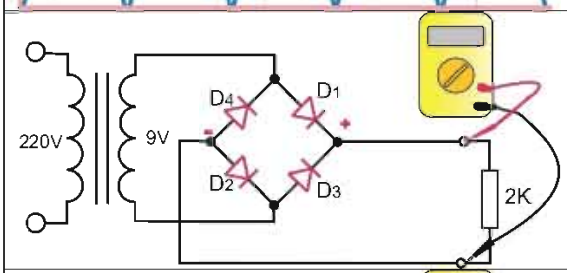
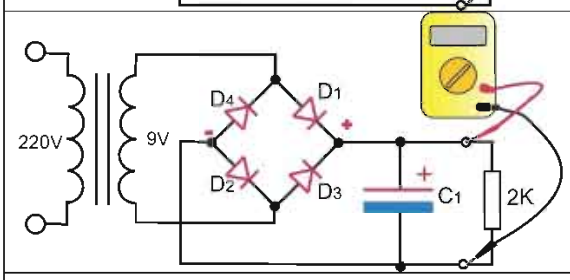
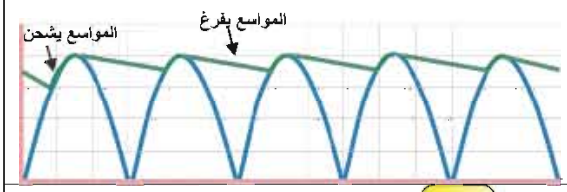
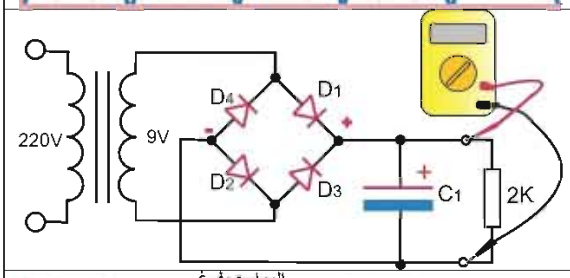
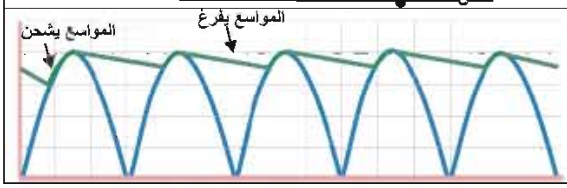
7	قس الفولطية بين طرفي المواسع، كما في الشكل المجاور.	
8	افصل التغذية وصل مواسع تنعيم بقيمة 47ميكروفاراد، كما في الشكل المجاور.	
9	اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية عند خرج الدارة، ولاحظ تأثير زيادة سعة مواسع التنعيم على موجة فولطية الخرج.	
10	قس الفولطية بين طرفي المواسع، كما في الشكل المجاور. **هل النتائج التي حصلت عليها تبرهن صحة المعادلة:** $V_{OUT} \approx V_{RMS} \times 1.414$	

ثانيا:

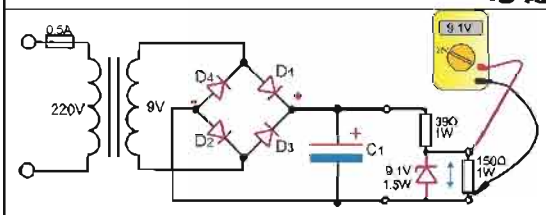
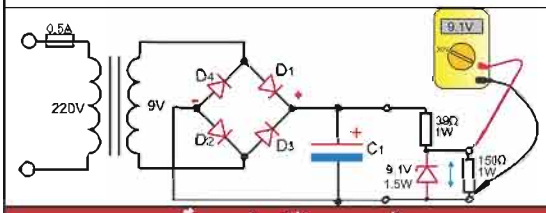
خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
بناء دارة مقوم كامل الموجة ثنائي الطور	
1 صل دارة مقوم كامل الموجة ثنائي الطور المبينة في الشكل المجاور على لوحة التجارب.ولا تنس وصل مصهر 0.5 أمبير في الخط الحار للحماية.	
2 اطلب من مدربك تفقد الدارة الكهربائية التي قمت ببنائها قبل وصلها بمصدر التيار المتناوب.	
3 اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية بين طرفي مقاومة الحمل.	

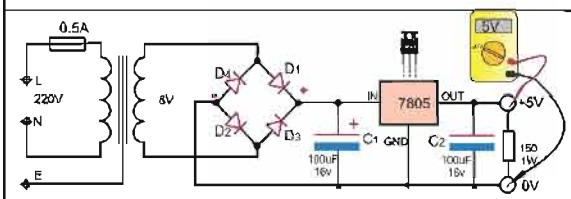
4	قس الفولطية بين طرفي الحمل، كما في الشكل المجاور.	
5	افصل التغذية وصل مواسع تنعيم بقيمة 0.47 ميكروفاراد كما في الشكل المجاور.وقس الفولطية بين طرفي الحمل. هل النتائج التي حصلت عليها تبرهن صحة المعادلة: $V_{OUT} \approx V_{RMS} \times 1.414$	
6	اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية عند خرج الدارة، ولاحظ تأثير مواسع التنعيم على موجة فولطية الخرج.	
7	افصل التغذية وصل مواسع تنعيم بقيمة 47 ميكروفاراد، كما في الشكل المجاور.وقس الفولطية بين طرفي الحمل.	
8	اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية بين طرفي الحمل، ولاحظ تأثير زيادة سعة مواسع التنعيم على موجة فولطية الخرج.	

ثالثا:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	بناء دارة مقوم قنطرة كامل الموجة	
1	صل دارة مقوم القنطرة المبينة في الشكل المجاور على لوحة التجارب.ولا تنس وصل مصهر 0.5 أمبير في الخط الحار للحماية.	
2	اطلب من مدربك تفقد الدارة الكهربائية التي قمت ببنائها قبل وصلها بمصدر التيار المتناوب.	
3	اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية بين طرفي مقاومة الحمل.	
4	قس الفولطية بين طرفي الحمل، كما في الشكل المجاور.	
5	افصل التغذية وصل مواسع تنعيم بقيمة 0.47 ميكروفاراد كما في الشكل المجاور.وقس الفولطية بين طرفي الحمل. هل النتائج التي حصلت عليها تبرهن صحة المعادلة: $V_{OUT} \approx V_{RMS} \times 1.414$	
6	اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية عند خرج الدارة، ولاحظ تأثير مواسع التنعيم على موجة فولطية الخرج.	
7	افصل التغذية وصل مواسع تنعيم بقيمة 47 ميكروفاراد، كما في الشكل المجاور.وقس الفولطية بين طرفي الحمل.	
8	اعرض على شاشة راسم الإشارة موجة الفولطية بين طرفي الحمل، ولاحظ تأثير زيادة سعة مواسع التنعيم على موجة فولطية الخرج.	

رابعا:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	تبني دارة وحدة تغذية تيار مستمر منظمة على أساس ثنائي الزينر.	
1	صل دارة وحدة التغذية المنظمة باستخدام ثنائي زينر المبينة في الشكل المجاور على لوحة التجارب. ولا تنسَ وصل مصهر 0.5 أمبير في الخط الحار للحماية.	
2	اطلب من مدربك تفقد الدارة الكهربائية التي قمت ببنائها قبل وصلها بمصدر التيار المتناوب.	
3	قس الفولطية بين طرفي الحمل، كما في الشكل المجاور.	

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	خامسا: تبني تغذية دارة وحدة تيار مستمر منظمة على أساس منظمات الفولطية ثلاثية الأطراف.	
1	صل دارة وحدة تغذية تيار مستمر منظمة على أساس منظم الفولطية الثلاثي الأطراف المبينة في الشكل المجاور على لوحة التجارب. المحول:220/ 6 فولط 0.5 امبير. مواسع الترشيح:100 ميكروفاراد/16 فولط ثنائيات القنطرة:IN4007 المنظم:LM7805	
2	اطلب من مدربك تفقد الدارة الكهربائية التي قمت ببنائها قبل وصلها بمصدر التيار المتناوب.	
3	قس الفولطية بين طرفي الحمل، كما في الشكل المجاور.	

تمارين الممارسة العملية

- نفذ التمرين الآتي بطريقة العمل الجماعي، أو بحسب إرشادات المدرب.

رقم التمرين: (2)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: بناء دارة وحدة تغذية تيار مستمر 12 فولط/0.5 أمبير على أساس المنظم المتكامل الثلاثي LM7812	ساعات

- **الأهداف:** يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن :
  - تبني دارة وحدة تغذية تيار مستمر 12 فولط/0.5 أمبير على أساس المنظم المتكامل الثلاثي LM7812

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
1			
2			
3			

• خطوات العمل

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
1		
2		
3		
4		
6		
7		
8		
9		
10		
14		
15		
16		

هدف التعلم الثالث:

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم أدناه عليك أن تصبح قادرا على أن تفحص الترانزيستورات.

أنشطة التعلم	المصادر
المادة التعلمية	الوحدة التدريبية
تنفيذ التمارين العملية	المشغل/ بإشراف المدرب
زيارة المواقع الإلكترونية	القرية الإلكترونية http://www.qariya.com/ http://www.electronics-tutorials.ws/ Transistor Tutorial https://www.youtube.com/watch?v=7ukDKVHnac4
التدريب الميداني	

3-الترانزستورات

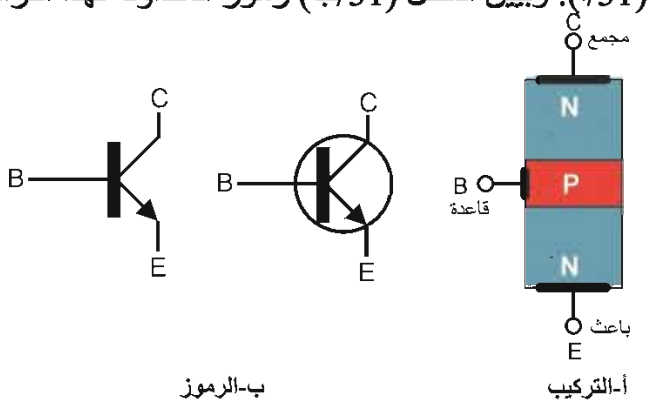
في عام (1947) تم وضع اللبنات الأولى للعصر المعلوماتي، وذلك عندما تمكن فريق من علماء الفيزياء الأمريكيين من اختراع عنصر إلكتروني جديد من المواد شبه الموصلة سموه ترانزستورا (Transistor)، اختصاراً لكلمتي (Transfer Resistor) أي مقاوم التحويل، واعتبر هذا الترانزستور بديلا ممتازا للصمامات الإلكترونية كبيرة الحجم التي شاع استخدامها حينها في الأجهزة الإلكترونية. ويتميز الترانزستور بصغر حجمه وقلة تكاليفه وسهولة تصنيعه واستهلاكه القليل للطاقة الكهربائية مقارنة مع الصمامات الإلكترونية، وبمرور الزمن أمكن إنتاج ترانزستورات أصغر حجما وأخف وزنا وأقل تكلفة. ويستخدم الترانزستور بشكل عام كمضخم للإشارات الكهربائية وكمفتاح إلكتروني يوصل ويفصل التيار الكهربائي. وهناك نوعان أساسيان من الترانزستورات وهما: ترانزستورات الوصلة ثنائية القطبية (Bi-Polar Junction Transistor)، وترانزستورات تأثير المجال (Field Effect Transistors).

3-1 تركيب ترانزستور الوصلة ثنائية القطبية

يوجد من ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية نوعان هما:

ترانزستور نوع (NPN)

يتكون من شريحة شبه موصلة من النوع الموجب (P) محصورة بين شريحتين شبه موصلتين من النوع السالب (N)، كما في الشكل (31/أ). ويبين الشكل (31/ب) رموز المتداولة لهذا الترانزستور.

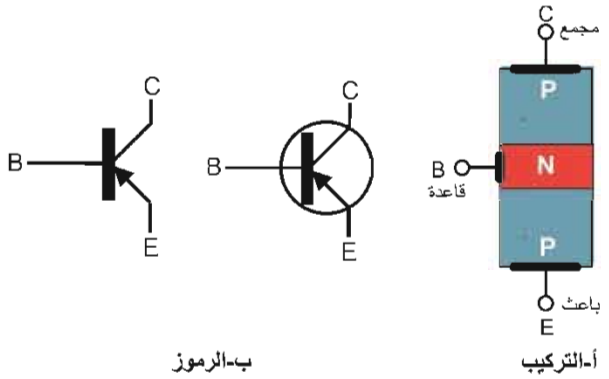


أ-التركيب ب-الرموز

الشكل (31) بنية ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية.

ترانزستور نوع (PNP)

يتكون من شريحة شبه موصلة من النوع الموجب (N) محصورة بين شريحتين شبه موصلتين من النوع الموجب (P)، كما في الشكل (32/أ). ويبين الشكل (32/ب) الرموز المتداولة لهذا الترانزستور.



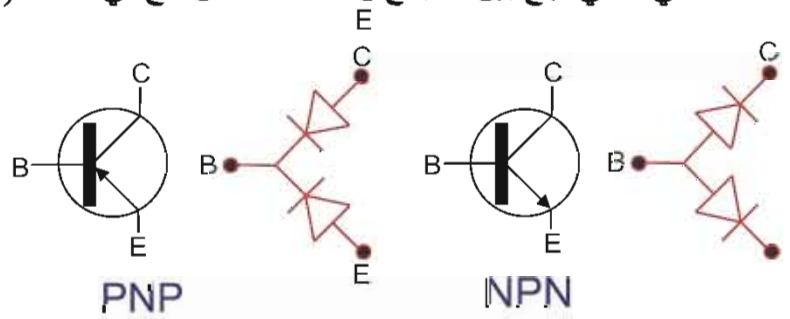
الشكل (32) بنية ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية.

ولكل من هذين النوعين ثلاثة أطراف، هي التالية:

1- الباعث (Emitter): ويرمز له بالحرف (E)
2- القاعدة (Base): ويرمز له بالحرف (B)
3- المجمع (Collector): ويرمز له بالحرف (C)

وستتضح معاني هذه الأسماء في سياق شرحنا عن عمل الترانزستور، يحدد السهم الموجود في رمز الترانزستور طرف الباعث، ويشسير رأس السهم إلى اتجاه تدفق التيار الأصطلاحي (الاتجاه المعاكس لسريان الإلكترونات) كما هو الحال في الثنائي، كما أنه يشير إلى جهة المادة نوع (N) مما يساعد على التمييز بين الرمز التخطيطي لترانزستور (NPN) والرمز التخطيطي لترانزستور (PNP).

ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية مهما كان نوعه (NPN) أو(PNP)) يكافئ ثنائيين: الثنائي الأول يقع بين الباعث والقاعدة، أما الثنائي الثاني فيقع بين المجمع والقاعدة كما موضح في الشكل (33).



الشكل (33): دارات الثنائيات المكافئة لرانزستورات الوصلة ثنائي القطبية

ولعلك تتساءل: ما الذي يميز الباعث عن المجمع على الرغم من أنهما شريحتان متشابهتان موجبتان (P) أو سالبتان (N)؟ إن الذي يميزهما عن بعض هو أن تركيز الشوائب في شريحة الباعث أعلى بكثير منه في شريحة المجمع.

3-2الأشكال الشائعة للترانزستورات

تصنع الترانزستورات بأشكال وحجوم مختلفة تبعا لطبيعة استخدامها، والترانزستورات التي تعمل بقدرة عالية تكون بحجم كبير، أما الترانزستورات التي تعمل بقدرة متوسطة، فتكون بحجم أصغر.ويوضع الترانزستور داخل علبة بلاستيكية أو معدنية محكمة الإغلاق لحمايته من الرطوبة والعوامل الجوية الأخرى، بينما تبرز أطراف التوصيل الثلاثة له من تلك العلبة.

تعطى عبوات (تغليفات)الترانزيستورات رموز مميزة تبدأ بالحرفين(TO-) يليها رقمان أو ثلاثة أرقام، على سبيل المثال (TO-39)، لاحظ الشكل (34). ويراعى تزويد ترانزستورات القدرة العالية بجناح معدني خاص يمكن وصله بمبرد حراري خارجي، حيث ينقل الجناح المعدني الحرارة من الترانزستور إلى المبرد الحراري، وللمبرد الحراري عدة زعانف تستطيع أن تشع الحرارة إلى الهواء.

يوصل الجناح المعدني للترانزستور عادة مع طرف المجمع، أو يكون هو نفسه طرف المجمع كما هو الحال في العبوة(TO-3). لذلك عند تركيب ترانزستور القدرة على المبدد الحراري، يجب استخدام وسيلة لعزل مجمعه عن المبدد الحراري، حيث يوصل المبدد الحراري عادة مع شصي الجهاز.

الشكل (34) الأشكال الشائعة لعبوات الترانزيستورات.

3-3عمل ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية (BJT)

لكي يعمل الترانزستور بشكل طبيعي كمفتاح أو عنصر لتضخيم الإشارات الكهربائية، يجب توفير الانحياز المناسب لوصلتي الترانزستور عن طريق إيصال فولطيات انحياز خارجية إلى أطرافه. وبناء فولطيات الانحياز يعمل الترانزستور في أية لحظة زمنية في إحدى مناطق التشغيل الثلاثة التالية:

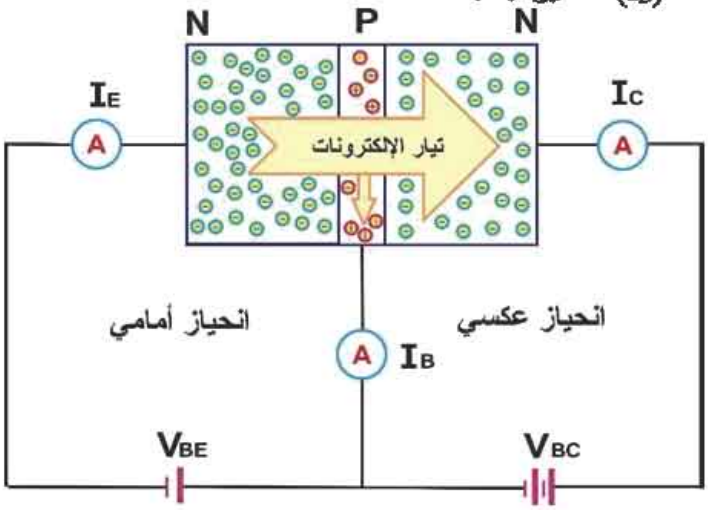
أ. المنطقة الفعالة أو الخطية (Active Region)

يبين الشكل (35) سريان التيار الإلكتروني المار في ترانزستور نوع (NPN) تم وضعه في حال الانحياز الصحيح ليعمل في المنطقة الفعالة أو منطقة التشغيل الخطية بحيث تكون:

- وصلة القاعدة-الباعث في حال انحياز أمامي.
- وصلة القاعدة-المجمع في حال انحياز عكسي.
- فولطية المجمع-القاعدة (V_{CB}) أكبر بكثير من فولطية الباعث-القاعدة (V_{BE}).

