جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي / الكترونيك وسيطرة

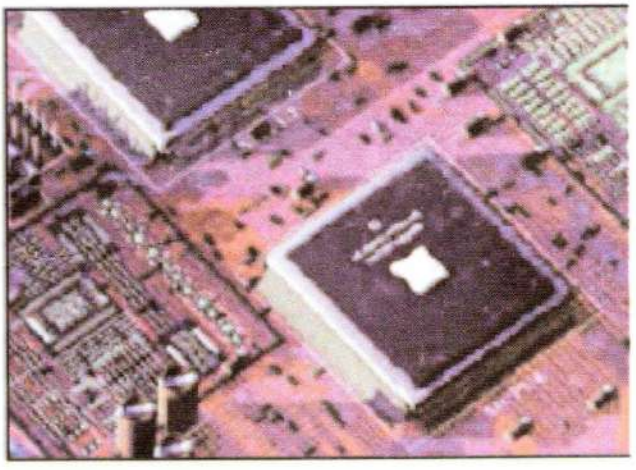
الاول

تأليف

المهندس سعد ابراهيم عبدالرحيم
المهندس احمد حميد رجه
المهندسة مروج ناظم محمد علي

المهندس خالد عبدالله علي
المهندس عدنان محمد حسين
المهندسة ضمراء حسن ناصر

الطبعة السادسة
1447 هـ - 2025 م



المقدمة

نظرا للتطور الحاصل في علوم الإلكترونيك ورغبة في أغناء فكر الطالب بالعلوم النظرية والتطبيقية وتعريفه بكل ما هو مفيد وجيد، تم اعداد هذا الكتاب لتمكين طلبة الاختصاص الإطلاع على تطوير أساسيات هذا العلم والإفادة منه ليزدادوا علما ويكتسبوا خبرة وتطبيقا في مجال عملهم وفقا لأحدث التطورات العلمية والعملية بهدف أعدادهم للحياة ومواصلة الدراسة. يحتوي هذا الكتاب على ثلاث ابواب. الباب الاول يشمل دراسة لاساسيات الكهرباء للفصلين الاول والثاني ، والباب الثاني يحتوي على اساسيات الالكترونيك وتشمل المواد شبه الموصلة والثنائيات والترانزستورات وأنواعها في الفصول الثالث والرابع والخامس . الباب الثالث يشمل الانظمة الرقمية ومبادئ الحاسوب.

نأمل من إخواننا المدرسين إن يجدوا ما يعينهم على تطبيق المنهج الجديد عند تدريس المادة ونأمل أن يرفدونا بما يجدونه من أخطاء أو هفوات لنستطيع تصحيحها مستقبلا في الطبعات اللاحقة حرصا على إتمام الفائدة لطلابنا الأعزاء والله الموفق .

المؤلفون

1431هـ - 2010 م

المحتويات

		الصفحة
الباب الاول		
الفصل الاول : التيار الكهربائي وقانون اوم		
1-1	تمهيد	10
2-1	المادة	10
3-1	الشحنات الكهربائية	11
4-1	تصنيف المواد	11
5-1	مصادر الطاقة الكهربائية	12
6-1	القوة الدافعة الكهربائية	13
7-1	فرق الجهد (الفولتية)	14
8-1	المقاومة الكهربائية	15
9-1	الدائرة الكهربائية البسيطة	21
10-1	التيار الكهربائي	22
11-1	انواع التيار الكهربائي	23
12-1	قانون اوم	25
13-1	ربط المقاومات	27
14-1	القدرة الكهربائية	33
15-1	البطاريات	34
16-1	المقاومة الداخلية للبطارية	36
17-1	ربط الخلايا (البطاريات)	37
18-1	دائرتي الفتح والقصر	40
19-1	قانونا كرشوف	42
الفصل الثاني : المتسعات الكهربائية		51
1-2	المتسعات الكهربائية	53
2 -2	انواع المتسعات الكهربائية	56
3-2	توصيل المتسعات الكهربائية	57
4-2	شحن وتفريغ المتسعة الكهربائية	61
الباب الثاني		
الفصل الثالث : المغناطيسية والتيار المتناوب		66
1-3	مبادئ المغناطيسية	68
2-3	قانون فراداي	70
3-3	الحث الذاتي	71

4-3	توصيل الملفات على التوالي	72
5-3	توصيل الملفات على التوازي	73
6-3	الحث المتبادل	74
7-3	المحولة الرافعة	74
8-3	المحولة الخافضة	75
9-3	توليد الفولتيات والتيارات المتناوبة	76
10-3	مبدأ عمل مولد التيار المتناوب	77
11-3	عوامل الموجة الجيبية	79
12-3	ممانعات التيار المتناوب	86
13-3	التمثيل الاتجاهي للموجة الجيبية	87
14-3	دوائر التوالي	88
15-3	دائرة رنين التوالي	93
16-3	دوائر التوازي	95
17-3	دائرة رنين التوازي	99

الفصل الرابع : اشباه الموصلات والثنائيات 104

1-4	تمهيد	106
2-4	الثنائي شبه الموصل	108
3-4	انواع الثنائيات	117
4-4	الانهيار	118
5-4	فولتية الذروة العكسية	118
6-4	ثنائي زينر	118
7-4	ثنائي الانبعاث الضوئي	121
8-4	الثنائي الضوئي	123
9-4	الثنائي السعوي	124
10-4	ثنائي الليزر	125
11-4	ثنائيات المايكروويف	126
12-4	الثنائي النفقي	126

الفصل الخامس : دوائر التقويم 129

1-5	استخدامات الثنائي شبه الموصل	131
2-5	المرشحات	136
3-5	معامل التموج	137
4-5	تثبيت الجهد	138

الفصل السادس : الترانزستور 143

1-6	تركيب الترانزستور ثنائي القطب	145
2-6	اقطاب الترانزستور	146
3-6	انحياز الترانزستور	146
4-6	العلاقة بين التيارات في الترانزستور	148
5-6	طرق ربط الترانزستور	149
6-6	مكبر الباعث ـ المشترك	150
7-6	مكبر الجامع ـ المشرك	151
8-6	مكبر القاعدة ـ المشتركة	152
9-6	الترانزستور كمفتاح الكتروني	154

الباب الثالث

الفصل السابع : انظمة الترقيم		158
7-1	الارقام	160
7-2	النظام العشري	160
7-3	النظام الثنائي	161
7-4	التحويل من الاعداد العشرية الى الاعداد الثنائية	162
7-5	التحويل من الاعداد الثنائية الى الاعداد العشرية	163
7-6	الاضافة الثنائية	164
7-7	الطرح الثنائي	165
7-8	الضرب الثنائي	165
7-9	قسمة الاعداد الثنائية	166
7-10	النظام الثماني	167
7-11	النظام السادس عشر	168
7-12	التحويل من النظام العشري الى النظام السادس عشر	170
7-13	منطق بولين (جبر بولين)	170
7-14	المفاتيح الالكترونية	174
7-15	بوابات مركبة تشمل على بوابتين مختلفة	183
الفصل الثامن : مبادئ الحاسبة الالكترونية		188
8-1	تمهيد	190
8-2	تعريف الحاسبة الالكترونية	190
8-3	اجيال الحاسبة الالكترونية	191
8-4	تصنيف الحاسبات الالكترونية	193
8-5	مكونات الحاسبة الالكترونية	194

الوحدات الدولية للقياس والكميات الكهربائية الاساسية المستخدمة في مجال الكهرباء

Symbole الرمز	Uint وحدة القياس	Quantity الكمية
m	Meter متر	Length الطول
kg	Kilogram كيلوغرام	Mass الكتلة
A	Amper أمبير	Current التيار
s	Second ثانية	Time الزمن
V	Volt فولت	Voltage الفولتية
Ω	Ohm الاوم	Resistance المقاومة
W	Watt الواط	Power القدرة
J	Joul جول	Energy الطاقة
Hz	Hertz هرتز	Frequency التردد

ان النظام الدولي لوحدات القياس يستخدم قوى العشرة لتحديد وحدات القياس حيث يمكن استبدال كل رقم من مضاعفات العشرة بالرمز المكافىء له كما موضح في الجدول الاتي :

(وحدات للقوى العشرة المرادفة لوحدات القياس)

المضروب Power of Ten	الرمز SYMBOLE	محدد وحدة القياس prefixes to the units
$1X10^{-12}$	p	pico بيكو
$1X10^{-9}$	n	nano نانو
$1X10^{-6}$	μ	micro ميكرو
$1X10^{-3}$	m	milli مللي
$1X10^{-2}$	C	centi سنتي
$1X10^{-1}$	d	deci ديسي
$1X10^{1}$	da	deka ديكا
$1X10^{2}$	H	hecto هيكتو
$1X10^{3}$	K	kilo كيلو
$1X10^{6}$	M	mega ميكا
$1X10^{9}$	G	Giga كيكا
$1X10^{12}$	T	Tera تيرا

الفصل الاول

التيار الكهربائي وقانون أوم

الأهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى التعرف على أساسيات الكهرباء .

الأهداف الخاصة : نتوقع ان يكون الطالب قادرا على ان :

1- يشرح تركيب المادة .

2- يفسر توليد التيار الكهربائي .

3- يميز بين انواع المقاومات الكهربائية .

4- يطبق قانون أوم .

5- يحسب قيمة الفولتية والتيار والمقاومة المكافئة للدوائر الكهربائية (ربط توالي – توازي – مختلط) .

6- يعرف الخلايا الكهربائية والبطاريات .

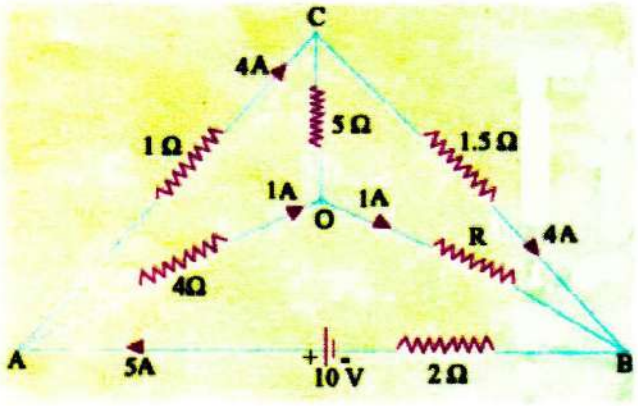
7- يحسب القدرة الكهربائية للمعدات والاجهزة الكهربائية

8 – يطبق قانون كرشوف .

محتويات

الفصل 1

التيار الكهربائي وقانون أوم



تعلم المواضيع

- ✓ - تركيب المادة – الشحنة الكهربائية
- ✓ - مصادر الطاقة – القوة الدافعة الكهربائية
- ✓ - الفولت ، أجزائه ومضاعفاته
- ✓ - المقاومة الكهربائية – أنواعها– الاوم ومضاعفاته
- ✓ - حساب قيمة مقاومة السلك
- ✓ - الدائرة الكهربائية البسيطة
- ✓ - التيار الكهربائي
- ✓ - قانون اوم
- ✓ - ربط المقاومات على التوالي - التوازي – المختلط
- ✓ - الخلايا والبطاريات
- ✓ - قانون كرشوف

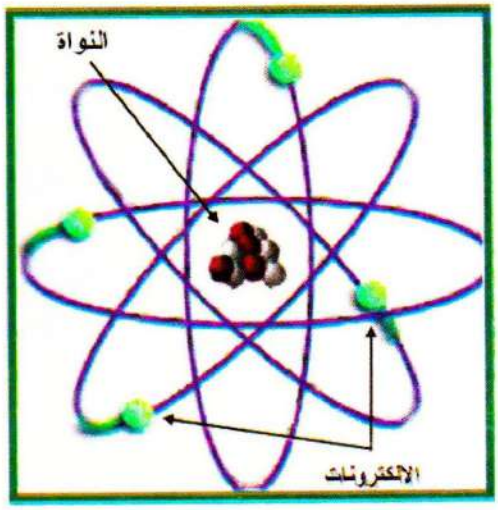
الفصل الاول
التيار الكهربائي وقانون اوم

1 . 1 تمهيد :

كانت كلمة (كهرباء) تعني ظاهرة التجاذب والتنافر ما بين ألأجسام بالدلك، وهو ما نطلق عليه الآن بالكهربائية الساكنة (Static Electricity) . اشتقت كلمة كهرباء من كلمة إلكترون اليونانية وتعنى كهرمان وهو أحد أول الأجسام التي قد تمت كهربتها بالدلك. ولفهم الكهربائية لابد من دراسة المادة وتركيبها الذري ودراسة خواص المواد عند اكتسابها للشحنات الكهربائية الذي يدخل ضمن دراسة الكهربائية المستقرة (الستاتيكية) .

2 . 1 المادة : Material

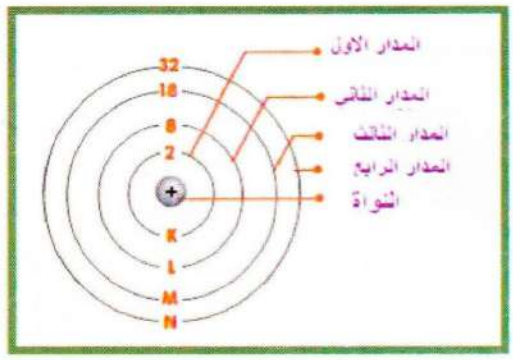
تحتوي أي مادة على عدد كبير من الجسيمات تسمى بالجزيئات وهي اصغر أجزاء المادة التي يمكن أن توجد بصورة منفردة ، ويحتوي كل جزيء في المادة على عدد من الذرات . أن الجزيء هو اصغر جزء يمكن ان يحتفظ بخواص المادة الفيزياوية والكيماوية. فمثلا يمكن أن تقطع قطعة من النحاس إلى أجزاء اصغر منها ولكن كل جزء يبقى نحاساً إلى أن نصل إلى جزئية النحاس والتي عند تقسيمها لا تبقى المادة نحاسا . وفي عام 1913 وضع العالم بوهر نموذجا للذرة ، فتحتوي الذرة في وسطها على نواة (Nucleus) يدور حولها إلكترون (Electron) أو أكثر سالب الشحنة في حركة تشابه حركة الكواكب في المجموعة الشمسية . وتحتوي نواة الذرة على جسمين رئيسين هما البروتون (Proton) موجب الشحنة والنيوترون (Neutron) متعادل الشحنة لاحظ الشكل (1 – 1) .



الشكل (1 – 1) التركيب الذري لبعض المواد

يعرف كل عنصر بعدد ذري يساوي عدد الالكترونات لذرة واحدة من ذرات العنصر وتتوزع هذه الالكترونات في أغلفة (Shells) حول النواة لاحظ الشكل (2–1) :

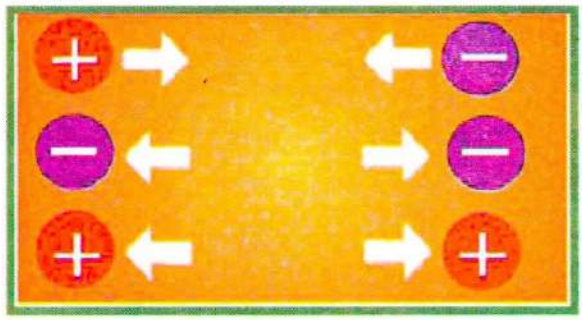
المدار الاول : 2 ، والمدار الثاني : 8 ، والمدار الثالث 18 ، والمدار الرابع 32 .



الشكل (1 - 2) توزيع الالكترونات للذرة حول النواة

1 . 3 الشحنات الكهربائية : Electric Charges

يصف مصطلح الكهربائية الساكنة الأوضاع التي تحمل فيها الأجسام شحنة كهربائية ، ففي بعض الأحيان يفقد عدد كبير من ذرات جسمٍ ما الالكترونات أو يكتسبها فيكتسب الجسم شحنة كهربائية موجبة أو سالبة. فمثلا عندما نمشي فوق سجادة يؤدي الاحتكاك بين اجسامنا والسجادة إلى انتقال الالكترونات من الجسم إلى السجادة فيصبح الجسم ذو شحنة كهربائية موجبة وعندما نلمس أي جسم معدني تنتقل الالكترونات من المعدن إلى اجسامنا فتحدث شرارة ونشعر بصدمة خفيفة. وتتصرف المواد المشحونة تصرفا خاصا حيث نلاحظ ان المواد المشحونة بالشحنات المتشابهة تتنافر مع بعضها بينما تتجاذب الأجسام المشحونة بشحنات مختلفة لاحظ الشكل (1- 3). ان انتقال الالكترونات باتجاه معين وبحركة منتظمة يولد سرياناً في الشحنات يدعى بالتيار الكهربائي (Electric Current) .



الشكل (1 – 3) التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهربائية

1 . 4 تصنيف المواد

تصنف المواد إلى ثلاث أنواع حسب موصليتها للكهربائية وهي كما يلي:

1- المواد الموصلة:-

وهي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها مثل النحاس، الألمنيوم، و غيرها من المعادن الموصلة للكهرباء لاحظ الشكل (1 – 4) ، و تتراوح المواد في موصليتها حسب المادة المصنوع منها مثل الذهب – الفضة - النحاس .

الشكل (1 – 4) مادة موصلة للكهربائية

2- المواد العازلة:-

وهي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها، و ذلك بسبب تركيبها الداخلي والترابط القوي بين ذراتها، مثل الخشب، المطاط، الخزف و غيرها من المواد العازلة لاحظ الشكل (1 – 5) .

الشكل (1- 5) مواد عازلة للكهربائية

3- المواد شبه الموصلة:-

وهي مواد تقع بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث توصيلها للكهربائية، أي بمعنى أخر فالمواد شبه الموصلة تكون عازلة عند درجة الصفر المطلق وعند زيادة درجة حرارتها تبدأ موصليتها بالزيادة نتيجة تفكك الرابطة التساهمية بين ذراتها بفعل الحرارة، ومن المواد شبه الموصلة الجرمانيوم ، السيلكون، الانتيمون.

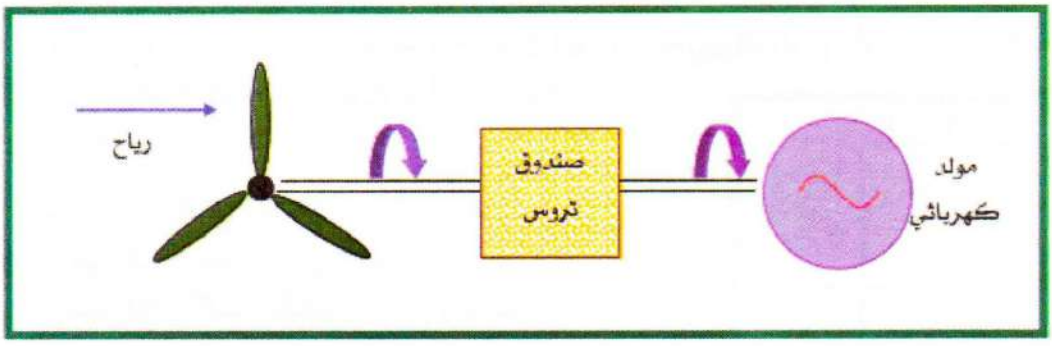
5 . 1 مصادر الطاقة الكهربائية

للطاقة صور مختلفة موجودة في الطبيعة ومخزونها وكذلك الطرق المختلفة لاستغلال هذه الطاقة او تحويلها الى صورة اخرى من صور الطاقة . وتنقسم الطاقة الى نوعين اساسيين هما الطاقة الابتدائية التي تشمل الطاقة الموجودة في الطبيعة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة في باطن الارض مثل (النفط و الغاز والفحم). والطاقة الثانوية وتشمل الطاقة المحولة من الطاقة الابتدائية الى صورة أخرى للطاقة مثل الطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية والطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية. من المعروف ان الطاقة الكهربائية غير موجودة في الطبيعة على صورتها المعروفة ولتوليدها يجب تحويل احد صور الطاقة الابتدائية على صورة مبسطة الى طاقة كهربائية ويتم ذلك مثلا عن طريق المولد الكهربائي (يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية) وكذلك يمكن الحصول على الفولتية من مصدر جهد مثل الخلايا (الأعمدة الكهربائية والبطاريات Batteries)،(تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية).ان محطات القوى الكهربائية تكون على اشكال عديدة نذكر منها :

1- محطات توليد الكهرباء بوساطة التوربينات المائية Hydro-Power Station
2- المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء Thermal Power Station
3- محطات توليد الكهرباء بوساطة التوربينات الغازية Gas Turbine Power Station .
4- محطات توليد الكهرباء بوساطة المكائن الديزل Diesel Power Station
5- محطات توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة :

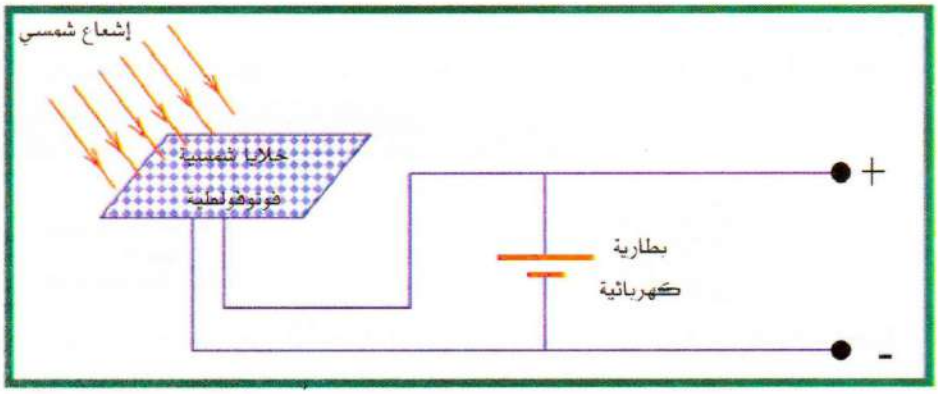
تعتمد على تحويل الطاقة المتجددة مثل (شمسية – رياح – امواج البحر .. الخ) اما الى طاقة كهربائية مباشرة مثل الخلايا الشمسية اوالى صورة اخرى من صور الطاقة (حرارية او ميكانيكية) ثم الى طاقة كهربائية .

والشكل (1 – 6) يوضح توليد الكهرباء من طاقة الرياح .



الشكل (1 – 6) توليد الكهرباء من طاقة الرياح

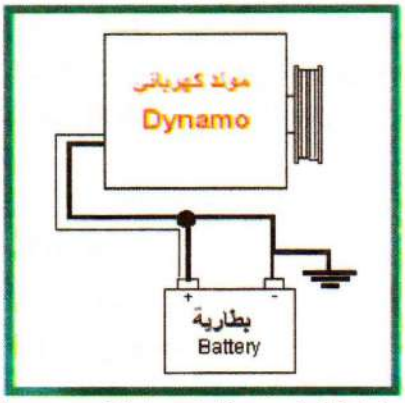
يستفاد في الوقت الحاضر من الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء بالاستعانة بالطاقة الشمسية كما موضح في الشكل (1 – 7) .



الشكل (1 – 7) توليد الكهرباء من محطات الطاقة الشمسية

1 – 6 القوة الدافعة الكهربائيه: E M F (Electro Motive Force)

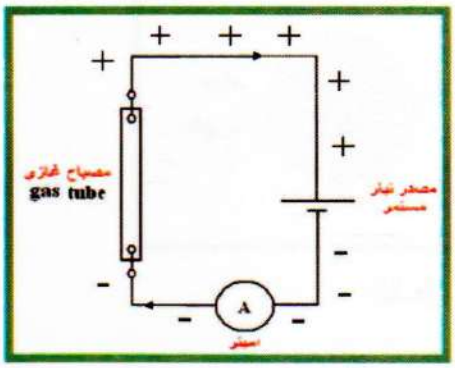
ان الكهربائية صورة من صور الطاقة التي يمكن الحصول عليها من عدة مصادر مثل الطاقة الحركية والضوئية والحرارية وعلى سبيل المثال بطارية السيارة فعند دوران المولد (Dynamo) المتصل بمحرك السيارة يحول الطاقة الحركية إلى طاقه كهربائية تخزن في بطارية السيارة ويدعى فرق الجهد (الفولتية) بين قطبي البطارية عندما تكون غير متصلة بأي حمل (load) بالقوة الدافعة الكهربائية (Electro Motive Force) ويرمز لها بالرمز E لاحظ الشكل (1 - 8) .



الشكل (1 - 8) تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربائية مخزونة في البطارية

1 . 7 فرق الجهد (الفولتية) : (voltage)

يحتاج سريان التيار الكهربائي الى وجود قوة تؤثر على الالكترونات، ويمكن أن تكون هذه القوة المؤثرة هي فرق الجهد (Voltage Difference) أو القوة الدافعة الكهربائية (Electro Motive Force) أو الفولتية .



الشكل (1 – 9) مصدر يمثل القوة الدافعة الكهربائية

ويمكن تعريفها:-

بأنها القوة التي تجبر الشحنات على التحرك في اتجاه معين عبر الموصل، أي تسبب سريان التيار الكهربائي لاحظ الشكل (1 – 9) .

ويعرف فرق الجهد:-

بانه الشغل المبذول لتحريك شحنة كهربائية من نقطة اقل جهد إلى نقطة أعلى جهدا. ويمكن تحقيق ذلك طبقا للمعادلة التالية:-

$$\text{فرق الجهد} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة}}$$

$$V = \frac{w}{q}$$

وبما ان الكولوم الواحد من الشحنة الكهربائية اذا انتقل خلال ثانية واحدة ولّد تيار مقداره أمبير واحد فالشغل يساوي :

الشغل = فرق الجهد x التيار x الزمن

حيث:-

V:- فرق الجهد الكهربائي (بالفولت) (V)

w:- الشغل المبذول (بالجول) (J)

q:- مقدار الشحنة الكهربائية (بالكولوم) (C)

$$\text{الفولت} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة}} = \frac{\text{الجول}}{\text{الكولوم}} = \frac{\text{نيوتن . متر}}{\text{كولوم}}$$

يعد جهد الأرض قياسيا ويعتبر صفراً لذا فان جهد أي مصدر يكون ذا قيمة نسبة الى جهد الارض فمثلاً جهد مصدر الطاقة الكهربائية في المنزل مقداره V(220) نسبة الى جهد الارض.

(وحدة قياس الجهد هو الفولت Volt ويرمز له بالرمز V) ومن مضاعفات الفولت هو الكيلو فولت Kv والميكا فولت Mv

ومن أجزائه الملي فولت mv والمايكروفولت µv

(1) ميكافولت = 10^6 فولت

(1) كيلو فولت = 10^3 فولت

(1) فولت = 10^3 ملي فولت

(1) فولت = 10^6 مايكرو فولت

مثال 1 . 1

احسب فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي إذا كان الشغل المبذول J (60) لتحريك شحنة كهربائية مقدارها C(20) .

الحل :

$$V = \frac{w}{q}$$

$$V = \frac{60J}{20C} = 3V$$

مثال 1 . 2

حوّل V(10) الى الملى فولت والمايكروفولت

الحل :

$$10\,V = 10 \times 10^{3} = 10000m\,V$$

$$10\,V = 10 \times 10^{6} = 10000000\mu V$$

مثال 1 . 3

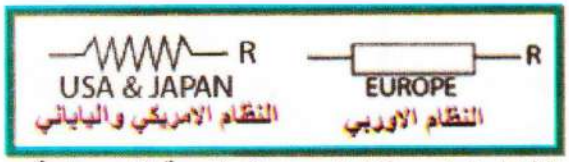
حوّل mV (20) الى الفولت .

الحل:

$$20m\,V = 20 \times 10^{-3} = 0.02\,V$$

1 . 8 المقاومة الكهربائية : Electric Resistance

المقاومات الكهربائية من القطع الالكترونية الاكثر شيوعاً واستخداماً ، تستخدم للتحكم في فرق الجهد (الفولتية) كمقسم جهد وشدة التيار(الامبير) كمقسم تيار. وتقاس المقاومة بوحدة الاوم Ohm (Ω) ويرمز للمقاومة (R). والشكل (1 – 10) يوضح رمز المقاومة الكهربائية بالنظام الاوربي والنظام الامريكي والياباني .



الشكل (1 – 10) رمز المقاومة الكهربائية

1 Ohm	1 Ω
1000 Ohms = 1 K Ohm	1 K Ω
1000000 Ohms = 1 M Ohm	1 M Ω

تعرف المقاومة الكهربائية:
ممانعة المادة لمرور التيار الكهربائي فيها ، لاحظ الشكل (1-11).

الشكل (1 – 11) المقاومة الكهربائية

مثال 1 . 4

حول قيمة المقاومة 10KΩ الى الأوم

الحل :

$$10K\Omega = 10 \times 1000 = 10000\Omega$$

مثال 1 . 5

حول قيمة المقاومة 1000KΩ الى الميكا أوم

الحل :

$$1000K\Omega = \frac{1000}{1000} = 1M\Omega$$

مثال 1 . 6

حول قيمة المقاومة 0.001 MΩ الى الأوم

الحل:

$$0.001M\Omega = 0.001 \times 1000000 = 1000\Omega$$

1 . 8 . 1 انواع المقاومات :

هناك انواع مختلفة من المقاومات الكهربائية حسب كيفية صنعها والمواد المركبة منها، واهم هذه الانواع هي :

1 – المقاومات الثابتة. 2 – المقاومات المتغيرة. 3 - المقاومات الضوئية.

4 – المقاومات الحرارية .

1 - المقاومات الثابتة

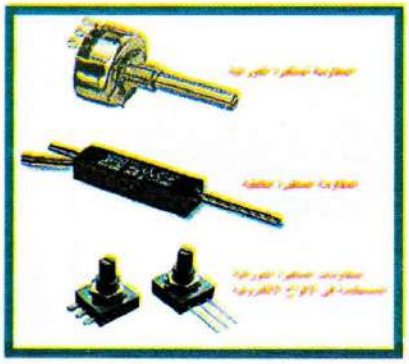
تتميز هذه المقاومات بثبات قيمتها وتختلف في استخدامها حسب قدرتها في تمرير التيار الكهربائي فهناك مقاومات ذات احجام كبيرة تستخدم في التيارات الكبيرة واخرى التيارات الصغيرة . والشكل (1 – 12) يوضح انواع مختلفة للمقاومات الكهربائية الثابتة .

الشكل (1 – 12) انواع مختلفة من المقاومات الكهربائية الثابتة

2 - المقاومة المتغيرة

هي مقاومة يمكن تغيير قيمتها حيث تتراوح قيمتها بين الصفر واقصى قيمة لها . فمثلا عندما نقول ان قيمة المقاومة 10kΩ ، يعني ان قيمة المقاومة تتراوح بين الصفر أوم و 10kΩ وتزداد بالتدريج يدوياً ويمكن تثبيتها على قيمة معينة. وتستخدم هذه المقاومة المتغيرة في بعض الاجهزة الصوتية فعندما نريد التحكم بشدة الصوت لجهاز الراديو مثلاً فاننا نغير في قيمة المقاومة المتغيرة، فعندما تصل قيمة المقاومة اقصاها فان الصوت

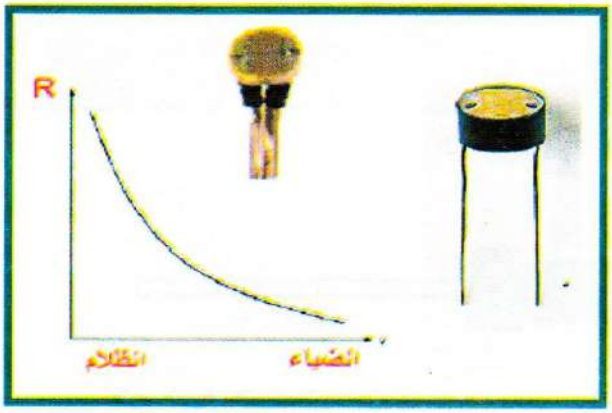
ينخفض الى اقل شدة والعكس صحيح عند رفع الصوت. هناك عدة انواع من المقاومات المتغيرة لاحظ الشكل (1 – 13).



الشكل (1 – 13) انواع مختلفة من المقاومات المتغيرة

3 - المقاومات الضوئية

تقوم على تحويل التغير في الضوء الى تغير في المقاومة، تصنع هذه المقاومات من سلفيد الكاديوم (CDS) تنخفض قيمتها الاومية عند ازدياد شدة الاضاءة ، وتزداد قيمتها عند انخفاض الضوء . فمثلا تصل القيمة العظمى في الظلام الى (2MΩ) وفي الضوء الشديد الناصع تصل قيمتها الى (100Ω). وتعتبر المقاومة الضوئية حساسة جداً للنور وسهلة الاستخدام . لاحظ الشكل (1 – 14) .

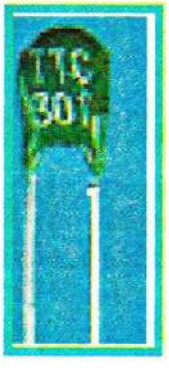


الشكل (1 – 14) المقاومات الضوئية

4 - المقاومات الحرارية :

من المقاومات الحرارية الثارمستور (Thermistor) وهو عنصر الكتروني يحول التغير في الحرارة الى تغير في قيمة المقاومة وتتغير قيمتها طبقاً لدرجة الحرارة المحيطة لاحظ الشكل (1 – 15) . مقاومة هذا العنصر تنقص بازدياد درجة الحرارة وتحدد القراءات الاتية التجريبية مقاومة العنصر عند درجات الحرارة وهي :

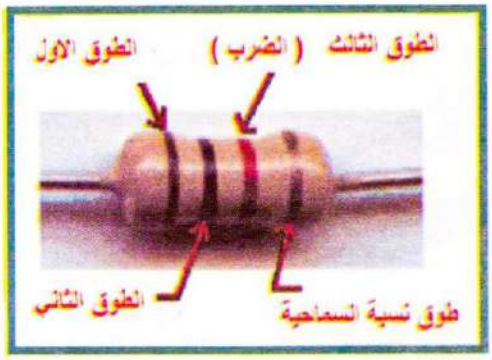
- في الماء المتجمد (0^oC) تكون المقاومة عالية جدا (12KΩ) .
- في درجة حرارة الغرفة (25^oC) تكون المقاومة عالية (5KΩ) .
- في الماء المغلي (100^oC) تصبح المقاومة (400Ω) .



الشكل (1 – 15) المقاومة الحرارية

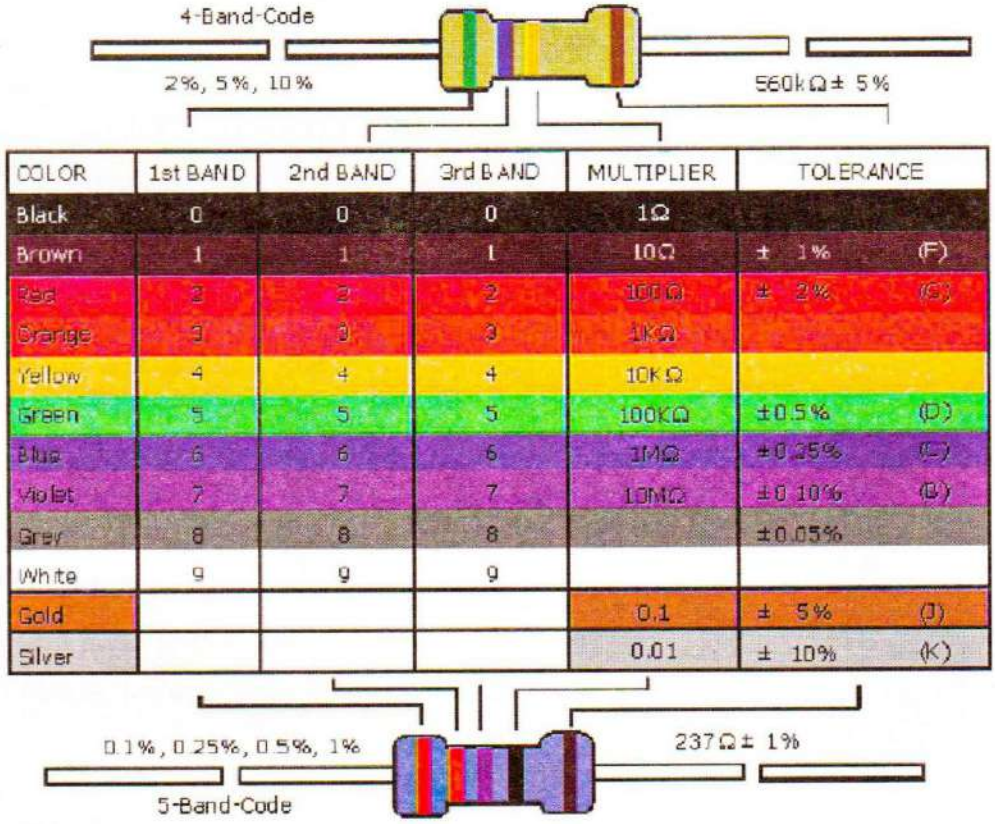
1. 8 .2 كيفية قراءة قيمة المقاومة :

هنالك عدة طرق لمعرفة قيمة المقاومة وهي استخدام الالوان ، استخدام جهاز القياس ، استخدام قانون اوم للحساب . ان قيمة المقاومة اما ان تكتب عليها او بوضع اطواق ملونة على المقاومة لمعرفة قيمتها لاحظ الشكل (1 – 16). ولمعرفة قيمة المقاومة انظر الى الطوق الفضي او الذهبي واجعله الى يمينك وهو الطوق الذي يحدد نسبة السماحية في المقاومة وابدأ القراءة من اليسار الى اليمين. وهناك بعض المقاومات ليس لها طوق ذهبي او فضي فأبدأ القراءة من الطوق الاقرب لاي طرف من السلك . والجدول (1 - 1) يوضح الالوان المستخدمة لتعريف المقاومات وقيمها .



الشكل (1 – 16) مقاومة ملونة

الجدول رقم (1 – 1)



COLOR	1st BAND	2nd BAND	3rd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
Black	0	0	0	1Ω	
Brown	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
Red	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
Orange	3	3	3	1KΩ	
Yellow	4	4	4	10KΩ	
Green	5	5	5	100KΩ	±0.5% (D)
Blue	6	6	6	1MΩ	±0.25% (C)
Violet	7	7	7	10MΩ	±0.10% (B)
Grey	8	8	8		±0.05%
White	9	9	9		
Gold				0.1	± 5% (J)
Silver				0.01	± 10% (K)

نسبة السماحية للطوق الرابع او الخامس بدون لون هو ±20%

بعض المقاومات الملونة لها خمسة احزمة لونية تستخدم في المقاومات ذات الدقة ±1% و±3% وتقرأ بنفس الطريقة عدا ان اللون الاول والثاني والثالث ارقام واللون الرابع يمثل عدد الاصفار واللون الخامس هو نسبة السماحية .

مثال 1 . 7

مقاومة لونها (بنى- اسود- بنى- فضى) ، اوجد قيمة المقاومة .

الحل :

1- ابدأ من اليسار الى اليمين . انظر للطوق الاول وحدد لونه واكتب رقمه حسب الجدول ، اللون بني ويساوي 1 .
2- انظر للطوق الثاني وحدد لونه واكتب رقمه حسب الجدول ، اللون اسود ويساوي صفر .
3- انظر للطوق الثالث وحدد لونه واكتب رقمه حسب الجدول الموضوع ، اللون بني وتساوي 1 . أي مضروباً في 10 .
4- قيمة المقاومة تساوي 100 Ω .
5- اللون الرابع وهو اللون الفضي يحدد نسبة السماحية ويساوي 10% حسب الجدول . لذلك تتراوح المقاومة بين Ω (90 – 110) .

مثال 1 . 8

احسب قيمة المقاومة (بني- اسود- احمر- فضي)

الحل :

قيمة المقاومة تساوي (1000Ω) ونسبة السماحية تساوي ±10%
وتقع بين Ω(900 – 1100) .

مثال 1 . 9

احسب قيمة المقاومة (احمر- احمر- بني – بدون لون)

الحل :

قيمة المقاومة Ω(220) ونسبة السماحية ±20%
وتقع المقاومة بين Ω(176 – 264) .

مثال 1 . 10

احسب قيمة المقاومة (برتقالي – برتقالي – اسود – ذهبي)

الحل :

قيمة المقاومة Ω (330) ونسبة السماحية ±5%.
وتقع المقاومة بين Ω (313.5 – 346.5) .

هناك عدة عوامل تعتمد عليها المقاومة لأي موصل وهي :

1- المقاومة النوعية للموصل ρ ويعتمد على نوع المادة المصنوع منها الموصل كما موضح في الجدول (1 – 2) .

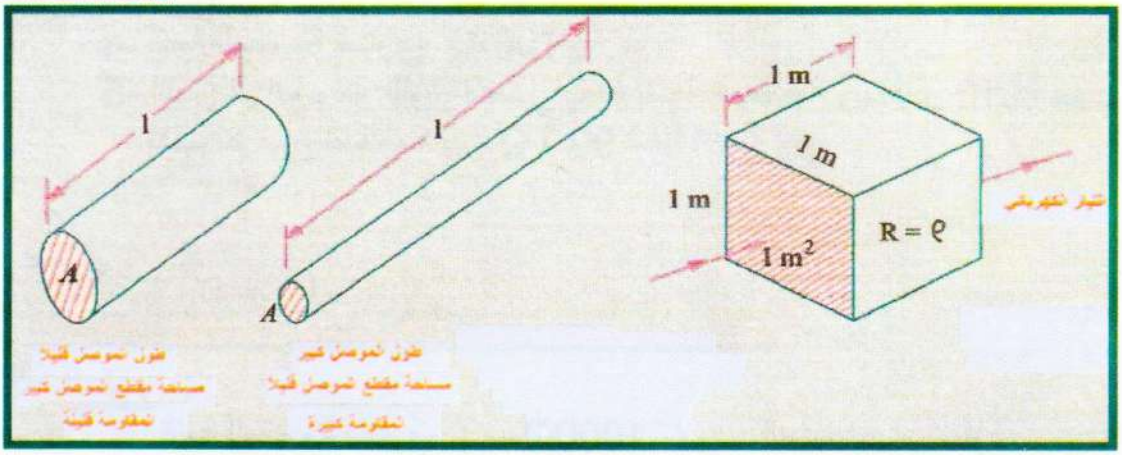
2- طول الموصل L .

3- مساحة مقطع الموصل A .

4- درجة حرارة الموصل . لاحظ الشكل (1 – 17)

و يمكن تمثيل تلك العوامل بالمعادلة التالية والتي من خلالها يمكن إيجاد قيمة المقاومة .

$$R = \frac{\rho \times L}{A}$$



الشكل (1 – 17) العلاقة بين طول ومساحة مقطع الموصل والمقاومة النوعية

جدول (1 – 2) المقاومة النوعية لبعض المواد

المادة	المقاومة النوعية Ω - cm
الفضة	1.5×10^{-6}
النحاس	1.7×10^{-6}
الذهب	2.4×10^{-6}
الألمنيوم	8.2×10^{-6}
الحديد	1×10^{-5}

مثال 1 . 11

احسب مقاومة سلك مصنوع من النحاس اذا علمت ان طوله يساوي (2)K m ومساحة مقطعه (3) mm^2 علما ان المقاومة النوعية للنحاس تساوي 1.7×10^{-6} Ω. cm .

الحل :

$$R = \frac{\rho \times L}{A}$$

$$R = \frac{1.7 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{5}}{3 \times 10^{-2}} = 11.3\Omega$$

مثال 1 . 12

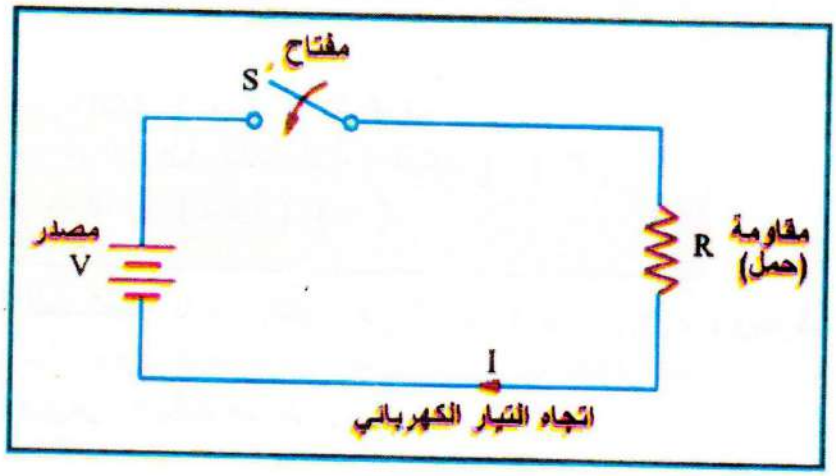
سلك مقاومته Ω (60) طوله يساوي Km(2) احسب مساحة مقطع السلك علما أن المقاومة النوعية للسلك تساوي Ω. cm (2.8×10^{-6}) .

الحل :

$$A = \frac{\rho \times L}{R} = \frac{2.8 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{5}}{60} = 0.009 cm^2$$

1. 9 الدائرة الكهربائية البسيطة : Simple Electric Circuit

تتكون الدائرة الكهربائية البسيطة من مصدر للجهد (بطارية او مولد) ويرمز له (V) وتقاس بالفولت ومقاومة (R) وتقاس بالاوم اذ يمر تيار كهربائي (I) يقاس بالامبير كما موضح بالشكل (1 – 18) . عند غلق الدائرة الكهربائية يسري التيار الكهربائي من احد قطبي المصدر لتمر بعناصر الدائرة وتصل في النهاية الى القطب الاخر للمصدر .



الشكل (1-18) الدائرة الكهربائية البسيطة

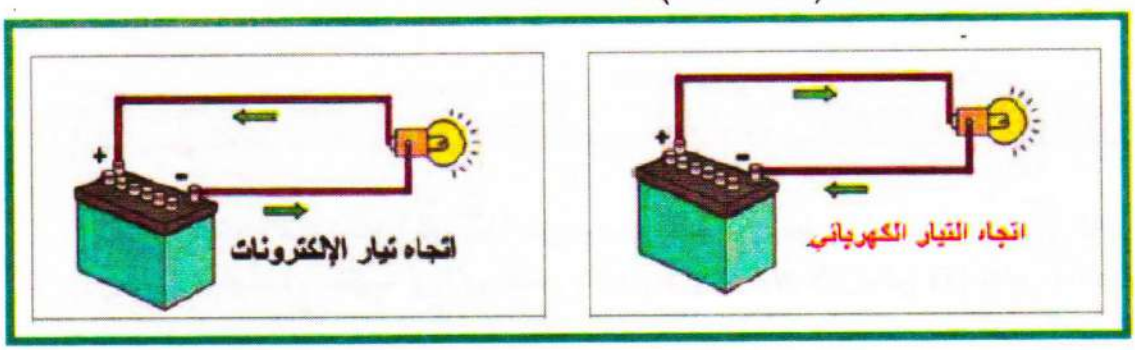
ويمكن مقارنة حركة التيار الكهربائي في سلك بحركة الماء داخل أنابيب مملوءة بالماء ، فالماء يبقى في حالة سكون ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي. فإذا وصلنا مضخة بالأنابيب ثم أدرناها فسيتحرك الماء داخل الأنابيب بطريقة مماثلة لحركة الإلكترونات داخل سلك نحاس موصل ببطارية. فالمضخة المائية تماثل البطارية الكهربائية ، وتيار الماء يماثل التيار الكهربائي .

1 . 10 التيار الكهربائي

إذا تم توصيل سلك من النحاس مع مصدر للطاقة الكهربائية مثل البطارية، فيؤدي ذلك إلى حركة الالكترونات داخل السلك، ومن ذلك نستنتج تعريف للتيار الكهربائي.

التيار الكهربائي:-

هو كمية الشحنة المارة في موصل تحت تأثير قوة خارجية ناتجة من مصدر كهربائي كالبطارية لاحظ الشكل (1 – 19) .



الشكل (1 – 19) الفرق بين اتجاه التيارالكهربائي والالكتروني

و تمثل المعادلة التالية طريقة حساب قيمة التيار الكهربائي :

$$I = \frac{q}{t}$$

حيث:-

I :- التيار (أمبير) (A)

q :- الشحنة الكهربائية (كولوم) (C)

t :- الزمن (ثانية) (s)

والوحدة المستعملة لقياس التيار هي الأمبير (Ampere) ويعرف الأمبير بأنه (التيار الحاصل من مرور شحنه مقدارها كولوم واحد خلال نقطة معينة في موصل في ثانيه واحدة) ويرمز له بالحرف A .

$$A = \frac{C}{S}$$

$$\text{الامبير} = \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}}$$

ومن مضاعفات الأمبير هو الكيلوأمبير والميكاأمبير ومن أجزائه الملي أمبير والمايكرو أمبير. (1 أمبير = 10^3 ملي أمبير) و (1 أمبير = 10^6 مايكرو أمبير).

مثال 1 . 13

احسب مقدار التيار الكهربائي إذا علم أن مقدار الشحنة الكهربائية المارة في موصل خلال (4)s تساوي (8) c .

$$I = \frac{q}{t}$$

الحل:-

$$I = \frac{8}{4} = 2A$$

مثال 1 . 14

احسب مقدار الشحنة الكهربائية إذا علم أن مقدار التيار الكهربائي المار في موصل خلال (10 s) تساوي A (1) .

الحل:-

$$\mathbf{q} = I \times t = 1 \times 10 = 10C$$

مثال 1 . 15

ما زمن تدفق تيار مقداره A(0.5) في موصل ؟ اذا علم ان مقدار الشحنة الكهربائية تساوي C (0.005) .

الحل:-

$$t = \frac{q}{I} = \frac{0.005}{0.5} = 0.01\,\text{s}$$

مثال 1 . 16

حول A (10) الى الملي أمبير والمايكرو أمبير .

الحل :

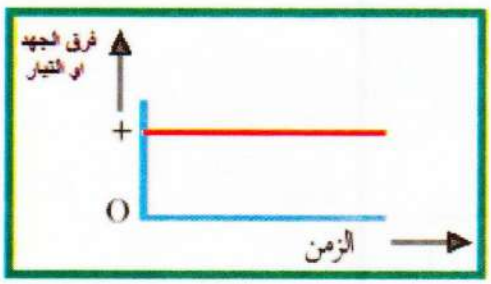
$$10A = 10 \times 10^3 = 10000mA$$

$$10A = 10 \times 10^6 = 10000000\mu A$$

1 . 11 أنواع التيار الكهربائي :

1-1.11 التيار المستمر:-

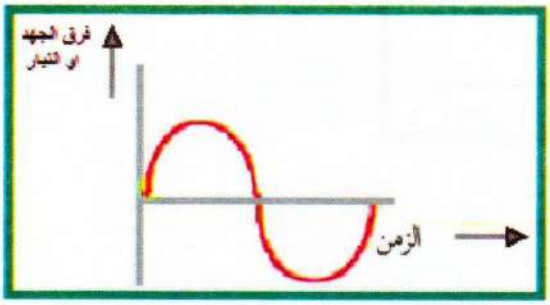
هو التيار الذي تبقى قيمته واتجاهه ثابتاً مع مرور الزمن لاحظ الشكل (1 – 20) ، ومن مصادر التيار المستمر المركم الرصاصي (البطارية) المستخدم في السيارات مثلاً .



الشكل (1 – 20) التيار المستمر

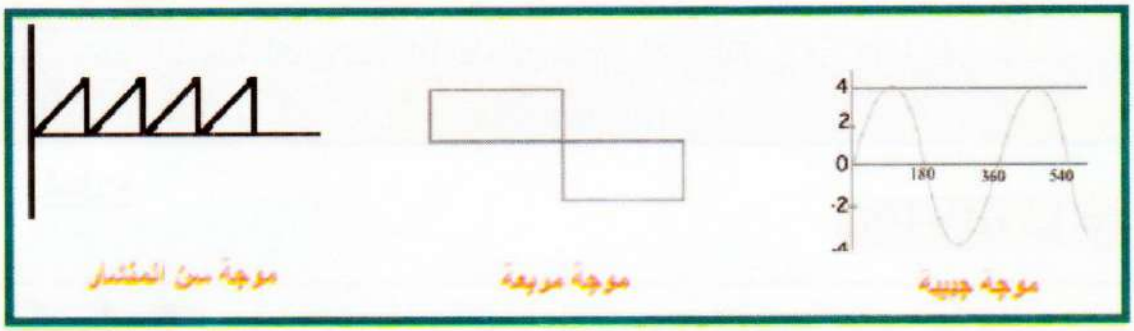
2 .1.11 التيار المتناوب:-

هو التيار الذي تتغير قيمته و اتجاهه مع تغير الزمن لاحظ الشكل (1– 21)، ومن مصادرالتيار المتناوب التيار المتولد من محطة توليد الطاقة الكهربائية والتي تزود المنازل بالتيار الكهربائي.



الشكل (1 – 21) التيار المتغير

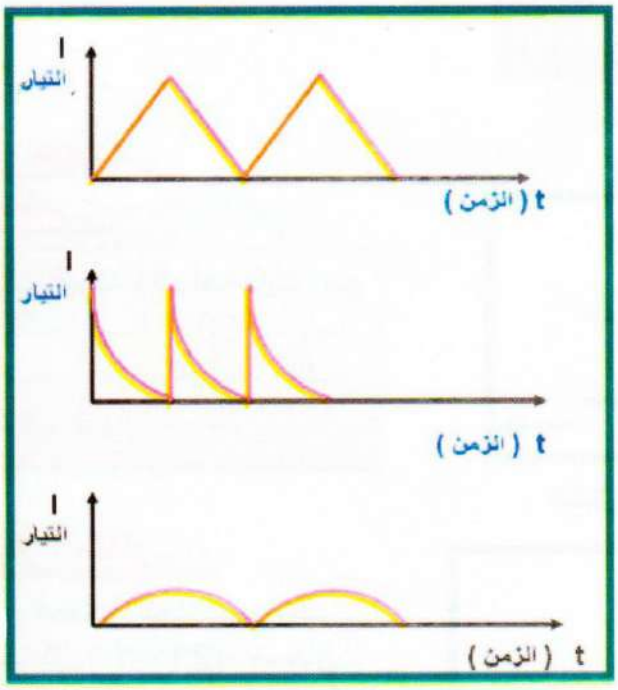
والشكل (1– 22) يوضح أشكال موجات التيار المتناوب منها الموجة الجيبية والموجة المربعة وموجة سن المنشار.



الشكل (1 – 22) اشكال موجات التيار المتناوب

3. 11.1 التيار النبضي :

الشكل (1 – 23) يوضح اشكال للتيار النبضي وهو تيار مستمر تتغير قيمته دوريا ولا يغير اتجاهه .



الشكل (1 – 23) التيار النبضي

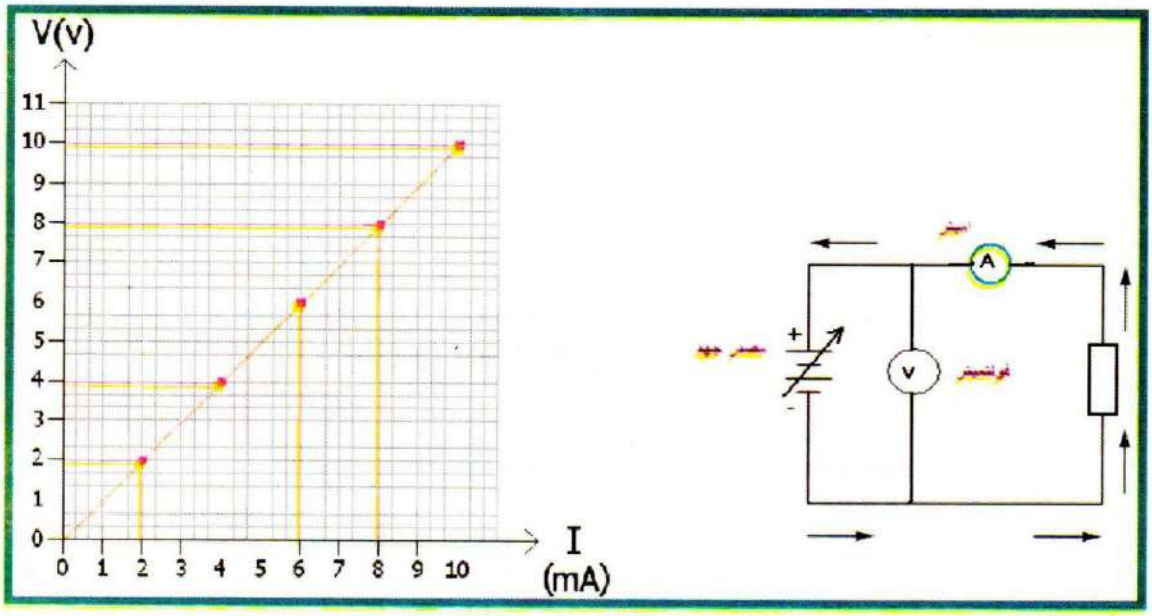
1 – 12 قانون أوم : Ohm's Law

يصف قانون أوم العلاقة بين الفولتية (الجهد)(V) التي تعبر عن قوة تدفق الشحنات الكهربائية وبين المقاومة (R) التي تقاوم هذا التدفق وبين النتيجة الحقيقية لهذا التدفق وهو التيار (I) . وينص قانون أوم على ما يلي :

النسبة لفرق الجهد (V) بين اي نقطتين لموصل إلى التيار (I) الذي يسري بينهما وهي كمية ثابتة تدعى بالمقاومة (R)، وبعبارة أخرى :

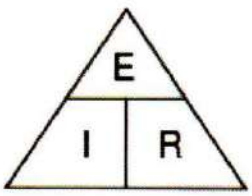
$$\frac{V}{I} = \text{ثابت} \qquad \text{أو} \qquad \frac{V}{I} = R$$

حيث ان (R) هي مقاومة الموصل بين النقطتين وتكون ثابتة ويتناسب التيار تناسبا طردياً مع فرق الجهد (الفولتية) عبر نهايتي الموصل . ومع ذلك فان هذه العلاقة الخطية مبينة في الشكل (1 – 24) بين (V) و (I). وهناك عناصر غير خطية مثل كربيد السيلكون وثنائي زينر والعناصر الالكترونية المستخدمة في تثبيت الفولتية كما سندرسها في الفصل الخامس.



الشكل (1 – 24) تحقيق قانون أوم (العلاقة خطية بين V و I)

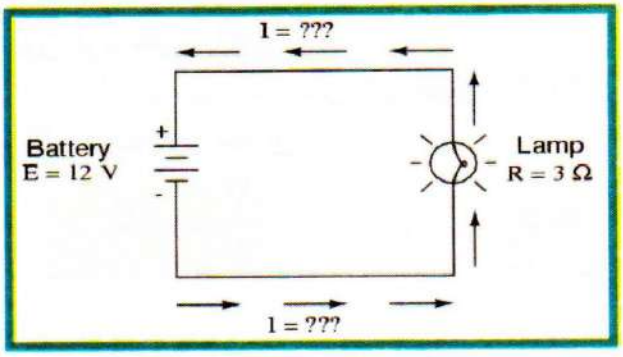
وبثبوت الفولتية للدائرة الكهربائية يتناسب التيار تناسبا عكسيا مع المقاومة . ويمكن تسمية الفولتية بالحرف V أو E ويمكن الاستعانة بالمثلث التالي الذي يوضح العلاقات بين التيار والفولتية والمقاومة ببساطة .



$$E = I.R \quad , I = \frac{E}{R} \qquad R = \frac{E}{I}$$

مثال 1 . 17 اوجد مقدار التيار (I) المار في الدائرة عندما تكون قيمة المقاومة (R) وقيمة مصدر الجهد (الفولتية) E معلومتان للشكل (1 – 25) .

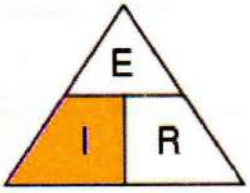
الحل :



الشكل (1 – 25) مثال تطبيق اوم

وبتطبيق العلاقة التالية

$$I = \frac{E}{R}$$

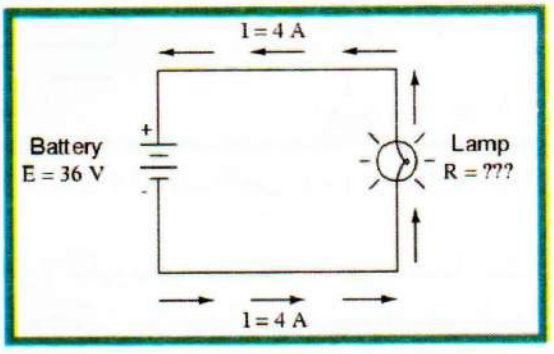


تكون قيمة التيار (I)

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12\ V}{3\ \Omega} = 4\ A$$

مثال 1 . 18 اوجد قيمة مقاومة المصباح (R) عندما تكون كل من قيمة التيار (I) ومصدر الجهد (الفولتية) E معلومتان الشكل (1 – 26) .

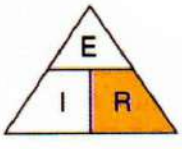
الحل :



الشكل (1 – 26) تطبيق قانون اوم

وبتطبيق العلاقة التالية

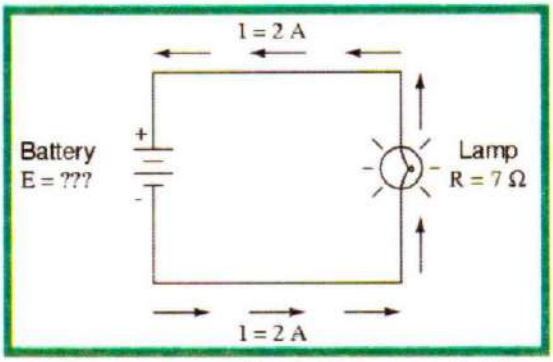
$$R = \frac{E}{I}$$



تكون قيمة مقاومة المصباح (R)

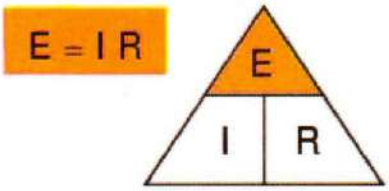
$$R = \frac{E}{I} = \frac{36\ V}{4\ A} = 9\ \Omega$$

مثال 1 . 19 اوجد قيمة الفولتية المجهزة من البطارية (E) عندما تكون كل من قيمة التيار (I) والمقاومة (R) معلومتان . لاحظ الشكل (1 – 27) .



الشكل (1 – 27) تطبيق قانون اوم

وبتطبيق العلاقة الاتية:



وتكون قيمة الفولتية المجهزة من البطارية

$$E = IR = (2\ A)(7\ \Omega) = 14\ V$$

1 . 13 ربط المقاومات :

يمكن تقسيم طرق ربط المقاومات إلى ثلاثة أقسام :

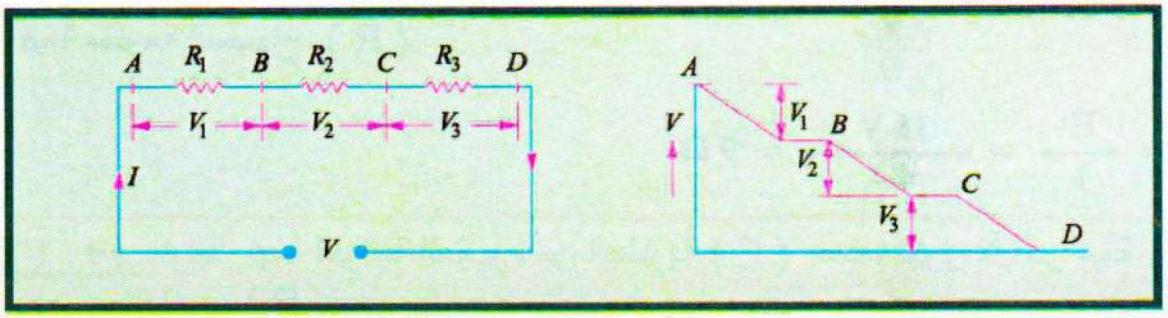
أ- ربط المقاومات على التوالي

ب - ربط المقاومات على التوازي

جـ - الربط المختلط للمقاومات

أ- ربط المقاومات على التوالي : Resistances in Series

إذا وصلنا عدة مقاومات بدائرة كهربائية بحيث توصل نهاية المقاومة الأولى ببداية الثانية ونهاية الثانية ببداية الثالثة وهكذا، نقول أن هذه المقاومات موصلة على التوالي (Series) الشكل (1 – 28) . يختلف فرق الجهد عبر المقاومات ذات القيم المختلف ويكون مجموعها مساوياً إلى الفولتية المسلطة للدائرة الكهربائية .



الشكل (1 – 28) ربط المقاومات على التوالي

وتكون الفولتية بين النقطتين A إلى D

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 \qquad \text{او} \qquad IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad \text{or} \quad R = R_1 + R_2 + R_3$$
$$V = IR$$

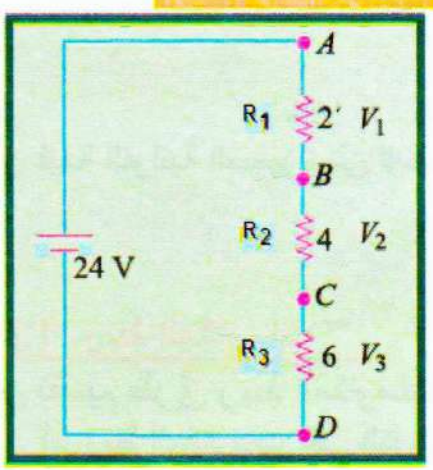
مما تقدم ، فان مواصفات دائرة التوالي هي :

1- تدفق التيار الكهربائي متساو خلال كل أجزاء الدائرة .
2- المقاومات مختلفة القيم لها هبوط بالفولتية مختلف .
3- الفولتية المسلطة تساوي مجموع فرق الجهد على كل مقاومة .
4- المقاومة المكافئة (الكلية) تساوي مجموع قيم المقاومات .
5- القدرة الكلية للدائرة تساوي مجموع قدرة كل مقاومة .

1 . 13 . 1 مجزئ الفولتية Voltage Divider

بما ان التيار المار في دائرة التوالي متساو في جميع المقاومات يتغير هبوط الفولتية مباشرة تبعاً لقيمة كل مقاومة ومن الشكل (1 – 29) يتبين ان الدائرة موصلة الى مصدر فولتية V (24) ولحساب المقاومة المكافئة

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 12\ \Omega$$



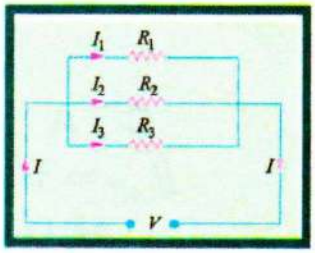
الشكل (1 - 29) ثلاث مقاومات على التوالي

ولحساب V1 , V2, V3 باستخدام طريقة مجزئ الجهد نتبع ما يلي :

$$V_1 = V \cdot \frac{R_1}{R} = 24 \times \frac{2}{12} = 4\ \text{V}$$
$$V_2 = V \cdot \frac{R_2}{R} = 24 \times \frac{4}{12} = 8\ \text{V}$$
$$V_3 = V \cdot \frac{R_3}{R} = 24 \times \frac{6}{12} = 12\ \text{V}$$

ب- ربط المقاومات على التوازي : Resistances in Parallel

الشكل (1 – 30) يوضح ثلاثة مقاومات موصلة بالتوازي ، فرق الجهد على كل المقاومات متساو والتيار الكلي للدائرة يساوي مجموع التيارات الفرعية.



$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$I = \frac{V}{R}$$

الشكل (1 – 30) ثلاث مقاومات على التوازي

حيث ان V هي الفولتية المسلطة و R هي المقاومة المكافئة (الكلية) للدائرة

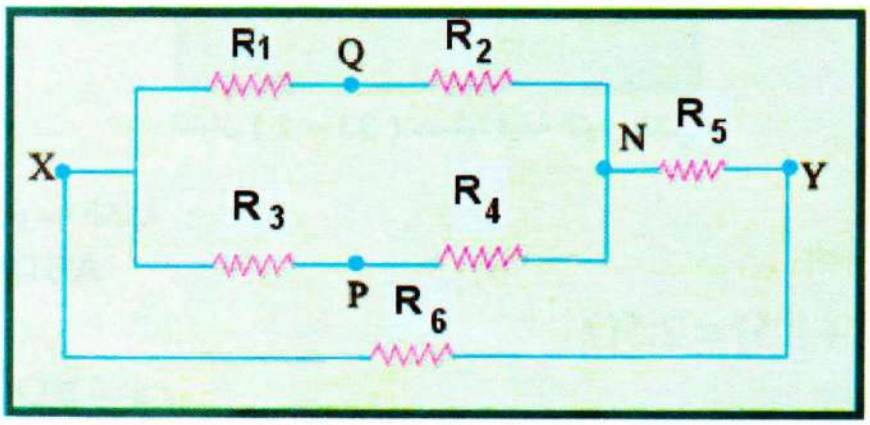
$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad \text{or} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

وتكون مواصفات دائرة التوازي كما يلي :

1- الفولتية على المقاومات متساوية وتساوي فولتية المصدر .
2- المقاومات المختلفة القيم لها تيارات مختلفة .
3- التيار الكلي للدائرة يساوي مجموع التيارات الفرعية .

جـ - ربط المقاومات المختلط : Resistances in compound

في الربط المختلط تحتوي الدائرة على مجموعة من المقاومات مربوطة على التوالي والتوازي في آن واحد لاحظ الشكل (1 – 31) لذلك فأن قوانين دائرتي التوالي والتوازي تستخدمان عند إيجاد المقاومة المكافئة للدائرة .

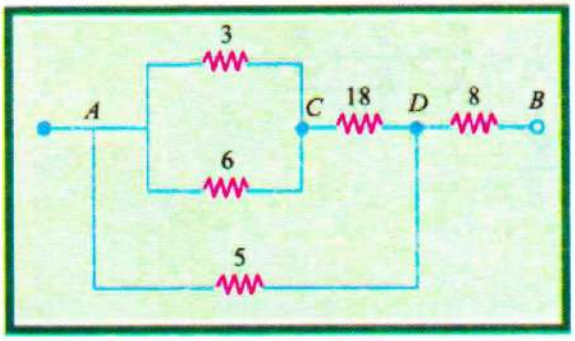


الشكل (1 – 31) الربط المختلط للمقاومات

مثال 1 . 20

احسب المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة بالشكل (1 – 32). احسب التيار الكلي إذا كانت الفولتية المسلطة على الطرفين A,B تساوي 60V .

الحل :



الشكل (1 – 32) ربط المقاومات المختلط

المقاومة بين A و C

$$R_{AC} = 3//6 = 2\Omega$$

المقاومة بين ACD

$$R_{ACD} = 18 + 2 = 20\Omega$$

المقاومة بين A و D

$$R_{AD} = 20//5 = 4\Omega$$

المقاومة بين A و B

$$R_{AB} = 4 + 8 = 12\Omega$$

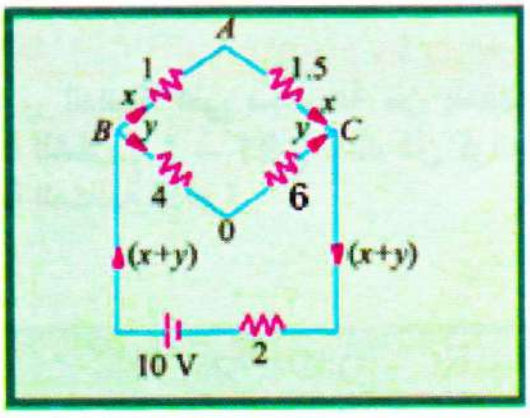
تيار الدائرة الكلي هو

$$I = \frac{V}{R} = \frac{60}{12} = 5A$$

مثال 1 . 21

احسب التيار الكلي للدائرة الموضحة بالشكل (1 – 33)

الحل:



الشكل (1 – 33) حساب قيمة التيار الكلي

لاستخراج المقاومة الكلية :

المقاومة بين ABC

$$R_{BAC} = (1 + 1.5) = 2.5\Omega$$

المقاومة بين BOC تساوي

$$R_{BOC} = (4 + 6) = 10\Omega$$

المقاومة بين C و B

$$R_{CB} = \frac{10 \times 2.5}{10 + 2.5} = 2\Omega$$

المقاومة المكافئة (الكلية) للدائرة تساوي :

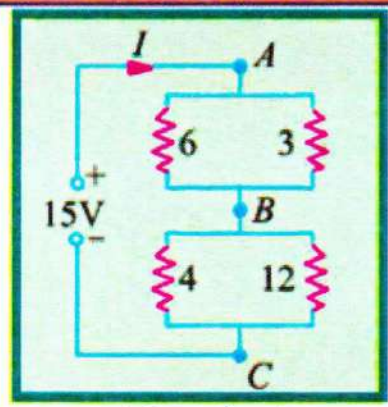
$$= 2 + 2 = 4\Omega$$

التيار الكلي للدائرة يساوي :

$$I = \frac{10V}{4\Omega} = 2.5A$$

مثال 22 . 1

احسب المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة بالشكل (1 – 34) والتيار الكلي وفرق الجهد بين AB و BC .



الشكل (1 – 34) حساب المقاومة المكافئة للدائرة والتيار الكلي

المقاومة بين A و B

$$R_{AC} = 3 // 6 = 2\Omega$$

المقاومة بين B و C

$$R_{BC} = 4 // 12 = 3\Omega$$

المقاومة المكافئة تساوي :

$$R_{AC} = 2 + 3 = 5\Omega$$

التيار الكلي للدائرة يساوي :

$$I = \frac{15V}{5\Omega} = 3A$$

فرق الجهد بين A و B يساوي :

$$V_{AB} = 3A \times 2\Omega = 6V$$

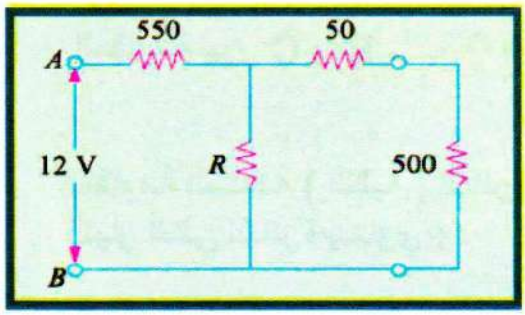
فرق الجهد بين B وC يساوي :

$$V_{BC} = 3A \times 3\Omega = 9V$$

نشاط 1 – 1

احسب قيمة المقاومة R للشكل (1 – 35) اذا كان فرق الجهد على طرفي المقاومة Ω 500 يساوي 2.5 V

الجواب : Ω 2

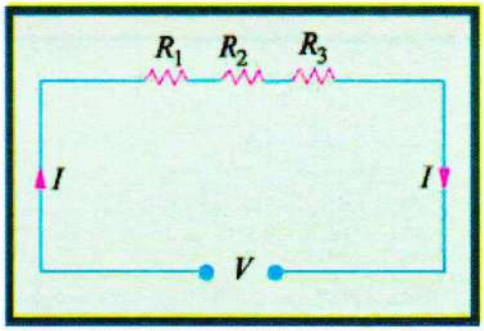


الشكل (1 – 35) ايجاد المقاومة المجهولة

نشاط 1 – 2

ثلاث مقاومات بالتوالي موصلة الى مصدر فولتية 12V . قيمة المقاومة الأولى 1Ω وفرق الجهد على المقاومة الثانية 4V والتيار المار في المقاومة الثالثة 1A احسب المقاومة المكافئة للشكل (1 – 36) .

الجواب : 12Ω

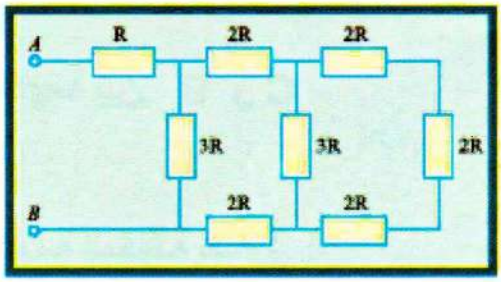


الشكل (1 – 36) ايجاد المقاومة المكافئة

نشاط 1 – 3

اوجد المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة بالشكل (1 – 37) .

الجواب :3R

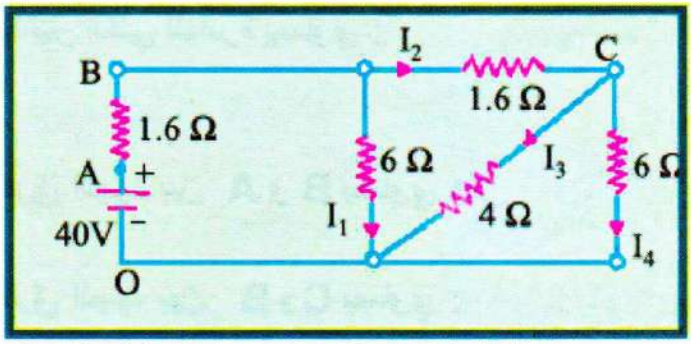


الشكل (1 – 37) ايجاد المقاومة المكافئة

نشاط 1 – 4

احسب التيار الكلي للدائرة بالشكل (1– 38) وفرق الجهد على المقاومة 6Ω .

الجواب: 10.4A، 23.36V



الشكل (1 – 38) ايجاد التيار الكلي للدائرة وفرق الجهد على المقاومة 6Ω

1 . 14 القدرة الكهربائية :

تعرف القدرة الكهربائية بأنها المعدل الزمني للطاقة الكهربائية المجهزة الى دائرة كهربائية.

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{فرق الجهد x التيار x الزمن}}{\text{الزمن}} = \text{فرق الجهد x التيار}$$

$$P = I \times V$$
$$P = I^2 \times V$$
$$P = \frac{V^2}{R}$$

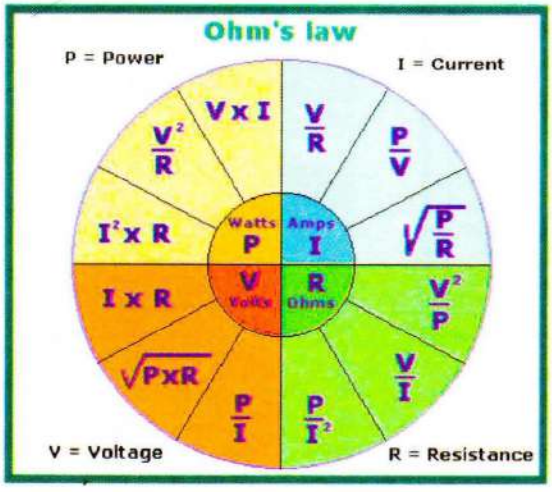
حيث ان :

P= القدرة الكهربائية W (واط)

V = فرق الجهد

I = التيار

ويمكن الاستفادة من الشكل (1- 39) لتطبيق قانون اوم وحساب القدرة الكهربائية .



الشكل (1 – 39) قانون اوم

مثال 1 – 23

اوجد قدرة كاوية كهربائية تعمل بفولتية 220V اذا كان مقدار التيار المار 0.3A .

الحل :

$$P = I \times V$$
$$P = 0.3 \times 220$$
$$P = 66W$$

مثال 1 . 24

اوجد القدرة المصروفة لمقاومة Ω(100) اذا كان مقدار فرق الجهد على طرفيها V(20) .

الحل :

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{20^2}{100} = 4W$$

1 . 15 البطاريات : Batteries

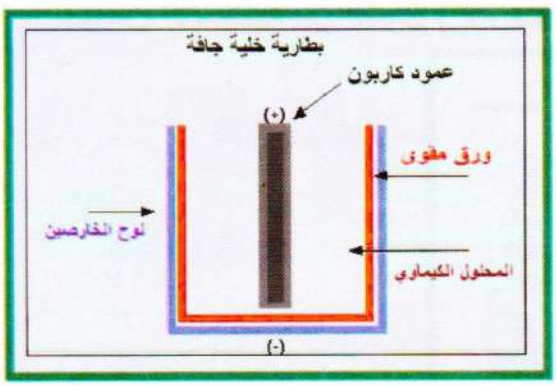
إن الخلايا الكهربائية (Electric Cell) هي إحدى وسائل توليد التيار الكهربائي المستمر وتقسم إلى :

1- الخلايا الابتدائية (Primary Cells) .

2- الخلايا الثانوية (Secondary Cells) .

1 - الخلايا الابتدائية : Primary Cells

يمكن بواسطتها تحويل الطاقة الكمياوية إلى طاقة كهربائية وتتكون من موصلين موضوعين في محلول كيمياوي مما يسبب حدوث فولتية (فرق جهد) بين الموصلين يمكن الاستفادة منها إذا وصلنا هذين الموصلين بدائرة خارجية، ومن أنواعه عمود فولتا وعمود لاكلانشيه .