يؤدي الانحياز الأمامي في وصلة الباعث-القاعدة إلى إطلاق الإلكترونات من منطقة الباعث السالبة (N) وتوجيهها نحو القاعدة الموجبة. ما الذي يحدث للإلكترونات في منطقة القاعدة؟ الجواب: تنقسم الإلكترونات في قاعدة الترانزستور إلى مجموعتين، كما يلي:

- تتابع غالبية الإلكترونات (99%) طريقها إلى المجمع ثم إلى مصدر التغذية عن طريق طرف المجمع، وذلك تحت تأثير الفولطية الموجب للبطارية المتصل بمنطقة المجمع.
- تتحد الإلكترونات المتبقية (1%) مع الفجوات الموجبة في منطقة القاعدة مسببة مرور تيار قاعدة (I_B) صغير جدا.



الشكل (35): سريان التيار الإلكتروني المار في ترانزستور نوع (NPN).

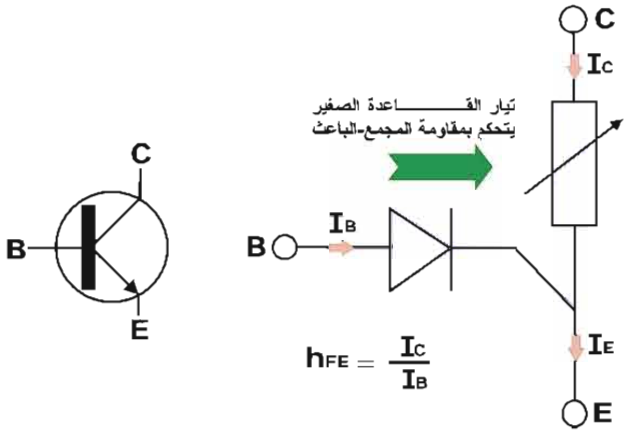
ويعتمد عدد الإلكترونات التي تتابع سيرها إلى المجمع على سمك منطقة القاعدة، حيث يزداد عددها بتقليل سمك منطقة القاعدة، وبما أن معظم الترانزستورات تمتلك قاعدة رقيقة وضيقة جدا، فهذا يؤدي إلى وصول معظم الإلكترونات إلى منطقة المجمع.

وتوجد علاقة هامة بين تيار الباعث (I_E) وتيار القاعدة (I_B) وتيار المجمع (I_C)، تتمثل رياضيا بالمعادلة التالية التي تنص على أن تيار الباعث يساوي مجموع تياري القاعدة والمجمع، وبما أن تيار القاعدة صغير جدا، فإن تيار الباعث يكاد يكون مساويا لتيار المجمع:

$$I_E = I_C + I_B$$

ويمكن تشبيه الترانزستور بمقاومة متغيرة تقع بين المجمع والباعث، ويتم التحكم بقيمتها بوساطة تيار القاعدة الصغير كما هو مبين في الشكل (36)، فكلما زاد تيار القاعدة قلت المقاومة الداخلية للترانزستور وزاد تيار المجمع، وكلما قل تيار القاعدة زادت المقاومة الداخلية للترانزستور وقل تيار المجمع، وبهذا يتضح لك أن تيار القاعدة هو الذي يحدد قيمة تيار المجمع، وأن أي تغير بسيط في تيار القاعدة يؤدي إلى تغير كبير في تياري الباعث والمجمع. وفي الواقع فإن تيار المجمع هو عبارة عن نسخة مكبرة عن تيار القاعدة، وهذا يسمح باستخدام الترانزستور كمضخم للإشارات الكهربائية. وتعرف النسبة بين تيار المجمع وتيار القاعدة بمعامل كسب التيار للترانزستور، ويرمز لها بالحرف (β) أو بالرمز (h_{FE}) ويعطى بالمعادلة الرياضية التالية:

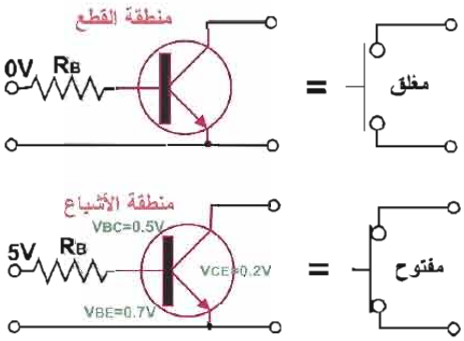
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$



الشكل (36): تشبيه الترانزستور بمقاومة متغيرة تقع بين المجمع والباعث.

ب. منطقة القطع (Cut-Off Region):

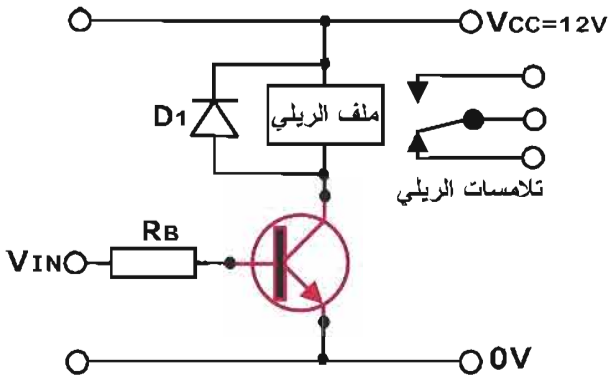
يعمل الترانزستور في منطقة القطع عندما تكون كل من وصلتي القاعدة-الباعث والقاعدة-المجمع منحازتين انحيازا عكسيا، وعندها فإن تيار القاعدة يساوي صفرا. ويؤدي ذلك إلى ارتفاع قيمة المقاومة الداخلية للترانزستور بين المجمع والباعث إلى قيمة عالية جدا (ما لا نهاية)، ويعمل عندها الترانزستور كمفتاح ميكانيكي في حال فصل (OFF)، ولا يمرر تيارا بين المجمع والباعث، وتعرف هذه الحال للترانزستور بحال الفصل أو القطع (Cut Off) كما هومبين في أعلى الشكل (37).



الشكل (37): عمل الترانزستور كمفتاح في حالي الإغلاق والفتح.

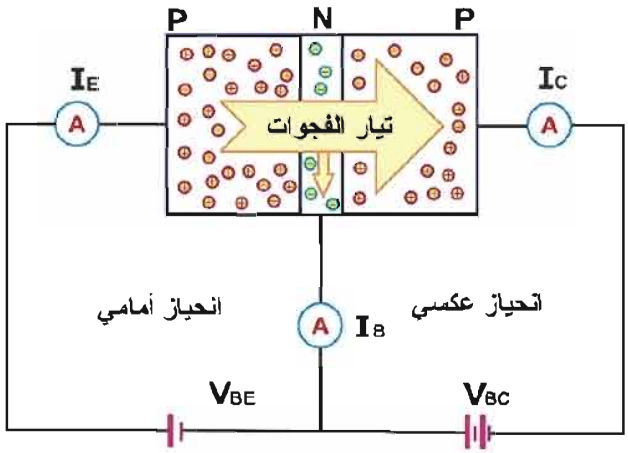
ج. منطقة التشبع (Saturation Region):

يعمل الترانزستور في منطقة التشبع عندما تكون كل من وصلتي القاعدة-الباعث والقاعدة-المجمع منحازتين انحيازا أماميا.ويؤدي الاستمرار في زيادة تيار القاعدة إلى الاستمرار في انخفاض قيمة المقاومة الداخلية للترانزستور حتى تصل إلى قيمة صغيرة جدا مساوية للصفر تقريبا، ويعمل عندها الترانزستور كمفتاح ميكانيكي في حال وصل (ON)، ويمرر تيارا بين المجمع والباعث دون أي مقاومة، وتعرف هذه الحال للترانزستور بحاله الإشباع (Saturation) كما هو مبين في أسفل الشكل (37). وعند استعمال الترانزستور كمفتاح إلكتروني، فإنه في الأغلب يتناوب بين حالتي القطع والإشباع تبعا للحاله المرغوبة للمفتاح. ويبين الشكل (38) دارة عملية لمفتاح ترازستوري يشغل مرحل(Relay).



الشكل (38): مفتاح ترانزستوري يشغل مرحل.

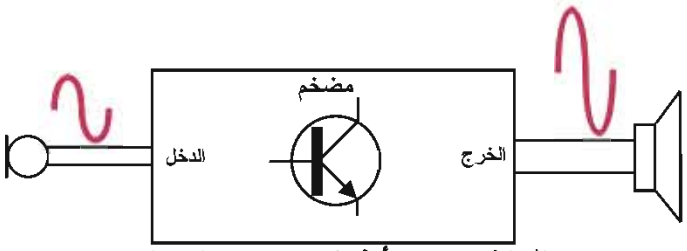
يعمل الترانزستور نوع (PNP) بطريقة مماثلة لعمل الترانزستور نوع (NPN) الذي تمت مناقشته، حيث أن التيار في الترانزستور نوع (PNP) يسببه سريان الثقوب الموجبة (Holes) كما هومبين في الشكل (39)، ويمكنك أن تلاحظ أيضا أنه من أجل الانحياز الصحيح ينبغي عكس البطاريتين.



الشكل (39): سريان التيار الإلكتروني المار في ترانزستور نوع (PNP).

4-3 المضخمات الترانزستورية الأساسية

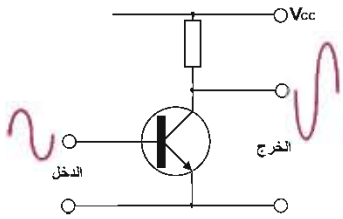
الترانزستورات هي عناصر ثلاثية الأطراف فيما أن للمضخمات أربعة أطراف موضحة في الشكل (40)، وهي: طرفان يحملان إشارة الدخل، وطرفان آخران يحملان إشارة الخرج، لذا عند استخدام الترانزستور كمضخم يجب أن يكون للترانزستور طرف واحد مشترك لمدخل ومخرج أية دارة عملية.



الشكل (40): أطراف مضخم الإشارة.

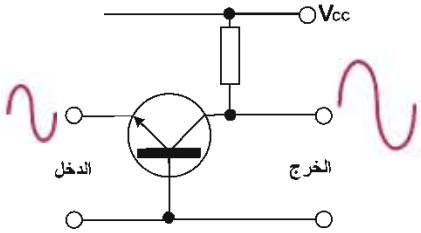
وبناء عليه، يوجد ثلاث تشكيلات مختلفة من الدارات التي يمكن أن يعمل فيها ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية (BJT) كمضخم، وهي:

أ. **دارة الباعث المشترك** (Common Emitter): في دارة الباعث المشترك، تطبق إشارة الدخل بين قاعدة الترانزستور وباعثه، فتظهر إشارة الخرج المكبرة بين مجمع الترانزستور وباعثه، وعلى هذا يكون الباعث مشتركا بين كل من الدخل والخرج كما موضح في الشكل (41).



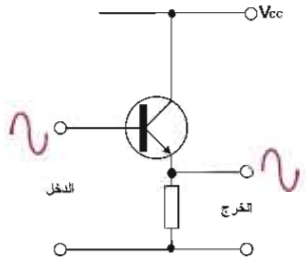
الشكل (41): دارة الباعث المشترك.

ب. **دارة القاعدة المشتركة** (Common Base): في دارة القاعدة المشتركة تطبق إشارة الدخل بين باعث الترانزستور وقاعدته، فتظهر إشارة الخرج المكبرة بين مجمع الترانزستور وقاعدته، وعلى هذا تكون القاعدة مشتركة بين كل من الدخل والخرج كما موضح في الشكل (42)



الشكل (42): دارة القاعدة المشتركة.

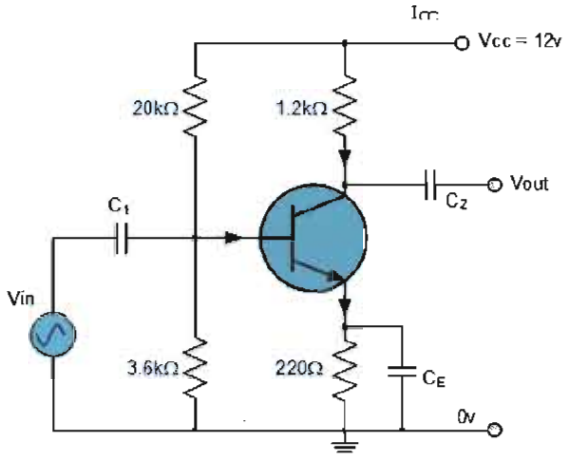
ج. **دارة المجمع المشترك** (Common Collector): في دارة المجمع المشترك الشكل (42)، تكون القاعدة هي طرف الدخل، والباعث هو طرف الخرج، والمجمع مشترك بينهما (وبالتالي يمكن وصله بالأرضي أو خط التغذية). وتسمى هذه الدارة أيضاً تابع الباعث (emitter follower).



الشكل (43): دارة المجمع المشترك.

ويمكننا القول إن دارة الباعث المشترك هي الدارة الأكثر شيوعا لأنها تضخم كل من الفولطية والتيار والقدرة، وتستخدم كمضخم عام للإشارات الكهربائية.

إن دارات المضخمات التي تم توضيحها في الفقرات السابقة هي دارات مبسطة وغير عملية. فعند تصميم دارة مضخم ترانزستوري، يجب إعطاء الترانزستور انحيازا ملائما لكي يعمل في منتصف منطقته الفعالة (الخطية)، حيث تكون وصلة القاعدة-الباعث منحازة انحيازا أماميا، في حين تكون وصلة القاعدة-المجمع منحازة انحيازا عكسيا، وتكون العلاقة بين تيار المجمع وتيار القاعدة خطية. وتتم عملية تحيز الترانزستور بتغذية أطرافه بفولطية الانحياز المستمرة، والملائمة من حيث القطبية والقيمة، فالقطبية غير الصحيحة تؤدي إلى وقفه عن العمل، أما القيمة غير الملائمة فتؤدي إلى اختلال عمل الدارة بحيث تظهر إشارة الخرج مشوهة. وتسمى الدارة المرافقة للترانزستور التي توفر له فولطية الانحياز بدارة الانحياز (Bias Circuit)، ويبين الشكل (44) دارة الباعث المشترك.



الشكل (44): دارة باعث المشترك عملية.

5-3 المواصفات الفنية للترانزستور

من أهم المواصفات الفنية التي يجب مراعاتها عند استبدال ترانزستور تالف أو اختيار ترانزستور لاستخدامه في دارة إلكترونية معينة:

1- **نوع الترانزستور وقطبيته**: (PNP) أو (NPN) أو (FET) أو (MOSFET).
2- **نوع مادة الترانزستور**: سيليكون (Si) أو جرمانيوم (Ge).
3- **القيم القصوى**: كأي عنصر إلكتروني آخر، يوجد للترانزستور قيم لا يسمح بتجاوزها حرصا عليه من الانهيار والتلف تعرف بالقيم القصوى، وأهمها:
   أ- فولطية المجمع-الباعث القصوى $V_{CE\ (max)}$.
   ب- فولطية المجمع-القاعدة القصوى $V_{CB\ (max)}$.

ج- تيار المجمع الأقصى $I_{C\ (max)}$.

د- القدرة المبددة القصوى $P_{d(max)}$.

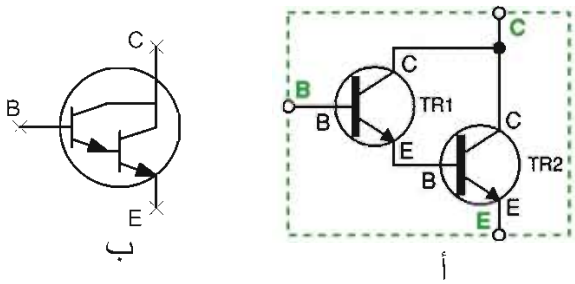
4-كسب التيار (h_{fe}): هو النسبة بين تيار خرج دارة التضخيم وتيار دخلها .ويعبر معامل كسب التيار في الترانزستور عن كفاءة عمل الترانزستور كمضخم للإشارات الكهربائية، وهو مرتبط بتوصيلة الباعث المشترك حيث يطبق تيار الدخل على القاعدة، كما يظهر تيار الخرج في المجمع، وبالتالي يعرف معامل الكسب بأنه النسبة بين تيار المجمع وتيار القاعدة في دارة الباعث المشترك، ويرمز له بالرمز (h_{FE}) ويعطى بالمعادلة الرياضية التالية:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

6-3 ترانزستورات دارلينجتون

يبين الشكل (45/أ) زوجاً من الترانزستورات يعرف (بزوج دارلينجتون-Darlington Pair) وهما ترانزستورين يتصل مجمعاهما معا بينما يتصل باعث أحدهما بقاعدة الآخر.هذه التركيبة تتصرف أساسا كترانزستور واحد كسب تياره يساوي حاصل ضرب كسب كل من الترانزستورين المكونين وبالتالي يمكن الحصول منهما على كسب إجمالي في التيار عالٍ جدا.

بعض الشركات المصنعة للترانزيستورات تصنع ترانزيستورات دارلينجتون متكاملة تأتي على شكل ترانزستور تقليدي له ثلاثة أطراف، كما في الشكل (ب/45).



الشكل (45): ترانزستور دارلينجتون

7-3 ترانزستور تأثير المجال

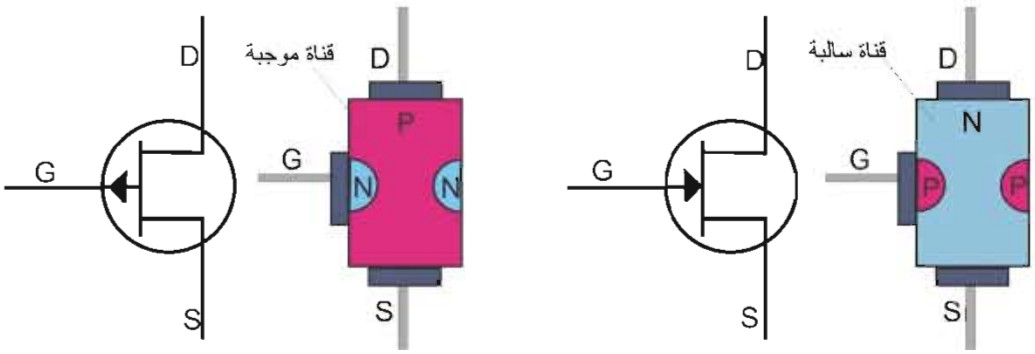
ترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor) أو اختصارا(FET)، هو عنصر ذو ثلاثة أطراف هي: المنبع (S0URCE) والمصرف (DRAIN) والبوابة (GATE) وهذه الأطراف تقابل الباعث والمجمع والقاعدة، على الترتيب، في الترانزستور العادي.وهناك صنفان رئيسان من ترانزستورات تأثير المجال وهما:

- ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة (Junction FET: JFET).
- ترانزستور تأثير المجال نوع الأكسيد المعدني :(MOSFET)

أ. ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة

يوجد صنفان رئيسان من ترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة (JFET) وذلك بحسب تكوين هذه الترانزستورات، كما يوضح الشكل (46)، وهما: -

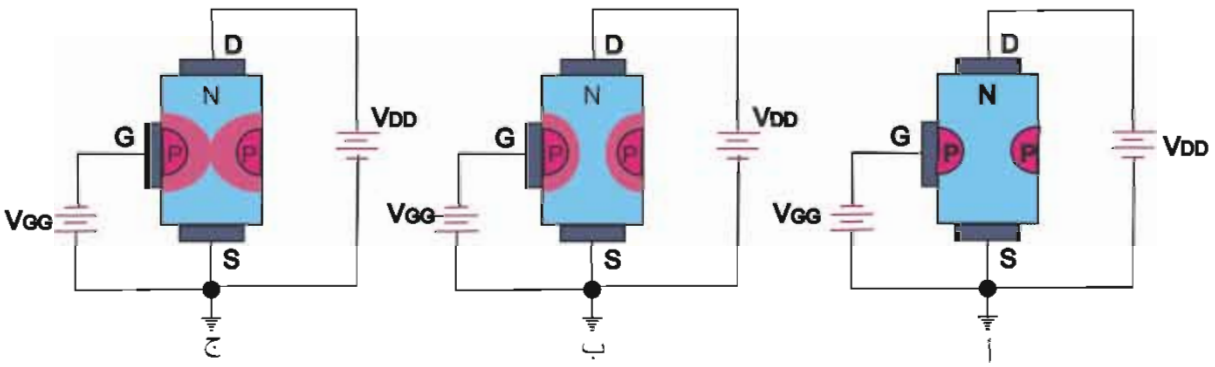
- ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة (JFET) ذو القناة السالبة (N).
- ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة (JFET) ذو القناة الموجبة (P).