الشكل (1 - 40) عمود فولتا

يتركب عمود فولتا من إناء من الخارصين توضع بداخله عجينة من ملح النشادر والدقيق وذلك لتبقى العجينة مسامية طوال مدة عمل العمود وفي وسط العجينة يوضع إناء من الورق أو الشاش في وسطها ساق كربون حوله مخلوط من مسحوق الفحم وثاني أكسيد المنغنيز ويمثل ساق الكربون القطب الموجب للعمود وإناء الخارصين القطب السالب له, لاحظ الشكل (1 – 41) . وتصل فولتية العمود الجاف (E) إلى V(1.5) . يمتاز هذا العمود بخفة وزنه وسهولة استعماله إلا انه قصير الأجل بسبب صعوبة تجديد أجزائه .

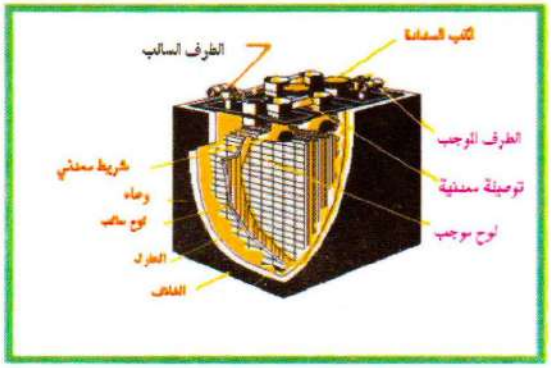
الشكل (1 - 41) بطاريات مختلفة

ويستعمل العمود الجاف بكثرة في مصابيح الجيب والراديو والأجهزةالالكترونية الصغيرة وتوجد انواع عديدة من الأعمدةالجافة بمختلف الأحجام والشكل (1 - 42) يوضح انواع من البطاريات الجافة.

2 - الخلايا الثانوية :

تدعى بالمراكم الرصاصية (البطارية Battery) وهي عبارة عن منظومة يمكن سحب التيار الكهربائي منها لمدة معينة كما يمكن تخزين الطاقة الكهربائية للافادة منها في تشغيل الدوائر الكهربائية والالكترونية. وتمتاز بمقاومة داخلية منخفضة و فولتية تشغيل ثابتة وعمر أطول نسبيا. يمكن شحن وتفريغ المراكم الرصاصية عدة مرات وبالتالي يمكن استعمالها لمدة كبيرة

والمركم الرصاصي عبارة عن ألواح من الرصاص متصلة فيما بعضها وتكون القطب السالب وألواح القطب الموجب عبارة عن ألواح من ثاني اوكسيد الرصاص (PbO_2) متصلة فيما بينها موضوعة بين الألواح السالبة والألواح الموجبة اقل بواحد والألواح موضوعة في وعاء فيه حامض الكبريتيك المخفف بعد عزلها بمواد بلاستيكية داخل وعاء من المطاط الصلب، والمجموعتين متصلة من الخارج بنهايتين تمثل القطب الموجب والقطب السالب لاحظ الشكل (1– 42). تعطي كل خلية ثانوية بالطريقة أعلاه V (2).

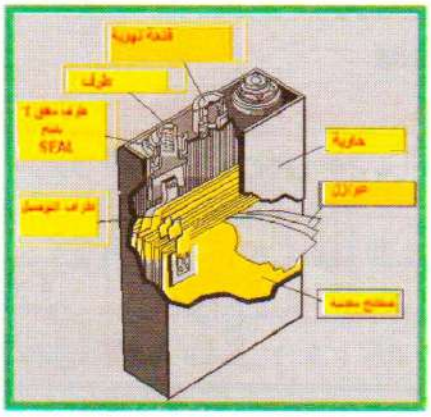


الشكل (1- 42) مركم رصاصي

يوجد نوعين من المراكم الجافة حسب نوعية المادة الفعالة المكونة للصفائح الموجبة والسالبة :

أ - مركم نيكل – حديد ، ب - مركم نيكل كاديوم

تصنع الألواح الموجبة من اوكسيد النيكل غير قابل للصدأ اما الصفائح السالبة فتصنع من الحديد او الكاديوم، وتحتوي البطارية الجافة على محلول هيدروكسيد البوتاسيوم ولا يدخل في التفاعل بل يستخدم كناقل للشحنات الكهربائية . وهي من البطاريات التي يتم إعادة شحنها لاحظ الشكل (1 – 43) .



الشكل (1 - 43) مركم النيكل– حديد

بطارية النيكل – كاديوم (Nickel- Cadmium)

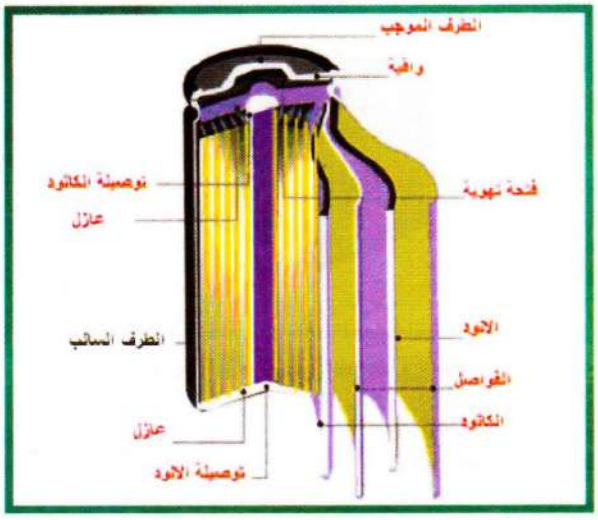
ومختصرها Nicd او Nicad تصل فولتية الخلية الواحدة منها الى 1.2V اي ان البطارية بالفولتية 12V تحتوي على عشرة خلايا. وتستخدم هذه البطاريات بشكل واسع في الوقت الحاضر في الاجهزة الالكترونية مثل الهاتف النقال والحاسبات الالكترونية المحمولة ولعب الاطفال وغيرها ولها عدة اشكال، لاحظ الشكل (1 - 44) .

الشكل (1- 44) بطاريات النيكل كاديوم

بطاريات الليثيوم – ايون Lithium – Ion Battery

نوع اخر من البطاريات التي يتم إعادة شحنها بسبب حركة ايونات الليثيوم من القطب الموجب (الانود) الى القطب السالب (الكاثود) خلال عملية التفريغ ومن الكاثود الى الانود خلال الشحن . وتستخدم في الأجهزة الالكترونية المحمولة لاحتوائها على طاقة عالية نسبة الى حجمها وبطيء التفريغ في حالة عدم استخدامها ، ولهذا السبب تستخدم في اجهزة الفضاء.

يصنع الانود من مادة الكرافيت (Graphite) وهو نوع من الكاربون الأسود ويصنع الكاثود من عدة مواد نذكر منها (اوكسيد الليثيوم – كوبلت) و (فوسفات اليثيوم – حديد) وتستخدم محاليل كيمياوية في بطاريات الليثوم – ايون مثل كاربونات الليثيوم لنقل آيونات الليثيوم بين الكاثود و الانود، لاحظ الشكل (1 – 45) .

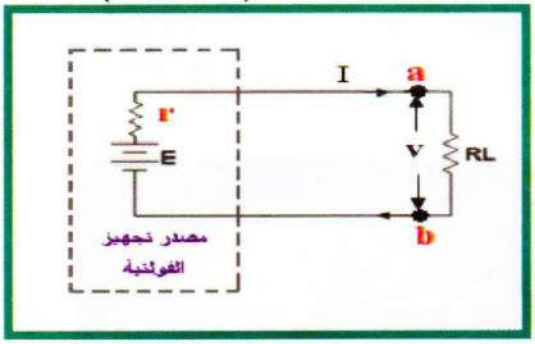


الشكل (1 - 45) بطارية الليثيوم – آيون

16.1 المقاومة الداخلية للبطارية

مرور التيار الكهربائي خلال المحلول الكيمياوي داخل الخلية الكهربائية (Electric Cell) يلاقي مقاومة داخل الخلية تسمى بالمقاومة الداخلية للخلية ويمكن تمثيلها بمقاومة قليلة يرمز لها بالحرف (r) وتتوقف هذه المقاومة على المسافة بين الألواح ونوع المحلول ومساحة السطح المغمور من الألواح داخل المحلول. وتكون هذه المقاومة (r) متصلة على التوالي مع المصدر والحمل، لاحظ الشكل (1 - 46) .

وتتوزع القوة الدافعة الكهربائية (E) على المقاومة الداخلية (r) ومقاومة الحمل (R_L) ولحساب المقاومة الداخلية للخلية نتبع ما يلي ....



الشكل (1 - 46) المقاومة الداخلية للبطارية

$$E = (I \times R_L) + (I \times r)$$

$$E = V + (I \times r)$$

$$r = \frac{E - V}{I} = \frac{E - (I \times R_L)}{I}$$

مثال 1 – 25

القوة الدافعة الكهربائية لخلية تساوي V (2.2) موصلة إلى حمل مقاومته Ω (5) يمر فيها تيار A (0.4)، احسب المقاومة الداخلية للخلية .

الحل :

$$r = \frac{E - I \times R_L}{I}$$

$$r = \frac{(2.2 - 0.4 \times 5)}{0.4}$$

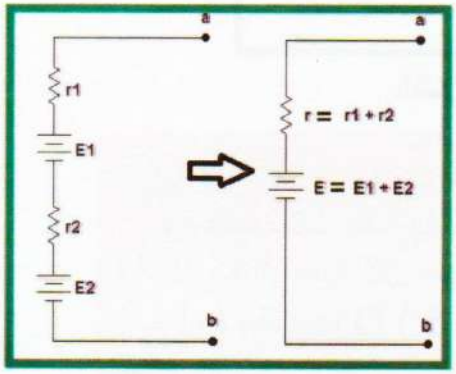
$$r = \frac{2.2 - 2}{0.4} = \frac{0.2}{0.4} = 0.5\Omega$$

17 . 1 ربط الخلايا (البطاريات) :

كل عمود يجهز الدائرة الكهربائية بمقدار معين من الطاقة وتحتاج بعض الدوائر الكهربائية إلى طاقة تزيد عن طاقة العمود الواحد في أكثر الأحيان لذا وجب جمع الأعمدة مع بعضها أما للحصول على قوة دافعة كهربائية (E) مناسبة اولتزويد الدائرة بالتيار اللازم لها . إن جمع عمودين أو أكثر يسمى بطارية وتجمع الأعمدة على التوالي أو على التوازي أو الربط المختلط .

أ - ربط الأعمدة على التوالي :

للحصول على فولتية أعلى من فولتية عمود واحد تربط مجموعة من الأعمدة على التوالي مع بعضها، ويتم ذلك بتوصيل القطب السالب للعمود الأول مع القطب الموجب للعمود الثاني والقطب السالب للعمود الثاني مع القطب الموجب للعمود الثالث وبهذا يتم الحصول على نهايتين للبطارية احدهما تمثل القطب الموجب والأخرى تمثل القطب السالب. فمثلاً يمكن ربط بطارية لها فولتية (E1) ومقاومة داخلية (r_1) مع بطارية ثانية فولتيتها(E2) ومقاومتها الداخلية (r2) وكما موضح بالشكل (1 – 47) .



الشكل (1 - 47) ربط الأعمدة على التوالي

تكون الفولتية المكافئة للبطاريتين :

$$E = E_1 + E_2$$

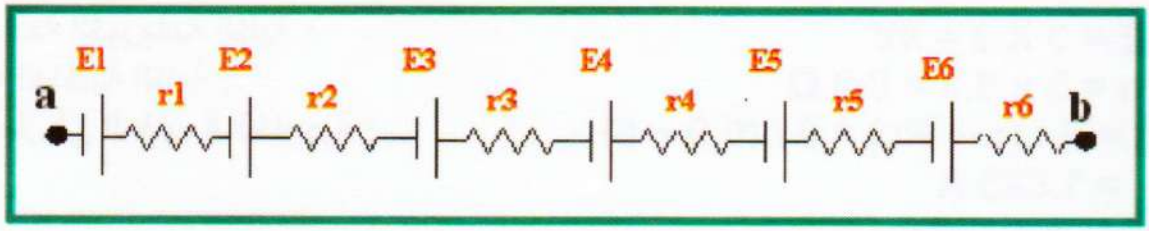
والمقاومة الداخلية المكافئة لمقاومة البطاريتين :

$$r = r_1 + r_2$$

مثال 1. 26

ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية لبطارية تحتوي على (6) أعمدة كهربائية القوة الدافعة الكهربائية لكل منها V (1.5) والمقاومة الداخلية للعمود Ω (0.15) ؟ واحسب المقاومة الداخلية للبطارية، لاحظ الشكل (1-48) .

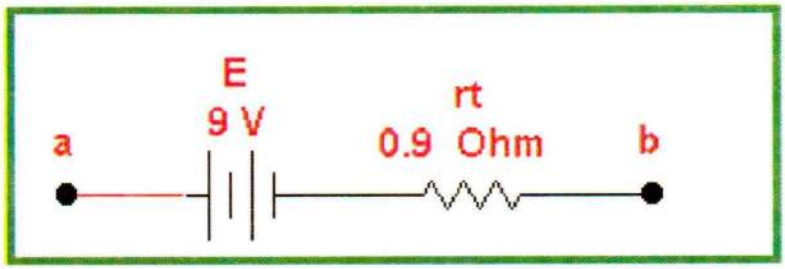
الحل :



الشكل (1 – 48) اعمدة كهربائية على التوالي

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6$$
$$= 1.5 \times 6 = 9V$$
$$r = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + r_6$$
$$= 0.15 \times 6 = 0.9\ \Omega$$

وبذلك تصبح الدائرة كما في الشكل (1 – 49)

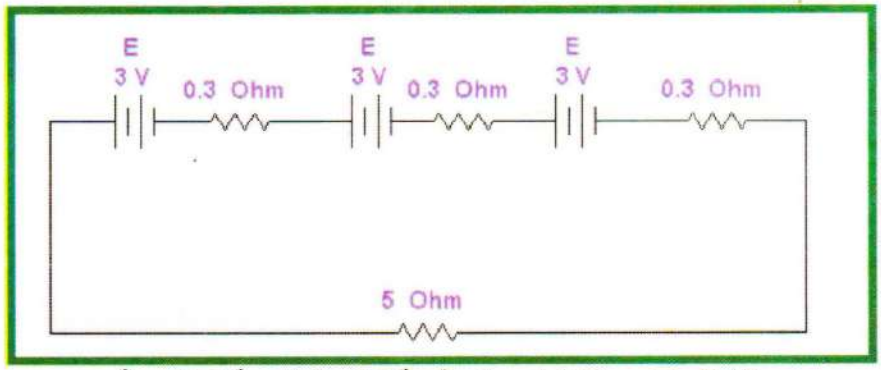


الشكل (1 – 49) الدائرة المكافئة

مثال 1. 27

وصلت ثلاث بطاريات على التوالي. القوة الدافعة الكهربائية لكل منها V (3) والمقاومة الداخلية لكل منها Ω (0.3)، فاذا ووصلت الدائرة إلى مقاومة خارجية (حمل) مقدارها Ω (5) لاحظ الشكل (1 - 50) . احسب التيار المار في المقاومة الخارجية.

الحل :



الشكل (1 – 50) لحساب قيمة تيار المقاومة الخارجية

القوة الدافعة الكهربائية الكلية : $E = 3 X 3 = 9V$

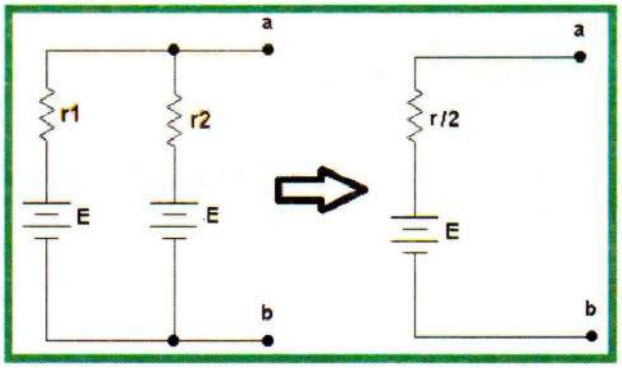
المقاومة الداخلية الكلية : $r_t = 3 \times 0.3 = 0.9\ \Omega$

التيار المار في المقاومة الخارجية : $I = E / (r_t + R_L) = 9 / (0.9 + 5) = 1.525\ A$

ب - ربط الأعمدة على التوازي :

للحصول على تيار اكبر من تيار العمود الواحد توصل عدة أعمدة على التوازي ويتم ذلك برط جميع الأقطاب الموجبة معا وكذلك الأقطاب السالبة للحصول على قطب موجب وقطب سالب. يجب ان تكون جميع الأعمدة الكهربائية او البطاريات متشابهه ولها نفس الفولتية والمقاومة الداخلية وتكون الفولتية الرئيسة مساوية إلى فولتية كل من البطاريات الموصلة على

التوازي في حين تكون المقاومة الداخلية المكافئة مساوية إلى قيمة المقاومة الداخلية لإحدى البطاريات او الأعمدة الكهربائية مقسوما على عددها لاحظ الشكل (1 - 51) .

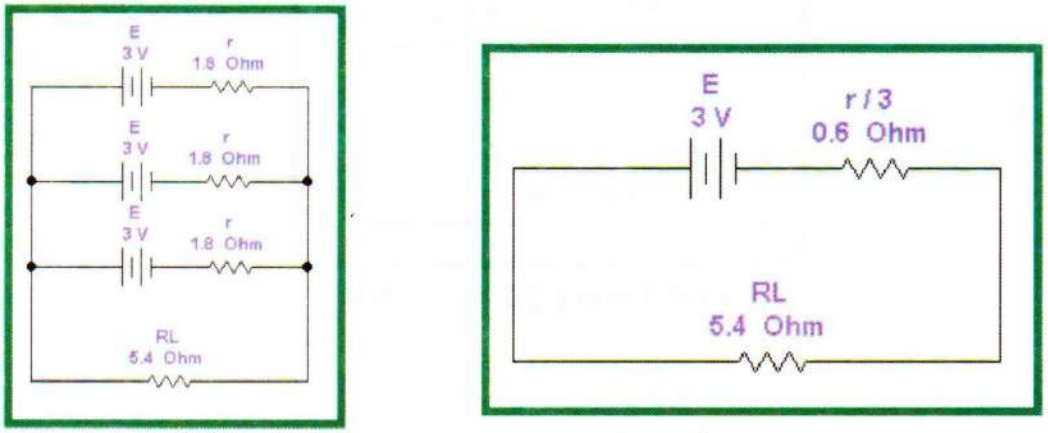


الشكل (1 – 51) ربط الأعمدة على التوازي

مثال 1. 28

وصلت ثلاث بطاريات على التوازي وكانت القوة الدافعة الكهربائية لكل منها V (3) والمقاومة الداخلية لكل منها Ω (1.8) ربطت المجوعة إلى حمل مقاومته Ω (5.4) ، احسب التيار المار في الحمل، لاحظ الشكل (1 – 52) .

الحل :



الشكل (1- 52) ثلاث بطاريات على التوازي والدائرة المكافئة لها

$E = 3V$

$r_t = r / 3 = 1.8 / 3 = 0.6\ \Omega$

$R_t = r_t + R_L = 0.6 + 5.4 = 6\ \Omega$

$I = E / R_t = 3 / 6 = 0.5\ A$

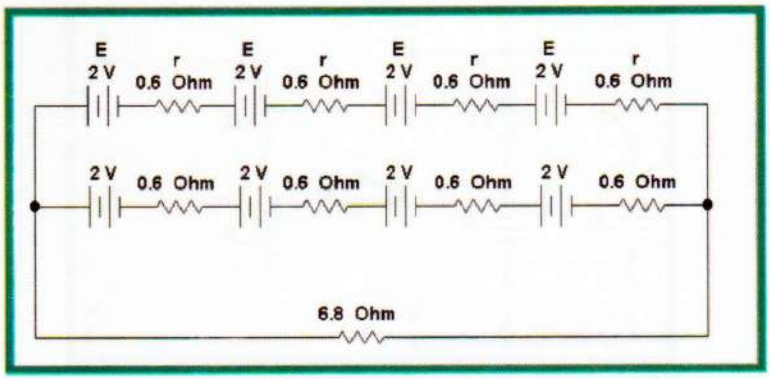
جـ - ربط الأعمدة المختلط :

في الربط المختلط تطبق قوانين ربط التولي والتوازي للبطاريات .

مثال 1. 29

ربطت ثمانية بطاريات بهيئة مجموعتين متصلتين على التوازي كل مجموعة تحتوي على اربعة بطاريات موصلة على التوالي القوة الدافعة لكل بطارية V (2) والمقاومة الداخلية لكل بطارية Ω(0.6)، فإذا وصلت المجموعة إلى مقاومة خارجية (حمل) مقداره Ω (6.8) لاحظ الشكل (1 – 53) احسب التيار المار في المقاومة الخارجية .

الحل :



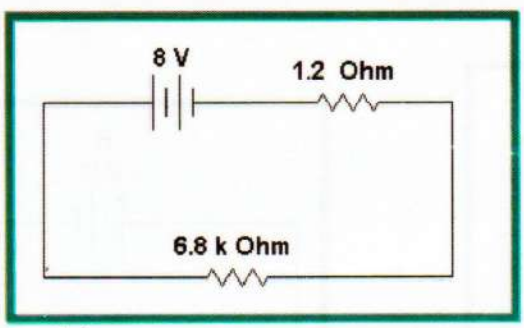
الشكل (1 – 53) الربط المختلط لثمانية بطاريات

القوة الدافعة الكهربائية لكل مجموعة: $E = 2 X 4 = 8 V$

المقاومة الداخلية لكل صف : $rs = 0.6 x 4 = 2.4 \Omega$

المقاومة الداخلية المكافئة : $r_t = 2.4 / 2 = 1.2 \Omega$

يمكن تمثيل الدائرة بالشكل (1 – 54) :



الشكل (1 – 54) الدائرة المكافئة

$$R_t = r_t + R_L = 1.2 + 6.8 = 8 \Omega$$

التيار المار في الدائرة يساوي :

$$I = E / Rt = 8 / 8 = 1 A$$

1 . 18 دائرتي الفتح والقصر Short and Open Circuits

عند توصيل نقطتين في دائرة كهربائية بوساطة سلك معدني يقال ان الدائرة في حالة قصر (short – circuited) ويعني ان المقاومة صفر وتدل على حقيقتين هما :

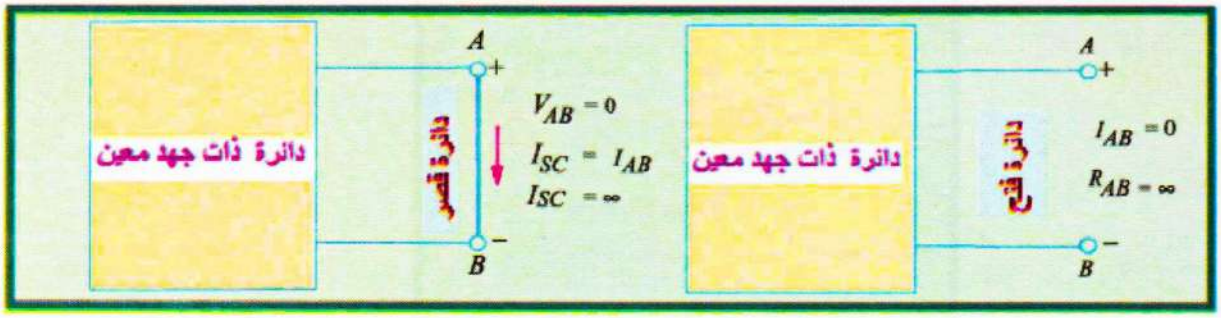
أ. لايوجد فرق جهد بين النقطتين $V = I \times R = I \times 0 = 0$

ب. التيار المار خلالها يدعى بتيار دائرة القصر ويكون كبيراً جداً ونظرياً يساوي ما لانهاية .

ويقال ان الدائرة مفتوحة عندما لا يوجد اتصال مباشر بين النقطتين وتدل على حقيقتين هما :

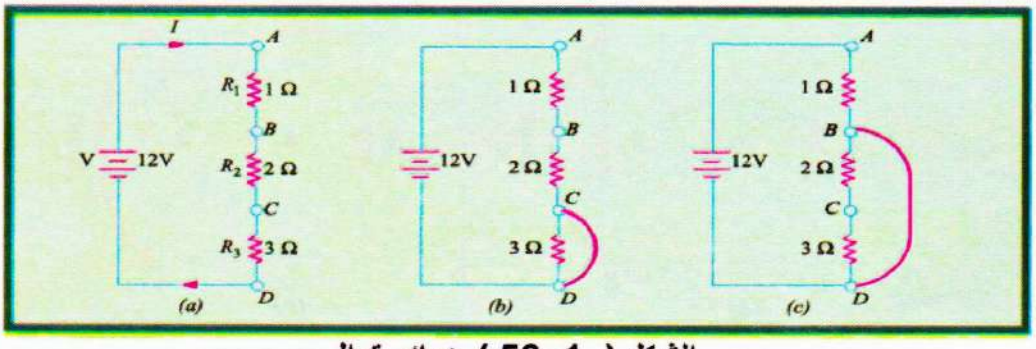
ا. المقاومة بين النقطتين ما لانهاية .

ب. يوجد تيار متدفق بين النقطتين ويساوي صفر ، لاحظ الشكل (1 - 55) .



الشكل (1 – 55) دائرتي الفتح والقصر

عند عمل دورة قصر لمقاومة ما في دائرة توالي يؤدي هذا الى الزيادة في التيار الكلي للدائرة اي الزيادة في القدرة واتلاف المكونات الالكترونية للدائرة لاحظ الشكل (1– 56) .



الشكل (1- 56) دوائر توالي

في الدائرة (a) من الشكل :

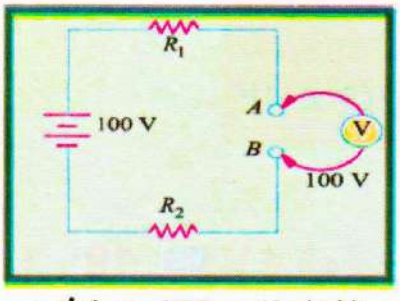
$$R = R_1 + R_2 + R$$
$$R = 1 + 2 + 3 = 6\Omega$$
$$I = \frac{V}{I} = \frac{12}{6} = 2A$$
$$P = I^2 \times R = 2^2 \times 6 = 24W$$

في الدائرة (b) من الشكل :

$$R = 1 + 2 + 0 = 3\Omega$$
$$I = \frac{12}{3} 4A$$
$$P = 4^2 \times 3 = 48W$$

في الدائرة (C) من الشكل :

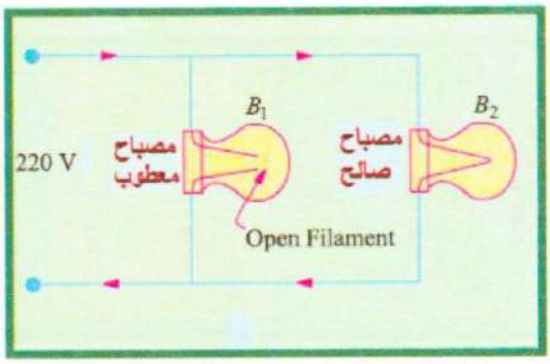
$$R = 1\Omega$$
$$I = \frac{12}{1} 12A$$
$$P = 12^2 \times 1 = 144W$$



الشكل (1 – 57) دائرة فتح

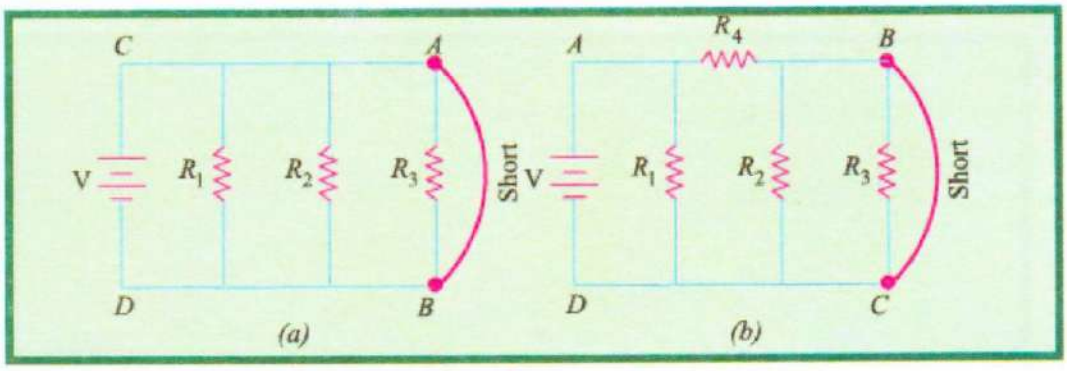
في الدائرة المفتوحة الموضحة بالشكل (1 - 57) تظهر فولتية البطارية بين النقطتين A , B وتهمل كل من المقاومتين R1 , R2 بسبب عدم مرور تيار خلال الدائرة ،وتكون النقطة A موصلة الى القطب الموجب للبطارية والنقطة B موصلة الى القطب السالب للبطارية .

في حالة حدوث قطع في احد مكونات دائرة التوازي (مصباح مثلا) لا يؤثر على عمل المصابيح الاخرى وهذه خاصية من خصائص ربط التوازي ،ففي المصباح المعطوب B_1 يصبح التيار صفراً بينما يستمر مرورا لتيار في المصباح الصالح B_2 كما موضح بالشكل (1- 58) .



الشكل (1- 58) دائرة توازي

اما في حالة وجود دورة قصر لاحدى مكونات دائرة التوازي هذا يعني حدوث دورة قصر على طرفيّ البطارية وارتفاع حرارة السلك الموصل وذوبانه لاحظ الشكل (1- 59 - a) . اما الشكل (1 - 59 - b) فان دورة القصر سوف تهمل R2 و R3 فقط .

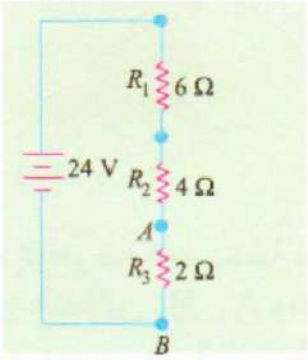


الشكل (1 – 59) دورة قصر في دائرة ربط التوازي

مثال 1. 30

للشكل (1- 60) احسب الفولتية على المقاومة R_3

الحل :



$$R = 6 + 4 + 2 = 12\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{12} = 2A$$

$$V_{R3} = 2A \times 2\Omega = 4V$$

الشكل (1 – 60) حساب فولتية R3

1 . 19 قانونا كرشوف :

قانونا كرشوف (نسبة للعالم الفيزيائي) (Gustave Robert Kirchhoff) (1824 – 1887) اكثر شمولية من قانون اوم في حل الشبكات الكهربائية بصورة سريعة.

قانونا كرشوف يستخدمان عملياً في :

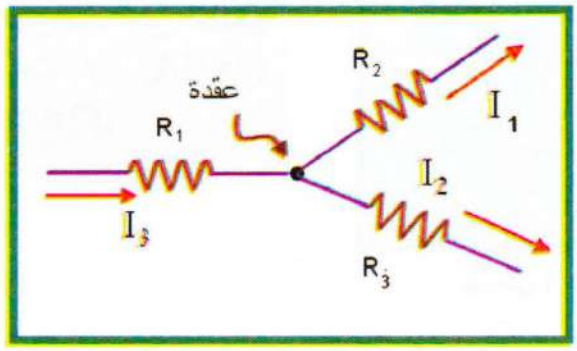
1- تحديد المقاومة المكافئة للشبكات الكهربائية المعقدة للموصلات .

2- لحساب التيارات المارة في الموصلات المتعددة .

أ – قانون كرشوف للتيار (KCL) : Kirchhoff's Current Law

ينص قانون كرشوف للتيار :

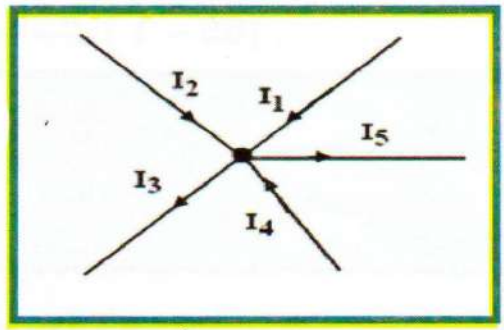
(عند أي عقدة Node في الدائرة الكهربائية يكون مجموع التيارات الكهربائية الداخلة الى العقدة تساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة منها). وتعرف العقدة (Node) على انها نقطة تجميع لأكثر من فرعين لاحظ الشكل (1 -61).



الشكل (1 – 61) قانون كرشوف للتيار

في الشكل (1- 62) نلاحظ ان I4 , I2 , I1 تمثل التيارات الداخلة إلى النقطة في حين ان I5 , I3 يمثلان التيارين الخارجين من النقطة . ويمكن تحويل قانون كرشوف للتيار إلى المعادلة الرياضية الآتية :

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5 \quad .....(1)$$



الشكل (1- 62) التيارات الداخلة تساوي التيارات الخارجة

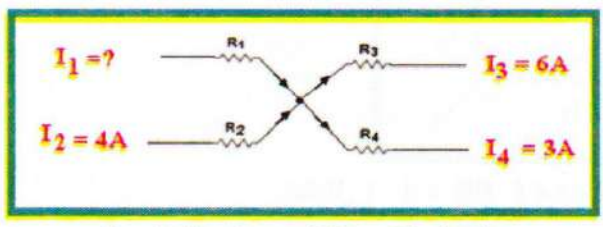
وبنقل عناصر الطرف الأيمن في المعادلة (1) إلى الطرف الأيسر ومساواة المعادلة إلى الصفر تصبح

$$I_1 + I_2 + I_4 - I_3 - I_5 = 0$$

أي ان : (المجموع الجبري للتيارات في أي نقطة توصيل في الدائرة الكهربائية يساوي صفرا)

مثال 1-31

اوجد مقدار التيار(I1) من الشكل (1-63) .



الشكل (1 –63) حساب التيار I1

الحل :

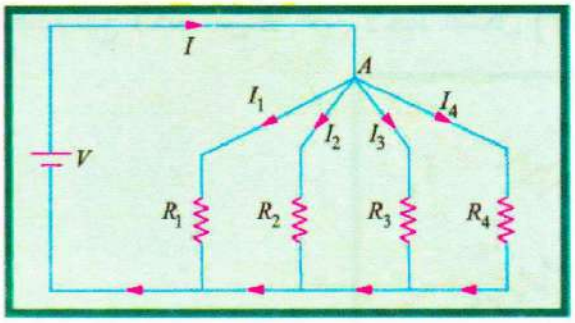
$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

$I_1 = I_3 + I_4 - I_2$

$= 6 + 3 - 4 = 5A$

مثال 1-32

اوجد االتيار I للدائرة الموضحة في الشكل (1 -64) اذا علمت ان I1=5A, I2=4A, I3=3A, I4=5A.



الشكل (1 – 64) ايجاد التيار I

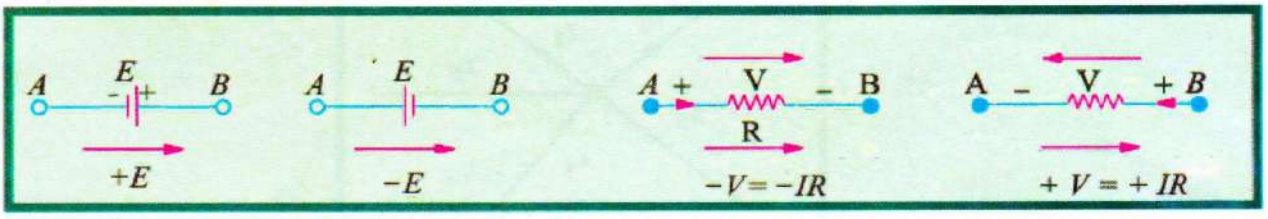
الحل:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 5 + 4 + 3 + 5 = 17A$$

ب – قانون كرشوف للفولتية KVL : Kerchhoff's Voltage Law

ينص هذا القانون على ان :

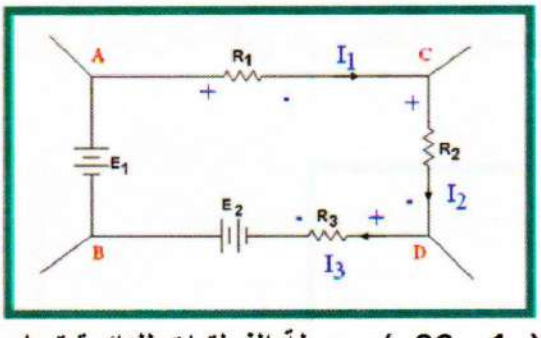
(مجموع القوة الدافعة الكهربائية لمصادر الفولتية في أي دائرة كهربائية مغلقة يساوي مجموع الفولتيات (فرق الجهد) على المقاومات) . وبعبارة اخرى $\Sigma IR + \Sigma emf = 0$ في الجمع الجبري يجب تؤخذ بنظر الاعتبار القطبية لكل من البطاريات وفرق الجهد على المقاومات وكما هو موضح في الشكل (1 – 65) .



الشكل (1 – 65) اتجاه القطبية لقانون كرشوف للفولتية

الشكل (1 - 66) يمثل الدائرة الكهربائية المغلقة (A B C D) وبتطبيق نص قانون كرشوف للفولتية عليها نحصل على :

$E_1 + E_2 = I_1 \times R_1 + I_2 \times R_2 + I_3 \times R_3$ .....(2)



الشكل (1 - 66) محصلة الفولتيات للدائرة تساوي صفر

وبنقل حدود الطرف الأيمن في المعادلة (2) إلى الطرف الايسر تصبح المعادلة :

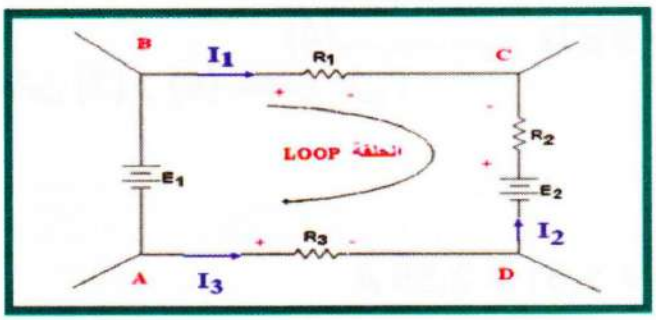
$$E_1 + E_2 - I_1 \times R_1 - I_2 \times R_2 - I_3 \times R_3 = 0$$

وبذلك يمكن كتابة قانون كرشوف الثاني بالصيغة الآتية :

(المجموع الجبري للفولتيات في دائرة كهربائية مغلقة يساوي صفر)

من الضروري اخذ اتجاه الفولتيات بنظر الاعتبار عند تطبيق قانون كرشوف الثاني كما هو الحال بالنسبة لاتجاه التيارات عندما طبقنا قانون كرشوف الاول، فمثلا لو اخذنا الدائرة الكهربائية المغلقة الموضحة بالشكل (1 -67) والمتابعة باتجاه عقرب الساعة أي الحلقة (Loop) وجمعنا فرق الجهد لكل عنصر في الدائرة الكهربائية لأمكننا كتابة قانون كرشوف الثاني كما يلي:

$$E_1 - E_2 = I_1 \times R_1 - I_2 \times R_2 - I_3 \times R_3$$

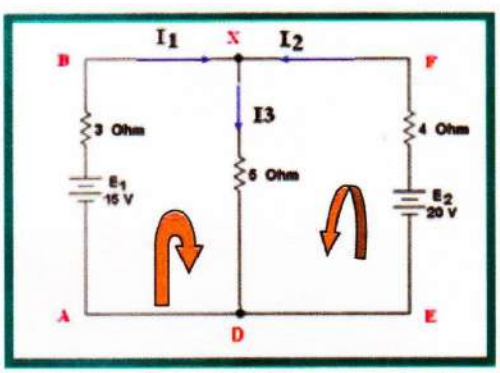


الشكل (1 - 67) يوضح قانون كرشوف الثاني

نلاحظ أن اتجاه التيار المار في كل مقاومة إذا كان مع اتجاه الحلقة (اتجاه عقرب الساعة) فان الفولتية على المقاومة تعتبر موجبة أما إذا كان اتجاه التيار المار في المقاومة بعكس اتجاه عقرب الساعة فان الفولتية تكون سالبة لذلك فان الفولتية على طرفي المقاومة (R1) تكون موجبة لأنها متحدة مع حركة الحلقة باتجاه عقرب الساعة في حين أن اتجاه الفولتية على كل من R2 و R3 يكون سالبا وذلك لان التيار المار في هاتين المقاومتين هو عكس اتجاه الحلقة .

مثال 1-33

اوجد قيم التيارات في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل (1 - 68)



الشكل (1 – 68) ايجاد قيم التيارات

تم تأشير التيارين (I_1) و (I_2) خارجين من القطب الموجب للبطاريتين ويلتقيان في النقطة (X) مكونين التيار الذي يمر في المقاومة (5) أوم لذا بتطبيق قانون كرشوف للتيار عند النقطة (X) .

$$I_1 + I_2 = I_3$$

وبتطبيق قانون كرشوف الثاني للفولتية على الدائرة المغلقة ووفقا لاتجاه الدوران المؤشر على الدائرة يمكن كتابة المعادلة آلاتية :

$$15 = 3 \times I_1 + 5 \times I_3$$

وبتعويض قيمة I_3 :

$$15 = 3 \times I_1 + 5 (I_1 + I_2)$$
$$15 = 3 \times I_1 + 5 \times I_1 + 5 \times I_2$$
$$15 = 8 \times I_1 + 5 \times I_2 \quad .....(3)$$

نلاحظ من المعادلة رقم (3) إنها تحتوي على مجهولين فحلها يتطلب إيجاد معادلة ثانية .
فإذا طبقنا قانون كرشوف الثاني للفولتية على الدائرة المغلقة وتبعا لاتجاه الدوران المؤشر على الدائرة يمكن كتابة معادلة أخرى :

$$20 = 4 \times I_2 + 5 (I_1 + I_2)$$
$$20 = 4 \times I_2 + 5 \times I_1 + 5 \times I_2$$
$$20 = 5 \times I_1 + 9 \times I_2 \quad .....(4)$$

ومن حل المعادلتين الاتيتين (3) و (4) نحصل على :

$(I_3) , (I_2) , (I_1)$

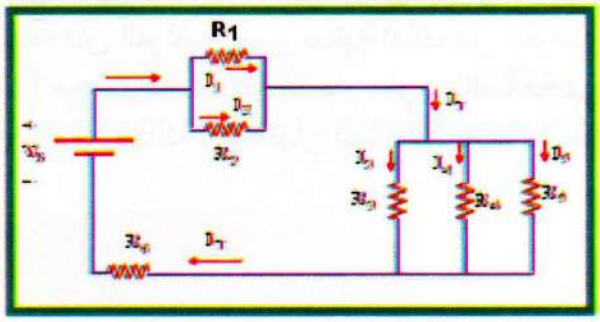
$I_1 = 0.74 \text{ A}$

$I_2 = 1.81 \text{ A}$

$I_3 = I_1 + I_2 = 0.74 + 1.81 = 2.55 \text{ A}$

نشاط 1 – 6

احسب الفولتية V_S بالشكل (1– 69) إذا علمت أن , $R_1=2.7K\Omega$, $R_2=2.2K\Omega$, $R_3=5.6K\Omega$, $R_4=10K\Omega$, $R_5=15K\Omega$, $R_6=820\Omega$, $V_4=28.2V$.

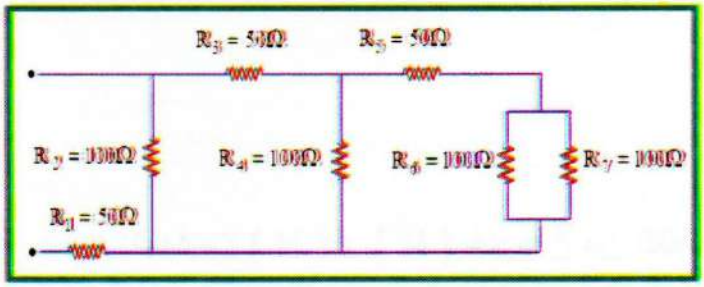


الشكل (1- 69) لحساب فولتية المصدر

الجواب: 48V

نشاط 1 – 7

احسب المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة بالشكل (1– 70) .



الشكل (1 – 70) لحساب المقاومة المكافئة

الجواب : 100Ω

الخلاصة

- يصف مصطلح الكهربائية الساكنة الاوضاع التي تحمل فيها الاجسام شحنة كهربائية، ففي بعض الاحيان يفقد عدد كبير من ذرات جسم ما الالكترونات أو يكتسبها فيكتسب الجسم شحنة كهربائية موجبة أو سالبة.
- تحتوي أي مادة على عدد كبير من الجسيمات تسمى بالجزيئات وهي اصغر أجزاء المادة التي يمكن أن توجد بصورة منفردة ، ويحتوي كل جزيء في المادة على عدد من الذرات.
- تحتوي الذرة في وسطها على نواة (Nucleus) يدور حولها إلكترون (Electron) أو أكثر سالب الشحنة، وتحتوي نواة الذرة على جسمين رئيسين هما البروتون (Proton) موجب الشحنة والنيوترون (Neutron) متعادل الشحنة.
- ان انتقال الالكترونات باتجاه معين وبحركة منتظمة يولد سرياناً في الشحنات يدعى بالتيار الكهربائي (Electric Current) .
- المواد الموصلة هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها مثل النحاس، الألمنيوم، وغيرها من المعادن الموصلة للكهرباء .
- المواد العازلة وهي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها، وذلك بسبب تركيبها الداخلي والترابط القوي بين ذراتها، مثل الخشب، المطاط، الخزف وغيرها من المواد العازلة .
- المواد شبه الموصلة وهي مواد تقع بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث توصيلها للكهربائية .
- من محطات توليد الطاقة الكهربائية هي محطات توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة تعتمد على تحويل الطاقة المتجددة مثل (شمسية – رياح – امواج البحر .. الخ) اما الى طاقة كهربائية مباشرة مثل الخلايا الشمسية اوالى صورة اخرى من صور الطاقة حرارية او ميكانيكية ثم الى طاقة كهربائية .
- يحتاج سريان التيار الكهربائي لوجود قوة تؤثر على الالكترونات، ويمكن أن تكون هذه القوة المؤثرة هي فرق الجهد (Voltage Difference) أو القوة الدافعة الكهربائية (Electro Motive Force) أو الفولتية. بأنها القوة التي تجبر الالكترونات (الشحنات) على التحرك في اتجاه معين عبر الموصل، أي تسبب سريان التيار الكهربائي .
- يعرف فرق الجهد بانه الشغل المبذول لتحريك شحنة كهربائية من نقطة اقل جهد إلى نقطة أعلى جهدا.
- تستخدم المقاومة الكهربائية للتحكم في فرق الجهد كمقسم جهد. وتقاس المقاومة بوحدة الاوم Ohm ويرمز للمقاومة (R).
- اهم انواع المقاومات هي المقاومات الثابتة، المقاومات المتغيرة، المقاومات الضوئية والمقاومات الحرارية .
- من المقاومات الحرارية الثرمستور (Thermistor) وهو عنصر الكتروني يحول الحرارة الى مقاومة تتغير قيمتها طبقاً لدرجة الحرارة المحيطة بها .

- تعتمد المقاومة الكهربائية على نوع المادة المصنوع منها الموصل ρ، وطول الموصل L، ومساحة مقطع الموصل A ودرجة حرارة الموصل.
- التيار الكهربائي هو كمية الشحنة المارة في موصل تحت تأثير قوة خارجية ناتجة من مصدر كهربائي كالبطارية ، ويكون اتجاه التيار معاكس لاتجاه الالكترونات.
- التيار المستمرهو التيار الذي تبقى قيمته واتجاهه ثابتاً مع مرور الزمن، ومن مصادر التيار المستمر المركم الرصاصي (البطارية) المستخدم في السيارات مثلاً.
- التيار المتناوب هو التيار الذي تتغير قيمته و اتجاهه مع تغير الزمن، ومن مصادرالتيار المتناوب التيار المتولد من محطة توليد الطاقة الكهربائية والتي تزود المنازل بالتيار الكهربائي.
- يمكن تقسيم طرق ربط المقاومات إلى ثلاثة أقسام هي ربط المقاومات على التوالي، ربط المقاومات على التوازي ،الربط المختلط للمقاومات .
- تعرف القدرة الكهربائية بأنها المعدل الزمني للطاقة الكهربائية المجهزة الى دائرة كهربائية.
- إن الخلايا الكهربائية (Electric Cell) هي إحدى وسائل توليد التيار الكهربائي المستمر وتقسم هذه الخلايا إلى الخلايا الابتدائية (Primary Cells) والخلايا الثانوية (Secondary Cells) .
- للحصول على فولتية أعلى من فولتية عمود واحد تربط مجموعة من الأعمدة على التوالي مع بعضها. وللحصول على تيار اكبر من تيار العمود الواحد توصل عدة أعمدة على التوازي.
- عند توصيل نقطتين في دائرة كهربائية بوساطة سلك معدني يقال ان الدائرة في حالة قصر (Short – Circuited) ويعني ان المقاومة صفر .
- ينص قانون كرشوف للتيار على ان مجموع التيارات الداخلة إلى أي نقطة توصيل يساوي مجموع التيارات الخارجة منها .
- ينص قانون كرشوف للفولتية على ان مجموع القوة الدافعة الكهربائية لمصادر الفولتية في أي دائرة كهربائية مغلقة يساوي مجموع الفولتيات على المقاومات .

اسئلة الفصل الاول

1 - ماهي المادة ؟ ومما تتكون ؟
2 - كيف يحدث التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهربائية ؟
3 - عدد أنواع المادة حسب موصليتها للكهربائية مع شرح موجز موضحا بالرسم .
4 - عدد اهم انواع المقاومات مع شرح واحدة منها .
5 - عرف المقاومة الكهربائية ، وما هي العوامل التي تعتمد عليها المقاومة ؟
6 - عدد أنواع التيار الكهربائي مع الشرح والرسم
7 - ماهو قانون اوم ؟ وضح اجابتك بالرسم
8 - عدد انواع ربط المقاومات موضحا اجابتك بالمعادلات والرسم .
9 - ماهي القدرة الكهربائية ؟ وما هي وحدتها ؟
10- عدد انواع المراكم الجافة حسب نوعية المادة الفعالة المستخدمة فيها .
11 - عرف ما يأتي : التيار الكهربائي ، الشحنة الكهربائية ، الإلكترون ، الذرة ، الأمبير ، فرق الجهد ، المقاومة الضوئية ، قانون أوم ، قانون كرشوف الثاني ، القوة الدافعة الكهربائية .
12- ما الفرق بين التيار المتناوب والتيار المستمر ؟ ارسم المنحني البياني لكل منهما .
13- مم يتركب العمود الجاف ؟ وما مقدار فرق الجهد الحاصل منه ، وأين تكثر استعمالاته ؟
14- ما الفائدة من ربط الخلايا على التوالي ؟

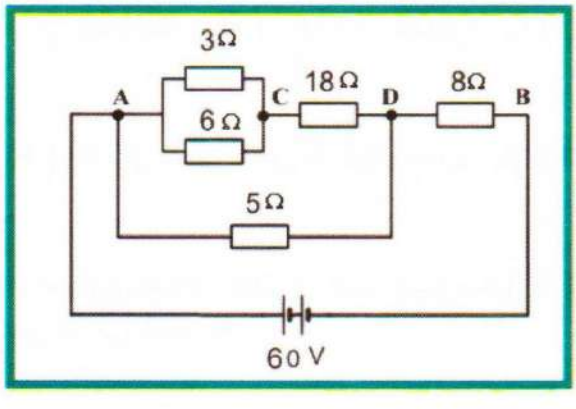
مسائل الفصل الاول

س 1 : احسب فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي إذا كان الشغل المبذول J (40) لتحريك شحنة كهربائية مقدارها C(10) .

س 2 : احسب قيمة المقاومة بالالوان (احمر- اسود- احمر- ذهبي)

س 3 : احسب مقاومة سلك مصنوع من النحاس اذا علمت ان طوله يساوي K m(1) ومساحة مقطعه mm^2(2.5) علما ان المقاومة النوعية للنحاس تساوي $1.7x\ 10^{-6}\ \Omega.\ cm$.

س 4 : أحسب المقاومة الكلية للدائرة المبينة في الشكل ادناه والفولتية على طرفي كل مقاومة .



س 5 : اوجد القدرة المصروفة لمقاومة Ω(200) اذا كان مقدار فرق الجهد على طرفيها V(30).

س 6 : وصلت ثلاث بطاريات على التوالي القوة الدافعة الكهربائية لكل منها V (1.5) والمقاومة الداخلية لكل منها Ω (0.2)، فاذا و وصلت الدائرة إلى مقاومة خارجية مقدارها Ω (6). احسب التيار المار في المقاومة الخارجية.

س 7 : وصلت ثلاث بطاريات على التوازي القوة الدافعة الكهربائية لكل منها V (3) والمقاومة الداخلية لكل منها Ω (1.4) ربطت المجموعة إلى حمل مقاومته Ω (5.8) ، احسب التيار المار في الحمل.

س8 : أحسب مقاومة سلك مصنوع من الألمنيوم إذا علمت أن طوله يساوي Km (2) وأن قطر مقطعه يساوي (1 mm) ، علما بأن المقاومة النوعية للألمنيوم تساوي 8.2×10^{-6} Ω.cm .

س 9: إذا علمت ان مقاومة سلك طوله (4Km) تساوي Ω (60) فإذا كانت المقاومة النوعية لمادة السلك تساوي 2×10^{-6} Ω.mm . أحسب قطر السلك على فرض أنه دائري الشكل .

س10: وصلت مقاومة قيمتها Ω (6) الى مصدر جهد فولتية تساوي V (36) . أحسب التيار المار في المقاومة ، عند زيادة قيمة فولتية المصدر إلى V (60) ، ما مقدار الزيادة في التيار المار الدائرة ؟

س11: وصلت مقاومة قيمتها Ω (8) إلى مصدر جهد فولتية يساوي V (56). ما مقدار التيار المار في الدائرة . إذا زادت قيمة المقاومة بحيث أصبحت تساوي Ω (14) ، كم تصبح قيمة التيار المار الدائرة ؟

س12: ما مقدار المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات مربوطة على التوالي قيمها Ω (5)، Ω (8) ، Ω (17) .

س13 : ربطت ثلاث مقاومات قيمها Ω (30) ، Ω (50) ، Ω (80) على التوالي إلى مصدر للتيار المستمر فولتيته تساوي V (160) . أحسب المقاومة الكلية والفولتية على طرفي كل مقاومة .

س14 : ربطت ثلاثة مقاومات قيمها Ω 2 ، Ω 4 ، Ω 6 ، على التوازي الى مصدر فولتية مقداره V (24) . أحسب المقاومة الكلية، التيار المار في كل مقاومة، التيار الكلي المار في الدائرة .

س15: ربطت أربعة مقاومات قيمها Ω 4 ، Ω 8 ، Ω 10 ، Ω 40 على التوازي وكان التيار الكلي المار في الدائرة يساوي 40A، أحسب التيار المار في كل مقاومة .

س16: مصباح مقاومته Ω (2) وفرق الجهد على طرفيه يساوي V(12). أوجد مقدار التيار المار خلال المصباح .

س17: ما مقدار فرق الجهد على طرفي مقاومة سلكية قيمتها Ω (25) إذا كان مقدار التيار المار خلالها يساوي mA(200).

س18: إذا كان مقدار فرق الجهد على طرفي مقاومة V(1.5) ، ومقدار التيار المار خلال المقاومة يساوي mA(0.1). أوجد مقدار المقاومة .

س19 : ما مقدار التيار (I) المار في المقاومة (R) ، إذا كان مقدارها Ω (120) وفرق الجهد على طرفيها يساوي V(6) .

س20 : أحسب مقدار المقاومة (R) إذا كان الجهد على طرفيها يساوي V(12) ومقدار التيار المار في المقاومة يساوي mA(4).

س21 : إذا كان مقدار التيار (I) يساوي mA(600) وقيمة المقاومة (R) هي KΩ(500)، أحسب مقدار فرق الجهد على طرفي المقاومة .

س22 : ربطت خمس خلايا على التوالي ، فإذا كان جهد الخلية الواحدة يساوي V(1.5) ، فما هو مجموع الجهد الكلي ؟

الفصل الثاني

المتسعات الكهربائية

الاهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل إلى التعرف على المتسعات الكهربائية ، تركيبها ، انواعها وطرق ربطها وعملية الشحن والتفريغ .

الأهداف الخاصة : نتوقع ان يكون الطالب قادراً على أن:

1- يعرف تركيب المتسعات الكهربائية .
2- يتعلم أنواعها وعملها في الدوائر الالكترونية .
3- يميز بين طرق الربط للمتسعات .
4- يطبق العلاقة بين الشحنة والسعة والفولتية للمتسعة .
5- يعرف عملية الشحن والتفريغ للمتسعات .

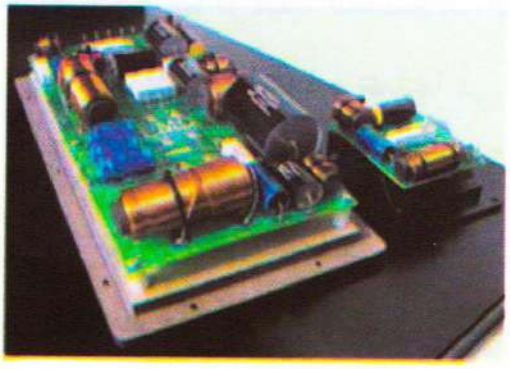
محتويات

الفصل 2

تعلم المواضيع

- ✓ - المتسعة capacitance – الفاراد وأجزائه Farad and their partial
- ✓ - حساب السعة measuring of capacitance
- ✓ - ربط المتسعات على التوالي capacitors in series - ربط المتسعات على التوازي capacitors in parallel - ربط المتسعات المركب capacitors in series – parallel

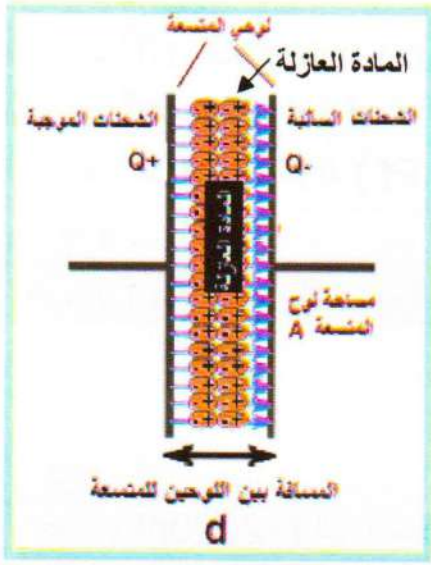
المتسعات الكهربائية



الفصل الثاني
المتسعات الكهربائية

1. 2 المتسعة الكهربائية : Electric Capacitor

من العناصر الالكترونية التي تعمل على تخزين الشحنة الكهربائية تتكون من زوج من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل كهربائي له ثابت عزل معين. لاحظ الشكل (2 – 1) . تتجمع شحنات متساوية في المقدار ولكن متعاكسة في الإشارة على الصفيحتين وتصبح المتسعة بذلك مشحونة، عند استخدام المتسعة في دائرة كهربائية يمكنها تفريغ الشحنة المخزونة فيها لحظيا، كما يمكن إعادة شحنها، والمتسعات لها صفائح معدنية رقيقة موصلة للكهرباء توضع فوق بعضها وبينها طبقات العوازل أو تلف حول بعضها لتصغير حجم المتسعات . الشكل (2 – 2) يوضح انواع مختلفة من المتسعات .



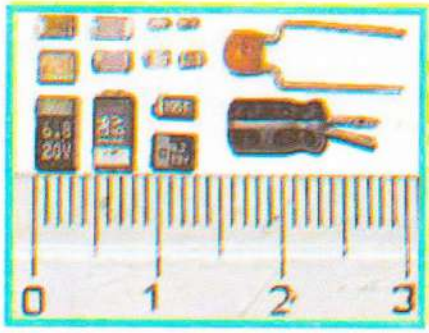
الشكل (2 – 1) رسم تخطيطي للمتسعة

إن الشحنة (Q) المخزونة في المتسعة تتناسب طرديا مع فرق الجهد (V) على طرفيها أي أن

$$Q \propto V$$

وان ثابت التناسب يمثل سعة المتسعة ويرمز لها بالرمز (C) وتقاس بوحدة الفارد (f) Farad حيث

$$Q = C \times V$$



الشكل (2 – 2) انواع من المتسعات

السعة Capacitance : ان خاصية المتسعة على (خزن الكهربائية) تدعى بالسعة .

$$\text{الفاراد} = \frac{\text{كولوم}}{\text{فولت}}$$

السعة الكهربائية لأي جسم مشحون هي النسبة بين شحنته وفرق جهده الكهربائي .

$$\text{السعة} = \frac{\text{الشحنة}}{\text{فرق الجهد}} \qquad C = \frac{Q}{V}$$

حيث أن :

Q = الشحنة الكهربائية بالكولوم

C = السعة بالفاراد

V = فرق الجهد بالفولت

وحدة الفاراد كبيرة جدا لذلك يستعاض عنها بوحدات اصغر مثل المايكروفاراد او النانوفاراد او البيكوفاراد إذ أن :

1 فاراد = 10^{6} مايكروفاراد (µf)

1 فاراد = 10^{9} نانوفاراد (nf)

1 فاراد = 10^{12} بيكوفاراد (Pf)

مثال 1.2

حول (10µf) إلى الفاراد والى البيكوفاراد .

الحل:

$10\mu f = 10 \times 10^{-6} f$

$10\mu f = 10 \times 10^{6}$ **Pf**

مثال 2.2

حول (2200pf) إلى المايكروفاراد .

الحل :

$2200pf = 2200 \times 10^{-6} = 22 \times 10^{-4} \mu f$

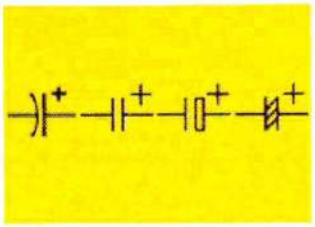
مثال 2 . 3

احسب شحنة متسعة سعتها (15.5×10^{-19} f) وفرق الجهد المسلط عليها 500v .

الحل :

$Q = CV = 15.5 \times 10^{-19} \times 500 = 7.75 \times 10^{-16}$ C

ويرمز للمتسعة كما موضح بالشكل (2 – 3)



الشكل (2 – 3) رموز المتسعة

العوامل المؤثرة على سعة المتسعة

1- مساحة لوحي المتسعة ، اذا أن السعة تتناسب طرديا مع مساحة اللوحين .

2- تتناسب السعة تناسبا عكسيا مع المسافة بين لوحي المتسعة .

3- خواص أو نوع المادة العازلة الموضوعة بين اللوحين .

يمكن ترجمة ذلك رياضيا كما الآتي :

$$C \propto \frac{A}{d}$$

حيث ان :

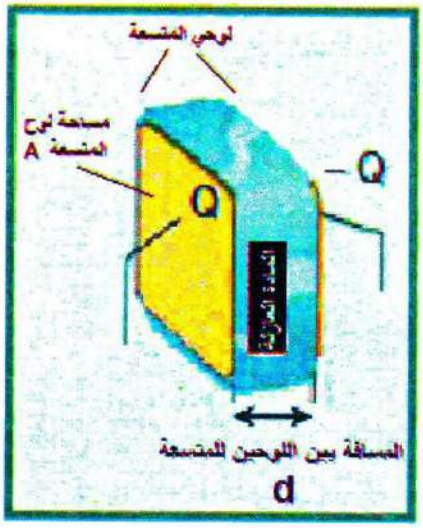
A = مساحة لوحي المتسعة

d = المسافة بين اللوحين

وبوضع ثابت التناسب ε تصبح المعادلة :

$$C = \frac{\varepsilon . A}{d} \quad ....(1)$$

حيث أن ε (حرف لاتيني يلفظ ابسيلوت) يمثل قيمة ثابتة تعتمد على خواص المادة العازلة الموضوعة بين اللوحين ولها نسبة سماح وان السعة تزداد عندما تزداد نسبة السماح للمادة العازلة فباستخدام عازل ذو نسبة سماح عالية أفضل من استخدام الهواء ذي نسبة سماح واطئة .



الشكل (2 – 4) اجزاء المتسعة

ويلاحظ هنا وجود ثلاث قيم مختلفة للسماح هي :

1- سماحية الفراغ المطلق(ε_o) والتي تبلغ قيمتها (8.85×10^{-12} F/m) .

2- السماحية المطلقة (ε) وهي سماحية أي عازل آخر غير الفراغ .

3- السماحية النسبية (ε_r) وتمثل النسبة بين السماحيتين .

$$\varepsilon = \varepsilon_r . \varepsilon_o$$

وبذلك يمكن كتابة المعادلة (1) كما يلي :

$$C = \varepsilon_o . \varepsilon_r . \frac{A}{d}$$

لاحظ الشكل (2 – 4)

مثال 4.2

متسعة مكونة من صفيحتين معدنيتين مساحة كل منها تساوي $(10^4)cm^2$ والمسافة بينهما تساوي 2mm. وقد مليء الفراغ بين الصفيحتين بمادة عازلة السماحية النسبية لها تساوي (3.5) وصلت المتسعة إلى مصدر جيد فولتيته تساوي(500)V . جد سعة المتسعة وشحنتها .

الحل :

$A = 10^4 \text{ cm}^2 = 1\text{m}^2$

$d = 2\text{mm} = 2 \times 10^{-3}$

$$C = \frac{\varepsilon_o \varepsilon_r A}{d}$$

$$C = \frac{8.854 \times 10^{-12} \times 3.5 \times 1}{2 \times 10^{-3}}$$

$$C = 15.5 \times 10^{-9} \mu F$$

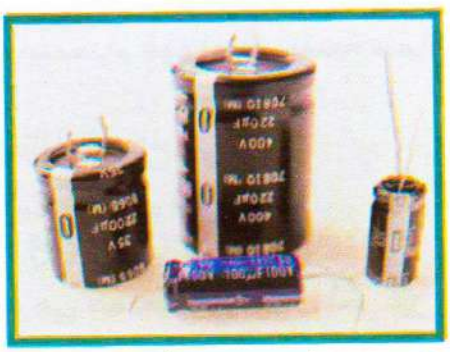
$$Q = CV$$

$$Q = 15.5 \times 10^{-9} \times 500 = 7.75 \mu c$$

2 . 2 أنواع المتسعات : Capacitors Types

أولا : المتسعات الثابتة :

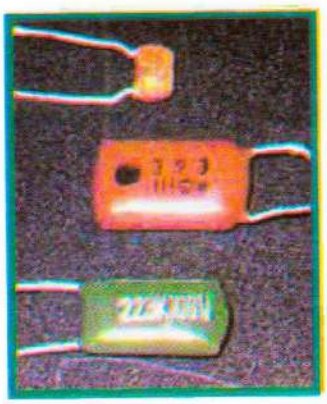
أ- المتسعات الكيمياوية : تتكون من اسطوانة من الألمنيوم (Aluminum) او التنتاليوم (Tantalum) وتغمس أنبوبة الألمنيوم داخل محلول كهربائي (Electrolytes) من يورات او فوسفات الصوديوم ومصنعة على أساس القطبية الموجبة والسالبة ولمتسعات التنتاليوم سعات كبيرة مقارنة مع متسعات الألمنيوم. للمتسعات الكيميائية نسبة سماح عالية وعدم استقرارية بسبب تأثرها بالحرارة وتتراوح سعتها بين1µF- 100µF وبفولتية تشغيل من 6V - 450V ، لاحظ الشكل (2 – 5).



الشكل (2 – 5) أنواع مختلفة للمتسعات الكيمياوية

ب - متسعات السيراميك Ceramic :

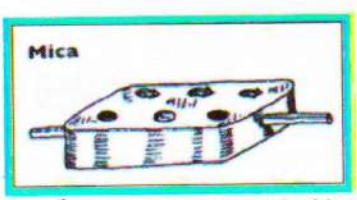
من أنواع المتسعات اللاقطبية الشائعة وهي صغيرة الحجم ورخيصة الثمن وتمتاز بعدم استقراريتها للحرارة. تحتوي على السيراميك – الخزف – والفينولك (Phenolic) كمادة عازلة وتعمل كمتسعة تمرير للترددات العالية (Bypass) ومصد للجهد المستمر (Block) في الدوائر الالكترونية وتتراوح قيمتها من (1pF- 2.2 µF) وفولتية من (3V - 6KV)، لاحظ الشكل (2 - 6) .



الشكل (2 - 6) متسعات سيراميك

جـ - متسعات المايكا Mica :

من المتسعات الدقيقة ذات تيار تسريب (Leakage) قليل جدا، تتركب من طبقات من رقاقات معدنية وعازل من المايكا ولها قيم صغيرة جدا وتستخدم عادة في دوائر الترددات العالية (RF Circuits) وذات استقرارية عند تغير الفولتية ودرجات الحرارة، ويصل معدل فولتيتها (100V – 2 KV)، لاحظ الشكل (2 – 7).



الشكل (2 - 7) متسعة مايكا

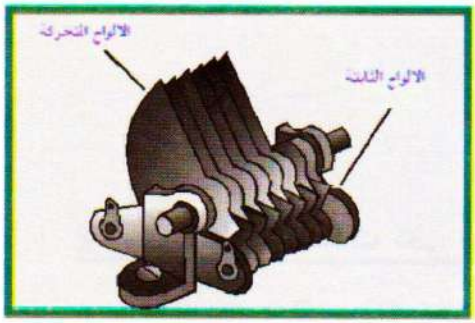
د - متسعات ميلر Mylar :

من المتسعات الشائعة الاستعمال في الدوائر الالكترونية اللاقطبية وهي رخيصة الثمن وتيار تسريب قليل ولكنها غير مستقرة بالنسبة للحرارة وتتراوح سعتها من 0.001μF-10 μF وبفولتية من 50 V - 600V ، لاحظ الشكل (2 – 8) .

الشكل (2 - 8) متسعة ميلر

ثانيا : المتسعات المتغيرة :

تتركب من مجموعة من الألواح الثابتة والمتحركة وبتدوير المجموعة المتحركة بين الوَاح المجموعة الثابتة بحيث تتداخل معها وكلما زاد تداخل الألواح مع بعضها زادت السعة بسبب الزيادة في مساحة الألواح وقلة المسافات التي تفصل بين الالواح . يستخدم هذا النوع من المتسعات في دوائر الرنين Tuned Circuit في أجهزة الاستقبال للعمل في اختيار الإشارات الكهرومغناطيسية المنتشرة في الجو، لاحظ الشكل (2 - 9).



الشكل (2- 9) متسعة متغيرة

3. 2 توصيل المتسعات الكهربائية : Electric Capacitors Connection

كما هو الحال في المقاومات الكهربائية يمكن توصيل المتسعات الكهربائية بثلاث طرق ربط هي التوالي والتوازي والمختلط .

1 - توصيل المتسعات على التوالي : Series Capacitors Connection

الشكل (2 – 10) يوضح طريقة توصيل المتسعات على التوالي، اذا تصورنا ان التيار هو معدل الشحنات المارة خلال فترة زمنية معينة فهذا يعني ان شحنة $Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$ ومساوية إلى الشحنة الكلية أي أن :

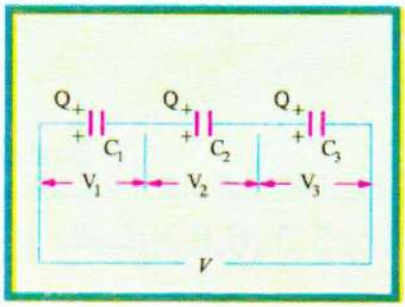
بينما فولتية المصدر تساوي مجموع الفولتيات على المتسعات أي

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

والسعة المكافئة لربط التوالي هي

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

وهذا يشابه طريقة توصيل المقاومات الكهربائية على التوازي

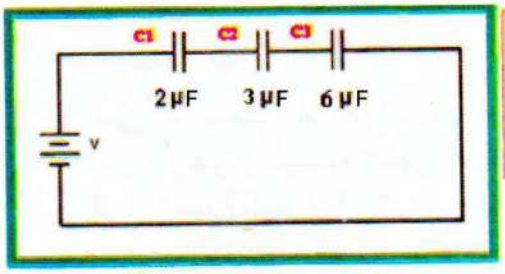


الشكل (2 – 10) ربط المتسعات على التوالي

مثال 5.2

وصلت ثلاث متسعات على التوالي قيمهما هي μF (2 , 3 , 6) اوجد السعة الكلية (المكافئة) للشكل (2 - 11) .

الحل :



الشكل (2-11) ربط متسعات على التوالي

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}\Rightarrow C=1\mu F$$

2 - توصيل المتسعات على التوازي : Parallel Capacitors Connection

يوضح الشكل (2 – 12) توصيل المتسعات على التوازي وتمتاز الدائرة بأن (فرق الجهد) الفولتية على طرفي كل متسعة يكون مساوإلى فولتية المصدر .

$$V=V_1=V_2=V_3$$

ولأن التيار الكلي في توصيل المتسعات على التوازي يساوي المجموع الجبري للتيار المار في كل فرع. وبما أن التيار هو المعدل الزمني لمرور الشحنات لذلك فان الشحنة الكلية تساوي مجموع شحنات المتسعات في الدائرة .

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ .....(1)

وكما هو معروف فان ربط التوازي يمتاز بكون الجهد المسلط (الفولتية) على طرفي كل متسعة يكون مساو إلى جهد المصدر

$V = V_1 + V_2 + V_3$

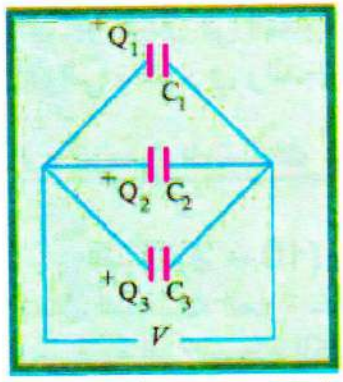
كما علمنا سابقا فان

$Q = C \cdot V$ وبالتعويض عن Q في المعادلة رقم (1) نحصل على :

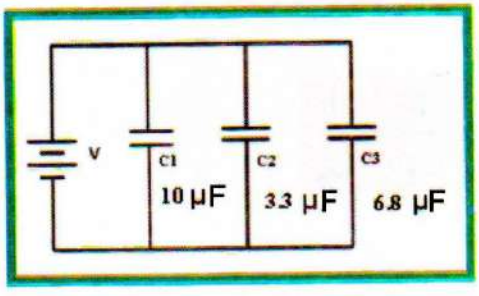
$C_T \times V = C_1 \times V_1 + C_2 \times V_2 + C_3 \times V_3$

$C_T = C_1 + C_2 + C_3$

أي ان السعة الكلية (المكافئة) لمجموعة متسعات موصلة على التوازي تساوي مجموع سعات تلك المتسعات وهذا يشابه ربط المقاومات على التوالي.



الشكل (2- 12) ربط المتسعات على التوازي



الشكل (2- 13) ربط المتسعات على التوازي

مثال 6.2

احسب السعة الكلية المكافئة لسعة ثلاثة متسعات موصلة على التوازي بالقيم μF(6.8, 3.3 , 10) لاحظ الشكل (2- 13).

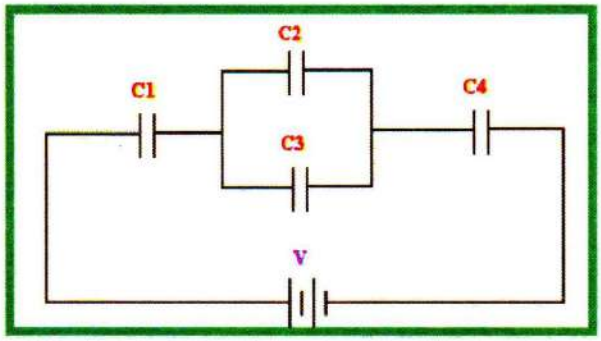
الحل:

$C_T = C_1 + C_2 + C_3$

$= 10 + 3.3 + 6.8 = 20.1\ \mu F$

3 - التوصيل المختلط للمتسعات : Combination Capacitors Connection

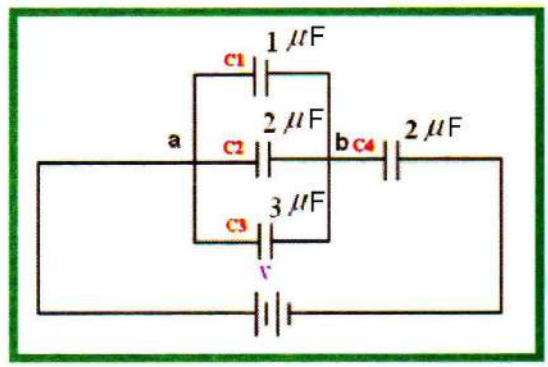
في التوصيل المختلط للمتسعات توصل مجموعة متسعات على التوازي ومجموعة أخرى على التوالي وكما موضح بالشكل (2- 14) وهنا تطبق قوانين التوالي والتوازي معا .



الشكل (2 - 14) التوصيل المختلط للمتسعات

مثال 2 . 7

احسب السعة الكلية (المكافئة) للدائرة الموضحة بالشكل (2- 15) :



الشكل (2- 15) التوصيل المختلط للمتسعات

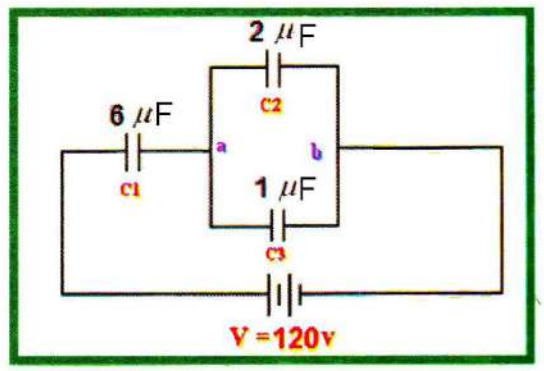
الحل :

$$C_{ab} = C_1 + C_2 + C_3$$
$$= 1 + 2 + 3 = 6\mu F$$
$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_{AB}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{2}$$
$$C_T = 1.5\mu F$$

مثال 2 . 8

احسب فرق الجهد والشحنة لكل متسعة للدائرة الموضحة بالشكل(2 - 16) .

الحل :



الشكل (2 – 16) الربط المختلط للمتسعات

$$C_{ab} = C_1 + C_2$$
$$C_{ab} = 1 + 2 = 3\mu F$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{ab}}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = 2\mu F$$

الشحنة الكلية وهي شحنة المتسعة (C_1) تساوي :

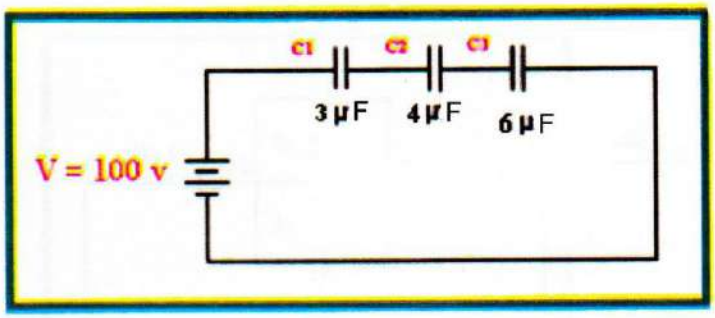
$$Q_T = Q_1 = C_T \cdot V$$
$$= 2 \times 10^{-6} \times 120 = 240\ \mu c$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{240}{6} = 40\ V$$

$$V_{ab} = 120 - 40 = 80\ V$$
$$Q_2 = C_2 \cdot V_2 = 2 \times 80 = 160\ \mu c$$
$$Q_3 = C_3 \cdot V_2 = 1 \times 80 = 80\ \mu c$$

مثال 2 . 9

احسب الشحنة الكلية للدائرة الموضحة بالشكل (2-17) .



الشكل (2 – 17) حساب الشحنة الكلية للدائرة

الحل :

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \qquad C_T = 1.3 \mu F$$

الشحنة الكلية تساوي :

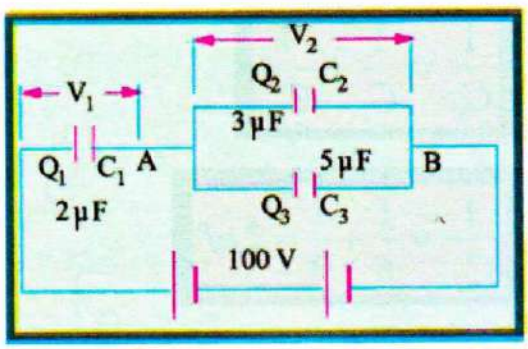
$$Q_T = C_t \times V = 1.3 \times 100$$
$$= 130\ \mu c$$

مثال 2. 10

اوجد الشحنة وفرق الجهد لكل متسعة للشكل (2 – 18) .