الشكل (46): تركيب ترانزيستورات (JFET).

ويبين الشكل (46/أ) التركيب الأساسي للترانزستور JFET ذي القناة السالبة (N) ويتكون من شريحة من شبه الموصل من النوع السالب(N)، تتصل بنهايتيها أسلاك المنبع (Source: S) والمصرف(Drain: D) . تدعى هذه الشريحة باسم القناة (Channel) ويجري عبرها تيار الإلكترونات من من طرف المنبع إلى طرف المصرف. وينشر على جانبي شريحة القناة وبعمق معين مادة شبه موصلة من النوع الموجب (P)، يتصل بها طرف سلكي يسمى البوابة (Gate: G)، وهكذا تتشكل وصلة (PN) بين مادة البوابة (P) ومادة القناة (N). ويبين الشكل (46/ب) رمز ترانزستورJFET ذي القناة السالبة.
يبين الشكل (46/ج) التركيب الأساسي لترانزستور تأثير المجال ذي الوصلة بالقناة الموجبة (P)، إذ أن مادة القناة من شبه الموصل النوع الموجب (P) ومادة البوابة من شبه الموصل النوع السالب (N). ويبين الشكل (د/46) رمز ترانزستورJFET ذو القناة الموجبة. ويلاحظ أن رأس السهم على سلك البوابة يتجه داخل الترانزستور ذي القناة السالبة، ويتجه خارج الترانزستور ذي القناة الموجبة.ونذكر القارئ أن رأس السهم يشير دائما إلى المادة من النوع السالب (N).

ولتوضيح مبدأ عمل ترانزستورات JFET، يبين الشكل (47/أ)، فولطيات الانحياز للترانزستورJFET ذي القناة السالبة، حيث يؤمن مصدر الفولطية (V_{DD}) الفولطية بين طرف المصرف وطرف المنبع، مما يؤدي إلى جريان تيار المصرف(I_D)عبر القناة من طرف المنبع إلى طرف المصرف.ويوفر مصدر الفولطية (V_{GG}) فولطية الانحياز العكسي لوصلة البوابة المنبع.



الشكل(47): عمل الترانزستور JFET ذو القناة السالبة.

الفولطية السالبة على طرف البوابة تؤدي إلى توليد منطقة استنزاف عازلة (خالية من الإلكترونات الحرة) في القناة، فيقل عرض القناة وتزداد مقاومتها لتيار المصرف (I_D). وهكذا يتبين أن تيار المصرف (I_D)المار عبر القناة محكوم بمقدار الانحياز العكسي على وصلة البوابة.وفي الحقيقة يمكن زيادة فولطية البوابة حتى تغطي منطقة الاستنزاف القناة N بأكملها، كما في الشكل (48/ج) وبذلك يتوقف جريان التيار عبر القناة.

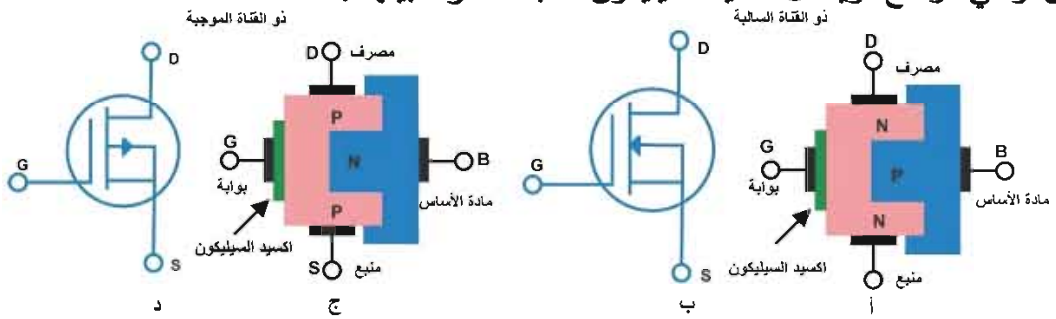
بينما تناولت المناقشة السابقة عمل ترانزستورJFET ذي القناة السالبة، فإن عمل الترانزستور JFET ذي القناة الموجبة مماثل له تماما، والفروق الوحيدة هي في فولطية الانحياز الموجبة اللازمة لجعل انحياز وصلة البوابة المنبع عكسية، كما أن تيار المصرف في القناة يسببه جريان الثقوب الموجبة الشحنة.

ب.ترانزستور تأثير المجال نوع الأكسيد المعدني MOSFET

هذا الاسم يعود إلى بنية الترانزستور حيث تكون من ثلاثة طبقات: طبقة معدنية (Metal)، طبقة من أكسيد السيليكون(Oxide)، طبقة شبه موصل(Semiconductor). يطلق أيضا على هذا الترانزستور اسم ترانزستور تأثير المجال ذو البوابة المعزولة (Insulated Gate FET)، لأن بوابة الترانزستور المعدنية تكون معزولة عن القناة بطبقة عازلة من أكسيد السيليكون، مما يجعل مقاومة دخل هذا الترانزستور عالية جدا. وهناك نوعان من ترانزستورMOSFET، وهما:

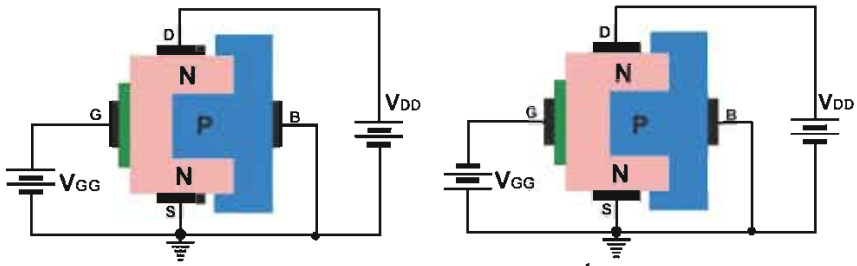
1. ترانزستورMOSFET الاستنزافي (Depletion Mode MOSFET: DEMOSFET).
2. ترانزستورMOSFET التعزيزي ((Enhancement Mode MOSFET: EMOSFET.

ويبين الشكل (48/أ) بنية الترانزستور MOSFET الاستنزافي ذي القناة السالبة (N)، ويبين الشكل (48/ب) رمز هذا الترانزستور، كما يبين الشكل (48/ج) بنية الترانزستورMOSFET الاستنزافي ذي القناة الموجبة (P)، ويبين الشكل (48/د) رمز هذا الترانزستور. ونلاحظ أن المنبع والمصرف منتشر في مادة الأساس للترانزستور، ويتصل المنبع والمصرف مع بعضهما بقناة ضيقة ملامسة للبوابة المعزولة، ونلاحظ من الشكل أن البوابة معزولة عن القناة بطبقة من ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2). فالقناة والبوابة تشكلان لوحي مواسع، ويشكل أكسيد السيليكون الطبقة العازلة بينهما.



الشكل (48): تركيب ترانزستورMOSFET الاستنزافي.

وستتعرف هنا على مبدأ عمل ترانزستورMOSFET الاستنزافي ذي القناة السالبة، إذ لا يختلف عن مبدأ عمل ترانزستور MOSFET الاستنزافي ذي القناة الموجبة سوى أن فولطيات الانحياز تكون معكوسة.

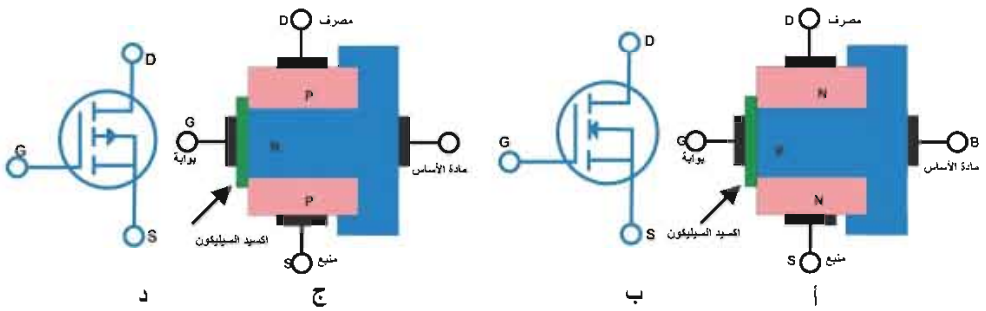


الشكل (49) مبدأ عمل ترانزستور MOSFET الاستنزافي

أثناء التشغيل المعتاد للترانزستورMOSFET الاستنزافي ذي القناة السالبة تطبق فولطية سالبة على المنبع وفولطية موجبة على المصرف، كما في الشكل (49)، وهذا يؤدي إلى جريان تيار خلال القناة من طرف المنبع إلى طرف المصرف. إذا طبقت فولطية سالبة على طرف البوابة، فإن الشحنة السالبة على طرف البوابة سوف تدفع الإلكترونات السالبة في القناة إلى منطقة الأساس الموجبة، نتيجة قوة التنافر بين تلك الإلكترونات في القناة والشحنات السالبة على البوابة.ويسبب ذلك استنزافا للإلكترونات في القناة، فتزيد مقاومة تلك القناة، ويقل التيار الذي يسري من مصدر الفولطية الموجب إلى المصرف ثم المنبع، وزيادة الفولطية السالبة على البوابة، يؤدي إلى زيادة مقاومة القناة ونقصان التيار وهكذا، وتعرف هذه الحال بحاله الاستنزاف للترانزستور.

أما إذا وصلت فولطية موجبة بطرف البوابة بدلا من الفولطية السالبة ، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الإلكترونات في القناة فتزداد موصليتها (تقل مقاومتها) وبذلك يزداد التيار الجاري بين المصرف والمنبع. وتعرف هذه الحال بالحال التعزيزية للترانزستور. وعلى هذا فإن التيار بين المنبع والمصرف في ترانزستورMOSFET الاستنزافي يكون محكوما بالفولطية السالبة أو الموجبة المطبقة على البوابة.

يختلف ترانزستورMOSFET التعزيزي في بنيته عن ترانزستورMOSFET الاستنزافي في أنه لا يحتوي على قناة فيزيائية (حقيقية). ونلاحظ من الشكل(50) أن مادة الأساس تمتد لغاية المادة الفاصلة على البوابة (أكسيد السيليكون)، ونلاحظ من الشكل كيفية بناء هذا الترانزستور، ففي الوضع الطبيعي لا يسري تيار بين طرف المنبع وطرف المصرف إلا بعد أن تتشكل قناة وهمية بين طرف المنبع وطرف المصرف على خلاف الترانزستورMOSFET الاستنزافي الذي يحتوي على قناة فيزيائية (حقيقية) ضمن بنائه باستمرار.

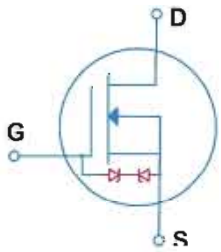


الشكل(50) ترانزستورMOSFET التعزيزي.

هناك مشكلة تواجهك في ترانزستوراتMOSFET والدارات المتكاملة المصنوعة بالتقنية نفسها، وهذه المشكلة ناتجة من حساسية هذه العناصر للكهرباء الساكنة، حيث يمكن لتفريغ شحنات الكهرباء االساكنة أن تثقب طبقة الأوكسيد العازلة في هذه العناصر مما يؤدي إلى تلفها. ويتم بالعادة اتخاذ عدد من الإجراءت للوقاية من أخطار تفريغ شحنات الكهرباء الساكنة أثناء شحن وتداول العناصر الإلكترونية الحساسة للكهرباء الساكنة ، ومن أهم هذه الإجراءات كما هو موضح في الشكل (51) :غرس أطراف العناصر الإلكترونية الحساسة للكهرباء الساكنة أثناء التخزين والشحن في قطع من الإسفنج الموصل للكهرباء،واستعمال الأكياس الواقية من الكهرباء الساكنة في تغليف العناصر الإلكترونية الحساسة للكهرباء الساكنة ،واستخدام السوار الواقي من الكهرباء الساكنة أثناء القيام بأعمال الصيانة للإجهزة الإلكترونية وذلك للتخلص من الشحنات الكهربائية المتراكمة في جسم الإنسان.

الشكل(51): الإجراءت للوقاية من أخطار تفريغ شحنات الكهرباء الساكنة.

ومن الأساليب المستخدمة في التصنيع لحماية ترانزستورMOSFET من الشحنات الساكنة، هي ربط ثنائيين زينر ظهرا لظهر بين طرفي توصيل البوابة.ويتم عمل ذلك داخليا كما هو موضح في الشكل (52). وهكذا يضمن أن الفولطية المطبقة على البوابة لن تتجاوز فولطية الزينر أبدا، حيث يقوم ثنائي الزينر بالتوصيل لدى بلوغ البوابة فولطية الزينر.

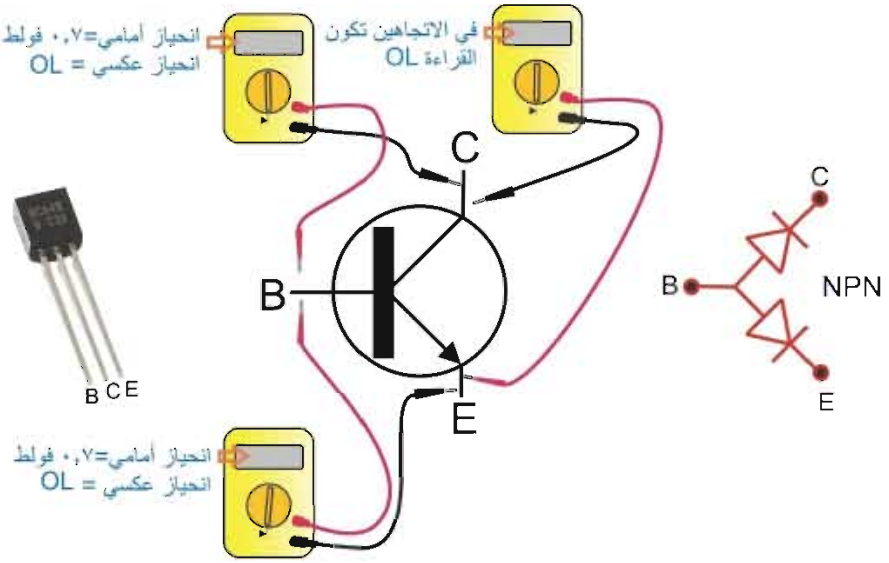


الشكل (52): حماية ترانزستورMOSFET من الشحنات الكهربائية الساكنة.

3-8 أعطال الترانزستور

يمكن أن تتعطل الترانزستورات بطرائق مختلفة، فقد تصبح أحد وصلتي الترانزستور مفتوحة أو مقصورة الدارة، وقد يصبح الترانزستور بأكمله مقصور الدارة أو ذا مقاومة داخلية متدنية. وغالبا يكون السبب في ذلك تسخين زائد أو فولطية زائدة (وإن حدث ذلك بشكل مؤقت)، وقد يزداد التسرب في الترانزستور مما يتسبب في خفض كسبه وزيادة شوشرته.
يتكون الترانزستور عمليا من وصلتي (PN) (ثنائيين) كما يوضح الشكل (53)، واعتمادا على الثنائي واختلاف قيم المقاومة أو هبوط الفولطية الأمامية فيه في حالتي انحيازه الأمامي والعكسي فإنه يمكن

تحديد صلاحية الترانزستور باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي، ويبين الجدول (4) قيم المقاومات وهبوط الفولطيات بين أطراف الترانزستور غير التالف، إذ يعد اختلاف أي من هذه القياسات دليلاً على تلف ذلك الترانزستور.



الشكل (53): فحص ترانزستورات الوصلة ثنائية القطبية

الجدول (4) قيم المقاومات بين أطراف الترانزستور غير التالف

قياس المقاومة أو هبوط الفولطية	انحياز أمامي	انحياز عكسي
وصلة القاعدة – الباعث	مقاومة منخفضة أو هبوط فولطية في حدود 0.7 فولط	دارة مفتوحة (OL)
وصلة القاعدة – المجمع	مقاومة منخفضة أو هبوط فولطية في حدود 0.7 فولط	دارة مفتوحة (OL)
المجمع – الباعث	دارة مفتوحة (OL)	دارة مفتوحة (OL)

ويجب التنويه إلى أن هذا الاختبار لا ينطبق على أنواع الترانزستور التي تحتوي على ثنائي بين المجمع والباعث وعلى الأنواع التي تحتوي على مقاومة بين القاعدة والباعث، ولا على ترانزيستورات دارلينجتون.

كما يمكن اختبار الترانزستور بقياس معامل كسب التيار للترانزستور (h_{FE}) باستخدام الجهاز المتعدد القياسات الرقمي (DMM)، كما في الشكل (54)، وباتباع الخطوات الآتية:

- ضع مفتاح الاختيار في وضع قياس معامل كسب التيار (h_{FE}).
- حدد قطبية الترانزستور (NPN/PNP) وأطرافه، ثم اغرس أطراف الترانزستور في ثقوب فتحات الجهاز المناسبة.
- يقوم الجهاز بعرض الجهاز قيمة معامل كسب التيار للترانزستور (h_{FE}) تحت ظروف انحياز تيار قاعدة ($10\mu A$) وفولطية مجمع باعث (V_{CE}) تساوي (3) فولط تقريبا.

الشكل (54): اختبار الترانزستور بقياس معامل كسب التيار للترانزستور (h_{FE})

9-3 كتيب مكافئات الترانزستورات

يحتوي كتيب مكافئات الترانزستور على مواصفات وبدائل مجموعة كبيرة من الترانزستورات.وترتب هذه الترانزستورات في مجموعة من السلاسل تتشابه في مجموعة من الأحرف والأرقام تستخدمها الشركات الصانعة للدلالة على الترانزستورات التي تنتجها، ومثال ذلك:

الشركات الأوروبية

تستخدم نظام بروالكترون في ترميز الترانزستورات والعناصر الإلكترونية المختلفة. ويرقم الترانزستور بحرفين يعقبهما أعداد مسلسلة وقد تتكون الأعداد المسلسلة من ثلاثة أرقام أو حرف واحد ورقمين.
ويفسر الحرفين الأولين كما يلي:
الحرف الأول يشير إلى نوع مادة الترانزستور:
A- جرمانيوم.
B – سيليكون.
ويوضح الحرف الثاني التطبيقات العامة للترانزستور:

C	ترانزستور ترددات سمعية منخفض القدرة.
D	ترانزستور قدرة للترددات السمعية
F	ترانزستور ترددات راديوية (RF) منخفض القدرة.
L	ترانزستور قدرة للترددات الراديوية.
S	ترانزستور مفتاحي منخفض القدرة.
U	ترانزستور مفتاحي عالي القدرة.

وعلى سبيل المثال:
BC108: ترانزستور مصنوع من السيليكون ومصمم للترددات السمعية المنخفضة القدرة.
BD132: ترانزستور قدرة سيليكوني للترددات السمعية.
BF194: ترانزستور سيليكوني منخفض القدرة للترددات الراديوية.
BU508: ترانزستور قدرة مفتاحي مصنوع من السيليكون.
يتبع رمز ترانزستور الإشارة الصغيرة بحرف يشير إلى مدى قيمة كسب التيار للترانزستور(h_{FE})،
ومثال ذلك BC108C
A h_{FE}=125-260 مرة
B h_{FE}=240-500 مرة

C بمرة 900-450=hFB
الشركات الأمريكية

تستخدم نظام المجلس المشترك لمهندسي الالكترونية (JEDEC) وفي هذا النظام يعطى الرقم الأول عدد الوصلات في العنصر ويتبعه الحرف (N) ثم رقم التسجيل أي:

1 N ثنائي

2 N ترانزستور BJT

3 N ثايرستور

وعلى سبيل المثال 2N3055 هو ترانزستور BJT، وكان قد سجل تحت الرقم 3055.

الشركات اليابانية

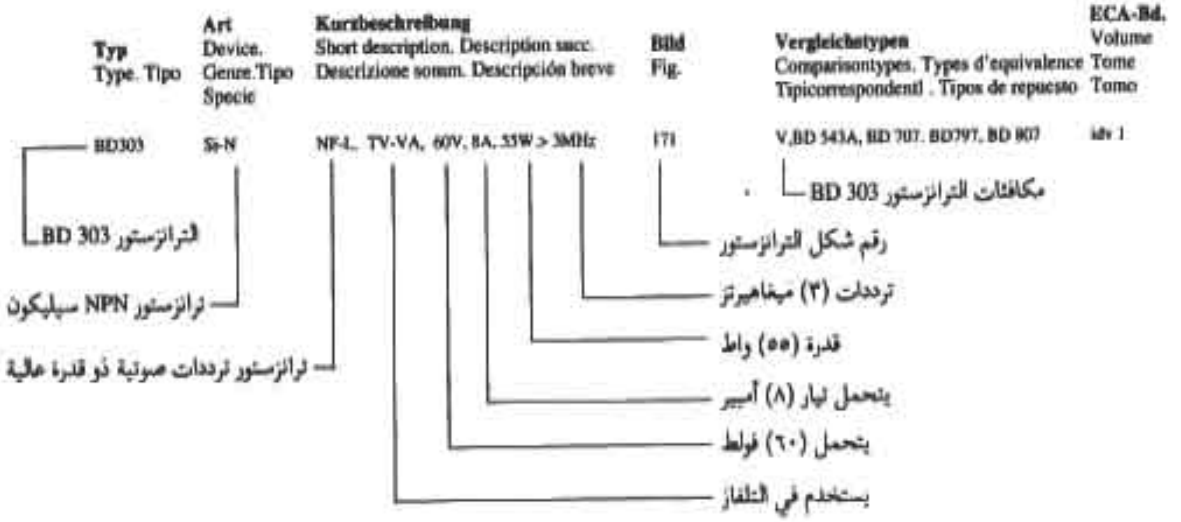
تستخدم الرمز (2S) يتبعه حرف واحد ومجموعة من الأرقام، الحرف يدل على نوع الترانزستور حسب الجدول. الشركات اليابانية لا تقوم بطبع الرمز (2S) على جسم الترانزستور. فمثلا إذا كان لدينا ترانزستور طبع عليه الرمز (B635) فإننا نضيف لهذا الرمز المقطع (2S) فيصبح الرمز (2SB635) ونفتح كتيب مكافئات الترانزستور على السلسلة (2SB) ونجد رقم الترانزستور ونتعرف على مواصفاته.والجدول التالي يوضح معاني الحروف الواردة في النظام الياباني.

الحرف	الوصف
A	ترانزستور (PNP)ذو قدرة صغيرة للإستخدام العام
B	ترانزستور (PNP)ذو قدرة عالية
C	ترانزستور (NPN)ذو قدرة صغيرة للإستخدام العام
D	ترانزستور (NPN)ذو قدرة عالية
J	ترانزستور تأثير مجال بالقناة الموجبة
K	ترانزستور تأثير مجال بالقناة السالبة.

الشركات الكورية

تستخدم الرمز (K) ومجموعة تليه من الأرقام والأحرف.

ويبين الشكل(55) صورة لصفحة من أحد كتب مكافئات الترانزستورات والبدائل لأحد الترانزيستورات. والجدير بالذكر أنه كما يمكنك تنزيل لوحات بيانات (Data Sheet) الترانزستورات التي لديك من صفحات الإنترنت.

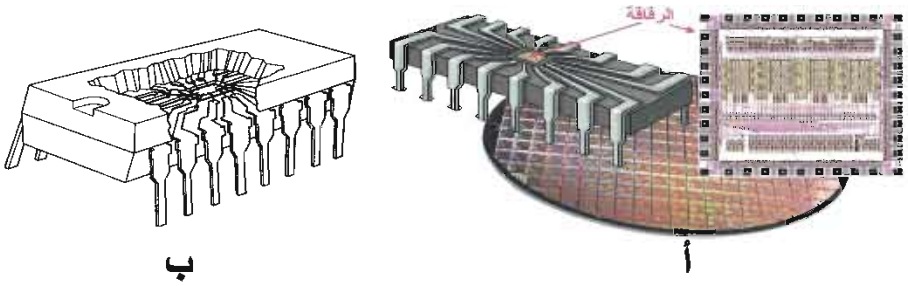


الشكل(55) صورة لصفحة من أحد كتب مكافئات الترانزيستورات

10-3 الدارات المتكاملة

أدى التقدم في صناعة القطع الإلكترونية إلى تجميع عدد كبير من الترانزستورات والثنائيات والمقاومات والمواسعات على شريحة (رقاقة) صغيرة جدا مصنوعة من مادة السيليكون (مادة شبة موصلة) سميت بالدارة المتكاملة (Integrated Circuit: IC)، وأحدث إنتاج هذه الدارات ثورة عظيمة في عالم الإلكترونيات، فتقلص حجم الأجهزة، وأمكن صنع أجهزة جديدة بقدرات تفوق كثيرا ما كان موجودا في السابق.

وتصنع هذه الدارات بطريقة تركيبية معينة كما هو موضح في الشكل (56-أ)، وتثبت شريحتها داخل غلاف من البلاستيك أو الخزف بوساطة مادة لاصقة كما هو مبين في الشكل (56-ب).



الشكل(56): تركيب الدارة المتكاملة

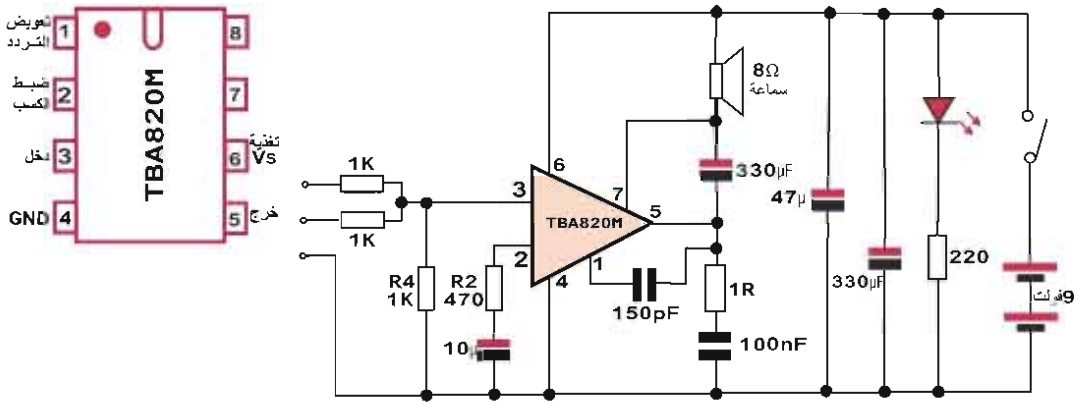
وتوصل أطراف دارة الشريحة بالأطراف الخارجية بوساطة أسلاك دقيقة من الذهب، تغلف لحمايتها من العوامل الجوية المحيطة، ثم يطبع رمز الدارة المتكاملة على سطحها العلوي، ويشار إلى الطرف القريب من السطح العلوي بالرقم (1)، كما هو مبين في يسار الشكل (57).

ليس من الضروري التعمق بالتفصيل في الدارة الداخلية للدارة المتكاملة كي تستطيع استعمالها بفاعلية، بل يكفي الإلمام ببعض القواعد الأساسية التي تتعلق بجهد التشغيل المقرر وبمتطلبات الدخل والخرج. وتوفر لوحة البيانات الخاصة بالدارة المتكاملة (Data sheet) المعلومات التي تحتاجها عن الدارة بما في ذلك تطبيقاتها المقترحة.

وهناك نوعان رئيسان من الدارات المتكاملة هي:

أ. الدارات المتكاملة الخطية (Linear ICs): تنتج هذه الدارات إشارة خرج متناسبة مع إشارة الدخل المطبقة في مدخلها، وتستخدم عادة في دارات التضخيم المختلفة التي تمتاز بكسب عال وممانعة دخل عالية كمضخمات القدرة، ومضخمات التشغيل، ومنظمات الجهد، ومضخمات الصوت، ووحدات التغذية الإلكترونية، ودارات القدرة والكشف.

وعلى سبيل المثال، يوضح الشكل (57) دارة متكاملة خطية (TBA820M) قدرتها (2) واط تعمل كمضخم للصوت، مكونة من (18) ترانزستور و(6) مقاومات وثنائيان، مغلفة بغلاف من نوع (DiL) ذي (8) أطراف (أي ثنائي الصفوف) وهي اختصار للكلمات (Dual in Line).



الشكل (57): دارة متكاملة خطية (TBA820M)

ب. الدارات المتكاملة الرقمية أو الدارات المتكاملة المنطقية (Digital ICs): وهي عبارة عن دارة تبديل (Switching) تتناوب بين الحالتين المنطقيتين التاليتين: الحال المنطقية (1) التي تتمثل بقيمة (5) فولط، والحال المنطقية (0) التي تتمثل بقيمة (صفر) فولط. وتتعامل هذه الدارات مع أحداث متقطعة (كوجود إشارة أو عدمها)، وتتميز عادة بالأرقام، إذ أنها تتبع في عملها القوانين الرياضية. وتطبق هذه الدارات في الأنظمة الإلكترونية الرقمية التي تستخدم النبضات الكهربائية، وفي العدادات (Counters) والحاسبات الرقمية والبوابات والمسجلات ودارات حفظ المعلومات ودارات المبينات. وتعمل هذه الدارات وفق نظام الأرقام الثنائي (Binary) الذي تتكون الأرقام فيه من خانات تكون إما (صفر) أو (1).

10-3 التقييم الذاتي

3- أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.

4- إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضروريا.

الأسئلة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي :

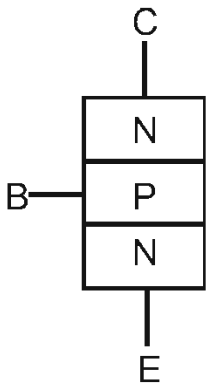
1- يقصد بالترانزستور (BJT) :

أ. ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية
ب. ترانزستور تأثير المجال
ج. ترانزستور أحادي الوصلة
د. تزستور تكبير الإشارة

2- يقصد بالترانزستور (FET):

أ. ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية
ب. ترانزستور تأثير المجال
ج. ترانزستور أحادي الوصلة
د. ترانزستور تكبير الإشارة

3- يبين الشكل المجاور تركيب الترانزستور نوع :

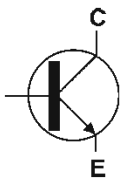


أ. (NPN).
ب. (PNP).
ج. (FET).
د. (UJT).

4- أطراف الترانزستور العادي هي:

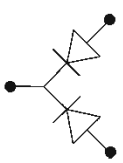
أ. قاعدة ومجمع وباعث.
ب. مصرف وبوابة ومنبع.
ج. مصعد(أنود) ومهبط(كاثود) وبوابة.
د. مهبط ومصعد وشبكة.

5- يشير الرمز المبين في الشكل المجاور إلى عنصر:



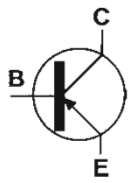
أ. ثنائي زنر.
ب. ثنائي فاكتور.
ج. ترانزستور (NPN).
د. ترانزستور (PNP).

6- تكافئ دارة الثنائي المبينة في الشكل المجاور ترانزستور من نوع :



أ. (NPN).
ب. (PNP).
ج. (FET).
د. (UJT).

7- **يشير الرمز المبين في الشكل المجاور إلى ترانزستور من نوع :**



أ. (NPN).
ب. (PNP).
ج. (FET).
د. (UJT).

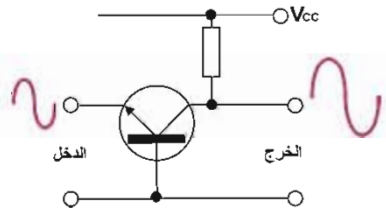
8- **يمكن تمييز باعث الترانزستور عن مجمعه بالرغم من أنهما شريحتان متشابهتان موجبتان أو سالبتان بأن :**

أ. شريحة الباعث اعرض من شريحة المجمع.
ب. شريحة المجمع اعرض من شريحة الباعث.
ج. تركيز الشوائب في شريحة المجمع أعلى منه في شريحة الباعث.
د. تركيز الشوائب في شريحة الباعث أعلى منه في شريحة المجمع.

9- **عندما يكون ترانزستور المضخم منحازا بشكل صحيح، تكون وصلة القاعدة-الباعث منحازة ------ -، ووصلة القاعدة-المجمع منحازة ---------- :**

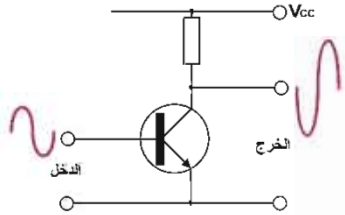
أ- أماميا-عكسيا ب- أماميا-أماميا
ج- عكسيا-أماميا د- عكسيا-عكسيا

10- **المضخم الترانزستوري المبين في الشكل المجاور هو دارة :**



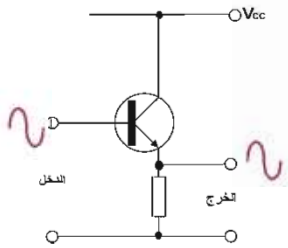
أ- الباعث المشترك.
ب- المجمع المشترك.
ج- القاعدة المشتركة.
د- تابع الفولطية.

11- **المضخم الترانزستوري المبين في الشكل المجاور هو دارة :**



أ- الباعث المشترك.
ب- المجمع المشترك.
ج- القاعدة المشتركة.
د- تابع الفولطية.

12- **المضخم الترانزستوري المبين في الشكل المجاور هو دارة :**



أ- الباعث المشترك.
ب- المجمع المشترك.
ج- القاعدة المشتركة.
د- تابع الباعث.

13- **يعرف معامل كسب التيار (h_{fe}) للترانزستور بأنه نسبة تيار :**

أ- البوابة إلى تيار القاعدة ب- المجمع إلى تيار القاعدة
ج- القاعدة إلى المجمع د- الباعث إلى تيار القاعدة

14- **عند تشغيل الترانزستور كمكبر إشارة، يتم إعطاؤه انحيازا ملائما بحيث :**

أ- يعمل في منطقة التشغيل الفعالة ب- يعمل في منطقة التشبع
ج- يتناوب بين منطقة القطع ومنطقة التشبع د- يعمل في منطقة القطع

15- **عند تشغيل الترانزستور كمفتاح، يتم إعطاؤه انحيازا ملائما بحيث :**

أ- يعمل في منطقة التشغيل الفعالة ب- يعمل في منطقة التشبع
ج- يتناوب بين منطقة القطع ومنطقة التشبع د- يعمل في منطقة القطع

16- **يتصرف الترانزستور في منطقة الفصل وكأنه :**

أ- مكبر للإشارة ب- مفتاح في حال الفصل (OFF)
ج- مفتاح في حال الوصل (ON) د- مقاومة منخفضة

17- **يتصرف الترانزستور في منطقة التشبع وكأنه :**

أ- مكبر للإشارة ب- مفتاح في حال الفصل (OFF)
ج- مفتاح في حال الوصل (ON) د- مقاومة منخفضة

18-**ترانزستور تأثير المجال هو عنصر الكتروني ذو ثلاثة أطراف هي :**

أ. قاعدة ومجمع وباعث.
ب. منبع ومصرف وبوابة
ج. قاعدة ومجمع وبوابة.
د. مصرف ومنبع وقاعدة.

س20- **إن التيار بين المنبع والمصرف في ترانزستور تأثير المجال يتحكم فيه:**

أ. تيار القاعدة.
ب. الفولطية المطبقة على البوابة.
ج. تيار البوابة.
د. فرق الفولطية بين المنبع والمصرف.

س21- يمتاز ترانزستور تأثير المجال عن ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية (BJT) بما يلي:

أ. يبدي مقاومة مدخل عالية جدا (عدة ميجا أوم).
ب. تصنيعه أسهل، ويحتل مساحة أصغر في الدارات المتكاملة.
ج. مستوى الضجيج (الشوشرة) في ترانزستور (FET) منخفض أكثر منه
د. ترانزستور (FET) لا يتأثر بالحرارة مثل الترانزستور الوصلة ثنائي القطبية
ه. جميع ما ذكر.

س22- تجري الإلكترونات (التيار) في ترانزستور تأثير المجال من المنبع إلى المصرف عبر:

أ. البوابة.
ب. الشريحة.
ج. القناة.
د. الوصلة.

س23- بالنسبة للرمز التخطيطي للترانزستور(FET) ، فإن رأس السهم على البوابة يتجه إلى داخل الترانزستور إذا كانت قناة الترانزستور من النوع:

أ. الموجب(P)
ب. السالب(N)
ج. لا يوجد علاقة بين اتجاه سهم البوابة ونوع قناة الترانزستور.
د. لا يوجد سهم على طرف البوابة في الرمز التخطيطي لترانزستور(FET)

س24- في ترانزستورJFET يتم التحكم بعرض القناة بوساطة:

أ. التحكم بفولطية البوابة.
ب. التحكم بفولطية المنبع.
ج. التحكم بفولطية المصرف.
د. نوع المادة شبه الموصلة المصنوع منها الترانزستور.

س25- تعرف وحدات ترانزستور تأثير المجال ذي البوابة المعزولة أيضا باسم وحدات ترانزستور:

أ. JFET
ب. BJT
ج. MOSFET
د. NJT

س26- مقاومة دخل الترانزستورMOSFET عالية جداً لأن:

أ. في ظروف التشغيل العادية وصلة البوابة المنبع في حال انحياز عكسي.
ب. لا يحتوي على قناة فيزيائية.
ج. في ظروف التشغيل العادية تكون وصلة البوابة في حال انحياز عكسي.
د. بوابة الترانزستور MOSFET معزولة عن القناة بطبقة من أكسيد السيليكون.