الحل:

$$C_2 + C_3 = 5 + 3 = 8\ \mu F$$
$$C_T = \frac{8 \times 2}{8 + 2}\ 1.6\ \mu F$$
$$Q_1 = CV = 100 \times 1.6 = 160\ \mu C$$
$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{160}{2} = 80 V\ ;\ V_2 = 100 - 80 = 20\ V$$
$$Q_1 = C_2 V_2 = 3 \times 10^{-6} \times 20 = 60\ \mu C$$
$$Q_3 = C_3 V_2 = 5 \times 10^{-6} \times 20 = 100\ \mu C$$

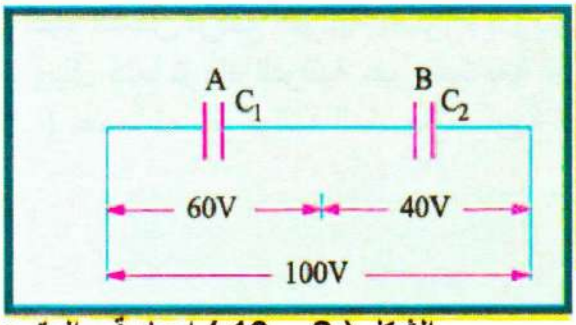


الشكل (2- 18) حساب الشحنة وفرق الجهد لكل متسعة

مثال 2 . 11

وصلت المتسعات A , B على التوالي كما موضح بالشكل (2 – 19) ثم وصلت متسعة 2μF بالتوازي مع المتسعة A فاصبح فرق الجهد على C2 (90V) لاحظ الشكل (2 – 20) ، احسب C1 و C2 .

الحل :



الشكل (2 – 19) ايجاد قيم المتسعات

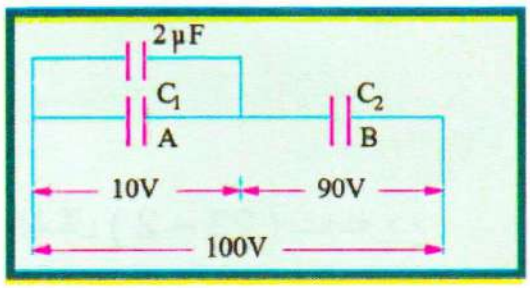
قبل ربط المتسعة 2μF وبالعودة الى الشكل (2 – 19)

$$60C1 = 40C2$$

$$\frac{C1}{C2} = \frac{2}{3} \Rightarrow C2 = \frac{3.C1}{2}$$

بعد ربط المتسعة 2μF تكون السعة بالتوازي

$$C_A = (C_1 + 2)\mu F$$



الشكل (2 – 20) ايجاد قيم المتسعات

$$(C_1 + 2)\ 10 = 90\ C_2$$

وبالتعويض عن C_2 ينتج

$$\frac{C_1 + 2}{3C_1/2} = 9$$

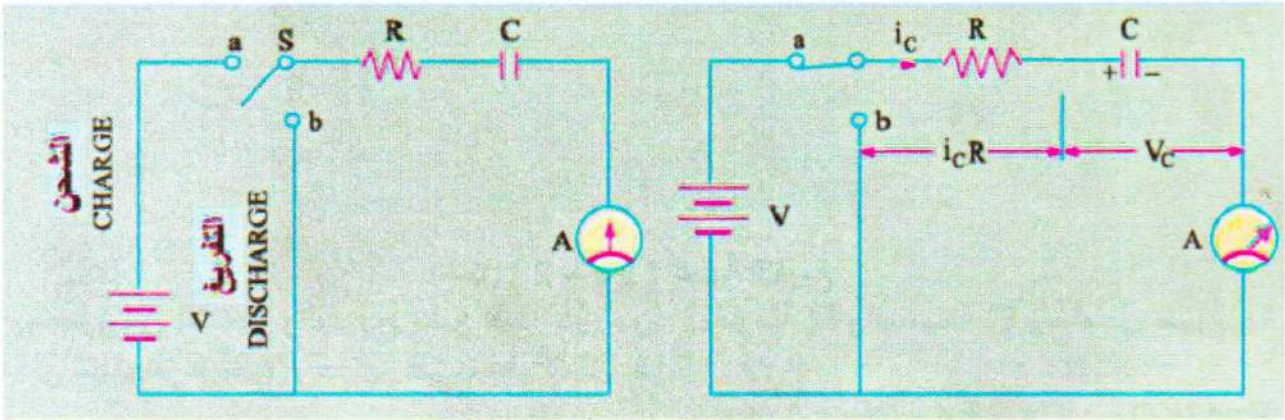
$$\therefore\ C_1 + 2 = 13.5\ C_1$$

$$C_1 = 2/12.4 = 0.16\ \mu F$$

$$C_2 = (3/2) \times 0.16 = 0.24\ \mu F$$

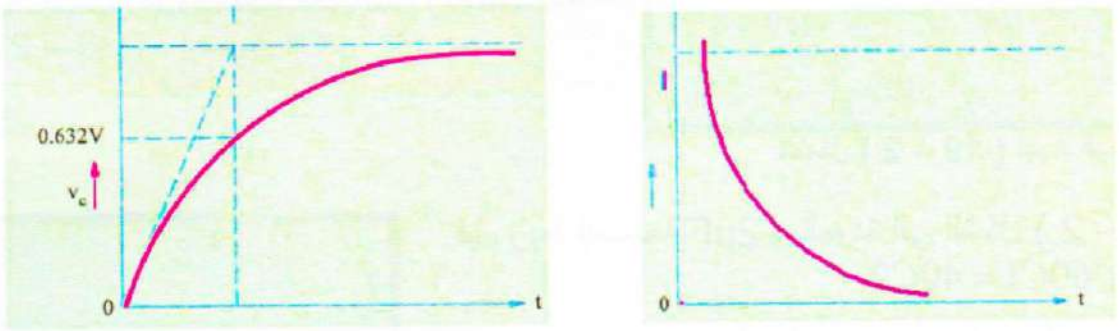
2 . 4 شحن وتفريغ المتسعة : Charge & Discharge Capacitors

الشكل (2 – 21) يوضح كيفية شحن المتسعة بفولتية البطارية (V) خلال المقاومة (R)، يمكن قياس التيار عبر المتسعة باستخدام جهاز الاميتر عندما يوصل المفتاح (S) الى النقطة (a) فتنشحن المتسعة .



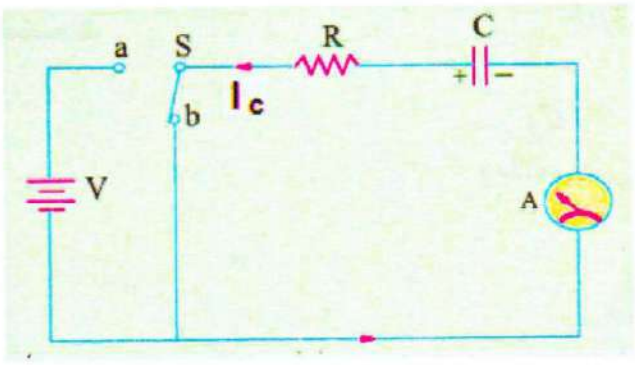
الشكل (2 – 21) كيفية شحن المتسعة

أثناء الشحن ترتفع الفولتية بصورة تدريجية لاخطية. يكون تيار الشحن (Ic) بأعلى قيمة في البدء ويقل كلما تزداد الفولتية عبر المتسعة أثناء الشحن ويصبح تيار الشحن صفراً (عدم تدفق التيار) عندما تصبح فولتية المتسعة مساوية الى فولتية البطارية (V) .لاحظ الشكل (2 – 22)



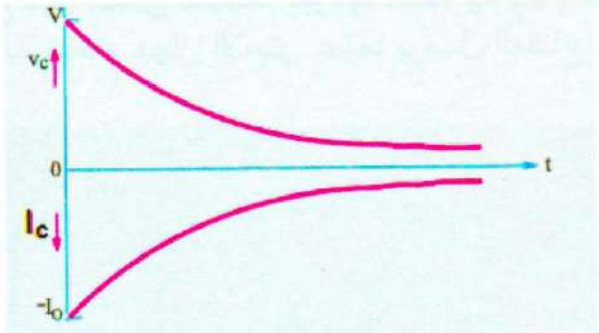
الشكل (2 – 22) عملية الشحن

بتوصيل المفتاح (S) إلى النقطة (b) كما موضح في الشكل (2 – 23) يتم تفريغ المتسعة (c) خلال المقاومة (R) .



الشكل (2 - 23) دائرة التفريغ

ويكون اتجاه تيار التفريغ عكس اتجاه تيار الشحن و يبدأ بأعلى قيمة ويقل تدريجياً بصورة لا خطية كما موضح في الشكل (2- 24) .



الشكل (2 – 24) عملية التفريغ

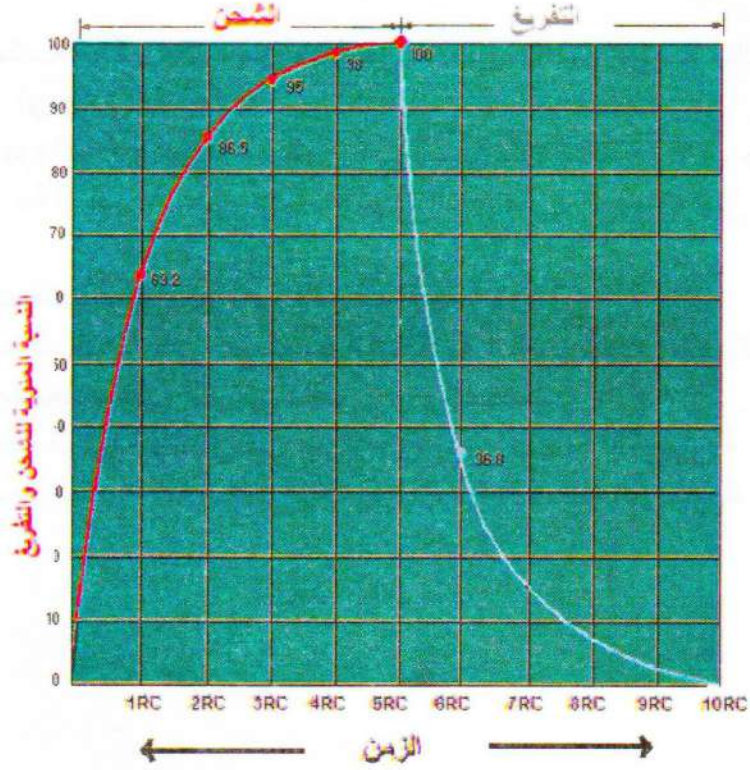
يعتمد زمن الشحن والتفريغ على قيمة كل من المقاومة R والمتسعة C وحاصل ضربهما يدعى ثابت الزمن $\tau = RC$ ففي سبيل المثال اذا كان

$R=47K\Omega$, $C= 22\mu F$

فأن ثابت الزمن يساوي

$$\tau = RC = 47\times10^{3}\times22\times10^{-6} = 1\text{sec}$$

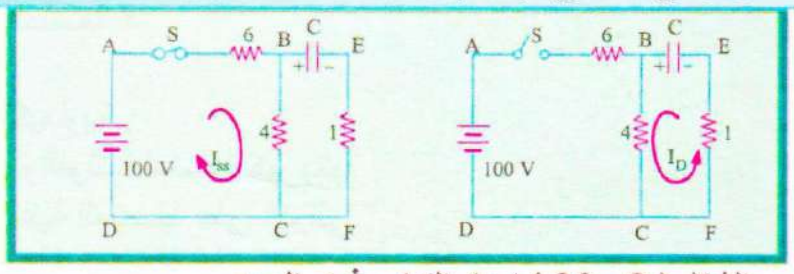
عندما يكون ثابت الزمن كبيراً يعني ان المتسعة تنشحن بصورة بطيئة وبالعكس . [عندما يكون الزمن المستغرق لشحن المتسعة مساو إلى τ فان شحنتها تصل الى 63.2% من قيمتها القصوى . وعند التفريغ يتبقى 36.8% من الشحنة عندما يكون الزمن المستغرق للتفريغ مساوٍ الى τ] لاحظ الشكل (2 – 25) .



الشكل (2 – 25) منحني الشحن والتفريغ

مثال 2 . 12

اوجد التيار وفرق الجهد لعناصر الدائرة الموضحة بالشكل (2 – 26) في حالة غلق وفتح المفتاح (S) .



الشكل (2 - 26) ايجاد التيار وفرق الجهد

الحل :

عند غلق المفتاح S :

$I_{SS} = 100/(6 + 4) = \mathbf{10\ A}$

$V_6 = 100 \times 6/(6 + 4) = 60\ V$

$V_4 = 100 \times 4/10 = \mathbf{40\ V}$ الفولتية بين B و C هو 40V

$V_1 = 0 \times 1 = \mathbf{0\ V}$

عند فتح المفتاح S :

$I_D = 40/(4 + 1) = \mathbf{8\ A}$

الخلاصة

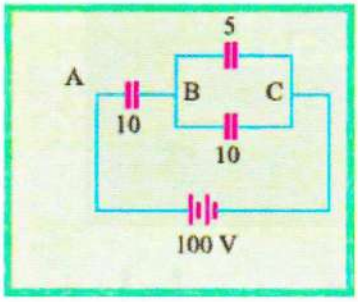
- تتكون المتسعة الكهربائية من سطحين معدنين تفصل بينهما مادة عازلة مثل الهواء او الورق او اي مادة عازلة .
- السعة الكهربائية لأي جسم مشحون هي النسبة بين شحنته وفرق جهده الكهربائي .
- تعتمد سعة المتسعة على مساحة لوح المتسعة – المسافة بين اللوحين – نوع المادة العازلة .
- انواع المتسعات الكهربائية هي الثابتة والمتغيرة .
- من المتسعات الثابتة هي المتسعات الكيمياوية ، السيراميك ، المايكا ومتسعات ميلر .
- توصل المتسعات على التوالي ، التوازي والمختلط .
- تصل النسبة المئوية للشحن الى 63.2% في المتسعة الكيمياوية .
- تصل النسبة المئوية للتفريغ الى 36.8 % في المتسعة الكيمياوية .

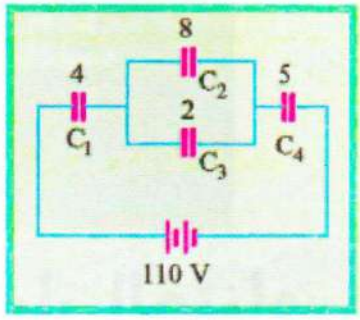
أسئلة الفصل الثاني

1 - مِمَ تتكون المتسعة الكهربائية ؟
2- ما هي العوامل التي تعتمد عليها المتسعة ؟
3- عدد أنواع المتسعات الكهربائية .
4 - اشرح مستعيناً بالرسم المتسعة الكيماوية .
5- وضح العلاقة بين السعة والشحنة والفولتية لمتسعة كهربائية .
6- اذكر قانون جمع المتسعات الكهربائية المتصلة على التوالي .
7- اذكر قانون جمع المتسعات الكهربائية المتصلة على التوازي .
8- اشرح عملية شحن المتسعة مع الرسم .
9- اشرح عملية تفريغ المتسعة مع الرسم .
10- عرف ثابت الزمن .

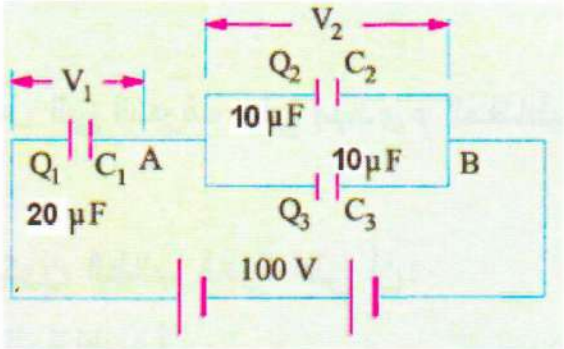
مسائل الفصل الثاني

س 1 : احسب السعة الكلية (المكافئة) للدوائر الآتية ، جميع قيم المتسعات بالمايكروفاراد.

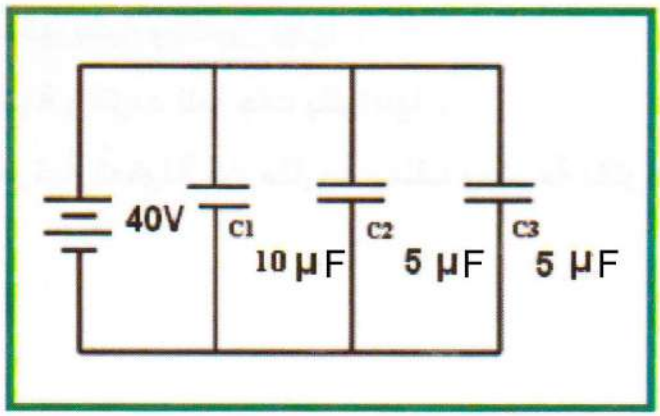




س2: احسب فرق الجهد والشحنة الكلية على كل متسعة للشكل الاتي :



س3 : احسب الشحنة الكلية للدائرة الآتية :



الباب الثاني

الفصل الثالث

المغناطيسية والتيار المتناوب

الاهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى التعرف على مبادىء المغناطيسية والملفات والتيار المتناوب

الأهداف الخاصة : نتوقع ان يكون الطالب قادراً على أن:

1 - يعرف المبادئ الأساسية للمغناطيسية .

2 - يعرف تركيب الملفات وانواعها وعملها في الدوائر الالكترونية .

3 - يفسر توليد التيار الكهربائي .

4 - يتعلم كيفية حساب الكميات للفولتية العظمى والفعالة .

5- يعرف الموجات الكهربائية والتمييز بينها .

6- يحسب طول الموجة والتردد للموجات بأنواعها .

7- يعرف الدوائر المركبة المكونة من مقاومة وملف ومتسعة بالتوالي والتوازي ودوائر الرنين.

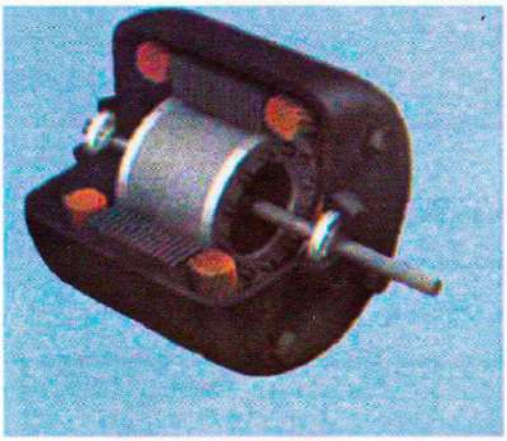
محتويات

الفصل 3

المغناطيسية والتيار المتناوب

تعلم المواضيع

- ✓ - مبادئ المغناطيسية – قانون فرداي - الحث الذاتي
- ✓ - المحاثة Inductance - الهنري وأجزائه Henry and their partial - ربط الملفات على التوالي Coils in series - ربط الملفات على التوازي coils in parallel - الحث المتبادل – المحولات الكهربائية – انواعها
- ✓ - التيار المتناوب Alternating Current – توليده – الأشكال الموجية waveforms - الموجة الجيبية Sine wave
- ✓ - القيمة اللحظية للفولتية والتيار Instantaneous value for current and voltage -
- معدل القيمة Average Value
- ✓ - القيمة الفعالة Effective Value - ثوابت الموجة الجيبية
- ✓ - ممانعات التيار المتناوب Impedance of AC
- ✓ - دوائر رنين التوالي والتوازي



الفصل الثالث

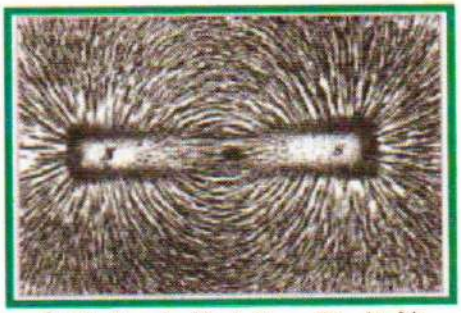
المغناطيسية والتيار المتناوب Magnetic & Alternating Current

3 . 1 مبادئ المغناطيسية : Principles Of Magnetism

اكتشف الإغريقيون قبل الميلاد نوعا من الصخور عثروا عليها بالقرب من مدينة (مغنيسا) لها القابلية على جذب قطع صغيرة من الحديد ورفعها وهي نوعا من خامات الحديد تدعى بالمغناطيس (Magnet) وأطلق على قوة جذبها بالمغناطيسية (Magnetism) وسميت بالمغناطيس الطبيعي . وللمغانط أشكال وأحجام مختلفة لاحظ الشكل (3 – 1) .

الشكل (3 - 1) أنواع مختلفة من المغانيط

بوضع برادة الحديد على لوح من الزجاج وتقريب مغناطيس تحت اللوح الزجاجي وبالطرق على اللوح طرقا خفيفا يمكنك ملاحظة تغيير شكل برادة الحديد بترتيب معين بشكل خطوط وهي خطوط الفيض المغناطيسي وتكون بهيئة خطوط متقاربة نوعا ما ، لاحظ الشكل(3 - 2) .

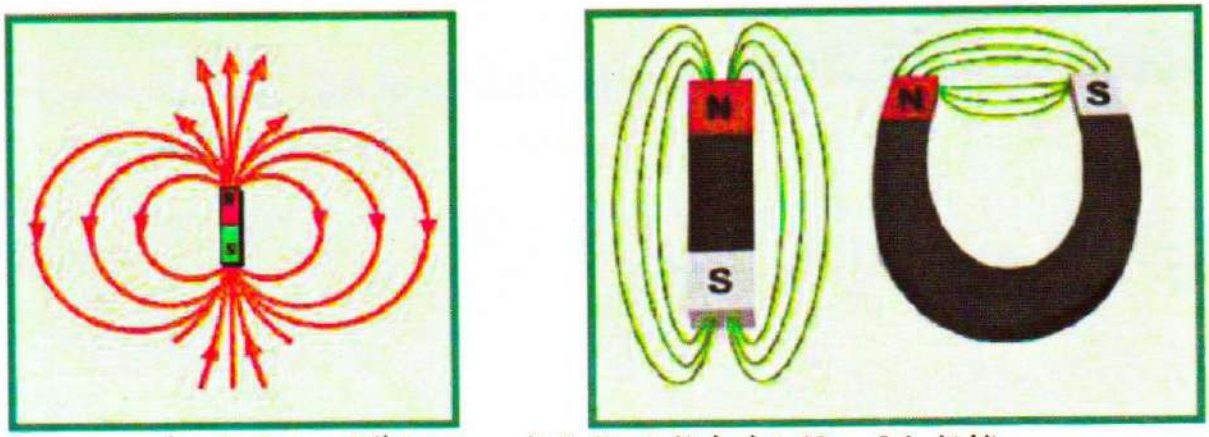


الشكل (3 – 2) الفيض المغناطيسي

مما تقدم نستنتج ان

1 -خطوط الفيض المغناطيسي مغلقة .

2 -تمتد خطوط الفيض المغناطيسي من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي للمغناطيس لاحظ الشكل (3 – 3) .

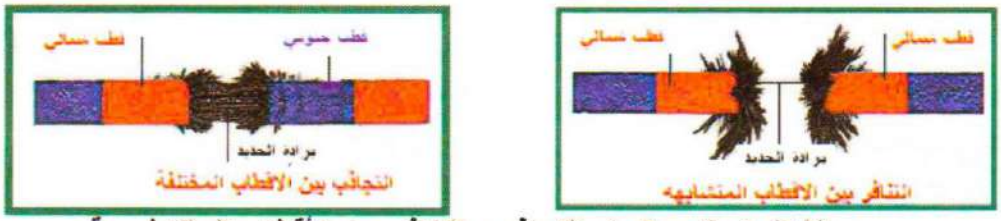


الشكل (3 – 3) خطوط الفيض المغناطيسي بين الأقطاب المغناطيسية

وقد استخدم العرب البوصلة في رحلاتهم البحرية وهي احد الاستخدامات للمغناطيس . . والبوصلة المغناطيسية عبارة عن اداة ملاحية لتحديد الاتجاه بالنسبة الى قطبي الارض وتتالف من مؤشر ممغنط وتكون العلامة على النهاية الشمالية لاحظ الشكل (3-4) . تشير البوصلة المغناطيسية الى القطب الشمالي المغناطسي وهو ما يقرب من 1000 ميلاً من القطب الشمالي الجغرافي ويمكن للمستخدم ايجاد الشمال الجغرافي من خلال ايجاد الشمال المغناطيسي .

الشكل (3 - 4) البوصلة المغناطيسية

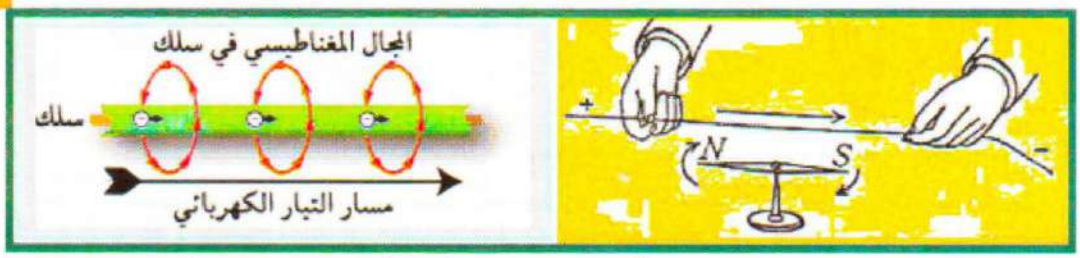
تتجاذب الأقطاب المغناطيسية المختلفة وتتنافر الأقطاب المغناطيسية ألمتشابهة لاحظ الشكل(3 – 5) .



الشكل (3 – 5) التجاذب والتنافر بين الأقطاب المغناطيسية

وبعد اكتشاف الكهرباء اكتشف العالم اورستد تأثيرات مغناطيسية مصاحبة للدوائر الكهربائية ولاحظ عند تقريب إبرة مغناطيسية من موصل يسري فيه تيار كهربائي يؤدي إلى انحرافها مما يدل على وجود تلك التأثيرات المغناطيسية. ويعرف الفيض المغناطيسي بالحرف الإغريقي (Φ) وهو عدد الخطوط المغناطيسية الخارجة من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي لاحظ الشكل (3 – 6) ووحدة قياسه الويبر (Weber) او الماكسويل (الويبر= 10^5ماكسويل). وكثافة الفيض المغناطيسي هي عدد خطوط الفيض المغناطيسي المار بوحدة المساحة ووحدتها wb/m^2 ويرمز لها بالحرف (β).

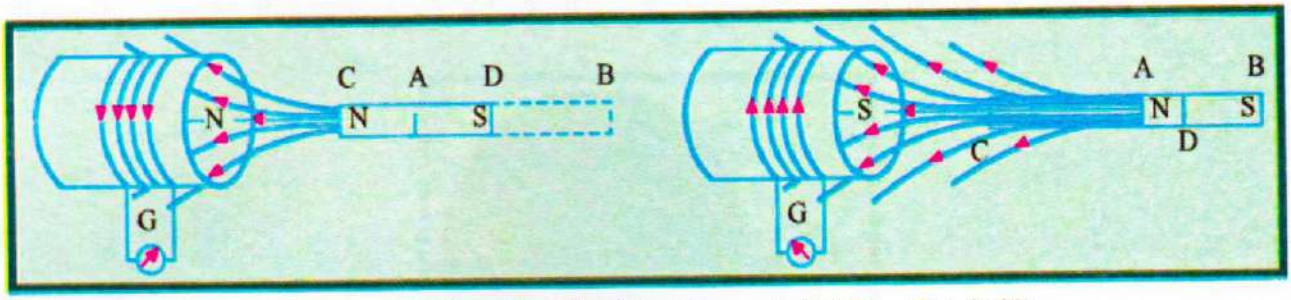
$$\beta = \frac{\phi}{A}$$



الشكل (3 – 6) يوضح تأثر الإبرة المغناطيسية بالمجال المغناطيسي

2 . 3 قانون فرداى :

اكتشف العالم فرداي (Faraday) انه عند حركة موصل (ملف) في مجال مغناطيسي او تحريك مغناطيس قرب ملف لاحظ الشكل (3 – 7) تتولد فيه قوة دافعة كهربائية محتثة تعتمد على المتطلبات الآتية :



الشكل (3 – 7) تجارب مختبريه لتحقيق قانون فارادي

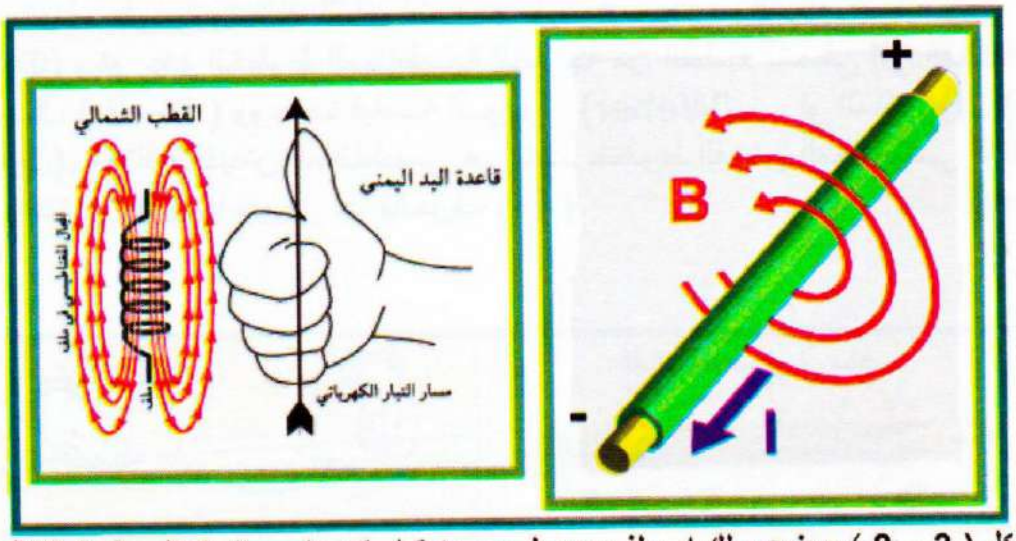
1- عدد لفات السلك: تزداد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة كلما يزداد عدد اللفات للموصل.
2- كمية المجال المغناطيسي: تزداد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة بزيادة الفيض المغناطيسي.
3- حركة السلك الذي يقطع خطوط الفيض المغناطيسي. تزداد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة بزيادة سرعة قطع خطوط المجال المغناطيسي .

$$e.m.f = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

حيث ان :

e.m.f = القوة الدافعة الكهربائية	(وحدة قياسه الفولت)
$\Delta\Phi$ = التغير بالفيض المغناطيسي	(وحدة قياسه الويبر)
Δt = التغير بالزمن	(وحدة قياسه الثانية)
N = عدد اللفات	

يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي المحيط بالسلك بوضع اليد اليمنى بحيث يكون الإبهام باتجاه التيار الكهربائي وتمثل طيات الأصابع اتجاه المجال المغناطيسي لاحظ الشكل (3- 8) .



الشكل (3 – 8) يوضح سلك او ملف موصل يمر به تيار كهربائي واتجاه المجال المغناطيسي

مثال 3 . 1

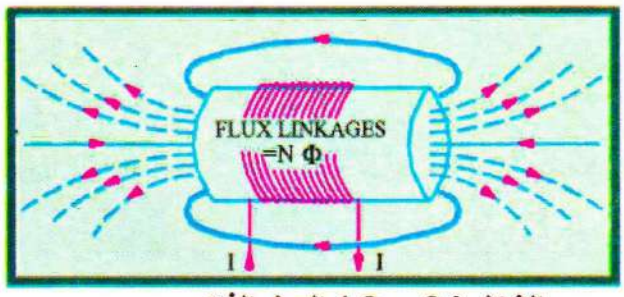
ملف يحتوي على (100) لفة يقطع ملفاته مجال مغناطيسي يتغير بين (0.002) الى (0.006) ويبر بزمن مقداره (0.01) ثانية ، احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة .

الحل :

$$e.m.f = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -100\frac{(0.006-0.002)}{0.01} = -40V$$

3 . 3 الحث الذاتي : Self Induction

عند مرور تيار كهربائي متغير في ملف ينشأ عنه تكوّن فيض مغناطيسي متغير لاحظ الشكل (3- 9). إن الفيض المغناطيسي المتغير سوف يقطع لفات الملف فتنشأ عن ذلك قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعاكس اتجاه فولتية المصدر المسبب لمرور التيار في الملف وتدعى هذه الظاهرة بالحث الذاتي . ان مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة خطوط الفيض المغناطيسي تتناسب تناسبا طرديا مع تغير التيار الكهربائي نسبة إلى التغير الزمني أي ان :



الشكل (3 – 9) الحث الذاتي

$$e.m.f \propto \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

يدعى ثابت التناسب بمعامل الحث الذاتي (L) للملف ويقاس بالهنري أي :

$$e.m.f = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ولحساب المحاثة (L) بدلالة التغير في الفيض الى التغير في التيار :

$$e.m.f = -N\frac{d\Phi}{dt}$$

$$e.m.f = -L\frac{dI}{dt}$$

$$-L\frac{dI}{dt} = -N\frac{d\Phi}{dt}$$

$$L = N\frac{d\Phi}{dI}$$

مثال 3 . 2

ملف يحتوي على (150) لفة تقطع ملفاته مجال مغناطيسي مقداره (0.01) ويبر يحمل تيار 10A . احسب المحاثة للملف . اذا تغير اتجاه التيار بشكل منتظم بزمن مقداره (0.01) ثانية ، احسب القوة الدافعة الكهربائية .

الحل:

$$L = N\frac{d\Phi}{dI}$$

$$= 150\frac{0.01}{10} = 0.15H$$

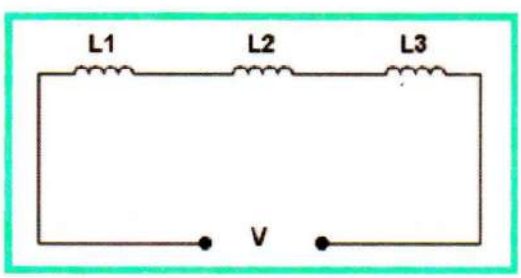
$$dI = 10 - (10) = 20A$$

$$e.m.f = L\frac{dI}{dt}$$

$$= 0.15\frac{20}{0.01} = 300\ V$$

3 . 4 توصيل الملفات على التوالي :

في توصيل الملفات على التوالي توصل أطراف الملفات مع بعضها بالتعاقب ثم يوصل احد أقطاب المصدر الكهربائي مع بداية الدائرة والقطب الآخر للمصدر الكهربائي بنهاية الدائرة كما موضح بالشكل (3 – 10) .



الشكل (3 – 10) توصيل الملفات على التوالي

وتحسب قيمة المحاثة المكافئة لدائرة التوالي كما يلي :

$$L = L_1 + L_2 + L_3$$

مثال 3. 3

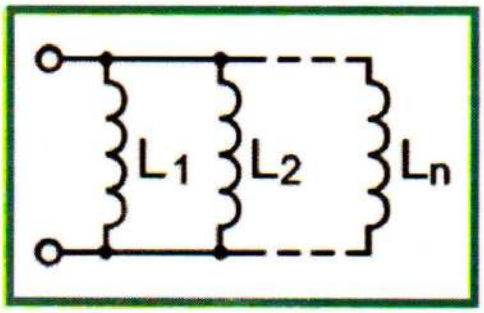
احسب المحاثة الكلية لدائرة توالي تحتوي على أربعة ملفات (80 , 50 , 66 , 100) mH

الحل:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$
$$= 80 + 50 + 66 + 100 = 296mH$$

3 . 5 توصيل الملفات على التوازي :

عند توصيل الملفات على التوازي توصل بدايات الملفات في نقطة واحدة والنهايات في نقطة أخرى ثم توصل النقطة المشتركة لبدايات الملفات إلى احد أقطاب المصدر الكهربائي والنقطة المشتركة للنهايات إلى القطب الآخر للمصدر لاحظ الشكل (3 – 11) .



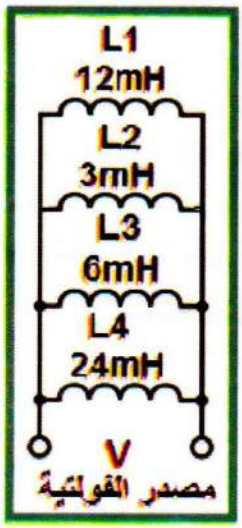
الشكل(3 – 11) توصيل الملفات على التوازي

وتحسب قيمة معامل الحث الذاتي في دائرة التوازي كما يلي :

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

مثال 3. 4

ما مقدار معامل الحث الذاتي لدائرة توازي تحتوي على أربعة ملفات معامل الحث الذاتي لها (12 , 3 , 6 ،24)mH لاحظ الشكل (3 – 12) .



الشكل (3 – 12) ربط التوازي للمحاثات

الحل :

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

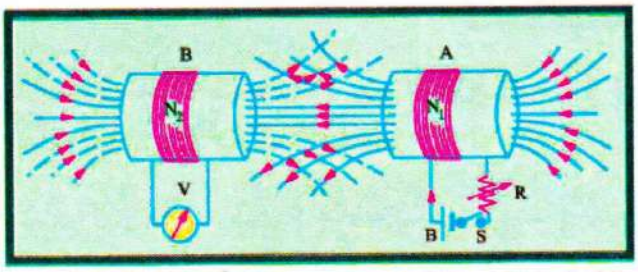
$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L4}$$

$$\frac{1}{Lt} = \frac{1}{12} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{24}$$

$$Lt = 1.6mH$$

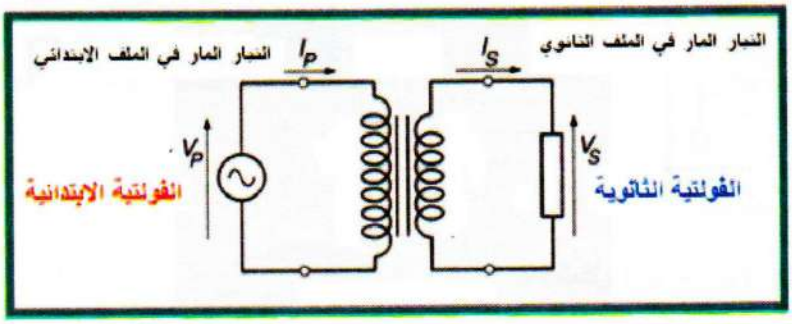
3 . 6 الحث المتبادل : Mutual Inductance

اذا وضع ملفان قريبان من بعضهما بحيث يمر التيار الكهربائي باحدهما وقطع مجاله المغناطيسي كله او بعضه الملف الاخر، تنشا في الملف الثاني قوة دافعة كهربائية محتثة (الفولتية الثانوية) بدون الحاجة الى توصيل كهربائي بين الملفين وتعرف هذه الخاصية بالحث المتبادل لاحظ الشكل (3 – 13) .



الشكل (3 – 13) يوضح خاصية الحث المتبادل

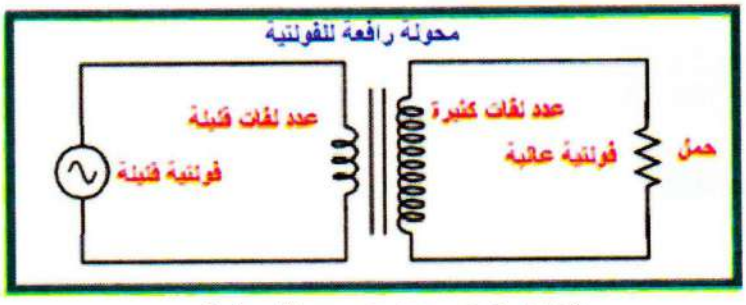
يعتبر الحث المتبادل الاساس الذي تبنى عليه نظرية عمل المحولة الكهربائية المكونة من ملفين ابتدائي وثانوي، لاحظ الشكل (3 - 14) الذي يوضح المحولة الكهربائية المثالية (القدرة الداخلة تساوي القدرة الخارجة). وبزيادة عدد لفات الملف الثانوي على عددها في الملف الابتدائي يمكن الحصول على فولتية اكبر من الفولتية المسلطة على الملف الابتدائي وبالعكس .