س27- في بعض أنواع الترانزستور MOSFET ، يتم ربط ثنائيين زينر ظهرا لظهر بين طرفي توصيل البوابة، بهدف:

أ. تثبيت فولطية البوابة عند قيمة محددة.
ب. حماية الترانزستور من الشحنات الكهربائية الساكنة.
ج. حماية الترانزستور من التيارات الكهربائية العابرة.
د. حماية الترانزستور من الفولطيات الكهربائية العابرة.

11-3 التمارين العملية

رقم التمرين: (4)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: فحص صلاحية الترانزيستورات	5 ساعات

- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن:
  1. تمييز أطراف الترانزستورات.
  2. تستخرج المواصفات الفنية للترامزستورات وبدائلها من كتاب مكافئات الترانزستورات.
  3. تفحص صلاحية ترانزستور الوصلة ثنائية القطبية (BJT) باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي.
  4. تفحص صلاحية ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية بقياس معامل كسب التيار للترانزستور(hFE).
  5. تفحص صلاحية ترانزستورات تأثير المجال.

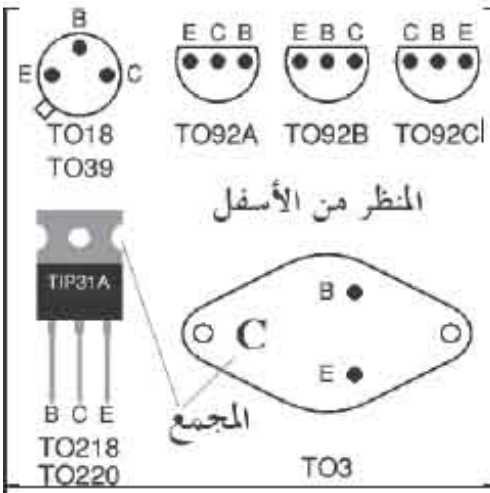
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

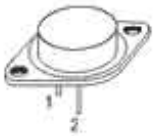
الأدوات والتجهيزات والمواد			
1	ترانزستورات متنوعة	واحد من كل نوع	BC108 ,BC 237,BD132, BF194,BU508A,BU508D, 2SB681 2SB1560-2SD2390 , 2SB 1560-2SD 2390 , B1560-D2390
2	جهاز متعدد قياسات رقمي (DMM)	1	
3	كتاب مكافئات أشباه الموصلات (البدائل)	1	
4	حاسوب مع اتصال بالإنترنت		

خطوات العمل

أولاً:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	تميز أطراف الترانزستورات	
1	اقرأ الرمز المميز للترانزستور المطبوع على جسمه.	
2	ابحث عن نوع عبوة (تغليفة) الترانزستور بدلالة رمزه في كتاب مكافئات الترانزستور أو في صفحات الإنترنت.	

3	حدد أطراف الترانزستور بدلالة نوع عبوته مستعيناً بالرسوم المبينة في الشكل المجاور، والتي توضح توزيع الأطراف في عبوات الترانزستورات الأكثر شيوعاً.	
4	دقق البيانات التي حصلت عليها في الخطوات السابقة في دفتر التدريب العملي كما في الجدول (1).	

TO-18	TO-39	TO-92
TO-126	TO-3P	TO-220AB
		
TO-220AC	TO-247AC	TO-3
SOT-223		

الشكل (1) الأشكال الشائعة لعبوات الترانزيستورات

الجدول (1)

الرقم	الرمز المميز للترانزستور	رمز عبوة الترانزستور	رسم شكل الترانزستور موضحا عليه الأطراف

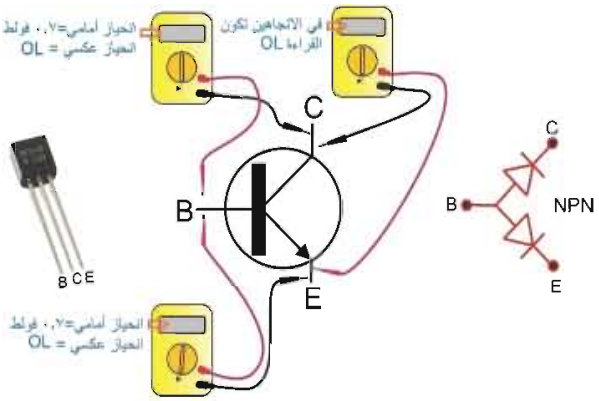
ثانيا:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
تحدد المواصفات الفنية للترانزستور وبدائله باستخدام كتيب مكافئات الترانزستورات		
1	آقرأ الرمز المميز للترانزستور المطبوع على جسمه.	
2	ابحث في كتاب مكافئات الترانزستور عن الصفحة التي تحوي بيانات الترانزستور حسب رمزه المميز. كما يمكنك تنزيل لوحات بيانات (Data Sheet) الترانزستورات التي لديك من صفحات الإنترنت.	
3	سجل البيانات التي حصلت عليها في دفتر التدريب العملي كما في الجدول (2).	

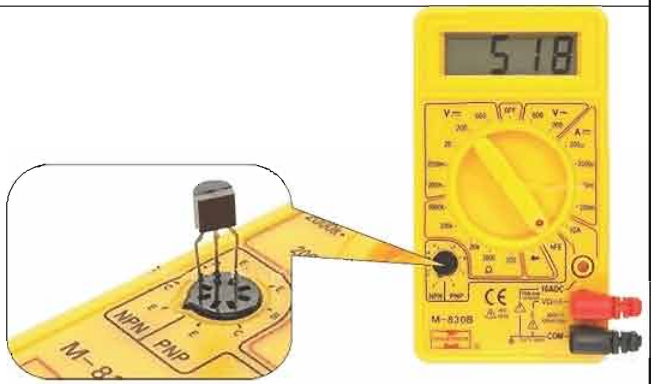
الجدول (2)

الرقم	الرمز المميز للترانزستور	رمز شكل الترانزستور	مادة الترانزستور	القدرة	تيار المجمع	فولطية المجمع	التردد	الإستخدامات	البدائل	توزيع الأطراف

ثالثا :

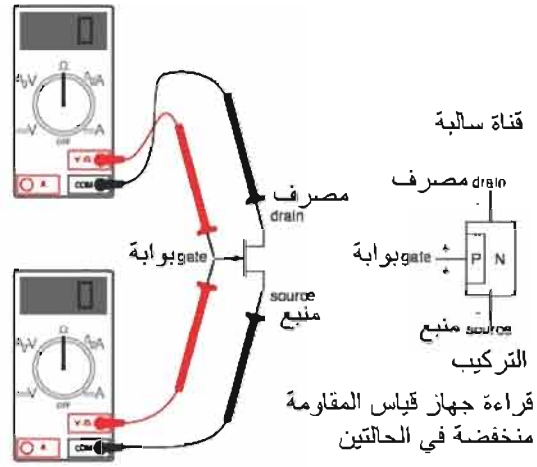
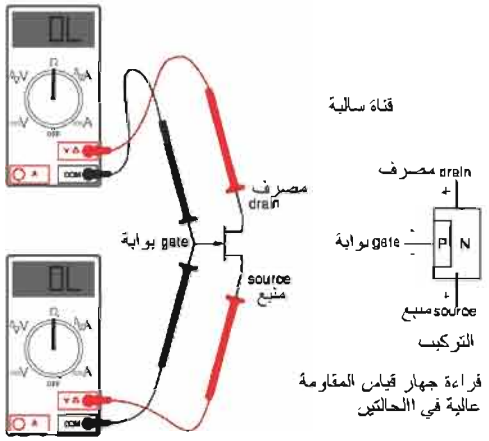
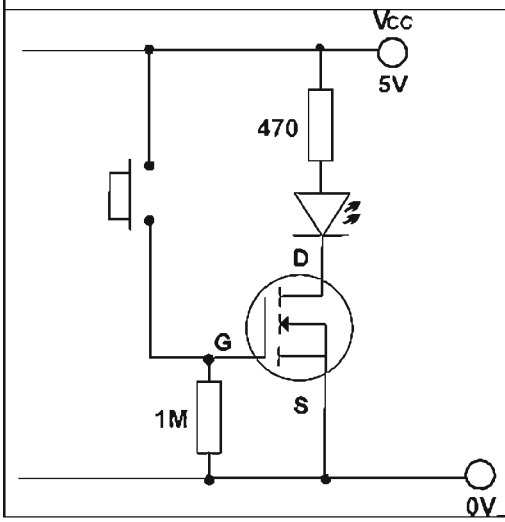
	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
تفحص صلاحية ترانزستور الوصلة ثنائية القطبية (BJT) باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي		
1	حدد أطراف الترانزستور.حسب نوع عبوته كما تعلمت في الخطوات السابقة.	
2	جهز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار الثنائي، وذلك بوضع مفتاح الاختيار على وضع اختبار الثنائي ((+))).	
3	افحص حاله الثنائي بين القاعدة والباعث في الاتجاهين الأمامي والعكسي، كما في الشكل المجاور، مع العلم انه في حاله الترانزستور السليم تكون النتائج على النحو الآتي: انحياز عكسي: دارة مفتوحة (OL) انحياز أمامي: هبوط فولطية في حدود 0.7 فولط.	
4	افحص حاله الثنائي بين القاعدة والمجمع في الاتجاهين الأمامي والعكسي، كما في الشكل المجاور. مع العلم أنه في حال الترانزستور السليم تكون النتائج على النحو الآتي: انحياز عكسي: دارة مفتوحة (OL) انحياز أمامي: هبوط فولطية في حدود 0.7 فولط	
5	افحص المقاومة بين المجمع والباعث، كما في الشكل المجاور. مع العلم أنه في حال الترانزستور السليم تكون النتائج على النحو الآتي: انحياز عكسي: دارة مفتوحة (OL) انحياز أمامي: دارة مفتوحة (OL)	

رابعاً:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	تفحص صلاحية ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية بقياس معامل كسب التيار للترانزستور(h_{FE})	
1	اقرأ الرمز المميز للترانزستور المطبوع على جسمه.	
2	ابحث في كتاب مكافئات الترانزستور عن الصفحة التي تحوي بيانات الترانزستور حسب رمزه المميز. وحدد قطبية الترانزستور (NPN/PNP) وأطرافه، ومعامل كسب التيار للترانزستور(hFE)	
4	ضع مفتاح الاختيار في وضع قياس معامل كسب التيار (h_{FE}).	
5	اغرس أطراف الترانزستور في ثقوب فتحات الجهاز المناسبة.	
6	يقوم الجهاز بعرض الجهاز قيمة معامل كسب التيار للترانزستور (h_{FE}) تحت ظروف انحياز تيار قاعدة (10μA) وفولطية مجمع باعث (V_{CE}) تساوي (3) فولط تقريبا.	
7	قارن قيمة معامل كسب التيار للترانزستور (h_{FE}) التي عرضها الجهاز والقيمة المسجلة في كتيب مكافئات الترانزستور.	

خامساً:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	تفحص صلاحية ترانزستورات تأثير المجال.	
1	جهز ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة (JFET) ذو قناة سالبة، وحدد أطراف الترانزستور.حسب نوع عبوته كما تعلمت في الخطوات السابقة.	
2	جهز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار قياس المقاومة، وذلك بوضع مفتاح الاختيار على تدريج المقاومة.	

3	افحص حاله الثنائي بين البوابة والمصرف، وبين البوابة والمنبع في الاتجاه الأمامي، كما في الشكل المجاور. مع العلم أنه في حال الترانزستور السليم يجب أن تكون قراءة الجهاز مقاومة منخفضة.	
4	افحص حاله الثنائي بين البوابة والمصرف، وبين البوابة والمنبع في الاتجاه العكسي، كما في الشكل المجاور. مع العلم انه في حال الترانزستور السليم يجب أن تكون قراءة الجهاز مقاومة عالية.	
5	افحص مقاومة القناة بين المنبع والمصرف في الاتجاهين الأمامي والعكسي. مع العلم أنه في حال الترانزستور السليم، يجب أن تكون هذه المقاومة منخفضة نسبيًا (بضع مئات أوم على الأكثر).	
6	ابني الدارة في الشكل المجاور على لوحة توصيل مقلمة، ثم استخدمها في فحص صلاحية ترانزستورات MOSFET ذي القناة السالبة.	

رقم التمرين: (5)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: بناء دارات المفاتيح الترانزستورية	5 ساعات

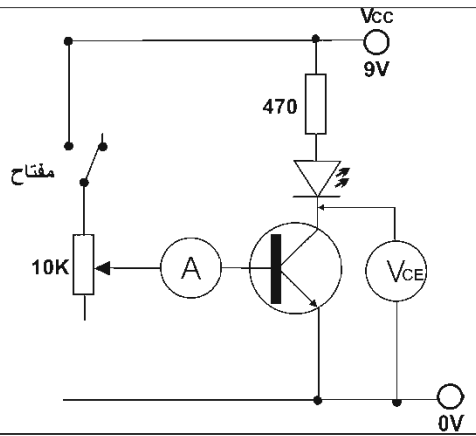
- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن:
  1. تبني دارة مفتاح تراتزستوري والتحقق من عملها.
  2. تبني دارة مفتاح ترانزستوري يفعل بالضوء والتحقق من عملها.

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
1	لوحة توصيل	1	لوحة توصيل مقلمة Veroboard أو Breadboard
2	ترانزيستورNPN	2	BC548B
3	المقاومة المعتمدة على الضوء(LDR)	2	
4	مقاومة	1	470 اوم
5	مقاومة	1	1 كيلواوم
6	ثنائي مشع للضوء	1	
7	مقاومة متغيرة	1	10 كيلواوم
8	مصدر تغذية مستمر	1	0-20 فولط/1 أمبير
9	جهاز متعدد قياسات رقمي (DMM)	2	

خطوات العمل

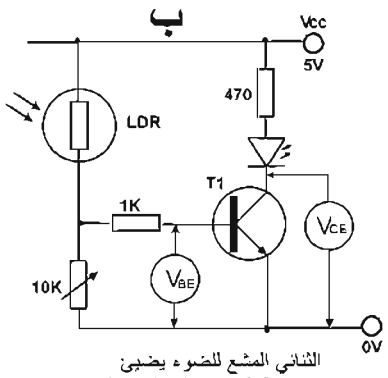
أولاً:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
بناء دارة مفتاح ترانزستوري والتحقق من عملها.		
1	افحص الترانزيستور الذي لديك قبل بدء التمرين واستخرج مواصفاته من كتيب المكافئات أو صفحات الإنرنت.	
2	وصل دارة المفتاح الترانزيستوري المبينة في الشكل المجاور على لوحة تجارب او لوحة توصيل نحاسية مقلمة.	
3	اضبط جهد التغذية على القيمة المطلوبة (9 فولط)، ثم صل الدارة بمصدر التغذية.	

4	أغلق المفتاح، واضبط المقاومة المتغيرة بحيث يضئ الثنائي المشع للضوء، ويصبح فرق الفولطية بين المجمع والباعث 0.2 فولط تقريباً.	
5	فتح المفتاح وأغلقه، وتحقق من عمل الدارة.	

ثانياً:

خطوات العمل والنقاط الحاكمة		الرسوم التوضيحية
بناء دارة مفتاح ترانزيستوري يفعل بالضوء والتحقق من عملها.		
1	افحص الترانزيستور الذي لديك قبل بدء التمرين واستخرج مواصفاته من كتيب المكافئات أو صفحات الإنترنت.	
2	افحص المقاومة المعتمدة على الضوء(LDR) التي لديك قبل بدء التمرين. ويتم فحصها كما يلي: • اضبط جهاز الملتميتر لقياس المقاومة • قس قيمة المقاومة المعتمدة على الضوء (LDR) • سلط ضوء من مصدر ضوئي على المقاومة المعتمدة على الضوء (LDR)، وراقب أثر التغير في شدة الإضاءة على قيمتها.	
2	وصل دارة المفتاح الترانزيستوري المفعل بالضوء المبينة في الشكل المجاور على لوحة تجارب أو لوحة توصيل نحاسية مقلمة.	أ Vcc 5V 470 10K T1 1K VCE LDR VBE 0V الثنائي المشع للضوء يضيئ عند حجب الضوء عن المقاومة المعتمدة على الضوء
3	اضبط جهد التغذية على القيمة المطلوبة (5 فولط)، ثم وصل الدارة بمصدر التغذية.	
4	احجب الضوء عن المقاومة المعتمدة على الضوء(LDR). ثم اضبط المقاومة المتغيرة بحيث يضيء الثنائي المشع للضوء، ويصبح فرق الفولطية بين المجمع والباعث 0.2 فولط تقريباً.	

5	وصل دارة المفتاح الترانزيستوري المفعل بالضوء المبينة في الشكل المجاور على لوحة تجارب أو لوحة توصيل نحاسية مقلمة.	ب  الثنائي المشع للضوء يضيئ عند سقوط الضوء على المقاومة المعتمدة على الضوء
6	اضبط جهد التغذية على القيمة المطلوبة (5 فولط)، ثم وصل الدارة بمصدر التغذية.	
7	سلط ضوء على المقاومة المعتمدة على الضوء(LDR). ثم اضبط المقاومة المتغيرة بحيث يضيء الثنائي المشع للضوء، ويصبح فرق الفولطية بين المجمع والباعث 0.2 فولط تقريباً.	

تمارين الممارسة العملية

- نفذ التمرين الآتي بطريقة العمل الجماعي، أو بحسب إرشادات المدرب.

رقم التمرين: ()	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: **بناء دارة مفتاح ترانزيستوري يفعل بالحرارة**	ساعات

- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن :
  - **تبني دارة مفتاح ترانزيستوري يفعل بالحرارة .**

- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الأدوات والتجهيزات والمواد			
1			
2			
3			

- خطوات العمل

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
1		
2		
3		
4		
6		
7		
8		
9		
10		
14		
15		
16		

هدف التعلم الرابع:

عند الانتهاء من تنفيذك أنشطة التعلم أدناه عليك أن تصبح قادرا على أن تفحص الثايرستورات.