الشكل (3 – 14) المحولة الكهربائية المثالية

3 . 7 المحولة الرافعة :

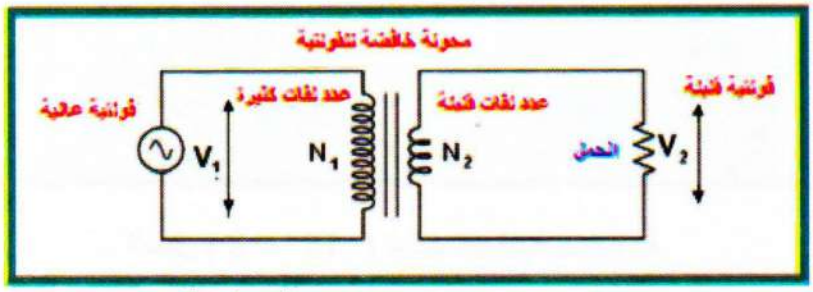
عندما يكون عدد لفات الملف الثانوي اكبر من عدد لفات الملف الابتدائي للمحولة الكهربائية لاحظ الشكل (3 – 15) .



الشكل (3 - 15) محولة رافعة

3 . 8 المحولة الخافضة :

عندما يكون عدد لفات الملف الثانوي اقل من عدد لفات الملف الابتدائي للمحولة الكهربائية لاحظ الشكل (3 – 16) .



الشكل (3 – 16) محولة خافضة

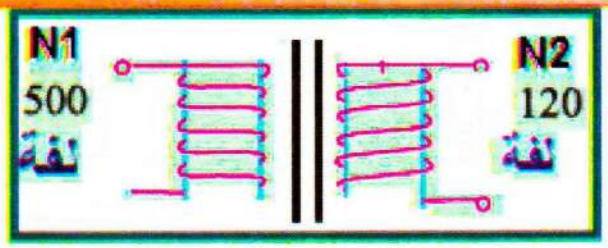
نسبة التحويل للمحولة : هي النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي الى عدد لفات الملف الثانوي وتساوي (k) .

$$K = \frac{N_1}{N_2}$$

ويمكن الاستفادة من القوانين التالية في المحولات $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$ او $\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$

مثال 3 . 5

ما مقدار فولتية الملف الثانوي للشكل (3 – 17) اذا علمت ان فولتية الملف الابتدائي V(250) ؟



الشكل (3 – 17) حساب فولتية الملف الثانوي للمحولة

الحل :

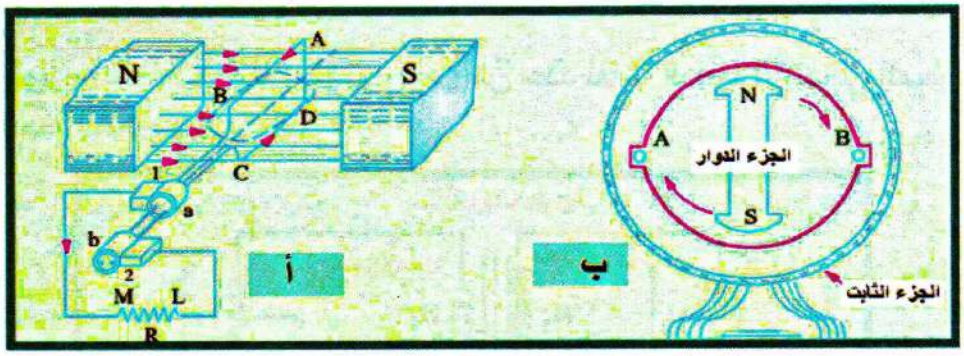
$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{120}{500} = \frac{V_2}{250}$$

$$V_2 = 60V$$

3 . 9 توليد الفولتيات والتيارات المتناوبة

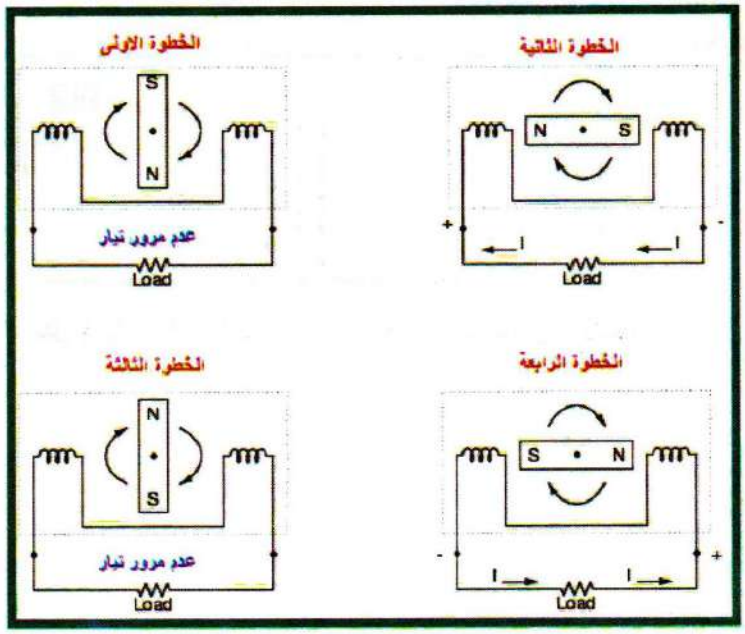
تتولد الفولتية المتناوبة بدوران ملف في مجال مغناطيسي كما موضح بالشكل (3- 18- أ) او بوساطة دوران المجال المغناطيسي وثبوت الملف كما في الشكل (3- 18- ب) .



الشكل (3 – 18) توليد الفولتية المتناوبة

تعتمد قيمة الفولتية المتولدة في الحالتين على عدد لفات الملف وشدة المجال المغناطيسي وسرعة دوران الملف او دوران المجال المغناطيسي . يمكن توليد الفولتية المتناوبة في اي من الحالتين الا ان طريقة دوران المجال المغناطيسي الاكثر استخداماً في التطبيقات العملية .

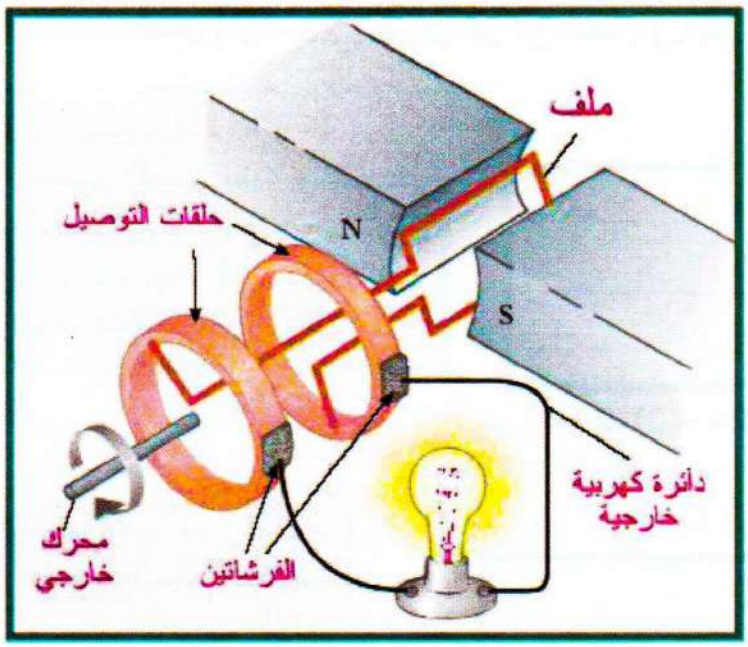
يعتمد مبدأ عمل مولد التيار المتناوب على قانون فاراداي، عند دوران مغناطيس وسط ملفات ثابتة سوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة خلال الملفات طبقا لنظرية فارادي للحث الكهرومغناطيسي لاحظ الشكل (3 – 19) .
تتغير قطبية الفولتية حول الملفات بتغير موقع المغناطيس والقطبية المعكوسة تنشأ تيار بعكس الاتجاه في الدائرة .



الشكل (3 – 19) عملية توليد الفولتية المتناوبة وتدفق التيار المتناوب

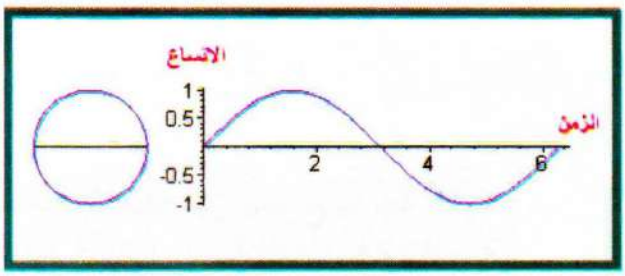
3 . 10 مبدأ عمل مولد التيار المتناوب : يتكون مولد التيار المتناوب من :

1- الجزء الثابت (Stator) : يحتوي على عدد من الملفات موصلة الى الحمل (Load) .
2- الجزء الدوار (Rotor) : يتكون من عدد من الموصلات يوصل لها تيار مستمر خلال الحلقات الانزلاقية (حلقات التوصيل) (Slip Rings) والفرش (Brushes) الكاربونية . لاحظ الشكل (3 – 20) .

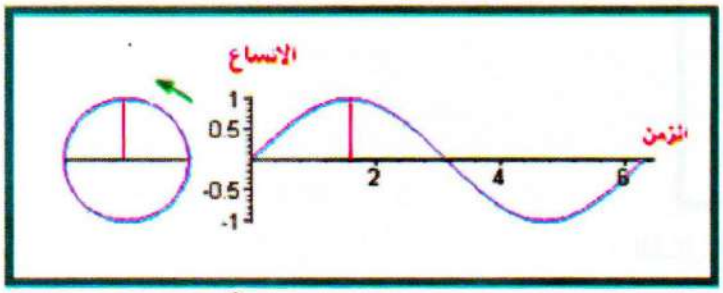


الشكل (3 - 20) مكونات مولد التيار المتناوب

بدوران الجزء الدوار بسرعة ثابتة بعكس اتجاه عقارب الساعة تقطع خطوط المجال المغناطيسي ملفات الجزء الثابت فتتولد خلاله قوة دافعة كهربائية توصل الى الحمل في الدائرة الخارجية ، وتعتمد قيمة (ق. د. ك) المتولدة على زاوية قطع خطوط المجال المغناطيسي لملفات الجزء الثابت ، عندما يكون الملف موازٍ للخطوط لا يوجد قطع لخطوط الفيض وتكون (ق.د.ك) مساوية للصفر لاحظ الشكل(3 – 21) . وتصل الفولتية إلى أقصى قيمة عندما يكون الملف عمودياً على خطوط الفيض أي بالزاوية 90^0 لاحظ الشكل (3-22) .

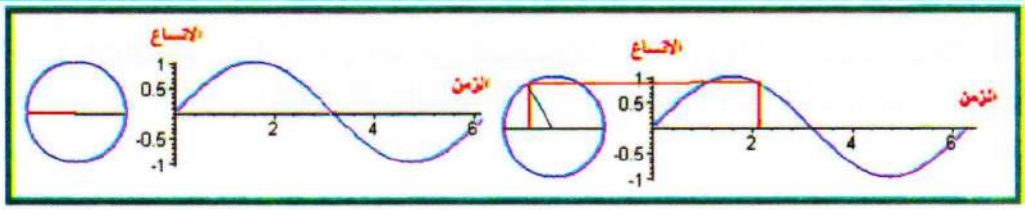


الشكل (3 - 21) دوران عكس عقارب الساعة



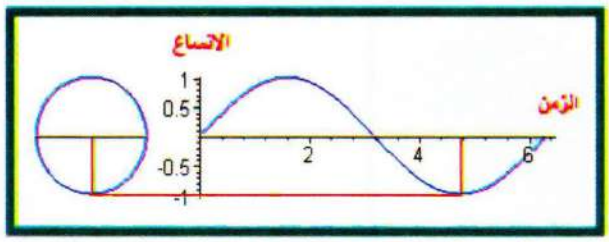
الشكل (3 – 22) دوران بزاوية اكبر

وباستمرار الدوران بزاوية اكثر من 90 درجة تبدأ (ق. د . ك) بالتناقص تدريجيا الى ان تصل الى الصفر بالزاوية (180) درجة لاحظ الشكل (3 – 23) .



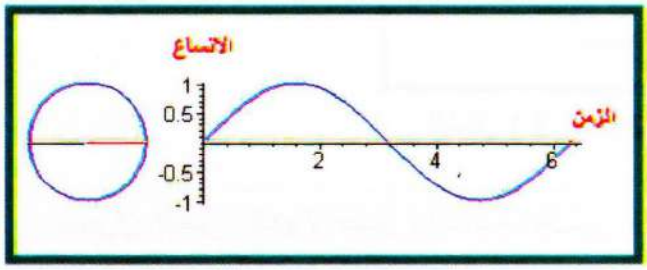
الشكل (3 – 23) دوران اكبر مع تناقص ق.د.ك

استمرار الدوران يسبب نشوء (ق. د. ك) باتجاه معاكس بسبب التغير بموقع القطب الشمالي والقطب الجنوبي وتزداد تدريجيا حتى تصل قيمتها العظمى بالاتجاه السالب بالزاوية (270) درجة لاحظ الشكل (3 – 24) .



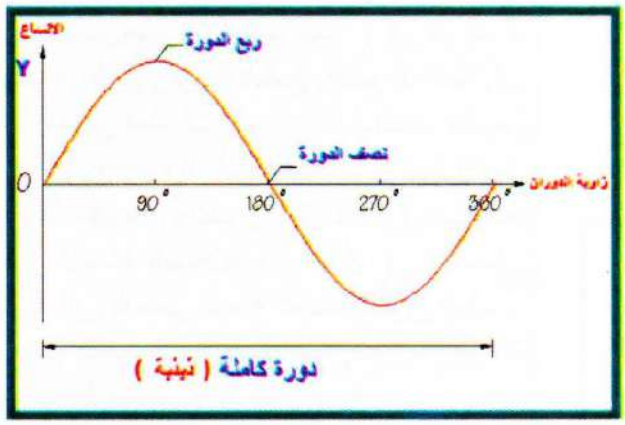
الشكل (3 – 24) استمرار الدوران

والدوران بزاوية اكثر من (270) درجة تبدأ (ق .د . ك) السالبة بالتناقص تدريجياً الى ان تصل الى الصفر بالزاوية (360) درجة لاحظ الشكل (3 – 25) وبهذا نكمل دورة كاملة .



الشكل (3 – 25) استمرار الدوران

ولرسم العلاقة بين اتساع موجة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة وزاوية الدوران سنحصل على الموجة الموضحة بالشكل (3 - 26) .



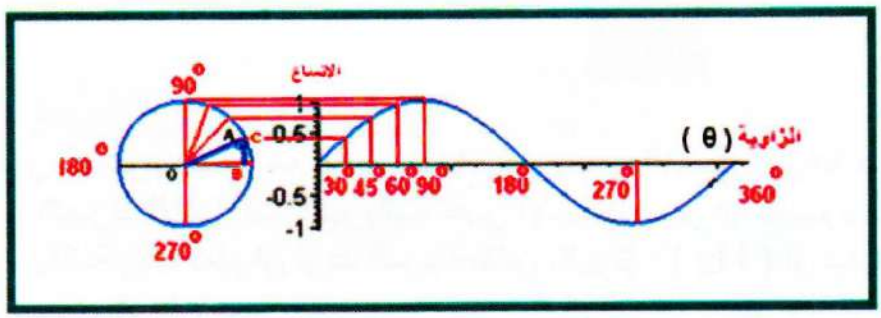
الشكل (3 – 26) موجة تمثل العلاقة بين السعة والزاوية

تسمى هذه الموجة بالموجة الجيبية لان القوة الدافعة الكهربائية المتولدة تتغير تبعا لتغير جيب الزاوية (θ) وهو حرف لاتيني (ثيتا) .

Sin θ = جيب الزاوية (جاهـ) = المقابل / الوتر

فعلى سبيل المثال ومن الشكل (3 – 27) يكون جيب الزاوية (30) درجة .

Sin θ = BC / OA

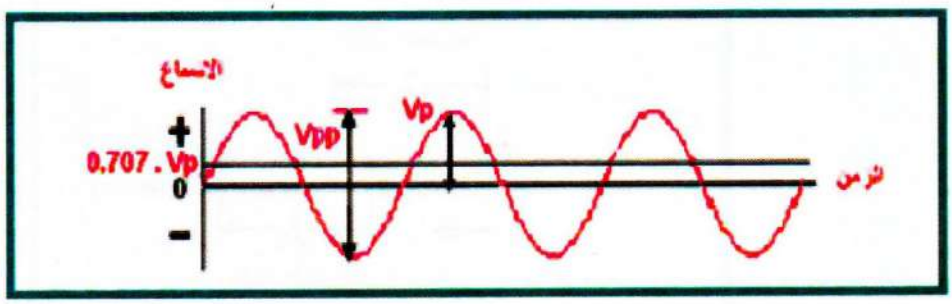


الشكل (3 – 27) تطبيق لاستخراج جيب الزاوية

3 . 11 عوامل الموجة الجيبية : parameters of sine wave

3 . 11 . 1 الاتساع : Amplitude

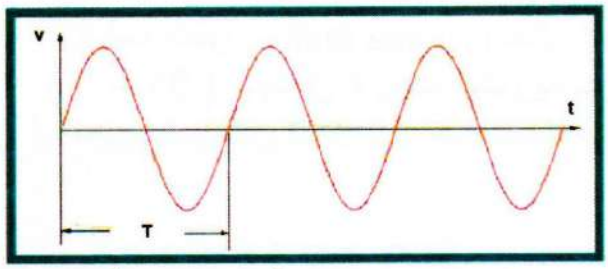
اتساع الموجة الجيبية تمثل أقصى قيمة تصله الإشارة بالاتجاه العمودي اي تمثل أعلى تغير للفولتية الآنية او اللحظية . القيمة العظمى للموجة الجيبية Vp وهي أعلى قيمة موجبة او سالبة وللموجة قيمة أخرى تسمى بالقيمة الفعالة (effective value) وتساوي (0.707 Vp) (لاحظ الشكل (3 – 28) .



الشكل (3 – 28) قيم الموجة الجيبية

3 . 11 . 2 الوقت : period

هو زمن دورة كاملة كما موضح في الشكل (3 – 29) ويرمز له بالحرف T



الشكل (3 – 29) وقت دورة كاملة

3 . 11 . 3 التردد : Frequency

تردد الموجة وهو عدد مرات تناوب الدورات في الثانية الواحدة ويسمى بالذبذبة . ويقاس التردد بوحدة (الذذبذبة / ثانية) او الهرتز (Hz) . وتعتمد قيمة تردد الموجة على مقدار الفترة الزمنية لدورة واحدة (T) اذ يتناسب التردد تناسباً عكسياً مع هذه الفترة .

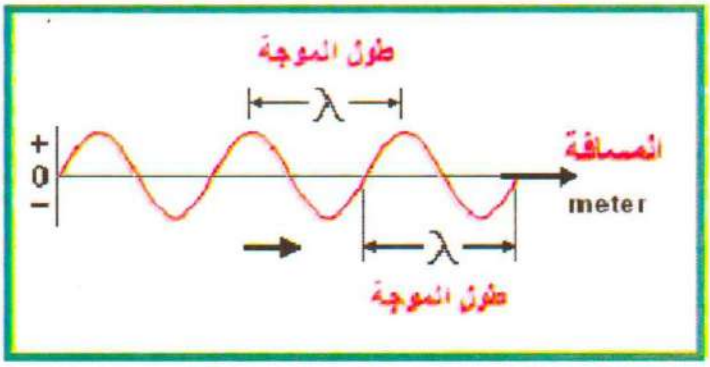
$$F=\frac{1}{T}$$

3 . 11 . 4 طول الموجة : Wave Length

لان موجة التيار المتناوب تتغير مع الزمن نحتاج في بعض الاحيان معرفة مسافة الذبذبة الواحدة للموجة ، وتتحرك الإشارات الكهربائية عبر الأسلاك بسرعة الضوء تقريباً وهي (3×10^{8}) متر / ثانية وكما نعلم ان تردد الموجة يقاس بالهرتز (Hz) او ذبذبة /ثانية ومن قسمة سرعة الضوء على التردد نحصل على مقدار يمثل طول الموجة بالمتر ويرمز له بالحرف الإغريقي (λ) (لمدا) .

$$\text{طول الموجة} = \frac{\text{سرعة الضوء}}{\text{التردد}}$$

نلاحظ ان طول الموجه يشبه كثيراً الوقت T عدا أن وحدة قياس طول الموجة هي وحدة مسافة ووحدة قياس الوقت هو الزمن لاحظ الشكل (3 – 30) .

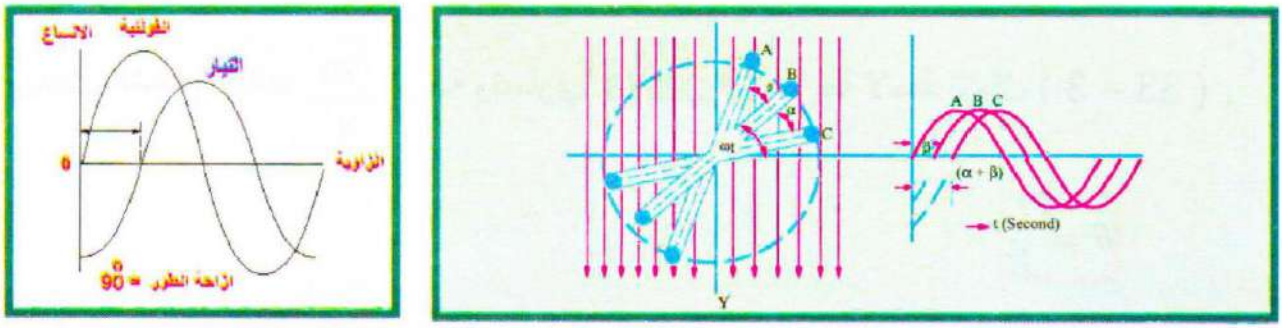


الشكل (3 – 30) طول الموجة

3 . 11 . 5 الطور : Phase

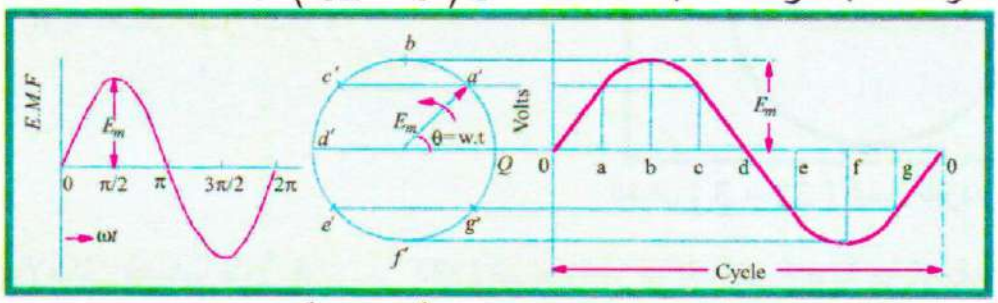
عندما تعيد سلسلة من الحوادث نفسها بانتظام فالحدث من هذه المجموعة يسمى الطور لحدث واحد من السلسلة ، وإزاحة الطور (Phase Shift) تمثل الفرق في التوقيت بين موجتين متشابهتين. ففي الشكل (3 – 31) نجد أن الإزاحة الطورية بين موجة الجهد و موجة التيار هي (90) درجة أي أن احدى الموجتين تصل إلى نفس النقطة في دورتهما بعد ربع دورة أو $\frac{360}{4}$ = 90 درجة .

والشكل (3-b31) ثلاث موجات بينهما فرق طور (120°).



الشكل (3 – 31) إزاحة الطور بين التيار والفولتية

الفولتية المتناوبة المتولدة الخارجة يمكن التعبير عنها بطريقتين الأولى بالاستعانة بالرسم التخطيطي كما وضحنا بالفقرات السابقة لاحظ الشكل (3 – 32) .



الشكل(3 - 32) الفولتية المتناوبة

والطريقة الثانية هي باستخدام التمثيل الرياضي .

$$v = Vm.Sin\,\omega t \quad \text{..... (1)}$$

v = الفولتية اللحظية او الانية

V_m = القيمة العظمى للفولتية

ω = التردد الزاوي (السرعة الزاوية)

t = لزمن

التردد الزاوي ω يساوي ($2\pi f$) لذلك تصبح المعادلة

$$v = Vm.Sin\,(2\pi ft)$$

3 . 11 . 6 التردد الزاوى : Angular Frequency

التردد الزاوي (السرعة الزاوية) عبارة عن مقياس لمعرفة كم هي سرعة الدوران للجسم وهي كمية متجهة وتقاس بالشعاع (rad) في الثانية ومن الشكل (3 – 34) نجد ان كل دورة تعادل 2π rad . ويعرف الـ (rad) الواحد على انه الزاوية المركزية في دائرة التي تقابل قوساً طوله مساوٍ لطول نصف قطر الدائرة .

ويعادل الشعاع الواحد $\frac{180}{\pi}$ درجة وتساوي 57.29578 درجة لاحظ الشكل (3 – 33) .

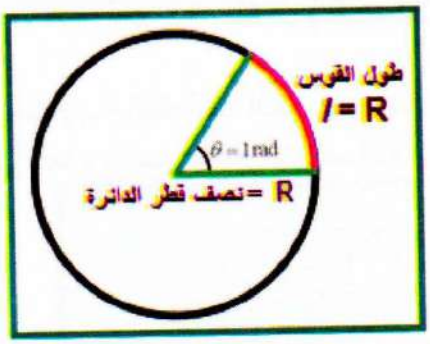
$$\theta = \frac{l}{R}$$

حيث ان :

θ = الزاوية المركزية

l = طول القوس

R = نصف قطر الدائرة



الشكل (3 – 33) قياس التردد الزاوي

بالمقابل فبالإمكان حساب طول قوس في دائرة نصف قطرها R يقابل زاوية مركزية θ :

$$l = \theta \times R$$

فمثلاً الزاوية الدائرية الكاملة التي تعادل 360° تقابل قوسًا يساوي كل محيط الدائرة، لذا فإنّ مقدارها بـ (rad) هو:

$$\frac{2\pi R}{R} = 2\pi$$

الزاوية التي مقدارها 360 درجة تعادل (2π) rad ،

فيعادل rad الواحد $\frac{180}{\pi}$ درجة

مثال 3 . 6

حول 1 rad الى درجات .

الحل :

$$\pi = 3.14$$

$$1 \text{ rad} = \frac{180}{\pi} \approx 57.29578^\circ$$

مثال 3 . 7

حول $\frac{\pi}{3} rad$ الى درجات .

الحل :

$$\frac{\pi}{3}\ \text{rad} = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{180}{\pi} = 60°$$

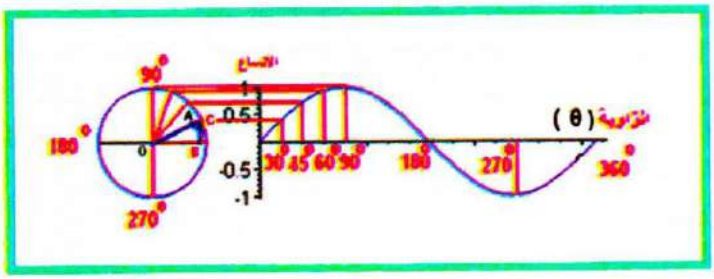
مثال 3 . 8

حول $\frac{\pi}{4} rad$ الى درجات .

الحل :

$$\frac{\pi}{4} rad = \frac{\pi}{4} . \frac{180}{\pi} = 45^{\circ}$$

لاحظ الشكل (3 - 34)



الشكل (3 – 34) التحويل من التردد الزاوي الى الدرجات

ويمكن تحويل الزاوية من الدرجات إلى الزاوية نصف القطرية (rad) بالضرب بالقيمة $\frac{\pi}{180}$:

$$1° = \frac{\pi}{180} \approx 0.01745\ \text{rad}$$
$$90° = 90 \cdot \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{2}\ \text{rad}$$

إمكانيّة أخرى هي تحويل مقدار الزاوية نصف القطرية (rad) إلى عدد الدورات بواسطة القسمة على 2π. فمثلاً، إنّ 6π rad تعادل ثلاثة دورات كاملة.

قائمة بأكثر الزوايا شيوعا وقيمها بالدرجات وبالراديان

جزء الدائرة	0	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1
الزاوية بالدرجات	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
الزاوية rad	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π

مثال 3 . 9

حول الزاوية 30° الى rad

الحل :

$$30^{o} = 30.\frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{6} rad$$

مثال 3 . 10

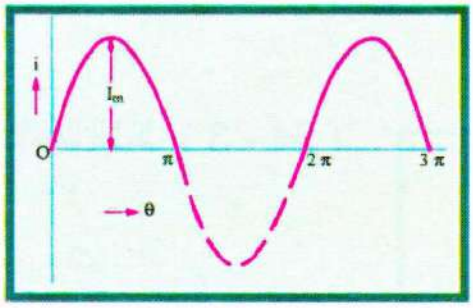
حول الزاوية 180° الى rad

الحل :

$$180^{\circ} = 180.\frac{\pi}{180} = \pi rad$$

3 . 11. 7 القيمة العظمى : Maximum Value

تسمى القيمة العظمى للفولتية والتيار المتناوب بالاتساع، وكما ذكرنا بالفقرات السابقة بان هذه القيمة تتولد في فترة قطع اكبر عدد من خطوط المجال المغناطيسي اثناء دوران ملف او حلقة وتكون اما موجبة او سالبة وفي كلا الحالتين فانهما متساويتين في الموجة الجيبية المنتظمة لاحظ الشكل (3 – 35) .



الشكل (3- 35) اتساع الإشارة

مثال 3 . 11

احسب الفولتية (قمة – قمة) للموجة الجيبية اذا كانت القيمة العظمى تساوي 200 V .

الحل :

$$V_{PP} = 2v_P$$
$$= 2x200 = 400 \text{ V}$$

مثال 3 . 12

احسب الفولتية الانية لموجة جيبية قيمتها العظمى 180 V في الزاوية 30 درجة .

الحل :

$$v = Vm.Sin\theta$$

$$v = 180.Sin30$$

$$= 180.\frac{1}{2} = 90 \text{ V}$$

مثال 3 . 13

الفولتية الأنية لموجة جيبيه في الزاوية 45 درجة تساوي 100V اوجد الفولتية العظمى قمة – قمة ؟

الحل:

$$v = Vm.Sin\theta \qquad 100 = V_P.Sin54$$

$$100 = V_P.0.707$$

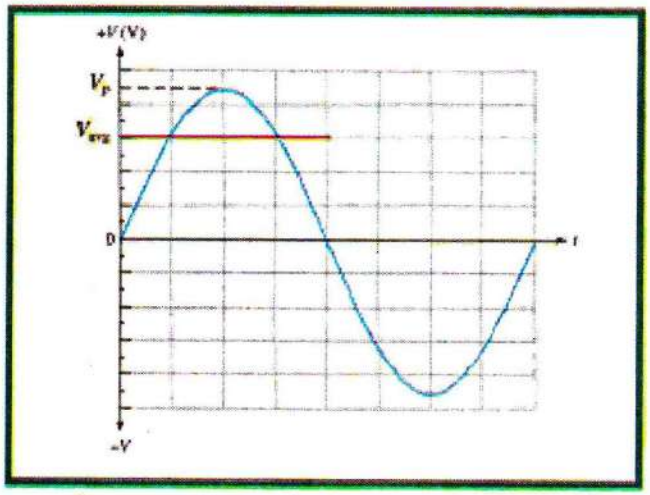
$$V_P = \frac{100}{0.707} = 141.4 \text{ V}$$

$$V_{PP} = 2.V_P = 2x141.4 = 282.8 \text{ V}$$

3 . 11 . 8 معدل القيمة : Average Value

لا تستعمل القيمة العظمى على نطاق واسع في التطبيقات العملية لذلك وجدت قيم أخرى مثل معدل القيمة لنصف موجة من الموجة الجيبية لان معدل القيمة لموجة جيبيه كاملة للفولتية او التيار يساوي صفر . لاحظ الشكل (3 - 36) .

معدل القيمة للفولتية = 0.637 x القيمة العظمى



الشكل (3 - 36) معدل القيمة للإشارة المتناوبة

$$V_{av} = 0.637.Vm$$

مثال 3 . 14

احسب معدل القيمة للفولتية لنصف موجة جيبية موجبة القيمة العظمى 100V .

الحل :

$$V_{av} = 0.637.Vm$$
$$= 0.637x100 = 63.7V$$

3 . 11 . 9 القيمة الفعالة : Effective Value

هو مقدار التيار المتناوب الذي يولد حرارة مساوية للحرارة التي يولدها تيار مستمر خلال فترة زمنية متساوية ،كما علمنا سابقاً ان قيمة الفولتية المتناوبة تتغير لحظياً مع الزمن وان متوسط الموجة الجيبية خلال ذبذبة كاملة يساوي صفراً لان قيمة الموجة لنصف الذبذبة تكون موجبة وللنصف الآخر تكون سالبة وان النصفين متساويين في القيمة وهذا لا يعني أن التيار الجيبي او الفولتية الجيبية ليس لهما تأثيرا على الحمل لان معظم المعدات والأجهزة تتزود بالطاقة من مصدر بالتيار المتناوب ومن الواضح ان للتيار المتناوب تأثيرا وذلك لان القدرة تعتمد على مربع التيار .

$$P = I^2 \times R$$

وسواء كان التيار موجباً او سالباً فان مربع يكون موجباً ومن الممكن إيجاد القيمة الفعالة رياضياً وذلك بأخذ جذر متوسط التربيع ($V_{r.m.s}$) (Root Mean Square) للمعادلة (1) للحصول على

$$Vr.m.s = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

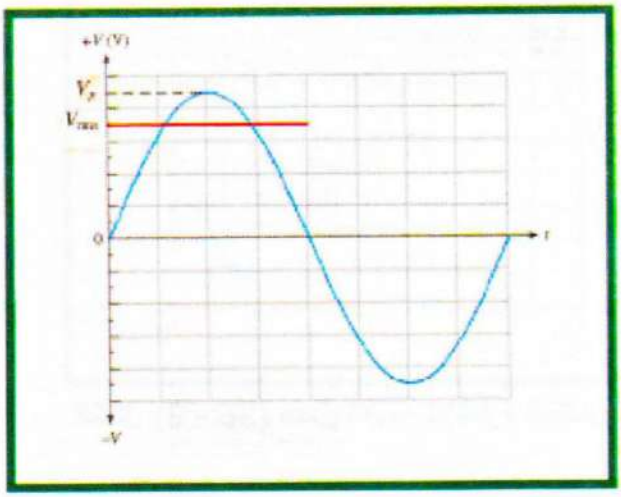
$$Vr.m.s = 0.707V_m$$

القيمة الفعالة للفولتية = 0.707 x القيمة العظمى للفولتية
كذلك يمكن الاستنتاج ان القيمة الفعالة للتيار ألجيبي تساوي :

$$I_{r.m.s} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{r.m.s} = 0.707 I_m$$

لاحظ الشكل (3- 37)



الشكل (3 - 37) القيمة الفعالة للإشارة

مثال 3 . 15

احسب القيمة الفعالة (جذر متوسط التربيع) لموجة جيبية مقدار الفولتية العظمى 20V .

الحل :

$$Vr.m.s = 0.707\,Vm$$

$$= 0.707x20 = 14.14\,V$$

3 . 12 ممانعات التيار المتناوب : Alternating Current Reactance's

تعتبر المقاومة هي العنصر الوحيد الفعال ذو الأهمية في دوائر التيار المستمر ، فالمتسعة لا تسمح بمرور التيار المستمر والملف يصبح في حالة دائرة قصر (Short) تجاه التيار المستمر.

يوجد في دوائر التيار المتناوب ثلاثة انواع من الممانعات هي :

1- **المقاومة الطبيعية (R) :** وتسلك هذه المقاومة نفس السلوك بالنسبة للتيارين المستمر والمتناوب .

2- **الممانعة الحثية (ممانعة الملف) :** إن الملف يقاوم التيار المتناوب وان ممانعته تتناسب تناسبا طرديا مع تردد التيار .

ويرمز للمانعة الحثية بالرمز (X_L) وتحسب بالقانون الآتي :

$$X_L \propto f$$

$$X_L = 2\pi.f.l$$

$$X_L = \omega.l \qquad \omega = 2\pi.f$$

حيث ان :

معامل الحث الذاتي:L

3- الممانعة السعوية (ممانعة المتسعة) :

تبدي المتسعة ممانعة للتيار المتناوب وان ممانعتها تتناسب تناسبا عكسيا مع التردد .
ويرمز للمانعة السعوية بالرمز (Xc) وتحسب بالقانون الاتي :

$$X_C \propto \frac{1}{f}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega . c}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi . f . C}$$

مثال 3 . 17

احسب الممانعة الحثية (X_L) لملف معامل الحث الذاتي (L) فيه يساوي (10) ملي هنري والتردد المسلط عليه يساوي (10) كيلو هيرتز .

الحل :

$$L = 10mH = 10 \times 10^{-3} = 10^{-2} H$$

$$f = 10KHz = 10 \times 10^{3} = 10^{4} Hz$$

$$X_L = 2.\pi.f.L = 2 \times 3.14 \times 10^{4} \times 10^{-2} = 628\Omega$$

مثال 3 . 18

احسب الممانعة السعوية لمتسعة سعتها (10) مايكروفاراد وتردد الفولتية المسلطة على طرفيها يساوي (100) كيلوهرتز.

الحل :

$$C = 10\mu F = 10 \times 10^{-6} = 10^{-5} F$$

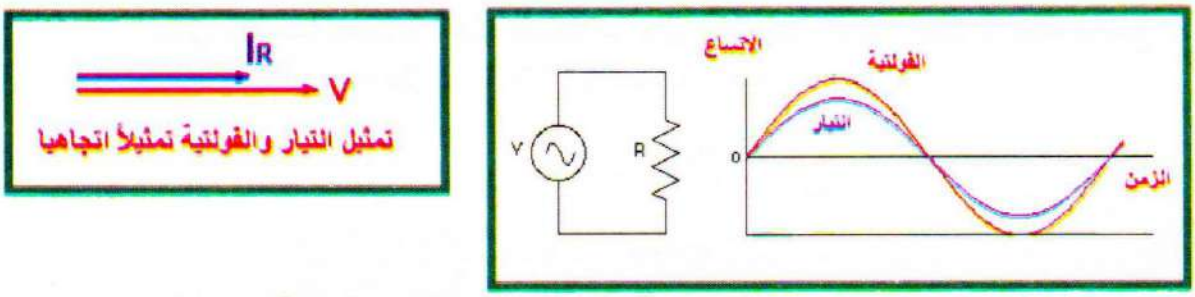
$$f = 100KHz = 100 \times 10^{3}$$

$$f = 10^{5} Hz$$

$$Xc = \frac{1}{2\pi . f . c} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10^{5} \times 10^{-5}} = 0.159\Omega$$

3 . 13 التمثيل الاتجاهي للموجة الجيبية :

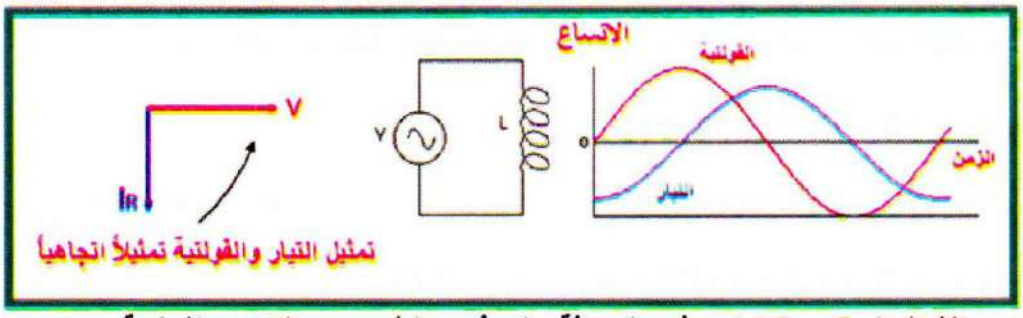
1- في المقاومة النقية يكون طور موجة الفولتية منطبق على موجة التيار. اي لايوجد اختلاف او فرق في الطور بين موجة الفولتية وموجة التيار لاحظ الشكل (3 – 38) .