أنشطة التعلم	المصادر
المادة التعلمية	الوحدة التدريبية
تنفيذ التمارين العملية	المشغل/ بإشراف المدرب
زيارة المواقع الإلكترونية	القرية الإلكترونية http://www.qariya.com/ http://www.electronics-tutorials.ws/ What is a Thyristor? - A Galco TV Tech Tip https://www.youtube.com/watch?v=LBb_Qz7J3zA
التدريب الميداني	

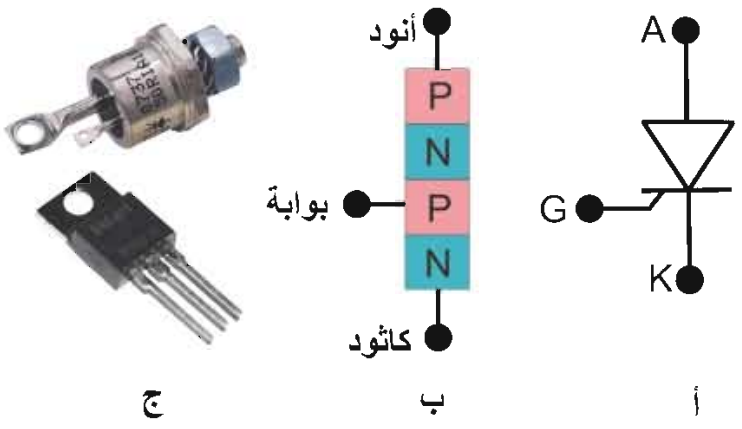
4-الثايرستورات

يطلق على الثايرستور والترياك والدياك اسم العناصر الإلكترونية ذات القدرة العالية، فالثايرستور هو مقوم سيليكوني يستخدم ليتحكم في قدرة الأحمال الكهربائية كشدة إضاءة المصابيح الفتيلية وقدرة السخانات الكهربائية وسرعة المحركات الكهربائية وغيرها. وكلمة ثيرستور هي كلمة ذات أصل يوناني تعني باب أو مفتاح يمكن فتحه أو غلقه فيسمح بتدفق التيار عبر الحمل الكهربائي أو منعه. ويشبه الثايرستور في عمله عمل ثنائي التقويم غير أن له طرف إضافي يسمى البوابة يتحكم في اللحظة التي يبدأ عندها بالتوصيل. أما الترياك فهو عنصر مشابه في عمله لعمل ثيرستورين متصلين ببعضهما بشكل متعاكس على التوازي، في حين أن الدياك هو عبارة عن ترياك بدون طرف ثالث للبوابة ويوصل التيار الكهربائي في كلا الاتجاهين.

4-1 تركيب الثايرستور

يتكون الثايرستور Thyrestor من أربع طبقات شبه موصلة (P-N-P-N) موضحة في الشكل (أ/58)، ويتواجد بأشكال مختلفة كما مبين في الشكل (ج/58)، وله ثلاثة أطراف هي:

- طرف المصعد(أنود) (A): ويتصل بالطبقة الطرفية الموجبة (P).
- طرف المهبط(كاثود) (K): ويتصل بالطبقة الطرفية السالبة (N).
- طرف البوابة (G): ويتصل بالطبقة الموجبة الوسطى، والحرف (G) يرمز إلى كلمة بوابة (Gate).



الشكل (58): رمز الثايرستور وتركيبه وأشكاله الشائعة.

2-4 عمل الثايرستور

يبدأ الثايرستور بالتوصيل عند تغذية بوابته بنبضة قدح قصيرة وهو في حال انحياز أمامي مصعد (أنود) موجب بالنسبة للمهبط (كاثود) أما إذا كان محيزاً عكسيا فلن يكون هناك أي تأثير لنبضة القدح على حالته. وبمجرد أن يصبح الثايرستور في حال التوصيل الأمامي، تفقد البوابة قدرة التحكم في الثايرستور، ويستمر في التوصيل طالما استمر المصعد (أنود) موجبا بالنسبة للمهبط (كاثود).

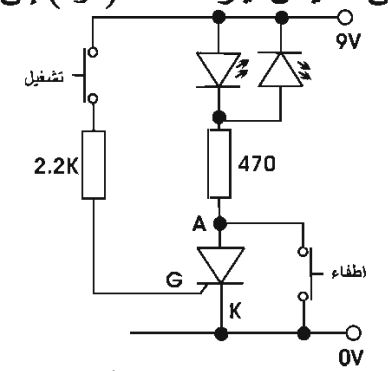
يتم تحويل الثايرستور من حال التوصيل إلى حال القطع بتخفيض تيار المصعد(أنود) إلى ما دون قيمة تعرف باسم التيار القابض (Holding Current: IH) والمساوية لصفر تقريبا، أو بعكس قطبية الجهد بين المصعد (أنود) والمهبط (كاثود). وهذا يحدث تلقائيا في دارات التيار المتناوب حيث تعكس موجة الجهد قطبيتها بشكل دوري.

يمكن توضيح كيفية عمل الثايرستور أكثر بالاستعانة بالدارة المبينة في الشكل(59)، كما يمكن بناء هذه الدارة واستخدامها في اختبار الثايرستورات.

عند وصل الدارة بمصدر التغذية (بطارية 9 فولط) يصبح الثايرستور في حال انحياز أمامي، ولكنه لن يبدأ بالتوصيل ويبقى الثنائي المشع للضوء مطفأ. وفي هذه الحال يعمل الثايرستور على حال الإعاقة الأمامية.

عند الضغط لحظيا على المفتاح (ON)يسري تيار مستمر في بوابة الثايرستور، وينتقل الثايرستور من حال الإعاقة الأمامية إلى حال التوصيل الأمامي ويضيء الثنائي المشع للضوء ويبقي مضيئاً حتى ولو تم فتح المفتاح(ON)الذي يغذي البوابة بالتيار.

يمكن إطفاء الثايرستور وبالتالي الثنائي المشع للضوء بالضغط على المفتاح(OFF)الموصول على التوازي مع الثايرستور مما يؤدي إلى تخفيض تيار المصعد(أنود) إلى ما دون قيمة التيار القابض.



الشكل(59): دارة دارسة خواص الثايرستور وأختباره.

3-4 المواصفات الفنية للثايرستور

من أهم المواصفات التي يجب مراعاتها عند استبدال ثيرستور تالف بآخر سليم:

- **القيمة المتوسطة للتيار الأمامي** (Average Forward Current-$I_{F(AVG)}$): وهي قيمة التيار الأمامي المستمر التي يتحملها الثايرستور أثناء عمله في منطقة التوصيل الأمامي.
- **قيمة فولطية الانهيار العكسية**: وهي قيمة الفولطية العظمى التي يتحملها الثايرستور أثناء عمله في منطقة الانحياز العكسي دون أن يؤدي تطبيقها إلى حدوث الانهيار العكسي.
- **قيمة فولطية الانهيار الأمامية**: وهي قيمة الفولطية التي يتحملها الثايرستور أثناء عمله في منطقة الإعاقة الأمامية دون أن يؤدي تطبيقها إلى انتقال الثايرستور إلى العمل في منطقة الإعاقة الأمامي (بافتراض أن تيار البوابة يساوي صفر). والجدير ذكره أن قيمة فولطية الانهيار الأمامية تتناسب تناسبا عكسيا مع تيار البوابة.

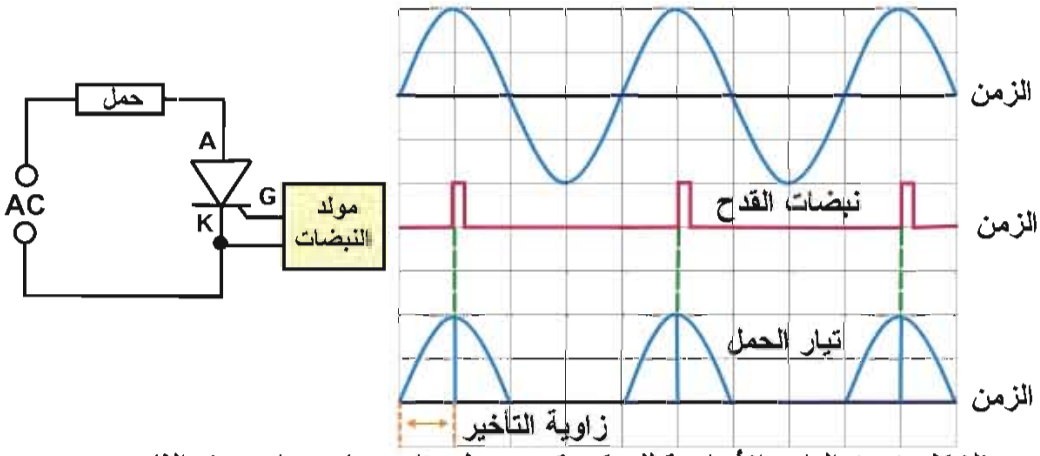
- **قيمة التيار القابض** (Holding Current: IH): وهي قيمة التيار الأمامي التي يجب أن يمر في الثايرستور بحيث يحافظ على عمله في منطقة التوصيل الأمامي، ويتم تحويل الثايرستور من حال الوصل إلى حال الفصل بتخفيض تيار المصعد(أنود) إلى ما دون قيمة التيار القابض.

4-4 التحكم في القدرة باستخدام الثايرستور

هناك طريقتان للتحكم بقدرة حمل تيار متناوب باستخدام الثايرستور وهما:

أ- **التحكم بالطور:** يبين الشكل (60) الدارة الأساسية للتحكم بقدرة حمل تيار متناوب باستخدام الثايرستور، علما أنه يمكن إطلاق الثايرستور لحال التوصيل عند أي نقطة من أنصاف الموجات التي يكون فيها مصعد(أنود) الثايرستور موجبا بالنسبة لمهبط(كاثود) ، ويمكن التحكم في النقطة التي يطلق فيها الثايرستور بوساطة مولد النبضات الموصول إلى البوابة.

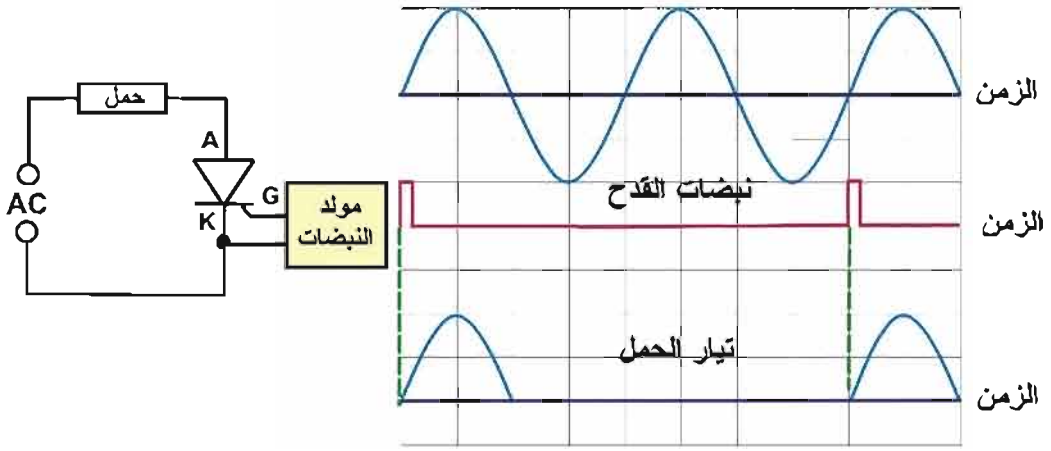
ويتم التحكم بالقدرة المتاحة للحمل الكهربائي بتغذيته بالتيار أثناء جزء فقط من كل دورة، ويمكن تحقيق ذلك بتغذية البوابة بنبضة القدح عند زاوية طور معينة من كل دورة بصورة تلقائية. وتعرف زاوية الطور التي يطلق عندها الثايرستور بالنسبة إلى بداية الدورة (نقطة الصفر)، باسم زاوية التأخير (Delay angle) أو زاوية القدح (Firing Angle). وحالما يطلق، يستمر الثايرستور في التوصيل خلال باقي النصف الموجب للدورة، ويتحول الثايرستور تلقائيا إلى حاله الفصل عند نهاية نصف الدورة هذه (عند نقطة الصفر)، ويتبين أن زيادة قيمة زاوية التأخير تؤدي إلى الإقلال من قيمة تيار الحمل.



الشكل (60) الدارة الأساسية للتحكم بقدرة حمل تيار متناوب باستخدام الثايرستور.

ب- **تحكم الدورة الكاملة:** من أحد عيوب طريقة التحكم بالطور هو أن التغير السريع للفولطية والتيار (نتيجة لوصل الثايرستور بالقرب أو عند منتصف الدورة) يمكن أن يولد تداخلات ترددات راديوية (RFI)، قد تؤثر سلبا على عمل الأجهزة الإلكترونية المجاورة وبخاصة أجهزة الاتصالات والتلفاز والحاسوب. وللتغلب على هذه المشكلة تستخدم طريقة أخرى بديلة تعرف باسم تحكم الدورة الكاملة.

وفي هذه الطريقة من التحكم يتم إطلاق الثايرستور إلى التوصيل عند بداية الدورة فقط، أي عندما يكون فولطية المصدر تساوي صفرا، فيتم تمرير دورات كاملة من فولطية المصدر إلى الحمل أو حجز دورات كاملة من فولطية المصدر عن الحمل كما موضح في الشكل (61). وفي هذه الحال، يتم قدح الثايرستور في الدورات الأولى والثالثة والرابعة فقط، ويتم حجز بقية الدورات.

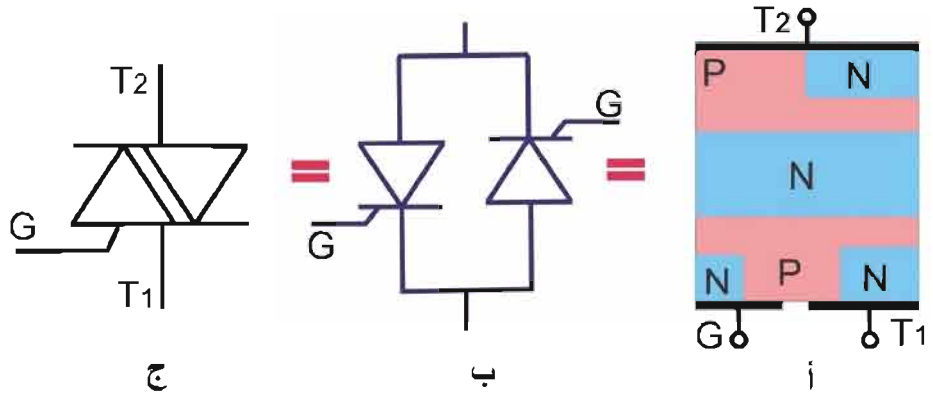


الشكل (61): تحكم الدورة الكاملة

5-4 الترياك

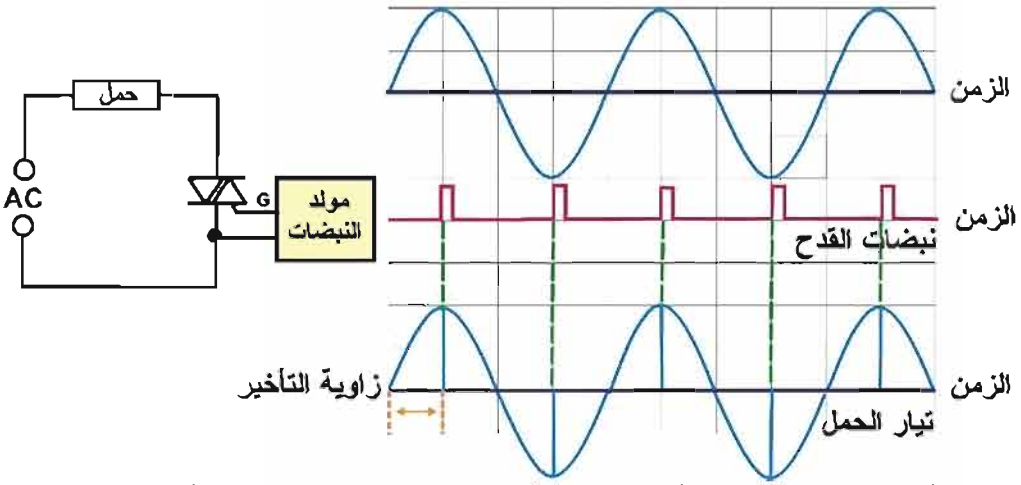
ينتمي الترياك (Traic) لعائلة الثايرستورات، وللترياك ثلاثة أطراف هي الطرف الرئيسي الأول T_1 والطرف الرئيسي الثاني T_2 والبوابة، كما في الشكل (أ وج/62). ويستطيع الترياك أن يمرر التيار الكهربائي في كلا الاتجاهين، وذلك بعكس الثايرستور الذي يمرر التيار باتجاه واحد فقط.كما يمكن قدح الترياك بنبضة موجبة أو سالبة على البوابة لتحويله إلى حال التوصيل بصرف النظر عن قطبية الجهد على طرفيه.

يكافئ الترياك في عمله ثايرستورين متعاكسين ومتصلين على التوازي، كما في الشكل(ب/62). ويبين الشكل (أ/62) تركيب الترياك.



الشكل (62): الترياك: أ- تركيبه و ب - دارته المكافئة للثايرستورات و ج - رمزه.

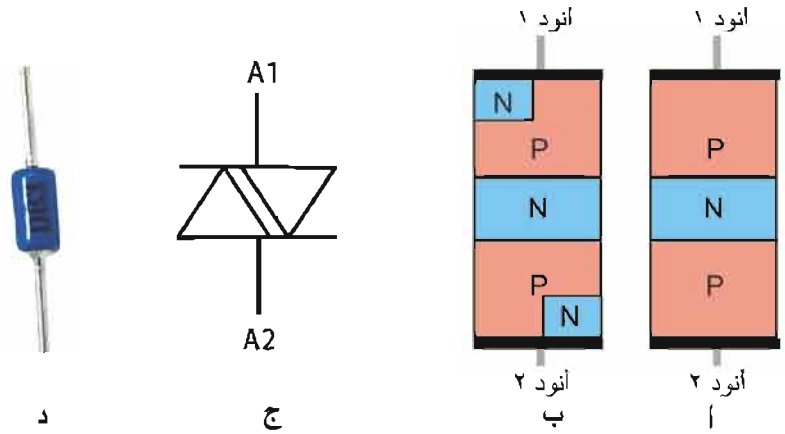
يستخدم الترياك بشكل أساسي في دارات التحكم بالقدرة في دارات التيار المتناوب لأنه يستطيع تمرير التيار في كلا الاتجاهين حيث يمكن إطلاق الترياك لحال التوصيل عند أي نقطة من أنصاف الموجات الموجبة أو السالبة، ويمكن التحكم في النقطة التي يطلق فيها الثايرستور بوساطة مولد النبضات الموصول إلى البوابة كما مبين في الشكل (63).



الشكل (63): التحكم بالقدرة في دارات التيار المتناوب باستخدام الترياك.

6-4 الدياك

يأتي الاسم دياك (DIAC) اختصار للتعبير الأنجليزي (Diode for Alternating Current) ومعنى ذلك ثنائي التيار المتناوب، وهو عبارة عن ثنائي قدح ثنائي الاتجاه ويستخدم بكثرة في دارات قدح الثايرستورات. ويمكن تصنيع الدياك من ثلاث طبقات كما في الشكل (64/أ)، أو خمس طبقات ، كما في الشكل (ب/64). ويبين كل من الشكل (ج/64) والشكل (د/64) رمز الدياك وشكله الشائع.

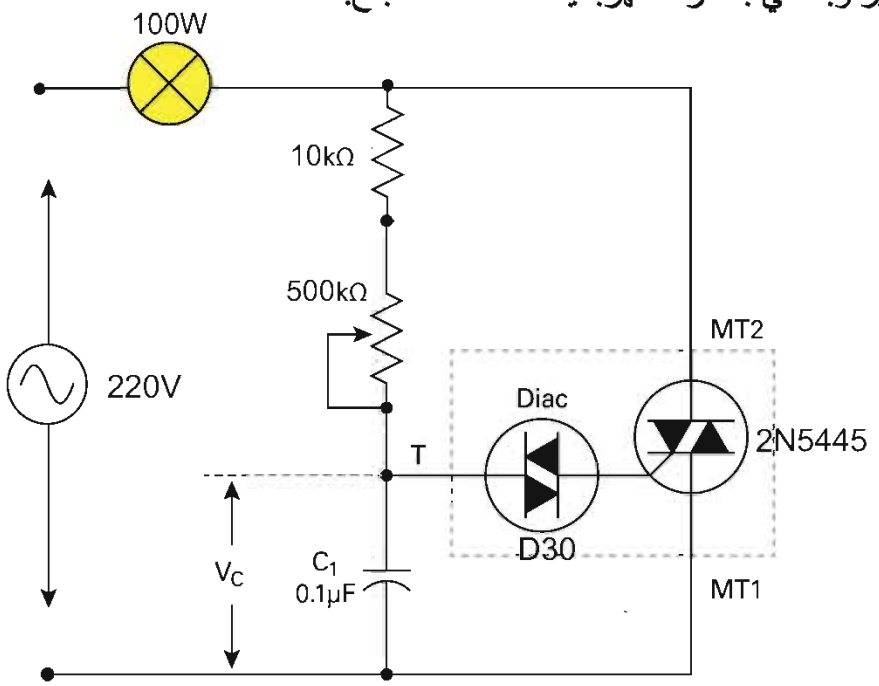


الشكل (64): الدياك: تركيبه ورمزه وشكله الشائع.

عندما تسلط فولطية سالبة أو موجبة بين طرفي الدياك، سوف يبقى الدايك يعمل في حال القطع ولا يمرر التيار إلى أن تتجاوز قيمة الفولطية المسلطة بين طرفيه قيمة مقررة تسمى فولطية انهيار الدايك (Break over voltag VBO)، وعندما يحدث ذلك تنخفض مقاومة الدايك بشكل حاد، وينخفض فرق الفولطية بين طرفيه، وترتفع قيمة التيار المار عبره بشكل حاد.وتتراوح القيم الشائعة لفولطية انهيار الدايك بين 15 إلى 40 فولط.

يستمر الدياك بالتوصيل إلى حين انخفاض قيمة التيار المار عبره ما دون قيمة تعرف باسم التيار القابض (Holding Current: IH) والمساوية لصفر تقريبا، كما يمكن تحويل الدايك من حال التوصيل إلى حال القطع بعكس قطبية الجهد بين طرفيه، وهذا يحدث تلقائيا في دارات التيار المتناوب حيث تعكس موجة الجهد قطبيتها بشكل دوري.

ويبين الشكل(65) دارة تحكم بشدة إضاءة مصباح قدرته 100 واط تستخدم ترايك وديك ومجموعة العناصر المرافقة لها تعمل كمذبذب يزود بوابة الترياك بنبضات القدح.أما المقاومة المتغيرة فتتحكم بقيمة زاوية التأخير وبالتالي بالقدرة الكهربائية المتاحة للمصباح.



الشكل(65): دارة تحكم بشدة إضاءة مصباح تستخدم ترايك وديك

7-4 التقييم الذاتي

5- أجب عن الأسئلة المدرجة أدناه.

6- إذا كنت غير قادر على إجابة أي من أسئلة التقييم ارجع إلى المعلومات النظرية أو استشر مدربك إن كان ذلك ضروريا.

الأسئلة

السؤال الأول: ضع دائرة حول رمز الأجابة الصحيحة :

1- **المقوم السيليكوني هو:**

أ- الترياك ب- الدایاك

ج- الثايرستور د- الدارة المتكاملة

2- **العنصر الإلكتروني الذي يستخدم ليتحكم في قدرة الأحمال الكهربائية هو:**

أ- الترایاك ب- الدایاك

ج- الثايرستور د- الدارة المتكاملة

3- **العنصر الإلكتروني الذي يشبه عمله عمل ثنائي التقويم غير أن له طرف إضافي يسمى البوابة هو:**

أ- الترایاك ب- الدایاك

ج- الثايرستور د- الدارة المتكاملة

4- **العنصر الإلكتروني الذي يشبه عمله عمل ثيرستورين متصلين ببعضهما بشكل متعاكس على التوازيهو:**

أ- الترایاك ب- الدایاك

ج- الثايرستور د- الدارة المتكاملة

5- **يتكون الثايرستور من عدد من الطبقات شبه موصلة هي:**

أ- طبقة واحدة ب- طبقتان

ج- ثلاث طبقات د- أربع طبقات

ثانيا: أجب عن الأسئلة التالية بإيجاز ووضوح :

1- اذكر المواصفات الفنية الأربعة للثيرستور التي يجب مراعاتها عند استبدال ثيرستور تالف بآخر سليم.

2- يوجد ثلاثة أطراف للثيرستور، اذكر أسماءها ، وبين طريقة اتصال كل منها.

3- اذكر الطريقتين اللتين تتحكمان بقدرة حمل تيار متناوب باستخدام الثايرستور.

8-4 التمارين العملية

رقم التمرين: (6)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: فحص صلاحية الثايرستورات	5 ساعات

- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن:
  1. تبني دارة بسيطة لدارسة خواص الثايرستور والترياك واختبارهما.
  2. تفحص الثايرستور والترياك باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي.

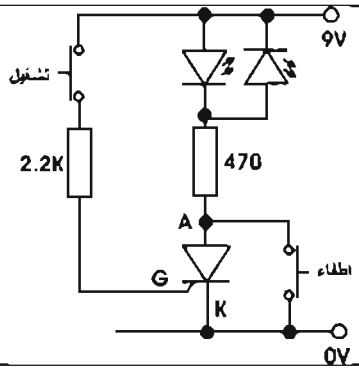
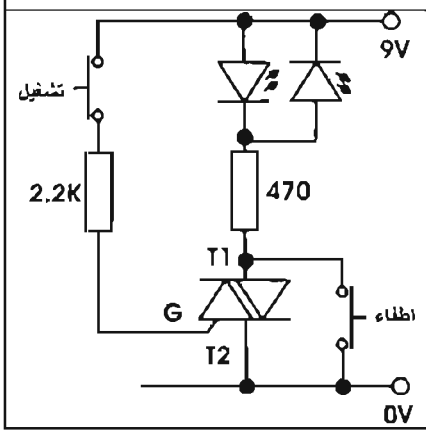
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الرقم	الأجهزة /العناصر	الكمية	المواصفات
1	لوحة توصيل	1	لوحة توصيل مقلمة Veroboard أو Breadboard
2	ثايرستور	1	TIC106D 5A 400V
3	ترايك	1	TIC206D 4A 400V
4	مقاومة	1	470 أوم
5	مقاومة	1	2.2 كيلو أوم
6	ثنائي مشع للضوء	2	
7	مفتاح ضغط لحظي	2	
8	وحدة تغذية مستمرة	2	20 فولط /1 أمبير
9	جهاز متعدد القياسات رقمي	1	

خطوات العمل

أولاً:

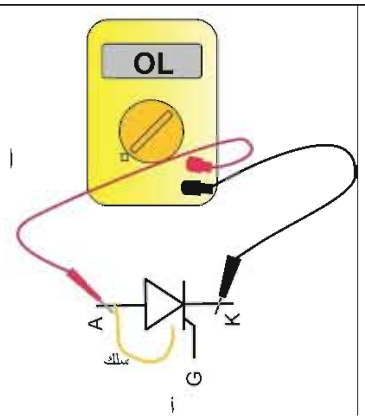
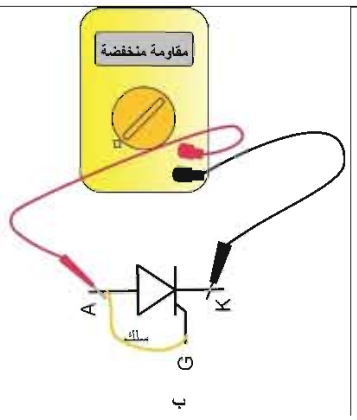
	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
تبني دارة بسيطة لدراسة خواص الثايرستور والترياك واختبارهما.		
1	اقرأ الرمز المميز للثايرستور الذي لديك.	
2	استخرج من كتاب البدائل المواصفات الفنية لهذا الثايرستور، وسجل هذه المواصفات في جدول على دفتر التدريب العملي.	

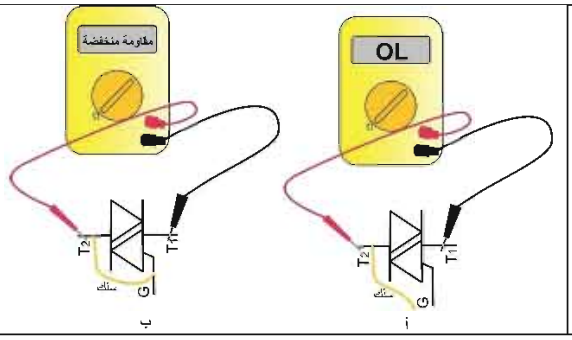
3	وصـــل دارة ودراســـة خـــواص الثايرســـتور واختباره المبينة في الشكل المجاور.	
4	اضبط جهد مصدر التغذية على القيمة المطلوبة (9 فـولط)، ثـم صـله بالـدارة بحيـث يصـبح الثايرستور منحاز أماميا.	
5	راقب حاله الثنائي المشع للضوء.	
6	اغلـق مفتـاح التشـغيل لحظيـا لتغذيـة بوابـة الثايرستور بنبضة جهد قصيرة، ولاحظ أثر ذلك على حاله الثنائي المشع للضوء.	
8	اغلق مفتاح الإطفاء لحظيا لتخفيض التيار عبر الثايرستور إلى الصفر، ولاحظ أثر ذلك على حال الثنائي المشع للضوء.	
9	اعكـس قطبيـة مصـدر التغذيـة بحيـث يصـبح الثايرستور منحاز عكسيا.	
10	أغلـق مفتـاح التشـغيل لحظيـا لتغذيـة بوابـة الثايرستور بنبضة جهد قصيرة، ولاحظ أثر ذلك على حال الثنائي المشع للضوء.	
11	أكمل على دفتر التدريب العملي الجدول رقم (1).	
12	استبدل الثايرستور بترايك وكرر الخطوات السابقة من (4) إلى (10).	

الجدول (1)

حال أنحياز الثايرستور	حال الثنائي المشع للضوء قبل إغلاق مفتاح التشغيل لحظيا	حال الثنائي المشع للضوء بعد إغلاق مفتاح التشغيل لحظيا	حال الثنائي المشع للضوء بعد إغلاق مفتاح الإطفاء لحظياً
أمامي			
عكسي			

ثانيا:

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
	تختبر الثايرستور والترياك باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي (DMM)	
1	استخدم كتاب المواصفات والبدائل لتحديد مواصفات وأطراف الثايرستور / الترياك التي لديك وسجل هذه البيانات على دفتر التدريب العملي.	
2	جهز الجهاز متعدد القياسات الرقمي لقياس المقاومة.	
3	ضع المجس الأحمر على مصعد(أنود) الثايرستور المراد اختباره، كما في الشكل المجاور، وثم ضع المجس الأسود على ومهبط(كاثود) الثايرستور (انحياز أمامي). مع المعلم أنه في حال الثايرستور السليم يجب أن يقرأ الجهاز دارة مفتوحة (OL).	
4	وصل سلك بين المصعد(أنود) والبوابة لإعطاء الثايرستور نبضة القدح المطلوبة لتحويله من حاله القطع (OFF) إلى حال التوصيل (ON). وعندها يجب أن يقرأ الجهاز مقاومة منخفضة مشيراً إلى أنه سليم ويعمل بشكل طبيعي.	
5	كرر الخطوات السابقة لاختبار الترياك الذي لديك بالأسلوب نفسه تماما، كما في الشكلين المجاورين.	

 مقاومة منخفضة OL T_2 T_1 G ب T_2 T_1 G أ		

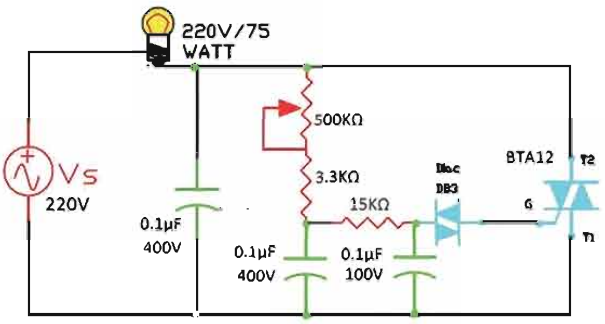
رقم التمرين: (7)	الزمن المخصص للتمرين
اسم التمرين: بناء دارة تحكم بشدة إضاءة مصباح تستخدم ترايك وديالك.	5 ساعات

- الأهداف: يتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تصبح قادرا على أن:
  1. تبني دارة تحكم بشدة إضاءة مصباح قدرته 75 واط تستخدم ترايك وديالك.
- الأدوات والتجهيزات والمواد اللازمة لتنفيذ الأداء

الرقم	الأجهزة /العناصر	الكمية	المواصفات
1	لوحة توصيل	1	لوحة توصيل مقلمة Veroboard أو Breadboard
3	ترايك	1	TIC206D 4A 400V أو BTA 22
	دايك	1	DB 3
4	مقاومة	1	15 كيلو أوم/0.5 واط
5	مقاومة	1	3.3 كيلو أوم/0.5 واط
6	مقاومة متغيرة	1	500كيلو أوم
7	مواسع	2	0.1 ميكروفاراد
9	جهاز متعدد القياسات رقمي	1	
10	مصباح مع قاعدته	1	75 واط/230فولط
11	حامل مصهر مع مصهر	1	1 امبير/230فولط

خطوات العمل

	خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
1	استخرج مواصفات كل من الدايك والترياك التي لديك من كتب المكافئات أو صفحات الإنترنت.	

2	وصل دارة التحكم بشدة إضاءة مصباح قدرته 75 واط المبينة في الشكل المجاور على لوحة تجارب أو لوحة توصيل نحاسية مقلمة. ولا تنسى تركيب مصهر 1 أمبير/230 فولط في الخط الحار للمصباح.	
3	اطلب من مدربك تفقد الدارة التي قمت ببنائها قبل توصيلها بمصدر التغذية 230 فولط.	
4	شغل الدارة وتحقق من عملها بالشكل المطلوب.	

اختبار المعرفة

اسم الوحدة التدريبية:		المهنة:
اسم المتدرب:	اسم المدرب:	علامة المتدرب:

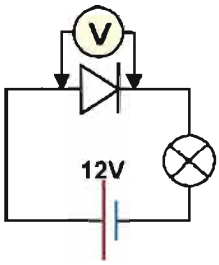
تعليمات الاختبار:
- أجب عن الأسئلة الآتية جميعها
- مدة الاختبار: ساعتان

السؤال الأول: (30 علامة)

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيمايلي :

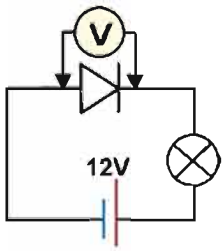
1- يصنع الثنائي شبه الموصل من :

أ- شريحتين شبه موصلتين نوع (P) ونوع (X).
ب- شريحتين شبه موصلتين نوع (P) ونوع (Y).
ج- شريحتين شبه موصلتين نوع (X) ونوع (N).
د- شريحتين شبه موصلتين نوع (P) ونوع (N)



2- إن الثنائي شبه الموصل المبين في الشكل المجاور هو:

أ- منحاز أماميا.
ب- منحاز عكسيا.

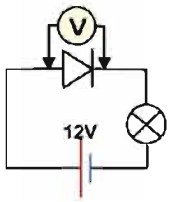


3- إن الثنائي شبه الموصل المبين في الشكل المجاور هو:

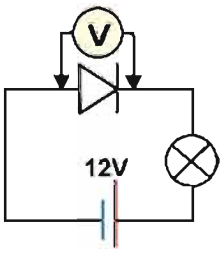
أ- منحاز أماميا.
ب- منحاز عكسيا.

4- يقرأ جهاز قياس الفولطية الموصل بين طرفي ثنائي السيليكون في الشكل المجاور :

أ- (12) فولط ب- (0.7) فولط
ج- (صفر) فولط د- (0.3) فولط



5- يقرأ جهاز قياس الفولطية الموصل بين طرفي الثنائي السيليكوني في الشكل المجاور :



أ- (12) فولط ب- (0.3) فولط
ج- (0.7) فولط د- (صفر) فولط

6- عند استبدال ثنائي تالف أو عند اختيار آخر لاستخدامه في دارة إلكترونية معينة يجب مراعاة مواصفاته الفنية الآتية :

أ- المقاومة (بالأوم) والقدرة (بالواط).
ب-فولطية الانهيار العكسي والتيار الأمامي الأقصى.
ج-حجم الثنائي وفولطية تشغيله
د-نوع مادة الثنائي وتياره.

س7- تحت شروط العمل العادية فإن الفولطية الأمامية على طرفي الثنائي باعث للضوء LED تتراوح بين:

أ. (7 – 10) فولط.
ب. (3 – 5) فولط.
ج. (1 – 2) فولط.
د. (صفر – 1) فولط.

س8- يتم عادة توصيل الزينر بحيث تكون :

أ. منحازة أماميا.
ب. منحازة عكسيا.
ج. بالتوالي مع الحمل الكهربائي.
د. بالتوازي مع مصدر التغذية.

س9- العمل الأساسي الثنائي الزينر هو:

أ. التقويم.
ب. التكبير.
ج. تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر.
د. تنظيم الفولطية.

س10- ترانزستور BJT تعني:

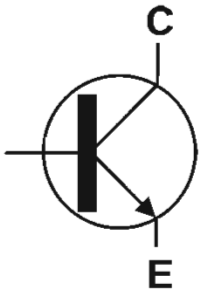
أ. ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية.
ب. ترانزستور تأثير المجال.
ج. -ترانزستور أحادي الوصلة.
د. ترانزستور تكبير الإشارة.

س11- ترانزستور FET تعني:

أ. ترانزستور أحادي الوصلة.
ب. ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية.
ج. ترانزستور تأثير المجال.
د. ترانزستور تكبير.

س12- إن الرمز المبين في الشكل المجاور يرمز إلى:

أ. دايود زينر.



ب. دايود فاكتور.
ج. ترانزستور NPN
د. ترانزستور PNP

س13- قيمة(hfe) في الترانزستور تعني:
أ. نسبة تيار البوابة إلى تيار القاعدة.
ب. نسبة تيار المجمع إلى تيار القاعدة.
ج. نسبة تيار المجمع إلى تيار الباعث.
د. نسبة تيار الباعث إلى تيار القاعدة.

س14- عندما يكون المطلوب تشغيل الترانزستور كمكبر للإشارة فإنه يتم تحيزه بحيث يعمل في منطقة التشغيل:
أ - الفعالة.
ب - التشبع.
جـ - يتناوب بين منطقة القطع ومنطقة التشبع.
د - القطع.

س15- **عندما يكون المطلوب تشغيل الترانزستور كمفتاح فإنه يتم تحيزه بحيث يعمل في منطقة التشغيل:**
أ - الفعالة.
ب - التشبع.
جـ - يتناوب بين منطقة القطع ومنطقة التشبع.
د - القطع.

السؤال الثاني (10 علامة)

أجب بنعم أو لا عن العبارات التالية.