الشكل (3 – 38) لا يوجد فرق بالطور بين التيار والفولتية

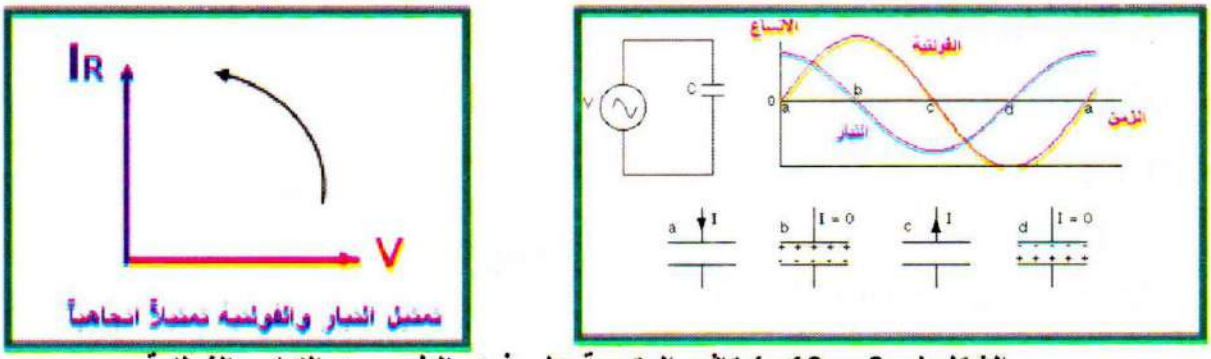
الشكل يمثل موجتي الفولتية والتيار ومنه نلاحظ ان فرق الطور بينهما يساوي صفر. ويمكن تمثيل ذلك تمثيلا اتجاهيا وهو اسهل في تحليل دوائر التيار المتناوب .

2- تعمل الممانعة الحثية (X_L) على تاخير التيار عن الفولتية زاوية مقدارها (90) درجة ويمكن تمثيلها اتجاهيا ، لاحظ الشكل (3 – 39) .



الشكل (3 – 39) تاثير المحاثة على فرق الطور بين التيار والفولتية

3- الممانعة السعوية (Xc) تعمل على تقديم التيار زاوية مقدارها (90) درجة على الفولتية ، ويمكن تمثيلها اتجاهيها ، لاحظ الشكل (3 – 40) .

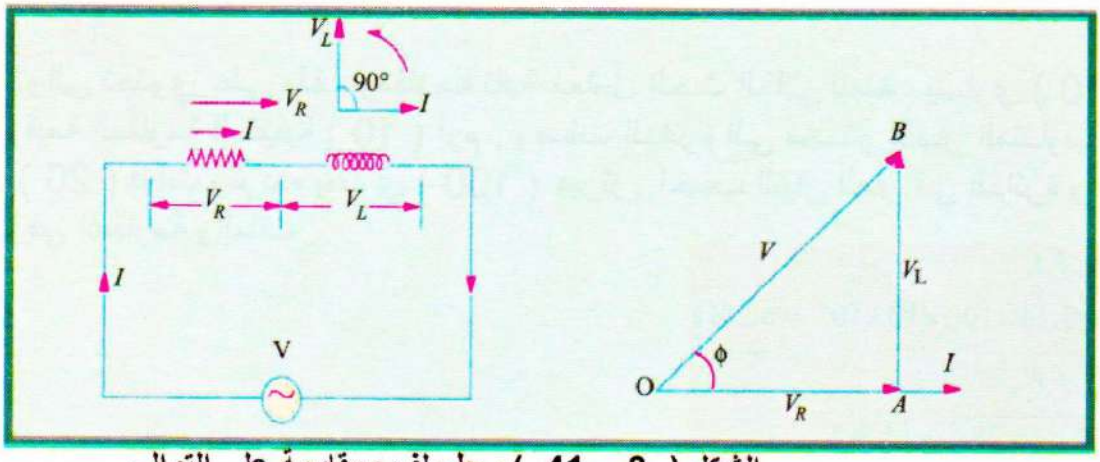


الشكل (3 – 40) تاثير المتسعة على فرق الطور بين التيار والفولتية

3 . 14 دوائر التوالي :

أ – ربط ملف ومقاومة على التوالي.

يبين الشكل (3 – 41) دائرة التوالي تحتوي على مقاومة حقيقية R وممانعة حثية (X_L) موصلة بمصدر متناوب .



الشكل (3 – 41) ربط ملف ومقاومة على التوالي

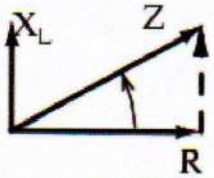
ويمثل الشكل المخطط الاتجاهي لهذه الدائرة ومنه نلاحظ ان التيار يكون مشترك في الدائرة لانها دائرة توالي وان الفولتية على طرفي المقاومة الحقيقية (V_R) تكون منطبقة على التيار في حين ان الفولتية على طرفي الملف (V_L) تتقدم (90) درجة على التيار . ان الفولتية الكلية للدائرة تساوي محصلة الفولتيتين (V_R) و (V_L) اذ لايمكن جمع الفولتيتين جمعا اعتياديا وذلك لوجود زاوية مقدارها (90) درجة بينهما لهذا :

$$V^2 = V_R^{\,2} + V_L^{\,2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

واذا رمزنا للممانعة الكلية بالرمز (Z) فأن :

$$V = I.Z$$
$$V_R = I.R$$
$$V_L = I.X_L$$

وبتعويض هذه القيم في المعادلة (2)



$$(I.Z)^2 = (I.R)^2 + (I.X_L)^2$$
$$I^2.Z^2 = I^2.R^2 + I^2.X_L^{\,2}$$
$$Z^2 = R^2 + Z^2$$
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^{\,2}}$$

وبحذف التيار من طرفي المعادلة

وتمثل قيمة (Z) الممانعة الكلية للدائرة وهي محصلة الجمع الاتجاهي لكل من المقاومة والممانعة الحثية .

مثال 3 . 19 :

دائرة توالي تحتوي على ملف ومقاومة نقية معامل الحث الذاتي للملف يساوي (10) ملي هنري وقيمة المقاومة الحقيقية (10) أوم . وصلت الدائرة الى مصدر للتيار المتناوب فولتيته تساوي (20) فولت وتردده يساوي (100) هيرتز. احسب التيار المار في الدائرة و الفولتية على طرفي المقاومة والملف .

الحل

$$X_L = 2\pi . f . L$$

$$X_L = 2 \times 3.14 \times 100 \times 10 \times 10^{-3} = 6.28\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^{\ 2}}$$

$$Z = \sqrt{10^2 + (6.28)^2} = 11.8\Omega$$

$$I = \frac{V_T}{Z}$$

$$I = \frac{20}{11.8} = 1.694 A$$

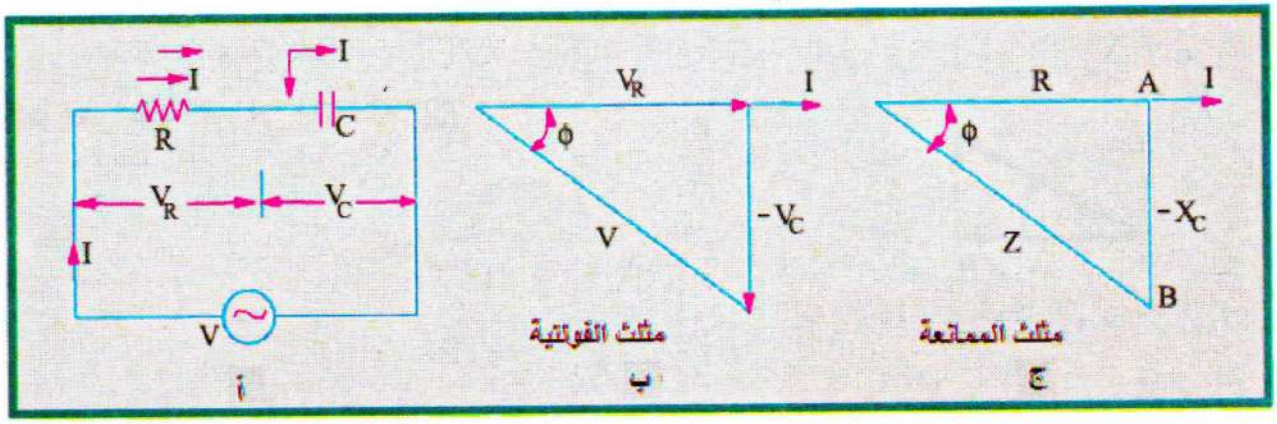
$$V_R = I.R = 1.694 \times 10 = 16.94\ V$$

$$V_L = I.X_L = 1.694 \times 6.28 = 10.63\ V$$

نلاحظ ان مجموع الفولتيتين على كل من الملف والمقاومة لا يساوي الفولتية الكلية المسلطة على طرفي الدائرة وذلك لان هنالك زاوية بينهما مقدارها (90) درجة .

ب - ربط متسعة ومقاومة على التوالي :

الشكل (3 – 42) يوضح دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة طبيعية متصلة بالتوالي مع ممانعة سعوية والمخطط ألاتجاهي لها .



الشكل (3 – 42) مقاومة ومتسعة على التوالي

نلاحظ من المخطط ألاتجاهي أن التيار هو المشترك في الدائرة لأنها دائرة توالي وان فولتية المقاومة (V_R) تنطبق على التيار في حين ان فولتية المتسعة (V_C) تتأخر عن التيار بمقدار 90 درجة وان الفولتية الكلية (V) هي محصلة المجموع ألاتجاهي لفولتيتى المقاومة والمتسعة.

$$V^2 = V_R^2 + V_C^2$$
$$V = IZ$$
$$V_R = IR$$
$$V_C = IX_C$$

$$I^2Z^2 = I^2R^2 + I^2X_C^2$$
$$I^2Z^2 = I^2(R^2 + X_C^2)$$
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

مثال 3 . 20

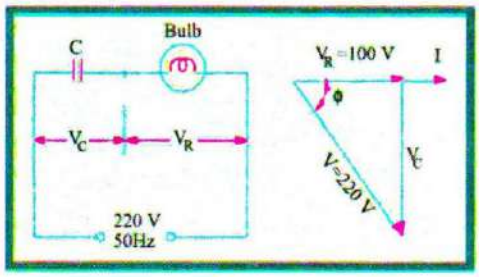
دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة ومتسعة متصلة على التوالي فإذا كانت قيمة المقاومة (50) أوم وسعة المتسعة (10) مايكروفاراد وان الدائرة موصلة إلى مصدر تيار متناوب فولتيته تساوي (50) فولت وتردد (400) هيرتز. احسب الفولتية على كل من المقاومة والمتسعة .

الحل :

$$X_C = \frac{1}{2\pi.f.C}$$
$$X_C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 400 \times 10 \times 10^{-6}} = 39.8\Omega$$
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$
$$Z = \sqrt{2500 + (39.8)^2} = 63.9\Omega$$
$$I = \frac{V}{Z}$$
$$I = \frac{50}{63.9} = 0.782A$$
$$V_R = I.R = 0.782 \times 50 = 39.1V$$
$$V_C = I.X_C = 0.782 \times 39.8 = 31.1236V$$

مثال 3 . 21

ربط مصباح كهربائي قراءة التنكستن 100 فولت ، 500 واط مع متسعة ووصلت الدائرة الى مصدر 50 هيرتز، 200 فولت لاحظ الشكل (3- 43)، احسب قيمة المتسعة .



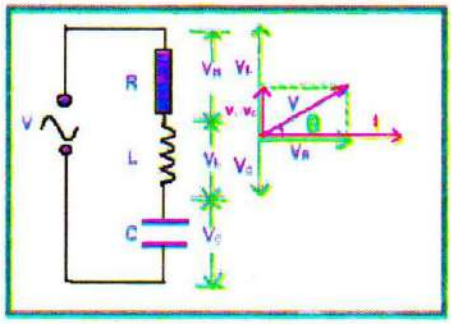
الشكل (3 – 43) حساب قيمة المتسعة

الحل :

$$V^2 = V_L{}^2 + V_C^2$$
$$\therefore V_C = \sqrt{V^2 - V^2{}_L} = \sqrt{220^2 - 100^2} = 196V$$
$$I.X_L = 196 \Rightarrow 5.X_C = 196 \Rightarrow \therefore X_C = 39.2\Omega$$
$$X_C = \frac{1}{\omega.C} \Rightarrow C = \frac{1}{2.\pi.f.X_C} = \frac{1}{2\times 3.14\times 50\times 39.2}$$
$$\therefore C = 81\mu F$$

جـ - ربط مقاومة وملف ومتسعة على التوالي :

الشكل (3 – 44) يوضح دائرة تيار متناوب محتوية على مقاومة وملف ومتسعة والمخطط ألاتجاهي للدائرة .



الشكل (3 - 44) ملف ومتسعة ومقاومة على التوالي

نلاحظ من المخطط الاتجاهي ان فولتية المقاومة (V_R) تكون منطبقة على التيار في حين ان فولتية الملف تتقدم (90) درجة على التيار وفولتية المتسعة تتاخر بزاوية مقدارها (90) درجة على التيار. ونلاحظ ايضا فولتية الملف وفولتية المتسعة يقعان على نفس المحور العمودي الا انهما متعاكسان بالاتجاه لذلك فان محصلتهما تنتج من حاصل طرحهما . في هذه الدائرة افترضنا ان فولتية الملف اكبر من فولتية المتسعة لذلك فان حاصل طرحهما والمتمثل بالمتجهة ($V_L - V_C$) يكون باتجاه فولتية الملف. اذ ان الفولتية الكلية تستخرج من الجمع الاتجاهي لفولتية المقاومة والمتجه الذي يمثل حاصل طرح فولتيتي الملف والمتسعة ($V_L - V_C$) اي ان:

$$V^2 = V_R{}^2 + (V_L - V_C)^2$$
$$I^2Z^2 = I^2R^2 + (I.X_L - I.X_C)^2$$
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

مثال 3 - 22

دائرة تحتوي على مقاومة مقدارها (10) اوم وملف ممانعته (رادته) الحثية تساوي (50) اوم ومتسعة ممانعتها (رادتها) السعوية تساوي (16) أوم . وصلت الدائرة الى مصدر فولتية (24) فولت . احسب التيار المار في الدائرة وفرق الجهد على طرفي كل عنصر في الدائرة .

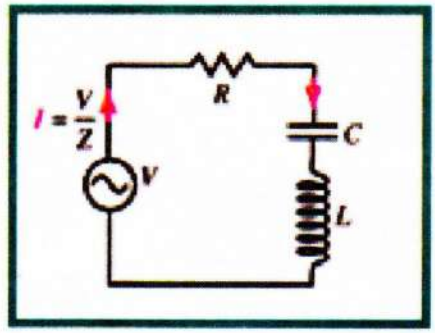
الحل :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{10^2 + (50-16)^2} = 35.44\Omega$$
$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{24}{35.44} = 0.677A$$
$$V_R = I.R = 0.677 \times 10 = 6.77V$$
$$V_L = I.X_L = 0.677 \times 50 = 33.85V$$
$$V_C = I.X_C = 0.677 \times 16 = 10.832V$$

3 . 15 دائرة رنين التوالي : Series Resonance Circuit

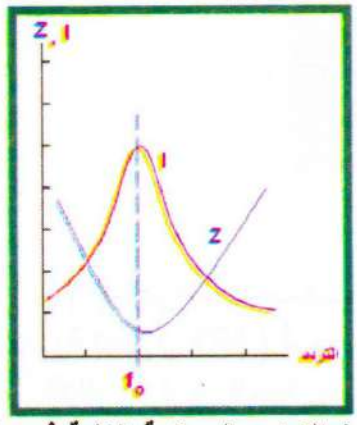
ان التردد الذي تتساوى فيه الممانعتان السعوية (X_C) والحثية (X_L) يسمى بتردد الرنين (f_o) . عند الرنين تتساوى الممانعة (الرادة) السعوية X_C مع الممانعة (الرادة) الحثية X_L وتصبح الممانعة الكلية للدائرة Z=R لاحظ الشكل (3 – 45) . وتتناسب الممانعة السعوية تناسباً عكسياً مع التردد بينما تتناسب الممانعة الحثية تناسباً طردياً مع التردد أي كلما يزداد التردد تزداد الممانعة الحثية وتقل الممانعة السعوية .

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$
$$Z = R$$



الشكل (3 – 45) دائرة رنين توالي

عند الرنين تصبح الممانعة الكلية Z اقل ما يمكن بينما يصبح التيار أعظم ما يمكن لاحظ الشكل (3 – 46) .



الشكل (3 – 46) التيار والممانعة الكلية في دائرة رنين التوالي

ولحساب تردد الرنين نتبع ما يلي :

$$X_L = X_C$$

$$2\pi . f_o L = \frac{1}{2\pi . f_o C}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

مثال 3 . 23

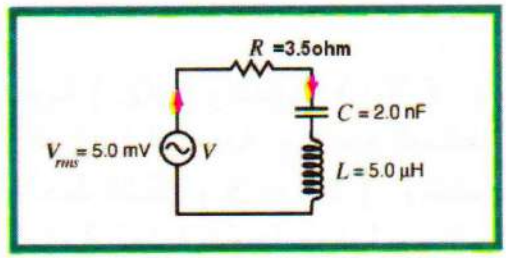
دائرة رنين توالي الموضحة بالشكل (3 – 47) مكونة من متسعة (C=2nF) وملف (L=5μH) ومقاومة (R= 3.5 Ω) موصلة الى مصدر فولتية متناوبة (V_{rms}=5mV).
احسب تردد الرنين fo .

الحل :

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\times 3.14\sqrt{5\times 10^{-6}\times 2\times 10^{-9}}}$$

$$f_o = 1592KHz$$

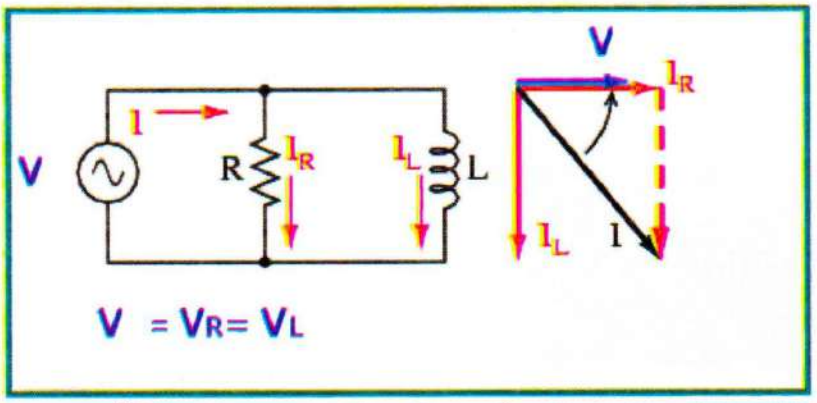


الشكل (3 – 47)

3 . 16 دوائر التوازي :

أ- دائرة مكونة من ملف ومقاومة :

الشكل (3 – 48) يوضح دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة وممانعة حثية متصلتين بالتوازي .



الشكل (3 - 48) مقاومة مع ملف بالتوازي مع المخطط ألاتجاهي

في دوائر التوازي تعتبر الفولتية مشتركة لجميع عناصر الدائرة لذلك فان متجه الفولتية يرسم بشكل موازٍ للأفق ، أما تيار المقاومة الطبيعية فيكون منطبقاً على الفولتية في حين أن تيار الملف يتأخر بزاوية (90) درجة عن فولتية المصدر. التيار المار في الدائرة هو محصلة تياري المقاومة والملف .

$$I^2 = I_R^2 + I_L^2 \qquad \text{.....(3)}$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$I_R = \frac{V}{R}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L}$$

وبالتعويض بالمعادلة (3)

$$\frac{V^2}{Z^2} = \frac{V^2}{R^2} + \frac{V^2}{X_L^2}$$

وبقسمة طرفي المعادلة على (V^2) نحصل على :

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}}$$

مثال 3 . 24

دائرة تحتوي على ملف ومقاومة متصلين على التوازي قيمة المقاومة تساوي (10) اوم ومعامل الحث الذاتي للملف (100) ملي هنري . وصلت الدائرة الى مصدر جهد متناوب فولتيته (V) تساوي (25) فولت بتردد يساوي (200) هيرتز . احسب التيار المار في كل من المقاومة والملف و التيار الكلي المار في الدائرة و الممانعة الكلية .

الحل :

نجد الممانعة الحثية :

$$X_L = 2\pi . f . L$$
$$X_L = 2 \times 3.14 \times 200 \times 100 \times 10^{-3}$$
$$X_L = 125.6\Omega$$

نجد التيار في كل من الملف والمقاومة:

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{25}{10} = 2.5A$$
$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{25}{125.6} = 0.19A$$

ثم نجد التيار الكلي للدائرة :

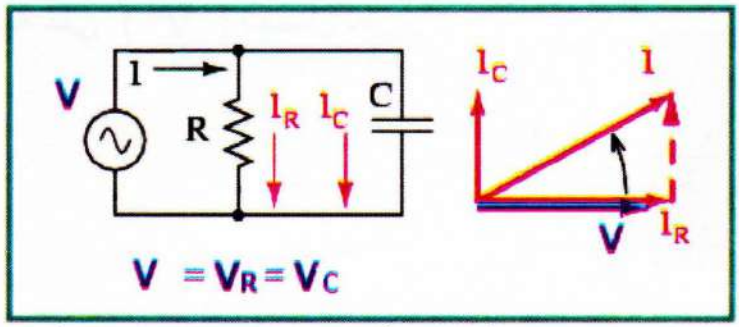
$$I = \sqrt{I^2{}_R + I_L{}^2} = \sqrt{(2.5)^2 + (0.199)^2} = 2.507A$$

وأخيرا نجد الممانعة الكلية:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{25}{2.507} = 9.97\Omega$$

ب - ربط مقاومة ومتسعة على التوازي :

الشكل (3 – 49) يوضح دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة ومتسعة موصلتين على التوازي .



الشكل (3 – 49) مقاومة ومتسعة على التوازي مع المخطط ألاتجاهي

نلاحظ من الشكل ألاتجاهي ان تيار المقاومة يكون منطبق على الفولتية اما تيار الممانعة السعوية فيتقدم بمقدار (90) درجة على الفولتية ويكون التيار الكلي المار في الدائرة هو محصلة تياري المقاومة والمتسعة .

$$I^2 = I_R^{\ 2} + I^2_C$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$I_R = \frac{V}{R}$$

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

بالتعويض بمعادلة التيار :

$$\frac{V^2}{Z^2} = \frac{V^2}{R^2} + \frac{V^2}{X^2_C}$$

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^{\ 2}}$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X^2_C}}$$

مثال 3 . 25

ربطت مقاومة قيمتها (20) اوم بالتوازي مع متسعة سعتها (10) مايكروفاراد وقد وصلت الدائرة الى مصدر جهد متناوب فولتيته (V) تساوي (30) فولت وتردده يساوي (200) هيرتز. احسب التيار المار في المقاومة و المتسعة والتيار الكلي المار في الدائرة والممانعة الكلية لها .

الحل :

$$X_C = \frac{1}{2\pi.f.C} = \frac{1}{2\times 3.14\times 200\times 10\times 10^{-6}} = 79.6\Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{30}{20} = 1.5A$$

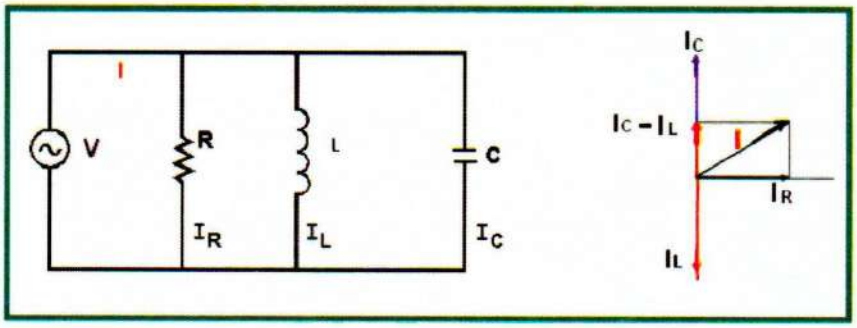
$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{30}{79.6} = 0.376A$$

$$I = \sqrt{I^2{}_R + I_C^{\ 2}} = \sqrt{(1.5)^2 + (0.376)^2} = 1.546A$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{30}{1.546} = 19.4\Omega$$

جـ - ربط مقاومة ومتسعة وملف على التوازي:

الشكل (3 – 50) يوضح دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة ومتسعة موصلتين على التوازي .



الشكل (3 - 50) مقاومة وملف ومتسعة على التوازي والمخطط ألاتجاهي

نلاحظ من المخطط ألاتجاهي لهذه الدائرة ومنه نلاحظ ان محصلة تياري الملف والمتسعة تساوي ($I_C - I_L$) وذلك لأنهما متعاكستان بالاتجاه وعلى فرض ان تيار المتسعة (I_C) اكبر من تيار الملف. أما التيار الكلي فهو محصلة متجهة الفرق بين تياري الملف والمتسعة مع متجه تيار المقاومة .

$$I^2 = I^2_R + (I_C - I_L)^2 .....(4)$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$I_R = \frac{V}{R}$$

$$(I_C - I_L) = \frac{V}{X_C} - \frac{V}{X_L}$$

بالتعويض في المعادلة رقم (4)

$$\frac{V_T^2}{Z^2} = \frac{V_T^2}{R^2} + (\frac{V_T}{X_C} - \frac{V_T}{X_L})^2$$

بالقسمة على (V_T^2) نحصل على :

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + (\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L})^2$$

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + (\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L})^2}$$

مثال 25. 3

ثلاثة عناصر موصلة على التوازي مقاومة قيمتها (10) اوم و ملف معامل حثه الذاتي (20) ملي هنري ومتسعة سعتها (200) مايكروفاراد. سلطت عليها فولتية متناوبة مقدارها (100) فولت وترددها (50) هيرتز احسب التيار الكلي المجهز للدائرة .

الحل :

$$X_L = 2\pi.f.L = 2\times3.14\times50\times20\times10^{-3} = 6.28\Omega$$

$$X_c = \frac{1}{2.\pi.f.c} = \frac{1}{2\times3.14\times50\times200\times10^{-6}} = 15.92\Omega$$

ثم نحسب التيار:

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{100}{10} = 10A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{6.28} = 15.9A$$

$$I_C = \frac{V}{R_C} = \frac{100}{15.92} = 6.28A$$

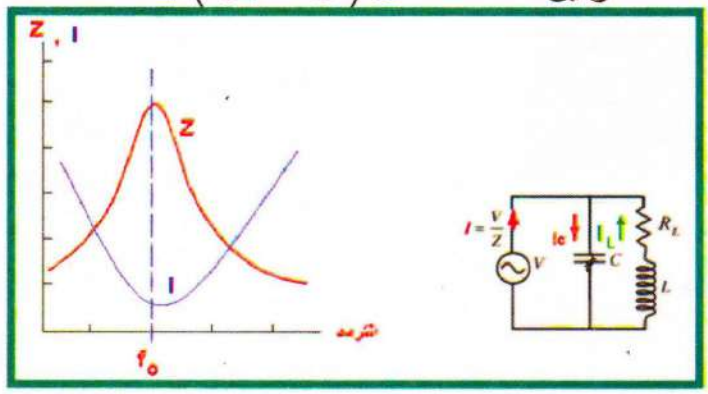
$$I = \sqrt{I_R^{\,2} + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{100 + (15.9 - 6.28)^2} = 13.87A$$

17. 3 دائرة رنين التوازي : Parallel Resonant Circuit

عند توصيل ملف ومتسعة على التوازي وتغذية الدائرة باشارة ترددها يكون مساوياً لتردد رنين الدائرة تتساوى الممانعة السعوية مع الممانعة الحثية فيتساوى كل من تيار الملف (I_L) مع تيار المتسعة (I_C) ولان التيارين مختلفين بالاتجاه لذلك فان التيار الكلي يساوي حاصل طرحهما ويساوي صفراً وتصبح الممانعة الكلية (Z) عالية جدا وتساوي ما لانهاية نظرياً .

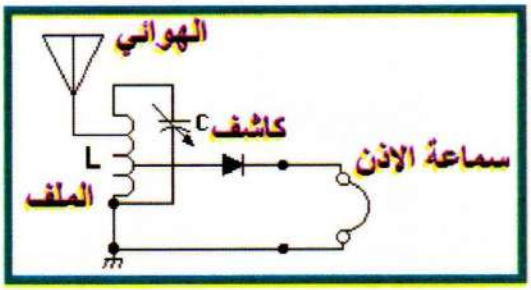
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{V}{0} = \infty$$

وبسب وجود مقاومة داخلية للملف تخفض من القيمة اللانهاية لممانعة دائرة رنين التوازي ويجعلها ممانعة عالية جداً عند الرنين لاحظ الشكل (3 – 51) .



الشكل (3 – 51) دائرة رنين التوازي ومنحي خواصها

هذه الدائرة من الدوائر المهمة في علم الاتصالات اذ ان خواصها ذات أهمية بالغة بالنسبة لاستخدامها في دوائر الإرسال و الاستقبال في المنظومات اللاسلكية كدائرة رنين لأختار المحطات الإذاعية في جهاز الراديو (المذياع) (Radio Set) مثلاً لاحظ الشكل (3 – 52) الذي يوضح استخدام دائرة رنين التوازي لراديو بسيط مكون من ملف ومتسعة متغيرة وكاشف وسماعة إذن ، بتغيير قيمة المتسعة المتغيرة يتم تحقيق رنين التوازي لأستقبال الإشارة بالتردد المرغوب أي استلام القناة المطلوبة .



الشكل (3 – 52) دائرة رنين التوازي لاختيار المحطات الإذاعية باستخدام المتسعة المتغيرة

مثال 3 . 27

احسب قيمة المتسعة المتغيرة (C) المربوطة مع الملف (L = 10mH) بالتوازي لاختيار تردد الرنين (fo = 800KHz).

الحل :

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

$$800\times1000 = \frac{1}{2\times3.14\sqrt{100\times10^{-3}\times C}}$$

$$64\times10^{10} = \frac{1}{4\times9.87\times10^{-1}\times C}$$

$$C = \frac{1}{64\times4\times9.87\times10^{9}}$$

$$C = \frac{10^{-9}}{2526}$$

$$C = 2.5\times10^{-11}F$$

الخلاصة

- تتجاذب الأقطاب المغناطيسية المختلفة وتتنافر الأقطاب المغناطيسية المتشابهة .
- خطوط الفيض المغناطيسي مغلقة وتمتد من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي للمغناطيس .
- اكتشف العالم اورستد عند تقريب إبرة مغناطيسية من موصل يسري فيه تيار كهربائي يؤدي إلى انحرافها مما يدل على وجود تلك التأثيرات المغناطيسية .
- اكتشف العالم فرداي انه عند حركة موصل (ملف) في مجال مغناطيس تتولد فيه قوة دافعة كهربائية محتثة .
- عند مرور تيار كهربائي متغير في ملف ينشأ عنه تكوّن فيض مغناطيسي متغير .
- في توصيل الملفات على التوالي توصل أطراف الملفات مع بعضها بالتعاقب ثم يوصل احد أقطاب المصدر الكهربائي مع بداية الدائرة والقطب الآخر للمصدر الكهربائي بنهاية الدائرة .
- في ربط الملفات على التوازي توصل بدايات الملفات في نقطة واحدة والنهايات في نقطة أخرى ثم توصل النقطة المشتركة لبدايات الملفات إلى احد أقطاب المصدر الكهربائي والنقطة المشتركة للنهايات إلى القطب الآخر للمصدر.
- اذا وضع ملفان قريبان من بعضهما بحيث يمر التيار الكهربائي باحدهما وقطع مجاله المغناطيسي كله او بعضه للملف الاخر تنشا في الملف الثاني قوة دافعة كهربائية محتثة بدون الحاجة الى توصيل كهربائي بين الملفين وتعرف هذه الخاصية بالحث المتبادل.
- يعتمد مبدأ عمل مولد التيار المتناوب على قانون فارادي عند دوران مغناطيس وسط ملفات ثابتة سوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة خلال الملفات طبقا لنظرية فارادي للحث الكهرومغناطيسي .
- يتكون مولد التيار المتناوب من الجزء الثابت (Stator) الذي يحتوي على عدد من الملفات موصلة الى الحمل (Load) ، والجزء الدوار (Rotor) الذي يتكون من عدد من الموصلات يوصل لها تيار مستمر خلال الحلقات الانزلاقية (Slip Rings) والفرش (Brushes) الكاربونية .
- تسمى القيمة العظمى للفولتية والتيار المتناوب بالاتساع وهذه القيمة تتولد في فترة قطع اكبر عدد من خطوط المجال المغناطيسي اثناء دوران ملف او حلقة وتكون اما موجبة او سالبة وفي كلا الحالتين فانهما متساويتين في الموجة الجيبية .
- يوجد في دوائر التيار المتناوب ثلاثة انواع من الممانعات هي المقاومة الحقيقية (R) وتسلك هذه المقاومة نفس السلوك بالنسبة للتيارين المستمر والمتغير ، الممانعة الحثية (X_L) حيث ان الملف يقاوم التيار المتناوب وان ممانعته تتناسب تناسبا طرديا مع تردد التيار، الممانعة السعوية (X_C) وفيها تبدي المتسعة ممانعة للتيار المتناوب وان ممانعتها تتناسب تناسبا عكسيا مع التردد .
- ان التردد الذي تتساوى فيه الممانعتان السعوية (X_C) والحثية (X_L) يسمى بتردد الرنين (fo) .

أسئلة الفصل الثالث

1- اشرح كيف تتولد القوة الدافعة الكهربائية المتغيرة ؟
2- ارسم موجة جيبية ووضح ما المقصود بالاتساع والتردد والطور ؟
3- اكتب قانون استخراج الممانعة الحثية والممانعة السعوية .
4- أعط مثال لاستخدام دائرة رنين التوازي .
5- ما الفرق بين رنين التوالي ورنين التوازي ؟
6- اذكر العلاقة بين الفولتية والتيار لكل من المقاومة والملف والمتسعة. موضحا ذلك بالرسم .
7 - وضح بالتفصيل استنتاجات اورستد .
8 - كيف يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناشيء عن مرور تيار كهربائي في سلك موصل ؟
9 - كيف تحسب القوة الدافعة الكهربائية الناتجة عن حركة موصل داخل مجال مغناطيسي؟

مسائل الفصل الثالث

س 1 : احسب تردد موجة جيبية زمن الدورة الواحدة فيها (T) يساوي (10) ملي ثانية.

س 2 : احسب الممانعة الحثية لملف معامل حثه الذاتي (L) يساوي (50) ملي هنري وتردد المصدر المتصل به يساوي (200) هيرتز .

س 3 : ما مقدار الممانعة التي تبديها متسعة سعتها (20) مايكروفاراد لمصدر جهد متناوب تردده (200) هيرتز ؟

س 4 : وصل ملف معامل حثه الذاتي يساوي (10) ملي هنري إلى مصدر جهد متناوب تردده (50) هيرتز . ما مقدار الزيادة في الممانعة الحثية للملف عند زيادة التردد الى (200) هيرتز ؟

س 5 : وصلت متسعة سعتها (10) مايكروفاراد الى مصدر جهد متناوب تردده (100) هيرتز. مامقدار النقصان في الممانعة السعوية للمتسعة عند زيادة التردد الى (400) هيرتز ؟

س 6 : دائرة توالي تحتوي على ملف معامل حثه الذاتي (10) ملي هنري ومقاومة قيمتها (20) اوم . وصلت الدائرة الى مصدر جهد متناوب فولتيته تساوي (100) فولت وتردده يساوي (100) هيرتز احسب التيار المار في الدائرة. وفرق الجهد على طرفي المقاومة والملف .

س 7 : دائرة توالي تحتوي على ملف ومقاومة ومتسعة قيمة المقاومة تساوي (50) اوم ومعامل الحث الذاتي للملف يساوي (20) ملي هنري وسعة المتسعة تساوي (15) مايكروفاراد . وصلت الدائرة الى مصدر جهد متناوب فولتيته تساوي (70) فولت وتردد يساوي (100) هيرتز . احسب التيار الكلي المار في الدائرة وفرق الجهد على طرفي المقاومة والملف والمتسعة .

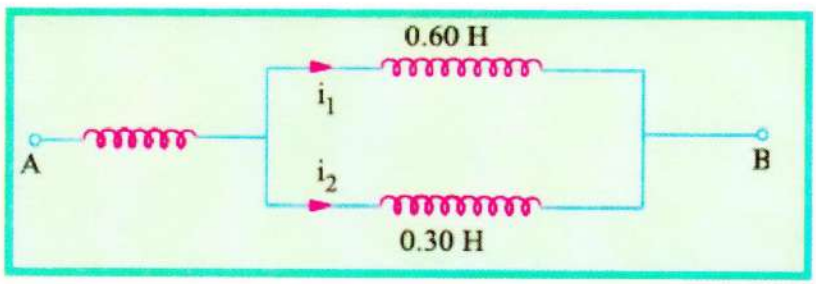
س 8 : وصلت ثلاثة عناصر التوازي مقاومة قيمتها (15) اوم وملف معامل حثه الذاتي(10) ملي هنري ومتسعة سعتها (15) مايكروفاراد . سلطت على الدائرة فولتية متناوبة مقدارها (150) فولت وترددها (200) هيرتز احسب التيار الكلي المجهز للدائرة .

س 9 : وصل ملف معامل حثه الذاتي (L) يساوي (0.01) هنري بالتوالي مع مقاومة قيمتها (50) اوم الى مصدر جهد فولتيته تساوي (100) فولت وتردد (60) هيرتز . احسب الممانعة الكلية للدائرة ، التيار الكلي ، الفولتية على طرفي الملف والمقاومة .

س 10 : دائرة توازي تحتوي على متسعة سعتها (8) مايكروفاراد ومقاومة قيمتها (50) اوم وصلت الى مصدر جهد فولتيته تساوي (100) فولت وتردده (1) كيلو هيرتز. احسب التيار المار في كل من المتسعة والمقاومة ، التيار الكلي المار في الدائرة ، الممانعة الكلية .

س 11 : دائرة تيار متناوب تحتوي على ملف ومتسعة ومقاومة على التوازي قيمة المقاومة تساوي (10) اوم وممانعة المتسعة تساوي (200) اوم وممانعة الملف تساوي (180) اوم وصلت الدائرة الى مصدر جهد فولتيته تساوي (50) فولت وتردده (10) كيلو هيرتز. احسب التيارات في جميع عناصر الدائرة، التيار الكلي، الممانعة الكلية ، معامل الحث الذاتي للملف، سعة المتسعة .

س 12 : احسب المحاثة الكلية للشكل الآتي :



الفصل الرابع

أشباه الموصلات و الثنائيات

الاهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى التعرف على المواد شبه الموصلة والثنائيات بأنواعها .
الأهداف الخاصة : نتوقع ان يكون الطالب قادراً على أن:

1- يعرف تركيب المواد الشبه موصلة بمختلف أنواعها .
2- يعرف تركيب أنواع الثنائيات والتمييز بين خواصها .
3- يستخرج خواص الثنائيات .
4 – يتعلم التطبيقات للدوائر الالكترونية باستخدام الثنائيات .