الرقم	العبارة	نعم	لا
1	يجب أن تكون المواد شبه الموصلة المستخدمة في صناعة العناصر مثل السيليكون والجرمانيوم الإلكترونية نقية جدا.		
2	يشبه الثايرستور في عمله عمل ثنائي التقويم غير أن له طرف إضافي يسمى البوابة يتحكم في اللحظة التي يبدأ عندها بالتوصيل.		
3	الترياك هو عنصر مشابه في عمله لعمل ثيرستورين متصلين ببعضهما بشكل متعاكس على التوازي.		
4	يستخدم الترانزستور بشكل عام كمضخم للإشارات الكهربائية وكمفتاح إلكتروني يوصل ويفصل التيار الكهربائي.		
5	يتكون ترانزستور (BJT) عمليا من وصلتي (PN) (ثنائيين) ، واعتمادا على الثنائي واختلاف قيم المقاومة أو هبوط الفولطية الأمامية فيه في حالي انحيازه الأمامي والعكسي فإنه يمكن تحديد صلاحية الترانزستور باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي،وهذا الاختبار ينطبق على كافة أنواع الترانزستور من عائلة (BJT) التي نواجهها في الدارات الإلكترونية.		

السؤال الثالث: (20 علامة)

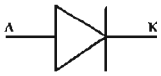
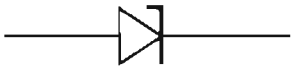
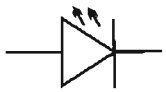
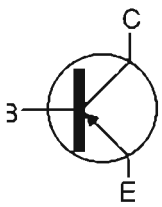
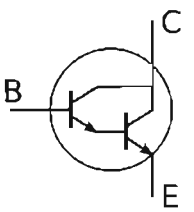
أ. ارسم المخطط الصندوقي لوحدة تغذية التيار المستمر الخطية.

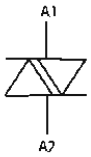
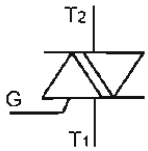
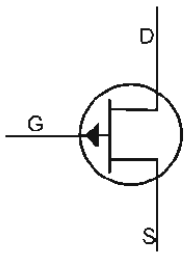
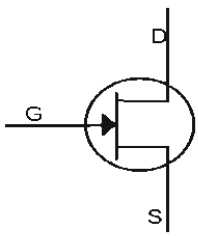
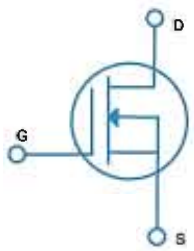
ب. اذكر وظيفة كل مرحلة من مراحل وحدة تغذية التيار المستمر الخطية.

السؤال الرابع: (20 علامة)

في الجدول (1) أدناه اكتب اسم العنصر الإلكتروني في الخانة المقابلة لرمزه.

الجدول (1)

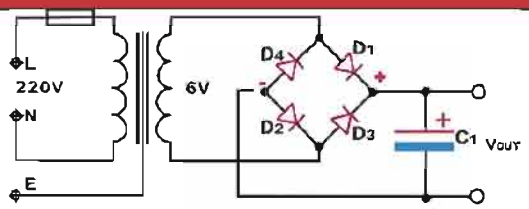
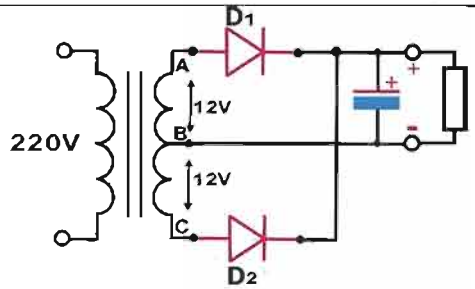
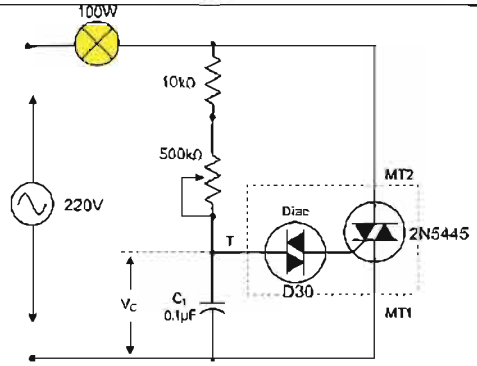
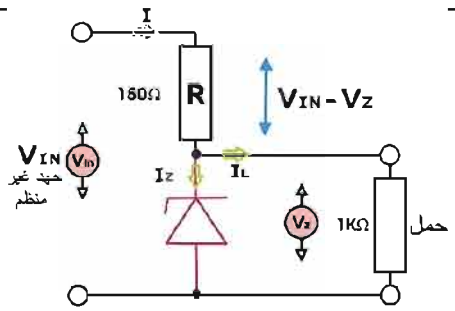
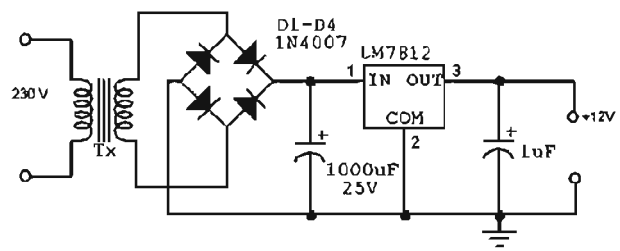
رمز العنصر	اسم العنصر
	
	
	
	
	

السؤال الخامس: (20 علامة)

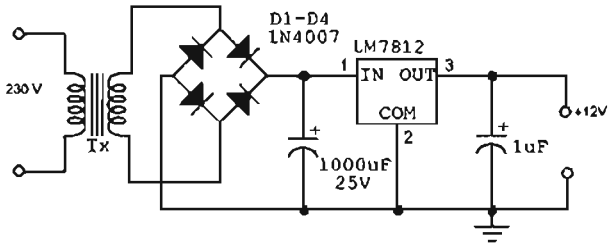
في الجدول (2) أدناه اكتب اسم الدارة الإلكترونية المشتق من عملها في الخانة المقابلة لمخططها.

الجدول (2)

اسم الدارة المشتق من عملها	مخطط الدارة الإلكترونية
	
	
	
	
	

الاختبار العملي (الأدائي)

الرقم	الأسئلة العملية	الوقت	العلامة
س1	اختبار مجموعة متنوعة من العناصر الإلكترونية الأساسية باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي، واستخراج مواصفات هذه العناصر باستخدام كتاب مكافئات الترامزيستورات. وتشمل هذه المجموعة من العناصر الإلكترونية الآتي: 1. الثنائي متعدد الأغراض. 2. الترانزستور العادي (BJT) 3. الثايرستور. 4. الترياك.	2 ساعة	100

س2	بناء دارة تغذية تيار مستمر منظمة 12 فولط/1 أمبير على أساس المنظم المتكامل ثلاثي الأطراف LM7812 واختبار الدارة باستخدام الجهاز متعدد القياسات الرقمي للتحقق من عملها بالشكل المطلوب.  	2 ساعة	100

استمارة مراقبة وتدرج الاختبار العملي (السؤال الأول)

اسم المتدرب: ----------
الزمن: ساعتان

اسم الاختبار: اختبار العناصر الإلكترونية الأساسية.

محتوى الاختبار		خطوات العمل والنقاط الحاكمة	معيار الأداء	العلامة		التسهيلات اللازمة
عناصر الأداء	عناصر المناقشة			المخصصة	الممنوحة	
اختبار الثنائي متعدد الأغراض		تجهيز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار الثنائي، وذلك: • بوضع المجس السالب (الأسود) في المقبس المشترك (COM)، وضع المجس الموجب (الأحمر) في مقبس قياس الفولطية والمقاومة والتيار المستمر بالملي أمبير(VΩmA). • ثم وضع مفتاح الاختيار على وضع اختبار الثنائي (⊣◀).		2		جهاز متعدد القياسات رقمي كتاب المواصفات والبدائل (مكافئات الترانزيستورات)
		تحديد أطراف الثنائي المراد اختباره عن طريق الرموز المطبوعة على جسم الثنائي.		2		ثنائيات متعددة الأغراض IN4007 IN4001
	اطلب من المرشح توضيح الطريقة التي اتبعها في تحديد أطراف الثنائي.			2		
		قراءة الرمز المميز للثنائي المطبوع على		2		

		جسمه، وتسجيله.				
		استخدام كتاب المواصفات والبدائل (مكافئات الترانزيستورات) لتحديد مواصفات وأطراف الثنائي المراد اختباره، وتسجيل هذه البيانات .		4	18	
		قياس هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي في وضع الانحياز الأمامي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأحمر على مصعد(مصعد(أنود)) الثنائي، ووضع المجس الأسود على مهبط(كاثود) الثنائي، وتسجيل قراءة الجهاز.		2		
		قياس هبوط الفولطية بين طرفي الثنائي في وضع الانحياز العكسي، وذلك بوضع مجس جهاز القياس الأسود على مصعد(مصعد(أنود)) الثنائي، ووضع المجس الأحمر على مهبط(كاثود) الثنائي، وتسجيل قراءة الجهاز.		2		
		تحليل نتائج الاختبار واتخاذ قرار مدروس بشأن حاله الثنائي (صالح أو معطوب).		4		
	اطلب من المتدرب توضيح المعايير التي اعتمد عليها في تحديد حاله الثنائي.			2		
اختبار الترانزستور العادي (BJT)		تجهيز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار الثنائي، وذلك: • بوضع المجس السالب (الأسود) في المقبس المشترك (COM، ووضع المجس الموجب (الأحمر) في مقبس قياس الفولطية والمقاومة والتيار المستمر بالملي أمبير(VΩmA). • ثم وضع مفتاح الاختيار على وضع اختبار		2		ترانزستور BC327

		الثنائي (⊣◄).				
		قراءة الرمز المميز للترانزستور المطبوع على جسمه، وتسجيله.		2		
		استخدام كتاب المواصفات والبدائل (مكافئات الترانزيستورات) لتحديد مواصفات وأطراف الترانزستور المراد اختباره، وتسجيل هذه البيانات.		6		
		فحص حال الثنائي بين القاعدة والباعث في الاتجاهين الأمامي والعكسي، وتسجيل النتائج.		2		
		فحص حال الثنائي بين القاعدة والمجمع في الاتجاهين الأمامي والعكسي، وتسجيل النتائج.		2		
		فحص المقاومة بين المجمع والباعث في الاتجاهين الأمامي والعكسي، وتسجيل النتائج.		2		
		تحليل نتائج الاختبار واتخاذ قرار مدروس بشأن حال الترانزستور (صالح أو معطوب).		4		
	اطلب من المرشح توضيح المعايير التي اعتمد عليها في تحديد حاله الترانزستور.			2		
اختبار الثايرستور		تجهيز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار الثنائي، وذلك: • بوضع المجس السالب (الأسود) في المقبس المشترك (COM)، وضع المجس الموجب (الأحمر) في مقبس قياس الفولطية والمقاومة والتيار المستمر بالملي أمبير(VΩmA). • ثم وضع مفتاح الاختيار على وضع اختبار الثنائي (⊣◄).		2		TIC106D 5A 400V

		قراءة الرمز المميز للثايرستور المطبوع على جسمه، وتسجيله.		2		
		استخدام كتاب المواصفات والبدائل (مكافئات الترانزيستورات) لتحديد مواصفات وأطراف الثايرستور المراد اختباره، وتسجيل هذه البيانات		6		
		وضع المجس الأحمر على مصعد(مصعد(أنود)) الثايرستور المراد اختباره، ومن ثم ضع المجس الأسود على مهبط(كاثود) الثايرستور (انحياز أمامي). وتسجيل قراءة الجهاز.		2		
		وصل سلك لاحظيا بين المصعد(أنود) والبوابة لإعطاء الثايرستور نبضة القدح المطلوبة لتحويله من حال القطع (OFF) إلى حاله التوصيل (ON). ومراقبة قراءة الجهاز.		2		
		وضع المجس الأسود على مصعد(أنود) الثايرستور المراد اختباره، وثم ضع المجس الأحمر على مهبط(مهبط(كاثود)) الثايرستور (انحياز عكسي). وتسجيل قراءة الجهاز.		2		
		تحليل نتائج الاختبار واتخاذ قرار مدروس بشأن حال الثايرستور (صالح أو معطوب).		4		
	اطلب من المرشح توضيح المعايير التي اعتمد عليها في تحديد حال الثايرستور.			2		
اختبار الترياك		تجهيز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لاختبار		2	12	

		الثنائي، وذلك: • بوضع المجس السالب (الأسود) في المقبس المشترك (COM)، وضع المجس الموجب (الأحمر) في مقبس قياس الفولطية والمقاومة والتيار المستمر بالملي أمبير(VΩmA). • ثم وضع مفتاح الاختيار على وضع اختبار الثنائي (⊣◄). قراءة الرمز المميز للترايك المطبوع على جسمه، وتسجيله.				
		استخدام كتاب المواصفات والبدائل (مكافئات الترانزيستورات) لتحديد مواصفات وأطراف الترياك المراد اختباره، وتسجيل هذه البيانات.		2		
		وضع المجس الأحمر على الطرف الأول الترياك المراد اختباره، وثم وضع المجس الأسود على الطرف الثاني التريك (انحياز أمامي). وتسجيل قراءة الجهاز.		2		TIC206D 4A 400V
		وصل سلك لاحظيا بين الطرف الأول والبوابة لإعطاء الترياك نبضة القدح المطلوبة لتحويله من حاله القطع (OFF) إلى حاله التوصيل (ON). ومراقبة قراءة الجهاز.		2		
		وضع المجس الأسود على الطرف الثاني للترايك المراد اختباره، وثم وضع المجس الأحمر على الطرف الأول للترايك (انحياز عكسي). وتسجيل قراءة الجهاز.		2		
		تحليل نتائج الاختبار واتخاذ قرار مدروس بشأن حاله الترياك (صالح أو معطوب).		4	12	

	اطلب من المرشح توضيح المعايير التي اعتمد عليها في تحديد حاله الترياك.		4				
		جمع العدة، وحفظها بحسب التعليمات، وتنظيف موقع العمل.		4			
		أقل من 1.5 ساعة		10			
		من (1.45 ساعة)		5			
		من (-)		صفر			
		العلامة الكلية :		100			

اسم المدرب/الفاحص: -------- التوقيع: --------- التاريخ : ----------

استمارة مراقبة وتدرج الاختبار العملي (السؤال الثاني)

اسم المتدرب: ----------
اسم الاختبار: بناء وحدة تغذية تيار مستمر منظمة خطية.

الزمن: 2 ساعة

محتوى الاختبار		خطوات العمل والنقاط الحاكمة	معيار الأداء	العلامة		التسهيلات اللازمة
عناصر الأداء	عناصر المناقشة			المخصصة	الممنوحة	
بناء دارة تغذية تيار مستمر منظمة 12 فولط/1 أمبير على أساس المنظم المتكامل ثلاثي الأطراف.		رسم مخطط أولي لطريقة توزيع العناصر على لوحة التجارب.		10		لوحة تجارب مع أسلاكها
		التحقق من مواصفات الثنائيات المتوفر، ثم تثبيت الثنائيات على لوحة التجارب حسب المخطط.		10		محول 12/220 فولط 0.5 أمبير مجهز من قبل الجهة الفاحصة في طرفه الابتدائي بكيبل ثلاثي ومصهر 05 أمبير
		التحقق من مواصفات المواسع، تثبيت مواسع التنعيم على لوحة التجارب حسب المخطط.		10		مواسعات كيميائية 1000 ميكروفارد 25 فولط 1 ميكروفارد 25 فولط
		التحقق من مواصفات المنظم ثلاثي الأطراف المتكامل، ثم تثبيت المنظم على لوحة التجارب		10		أربع ثنائيات متعدد الأغراض IN4007

		حسب المخطط.					
		التحقق من مواصفات المواسع، ثم تثبيت المواسع على مخرج المنظم على لوحة التجارب حسب المخطط.		10			جهاز متعدد القياسات رقمي
		التحقق من مواصفات المحول، ثم تثبيت أطراف المحول الثانوي على لوحة التجارب حسب المخطط لتكتمل الدارة الكهربائية.		10			
		تفقد الدارة قبل توصيلها بمصدر التغذية وذلك بالتحقق من صحة التوصيلات حسب المخطط.		10			
		وصل الطرف الابتدائي للمحول بمصدر التغذية (**ملاحظة:** لحماية المتدرب من خطر الإصابة بالصعقة الكهربائية يجب أن يكون المحول مجهزاً من قبل الجهة الفاحصة في طرفه الابتدائي بكبل ثلاثي ومصهر 05 أمبير، ويجب على الفاحص تفقد الدارة التي بناها المرشح قبل السماح له بتوصيلها بمصدر التغذية).		2			
		تجهيز الجهاز المتعدد القياسات الرقمي لقياس الفولطية المستمرة وذلك باتباع الخطوات التالية: ▪ وضع المجس السالب (الأسود) في المقبس المشترك (COM)، وضع المجس الموجب (الأحمر) في مقبس قياس الفولطية والمقاومة والتيار المستمر بالملي أمبير(VΩmA). كما في الشكل المجاور. ▪ وضع مفتاح الاختيار على 20 فولط أي 2 فولط في قسم قياس الفولطية		3			

		المستمرة على واجهة الجهاز، كما في الشكل المجاور.				
		قياس الفولطية بين طرفي مواسع التنعيم وتسجيلها.		5		
		قياس الفولطية بين طرفي مخرج وحدة التغذية، وتسجيلها.		5		
		جمع العدة، وحفظها بحسب التعليمات، وتنظيف موقع العمل.		5		
		أقل من 1.5 ساعة		10		
		من (1.45 ساعة)		5		
		من (-)		صفر		
		العلامة الكلية		100		

اسم المدرب/الفاحص: -------- التوقيع: --------- التاريخ : ----------

المصطلح الإنجليزي	المصطلح العربي
Acceptor	مادة متقبلة
Active Device	عنصر فعال
Base	قاعدة
Bi-Polar Junction Transistor	ترانزستور الوصلة ثنائي القطبية
Collector	مجمع
Delay angle	زاوية تأخير
Diac	دياك
Digital Multimeter	جهاز متعدد القياسات رقمي
Doner Matter	مادة مانحة
Drain	مصرف
Equivalent Reference of the Transistors	كتيب مكافئات الترانزستورات
Emitter	باعث
Firing Angle	زاوية قدح
Forward Bias	انحياز أمامي
Gate	بوابة
Hole	ثقب أو فجوة
Holding Current	تيار قابض
Infra-Red Emitting Diode	ثنائي مشع للأشعة غير المرئية تحت الحمراء
Light Emitting Diode	ثنائي مشع للضوء
Leakage	تسرب
Integrated Circuit	دارة متكاملة
Passive Device	عنصر خامل
Metal-Oxide Semiconductor	عائلة أشباه الموصلات ذات الأكسيد المعدني
Reverse Bias	انحياز عكسي
Testing	اختبار
Triac	ترياك
Symbol	رمز
Semiconductor Diode	ثنائي شبه موصل
Semiconductors Diode N-Type	شبه موصل سالب
Semiconductors Diode P-Type	شبه موصل موجب
Varicap	ثنائي سعوي أو فاريكاب
Zener Diode	ثنائي زنر

قائمة المراجع

1. Industrial Electronics:Rehg , Sartori- Prentice-Hall,2006
2. http://www.allaboutcircuits.com/
3. http://www.qariya.com/
4. http://www.openbookproject.net/electricCircuits/Semi/SEMI_3.html
5. http://www.electronics-tutorials.ws/
6. http://www.androiderode.com/entries/androiderode/
7. http://www.electronics-lab.com/projects/index.html