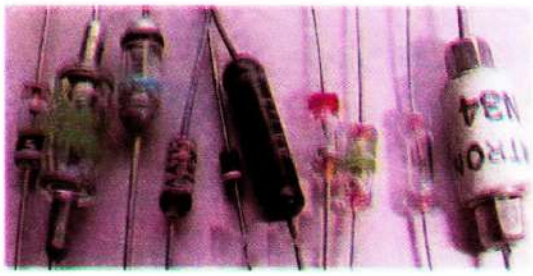
محتويات

الفصل 4

تعلم المواضيع

- ✓ - الالكترونات والفجوات في أشباه الموصلات Electrons & Holes in Semiconductors – تكوين مادة شبه موصلة سالبة n-type - تكوين مادة شبه موصلة موجبة p-type
- ✓ - الثنائي الشبه موصل الانحياز الأمامي Forward bias – الانحياز العكسي Reverse bias - Diode
- ✓ - منحنى الخواص للثنائي شبه الموصل diode Characteristic – الثنائي diode كعنصر في دائرة الكترونية Series
- ✓ - مقاومة الثنائي – المقاومة الستاتيكية Rs – المقاومة الديناميكية rd – الدائرة المكافئة Equivalent cct للثنائي – الثنائي المثالي Ideal Diode
- ✓ - مقارنة بين ثنائي الجرمانيوم Ge وثنائي السيليكون Si – أنواع الثنائيات الشبه موصلة – ثنائي زينر Zener Diode – الثنائي السعوي varactor
- ✓ ثنائي الانبعاث الضوئي (Light Emitting Diode) LED – الثنائي الذي يتحسس بالضوء photo diode

أشباه الموصلات والثنائيات SEMICONDUCTORS & DIODES

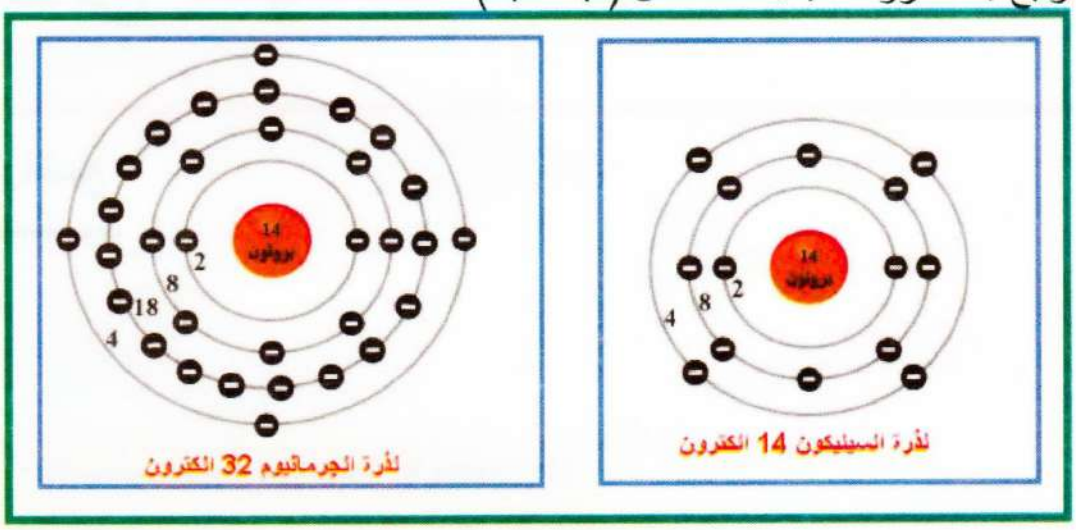


اشباه الموصلات و الثنائيات

4 . 1 تمهيد :

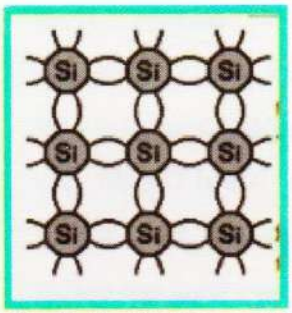
يعتبر عنصرا السيليكون (Si) والجرمانيوم (Gi) من اهم اشباه الموصلات المستعملة في الاغراض الالكترونية ويقعان في المجموعة الرابعة (رباعية التكافؤ) ولعنصر السيليكون 14 الكتروناً في تركيبه الذري بينما تمتلك ذرة الجرمانيوم 32 الكتروناً ، تتوزيع الالكترونات على مدارات الذرة :

المدار الاول يحتوي على 2 الكترون ، المدار الثاني 8 الكترونات ، المدار الثالث 18 الكترون المدار الرابع 4 الكترونات . لاحظ الشكل (4 – 1)



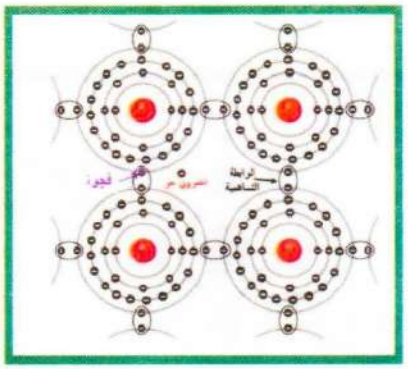
الشكل (4 – 1) توزيع الالكترونات على المدارات لكل من ذرة الجرمانيوم والسيليكون

وكل من هذه الذرات قادرة على الاتحاد فيما بينها عن طريق ترابط الكترونات التكافؤ للذرات المتجاورة وتسمى بالاواصر التساهمية (Covalent Bond) ويطلق على هذا التركيب بالتركيب البلوري (Crystal Structure) والشكل (4 – 2) يوضح تركيب بلورة السيليكون في درجة الصفر المطلق .



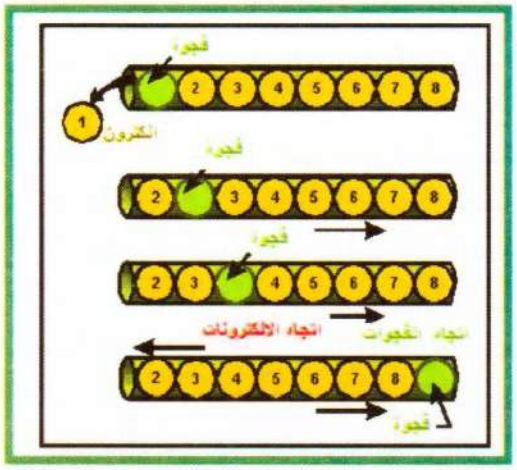
الشكل (4 – 2) بلورة السيليكون في درجة الصفر المطلق

واذا تعرضت البلورة الى مؤثرات خارجية ضوئية كانت او حرارية فأن ارتباط الكترونات التكافؤ يضعف فتتحرر وتكفي درجة حرارة الغرفة لمثل هذا التأثير خصوصاً لبلورة الجرمانيوم والشكل (4– 3) يوضح تحرر الكتروناً من حزمة التكافؤ في بلورة الجرمانيوم واصبح حراً تاركاً مكانه فجوة (Hole) واصبح التوصيل الكهربائي ممكناً بعض الشيء . و للفجوة اهمية خاصة حيث يعد حاملاً للكهربائية مثل الالكترونات الحرة.



الشكل (4 – 3) بلورة الجرمانيوم فى درجة حرارة الغرفة

ان انتقال الالكترون في اتجاه ما يصحبه انتقال فجوة (شحنة معاكسة) لنفس المسافة وبعكس الاتجاه وبمعنى اخر ان الفجوة تقوم مقام شحنة خيالية موجبة مساوية لقيمة شحنة الالكترون وعند تسليط فولتية عبر اشباه الموصلات تنساق الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل نحو القطب الموجب بينما تنساق الفجوات في حزمة التكافؤ بعكس الاتجاه وتكون محصلة التيار مجموع التيارين الناتجين عن حركة الالكترونات والفجوات لاحظ الشكل (4 – 4) .

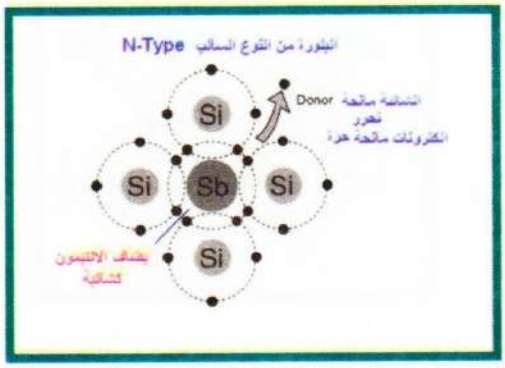


الشكل (4 – 4) الفجوة كحامل التيار

4 . 1 . 1 البلورة من النوع السالب : N-Type Crystal

بإضافة شائبة (Impurity) خماسية التكافؤ مثل الزرنيخ او الفسفور او الانتيمون لاحظ الشكل (4 – 5) الى بلورة الجرمانيوم او السيليكون فأن اربع الكترونات تكافؤية من الذرة الشائبة سيرتبط باواصر تساهمية مع الكترونات البلورة بينما يبقى الالكترون الخامس فائض و طاقة صغيرة تكفي لتحريره الى حزمة التوصيل لاحظ الشكل (4 – 6) . وتدعى المواد الشائبة بالواهبة (Donors) أو المانحة لأنها تعطي الالكترونات من مدارها الخارجي لذا سميت بالبلورة السالبة لان حاملات الشحنة هي الالكترونات.

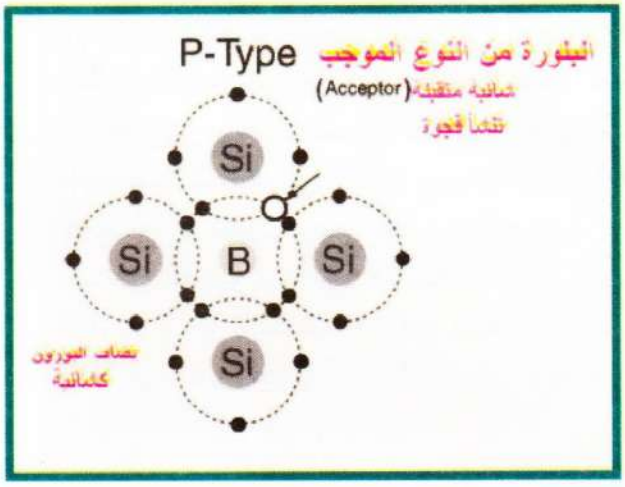
الشكل (4 – 5) ذرة خماسية التكافؤ



الشكل (4 – 6) البلورة من النوع السالب (N – Type)

4 . 1 . 2 البلورة من النوع الموجب : P - Type Crystal

بإضافة شائبة (Impurity) ثلاثية التكافؤ مثل الانديوم او الألمنيوم او البورون لاحظ الشكل (4 – 7) إلى بلورة الجرمانيوم او السيليكون فأن فجوة واحدة سوف تتولد نتيجة كل ذرة من ذرات الشائبة وتكون هذه الفجوات مستعدة لاستقبال الكترونات التكافؤ من ذرات شبه الموصل المجاورة لها تاركة فجوات جديدة في البلورة وينتج عن ذلك حركة عشوائية للفجوات .



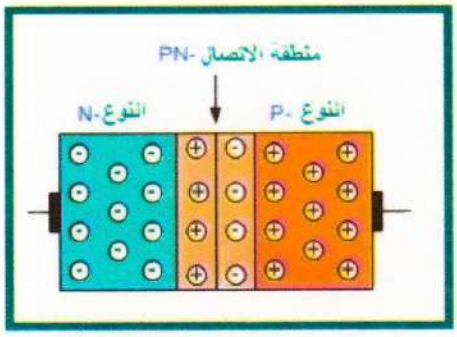
الشكل (4–7) البلورة من النوع الموجب (P–Type)

وتدعى الشائبة بالمواد المتقبلة Acceptor (لأنها تقبل الالكترونات كي تصل إلى حالة التشبع المداري لاحظ الشكل (4 – 8) .

الشكل (4 – 8) ذرة ثلاثية التكافؤ

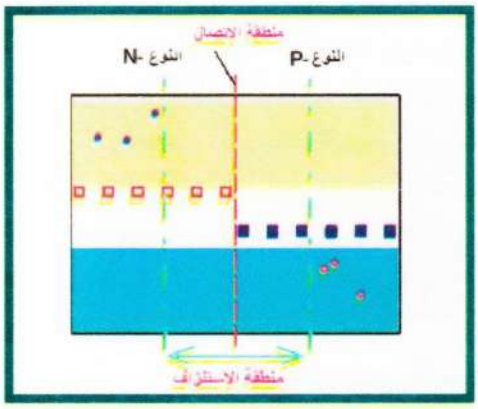
4 . 1 الثنائي (Doide) الشبه موصل :

بعد ان تعرفنا على كيفية تكوين كل من البلورة من النوع الموجب (النوع - P) والبلورة من النوع السالب (النوع - N) من مواد الشبه الموصلة وبدمج هاتين القطعتين يتكون بينهما حاجز (Barrier) يفصل بينهما يدعى بمنطقة الاتصال (Junction) لاحظ الشكل (4 – 9) .



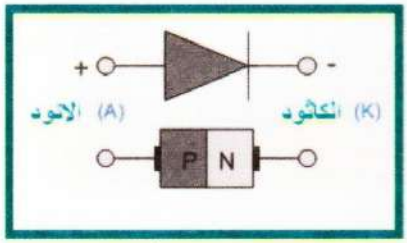
الشكل (4 – 9) الحاجز ومنطقة الاتصال للثنائي

تكون غالبية حاملات التيار في المادة من النوع (N) هي الالكترونات وفي المادة من النوع (P) هي الفجوات الالكترونية . تعبر الالكترونات من النوع (N) القريبة من الحاجز الفاصل عبر الحاجز لإشغال الفجوات في الجانب الاخر من الحاجز عند عدم وجود فرق جهد على طرفي القطعتين (P-N) ويؤدي ذلك الى تكوين فرق جهد داخلي حول منطقة الاتصال يسمى بجهد الحاجز (Potential Barrier) وتتكون منطقة بين جانبي الحاجز الفاصل خالية من حاملات الشحنة تدعى بمنطقة الاستنزاف (Depletion Region) لاحظ الشكل (4 – 10) وتنشأ منطقة الاستنزاف خلال التصنيع وتعتبر اساسية للقطعة (P-N) .



الشكل (4–10) تكوين منطقة الاستنزاف

يسمى الطرف المتصل بالمادة شبه الموصلة الموجبة بالأنود ويسمى الطرف المتصل بالمادة شبه الموصلة السالبة بالكاثود ويدعى المكوّن شبه الموصل (P-N) بالثنائي (Diode) ويرمز له كما في الشكل (4 – 11) .

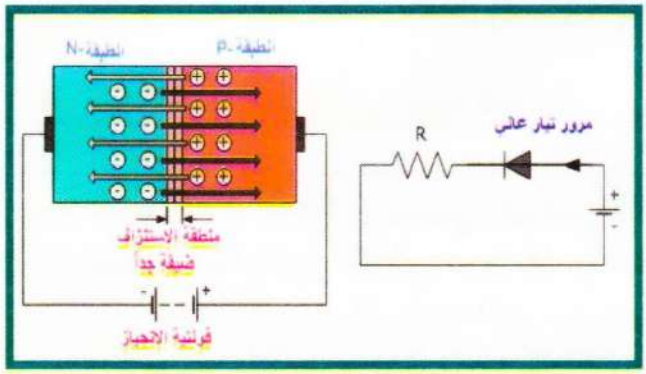


الشكل (4 - 11) الثنائي ورمزه

يوجد احتمالان لتوصيل الثنائي شبه الموصلة مع مصدر للتيار الكهربائي :

أ . التوصيل بالانحياز الامامي Forword Bias

في هذه الطريقة يوصل القطب الموجب للبطارية الى القطعة شبه الموصلة الموجبة (P) للثنائي في حين يوصل القطب السالب للبطارية بالقطعة شبه الموصلة السالبة (N) كما موضح بالشكل (4 – 12) .عندما تزداد فولتية المصدر عن الصفر فولت تضيق منطقة الاستنزاف فتتجه الالكترونات نحو القطب الموجب للبطارية بينما تنجذب الفجوات موجبة الشحنة نحو القطب السالب للبطارية فيسري تيار كهربائي ونستنتج من ذلك ان مقاومة الثنائي عند توصيله بالانحياز الامامي تكون قليلة .

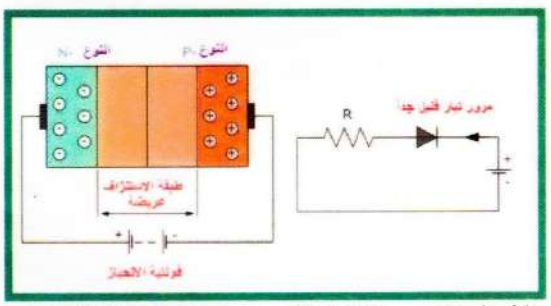


الشكل (4 – 12) التوصيل بالانحياز الأمامي

ب - التوصيل بالانحياز العكسي : Reverse Bias

في هذه الطريقة يوصل القطب الموجب للبطارية بالقطعة شبه الموصلة السالبة N – Type والقطب السالب للبطارية بالقطعة شبه الموصلة الموجبة P- Type . تندفع الالكترونات نحو القطب الموجب للبطارية وتنجذب الفجوات نحو القطب السالب للبطارية فلا يسري تيار كهربائي في الدائرة اي ان مقاومة الثنائي تكون عالية جداً ، وبسبب تجمع الالكترونات والفجوات حول منطقة الاتصال بين القطعتين كما تعرفنا على ذلك في الفقرات السابقة سوف تتنافر الفجوات القليلة جداً الموجودة في النوع N مع القطب الموجب للبطارية .

وتنجذب نحو القطب السالب وتتنافر الالكترونات القليلة جداً الموجودة في النوع p مع القطب السالب متجهة نحو القطب الموجب للبطارية وهذا يسبب مرور تيار قليل جداً في الثنائي عند توصيله بالاتجاه العكسي .عند زيادة الانحياز العكسي يكون الجهد الكهربائي للفولتية العكسية كافياً لكسر الاصرة التساهمية فيمر تيار يدعى بتيار الانهيار (Avalanche Current) وتدعى قيمة الفولتية التي تنتج تيار الانهيار بفولتية الانكسار (Breakdown Voltage) ، لاحظ الشكل (4 - 13).

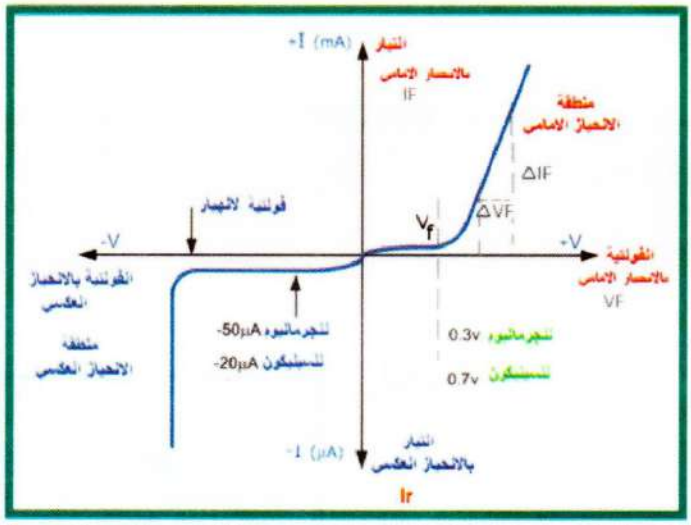


الشكل (4 – 13) التوصيل بالانحياز العكسي

4 . 2 . 1 خواص الثنائي شبه الموصل : Semiconductor Diode Characteristics

يبين الشكل (4 – 14) منحني خواص الثنائي شبه الموصل الذي يمثل العلاقة بين التيار والفولتية عندما يكون الثنائي موصلاً بالانحياز الامامي والانحياز العكسي . عندما تصل فولتية الانحياز الامامي الى قيمة اكبر من جهد الحاجز وتصل هذه القيمة 0.7V اذا كان الثنائي مصنوع من السيليكون و 0.3V اذا كان الثنائي مصنوع من الجرمانيوم ، وهذا سوف يسبب زيادة بمرور تيار بالاتجاه الأمامي (I_F) كلما تزداد فولتية الانحياز الأمامي (V_F) ويمكن ملاحظته في الجزء الأيمن للمنحني . ويمكن استخراج مقاومة الثنائي الأمامية من العلاقة الرياضية الآتية :

$$r_B = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$$



الشكل (4 – 14) منحني الخواص للثنائي شبه الموصل

ويمثل المنحني منطقة الانحياز العكسي للثنائي ومنه نلاحظ ان تيار الانحياز العكسي يكون قليلاً ولا يتأثر بزيادة الفولتية (Vr) على طرفي الثنائي بالاتجاه العكسي . وعندما تصل قيمة فولتية الانحياز العكسي الى قيمة معينة تسمى بفولتية الانهيار(Break Down) تتكسر الأواصر التساهمية فيزداد التيار بالاتجاه العكسي (Ir) فجأة الى قيمة كبيرة جداً .

مثال 4 . 1

ثنائي سيليكون قدرته 1.5 w عندما يمر به تيار امامي 1A احسب فرق الجهد الامامي V_F على طرفي الثنائي وقيمة مقاومة الثنائي r_B . لاحظ الشكل (4 – 15).

الحل:

$$V_F = \frac{P}{I_F} = \frac{1.5W}{1A} = 1.5V$$

$$r_B . I_F = V_F - V_f$$

$$r_B \times 2A = 1.5 - 0.7 = 0.8V$$

$$r_B = \frac{0.8V}{2A} = 0.4\Omega$$

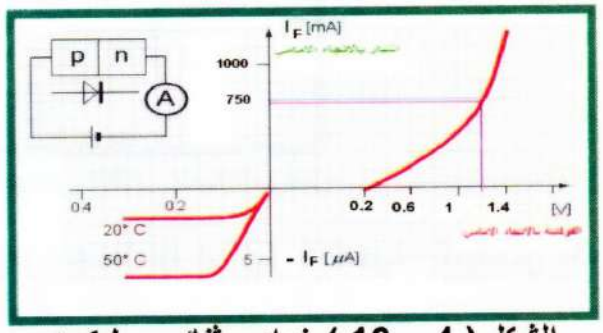
الشكل (4 - 15) خواص ثنائي السيليكون

مثال 4 . 2

اوجد قيمة R_b لثنائي سيليكون نوع IN1095 فيه هبوط الفولتية المستمرة الأمامي V_F تساوي 1.2V والتيار المستمر الامامي (I_F) يساوي 750mA لاحظ الشكل (4 – 16) .

الحل :

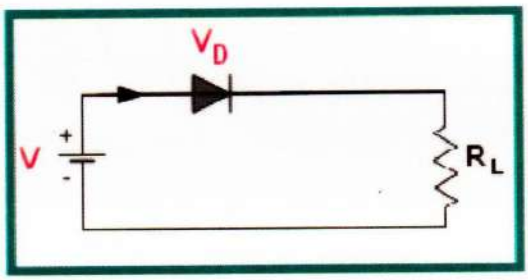
$$R_b = \frac{V_F}{I_F} = \frac{1.2V}{750mA} = 1.6\Omega$$



الشكل (4 - 16) خواص ثنائي سيليكون

4 . 2 . 2 الثنائي كعنصر في دائرة الكترونية :

تتكون الدائرة الاساسية لاستخدام الثنائي كعنصر في الدائرة الالكترونية من الثنائي(D) ومقاومة حمل (R_L) ومصدر فولتية (V) كما موضح في الشكل (4 – 17).



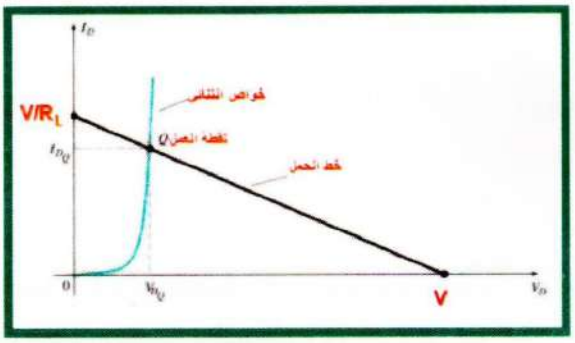
الشكل (4 – 17) الثنائي كعنصر في الدائرة

ولايجاد التيار المار بالثنائي والفولتية على طرفيه بالاستعانة بقانون كرشوف نستطيع كتابة العلاقة الاتية :

$$V = V_D + V_R$$

$$V = V_D + I_D \cdot R$$

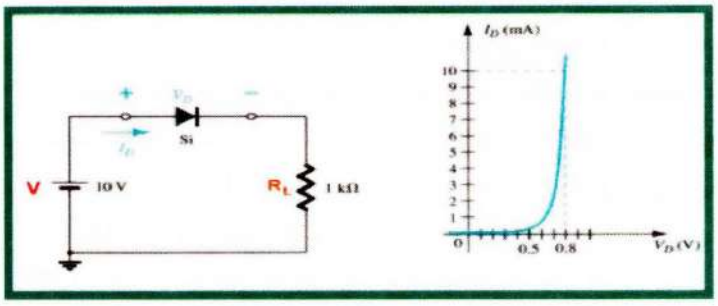
نلاحظ من هذه العلاقة ان قيم (I_D , V_D) غير معروفان بينما قيم (R_L , V) معلومتان وكما هو معروف لا يمكن حل معادلة رياضية فيها مجهولين الا بوجود معادلة أخرى ، لذا سنعتمد على منحني خواص الثنائي الذي يوضح العلاقة (I , V) ورسم خط الحمل DC Load Line بتحديد نقطة على المحور السيني عندما تكون ($V = V_D$) ونقطة على المحور الصادي عندما ($I_D = V/R_L$) لاحظ الشكل (4 – 18) .



الشكل (4 – 18) خط الحمل ونقطة العمل

مثال 4 . 3 :

من الشكل (4 – 19) ارسم خط الحمل وحدد نقطة العمل (التشغيل) .



الشكل (4 – 19) خواص الثنائي بالاتجاه الامامي

الحل :

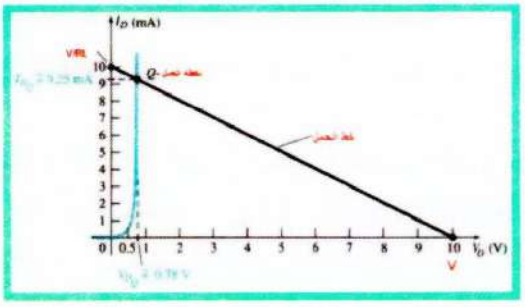
1- نحدد النقطة على المحور الصادي .

$$I_{DQ} = \frac{V}{R_L}$$

$$I_{DQ} = \frac{10V}{1K\Omega} = 10mA$$

$$V = V_D = 10V$$

2- نرسم خط الحمل ثم نحدد نقطة العمل من تقاطع خط الحمل مع منحني الخواص لاحظ الشكل (4 – 20) .



الشكل (4 – 20) خط الحمل على منحني خواص الثنائي

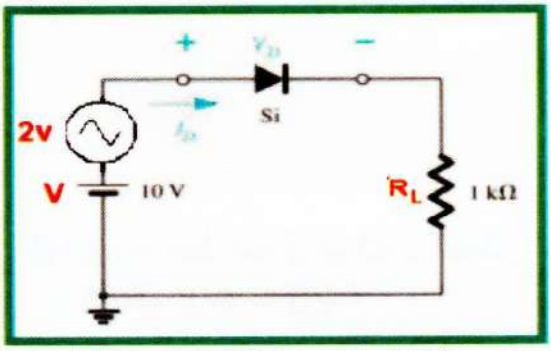
من الشكل (4 – 20) نلاحظ أن $I_{DQ} = 9.25mA$

$V_{DQ} = 0.78V$

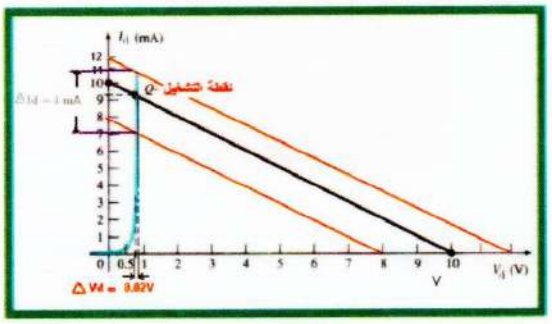
ويظهر ان للثنائي قيمة ثابتة للتيار والفولتية على طرفيه في نقطة عمل معينة . وباستخدام قانون اوم ($R_{dc} = V_{DQ} / I_{DQ}$) يمكن الحصول على المقاومة الستاتيكية (Static Resistance) للثنائي عند نقطة العمل Q ويرمز R_{dc}. ومن المثال السابق تكون المقاومة الستاتيكية R_{dc} .

$$R_{dc} = \frac{V_{DQ}}{I_{DQ}} = \frac{0.78V}{9.25mA} = 84\Omega$$

إذا تغيرت نقطة العمل بسبب تغيير في مقاومة الحمل اوفولتية التجهيز فان المقاومة الستاتيكية ستتغير ايضاً. وبالاستعانة بالشكل (4 – 21) والذي يوضح إضافة مصدر تيار متناوب الى الدائرة بالشكل (4 – 19) فان الحالة ستتغير كلياً، فعلى سبيل المثال اذا كانت القيمة العظمى لمصدر التيار المتناوب تساوي 2V وبما ان مستوى الفولتية المستمرة أعلى من الفولتية المتناوبة فان الثنائي سيبقى منحازاً بالاتجاه الأمامي . وبرسم خط الحمل الناتج من المصدر المستمر V (10) اما تأثير المصدر المتناوب فيمكن تمثيله برسم خطي حمل موازيين لخط الحمل للتيار المستمر حيث تؤخذ الفولتية المتناوبة عندما تكون في نهايتها العظمى مرة فتصبح فولتية التجهيز (12V) ومرة أخرى عندما تكون في نهايتها العظمى السالبة فيصبح فولتية التجهيز (8V). ان تأرجح نقطة العمل (Q) بين قيمتين بسبب وجود المصدر المتناوب وهذا يجعل قيمة التيار المار بالدائرة يتارجح بين نقطتين بفارق مقداره (ΔI_d) ويقابله فارقاً بفرق الجهد على طرفي الثنائي مقداره (ΔV_d) و يدعى حاصل قسمة (ΔV_d) على (ΔI_d) بالمقاومة الديناميكية لاحظ الشكل (4 – 22) .



الشكل (4 – 21) خواص الثنائي عند إضافة مصدر تيار متناوب



الشكل (4 – 22) استخراج المقاومة الديناميكية

عندما تكون إشارة الدخل كبيرة بحيث تسبب التأرجح فان المقاومة الخاصة بالثنائي تسمى بالمقاومة المتناوبة المتوسطة r_{av} (Average A.C Resistance) ويتم تعيين هذه المقاومة بالخط الواصل بين نقطتي التقاطع التي تسببها القيمتين العظمى والصغرى للفولتية الداخلة .

$$r_{av} = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D}$$

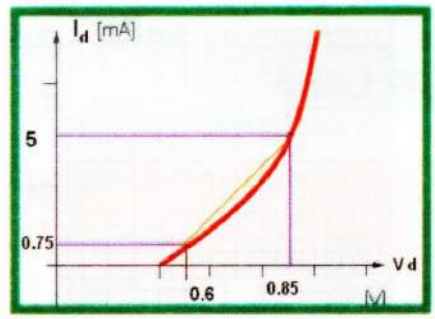
مثال 4 . 4

احسب المقاومة المتناوبة المتوسطة للشكل (4 – 23) .

الحل :

$$r_{av} = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D}$$

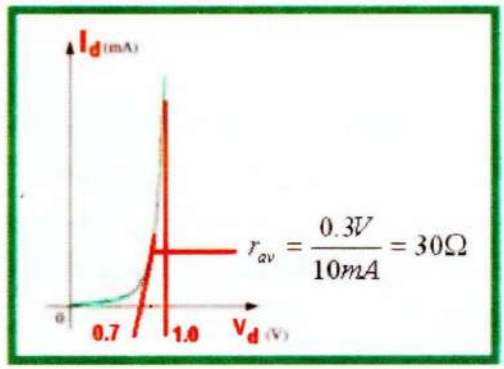
$$r_{av} = \frac{0.85 - 0.6}{(5 - 0.75)10^{-3}} = 58.8\Omega$$



الشكل (4 – 23) حساب r_{av}

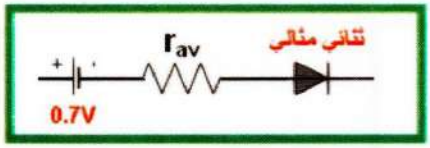
4 . 2 . 3 الدائرة المكافئة للثنائي : Diode Equivalent Circuit

تمثل الدائرة المكافئة لأية وسيلة مثل الثنائي في الدوائر الالكترونية مجموعة من العناصر يتم اختيارها بصورة مناسبة لتمثل تلك الوسيلة . وكتطبيق للحصول على الدائرة المكافئة للثنائي تقرب خواصه بوساطة قطعتين من مستقيم وكمثال على ذلك لاحظ الشكل (4- 24) .

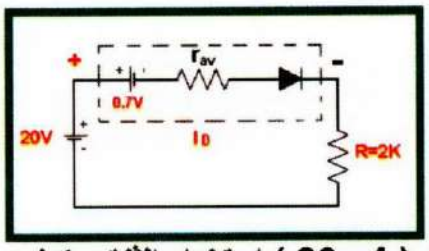


الشكل (4– 24) خواص الثنائي

ويدعى هذا النوع بالدائرة المكافئة الخطية حيث ان r_{av} هي الدائرة المتناوبة المتوسطة وقد وضع الثنائي المثالي للدلالة على ان التيار يمر باتجاه واحد وبما ان ثنائي السيليكون لايصل إلى حالة التوصيل الا بعد تسليط فولتية V(0.7) على طرفيه لذا فقد تم وضع بطارية v باتجاه معاكس وهذا يعني ان الفولتية الكلية بالاتجاه الأمامي يجب ان تزيد عن V(0.7) لاحظ الشكل (4-25) الذي يمثل الدائرة المكافئة للثنائي .



الشكل (4 - 25) الدائرة المكافئة للثنائي



الشكل (4– 26) استخدام الثنائي كعنصر في دائرة الكترونية

مثال 4. 5

في الدائرة الموضحة بالشكل (4 – 26) احسب الفولتية على طرفي المقاومة R وفرق الجهد المتبدد على الثنائي V_D والمقاومة المستمرة المكافئة للثنائي ، علماً ان $r_{va}= 30\Omega$.

الحل :

لاستخراج الفولتية V_R على المقاومة R

$$V_R = \frac{20-0.7}{2K+30\Omega}\times 2K = 19V$$

$$I_D = \frac{20-0.7}{2030} = 9.51mA$$

$$V_D = 0.7 + I_D \times r_{av} = 0.7 + 9.51\times10^{-3}\times 30 = 1V$$

$$R_{dc} = \frac{V_D}{I_D} = \frac{1V}{9.51mA} = 105.15\Omega$$

4 . 2 . 4 الثنائي المثالي Ideal Diode :

يعمل الثنائي المثالي كمفتاح الكتروني ففي حالة التوصيل (ON) يعني ان فرق الجهد على الثنائي صفراً ومرور تيار (ID) بالاتجاه الأمامي أي أن الثنائي في حالة دورة قصر (Short Circuit) وتكون مقاومة الثنائي بالاتجاه الأمامي صفراً . وعندما يكون الثنائي في حالة قطع (OFF) يعني عدم مرور تيار (I_D) أي يعمل بالاتجاه العكسي وتكون مقاومة الثنائي بالاتجاه العكسي ما لانهاية (∞). ومن الشكل (4 – 27) نلاحظ أن هذه المواصفات مثالية لايمكن تحقيقها عملياً .

عند العمل كدائرة قصر **Short Circuit**

$V_F = 0$

$R_F = 0$

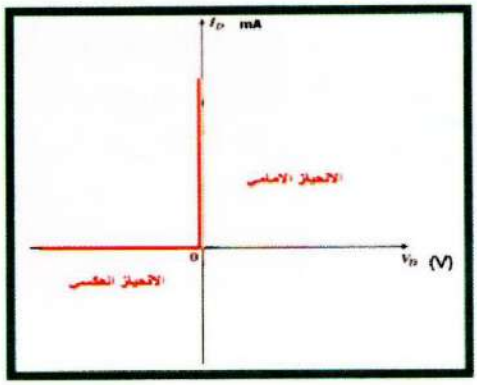
A ● ——— ● K

عند العمل كدائرة مفتوحة **Open Circuit**

$I_r = 0$

$R_r = \infty$

A ● —— / —— ● K



الشكل (4 - 27) عمل الثنائي كمفتاح الكتروني

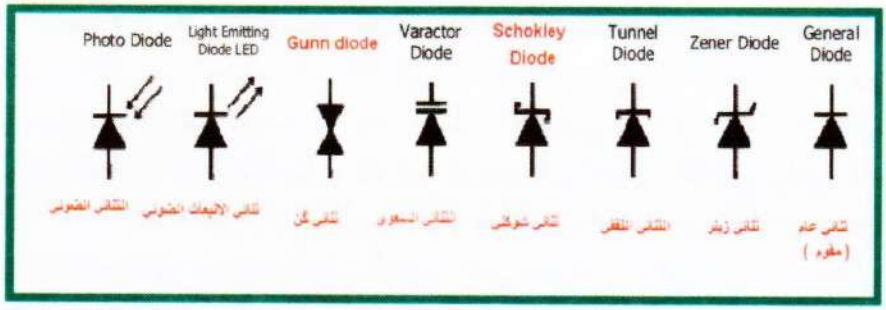
4 . 2 . 5 مقارنة بين ثنائيات السيليكون والجرمانيوم :

يستخدم السيليكون والجرمانيوم في صناعة الثنائيات في أكثر التطبيقات ويفضل السيليكون على الجرمانيوم من جوانب متعددة منها ان ثنائيات السيليكون يمكنها ان تعمل على درجات حرارة عالية جداً تصل الى $200^{o}C$ بينما تعمل ثنائيات الجرمانيوم الى حد ($100^{o}C$) . تعمل ثنائيات السيليكون الى فولتيات عكسية عظمى Prv (Peak Reverse Voltage) عالية تصل الى 1KV تقريباً بينما ثنائيات الجرمانيوم تصل الى 400V تقريباً . ويكون جهد الحاجز للسيليكون 0.7)V) وللجرمانيوم V (0.3) وهنا يعدُّ الجرمانيوم أفضل من السيليكون في هذه الخاصية . اذ يمكن استخدامه في الدوائر الالكترونية التي تعمل بجهد واطئ مثل دوائر كشف الاشارات الراديوية .

4 . 3 انواع الثنائيات : Type Of Diodes

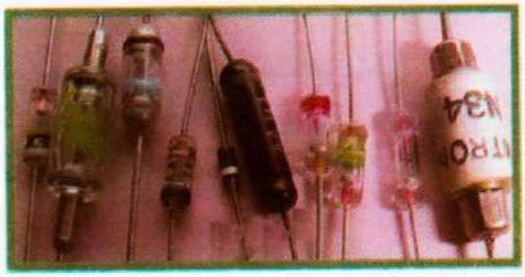
بعد ان تعرفنا على تركيب وخواص الثنائيات وهي عبارة عن مكونات صلبة مصنوعة من مواد شبه موصلة وتتكون من طبقتين من النوع (P-Type) والنوع (N- Type) التي يمكن صنعها من بلورات الجرمانيوم او السيليكون وطريقة توصيل هاتين الطبقتين تختلف من ثنائي الى آخر ولذا فان خصائصها وطريقة ومكان استعمالها تتغير حسب صنعها ونوعها ومن الانواع الشائعة الاستعمال نذكر منها ما يلى :

الثنائي البلوري (Crystal Diode) – ثنائي المقوم (Rectifier Diode) - ثنائي زينر (Zener Diode) – ثنائي الانبعاث الضوئي (Light Emitting Diode) – الثنائي الذي يتأثر بالضوء (Photo Diode) – الثنائي النفقي (Tunnel Diode) – ثنائي الليزر- الثنائي السعوي (Varactor Diode) – ثنائي شوكلي (Schokley Diode) وثنائي كن (Gunn Diode)، لاحظ الشكل (4 – 28) الذي يوضح انواع مختلفة من **الثنائيات** .



الشكل (4 – 28) أنواع مختلفة من الثنائيات

تختلف طرق تغليف الثنائي من نوع إلى آخر أثناء التصنيع ففي الثنائيات الاعتيادية تكون غير شفافة بينما في الثنائي الضوئي يكون التغليف شفافاً بالضرورة كي يسمح بتعريض قطعة الثنائي للأشعة الضوئية وفي ثنائي الانبعاث الضوئي LED (Light Emitting Diode) يكون الغلاف شفافاً أيضا للسماح للأشعة الضوئية الصادرة من الثنائي نفسه لاحظ الشكل (4 – 29) .



الشكل (4 – 29) أنواع مختلفة من الثنائيات الشفافة وغير الشفافة

4 . 4 الانهيار : Avalanche

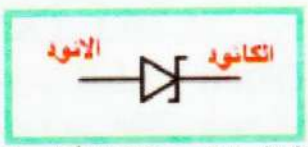
ان وجود المجالات الكهربائية الكبيرة داخل شبه الموصل تسبب انهياراً كهربائياً شأنها بذلك شأن الحالات الاخرى التي يحدث فيها الانهيار . والشرارة (spark) مثلاً هي الانهيار الكهربائي للهواء وعند صناعة المتسعات تحدد بوساطة فولتيات عظمى وبتجاوز هذه الفولتية يحدث الانهيار في الطبقة الرقيقة العازلة بين صفيحتي المتسعة .

4 . 5 فولتية الذروة العكسية : Peak Inverse Voltage (PIV)

عندما يكون الثنائي منحازاً عكسيا فان التيار المار بالدائرة يساوي صفراً ولكن هناك فرق جهد على طرفى الثنائي وهذا الجهد يساوي الفولتية العظمى المسلطة من المصدر V_m وعليه فان فولتية الذروة العكسية في هذه الحالة تساوي $PIV = V_m$.

4 . 6 ثنائي زينر : Zener Diode

يتكون ثنائي الزينر من نفس مكونات الثنائي الاعتيادي عدا ان نسبة الشوائب في القطعتين (N) و (P) تكون اكثر من نسبتها في الثنائي الاعتيادي. ان زيادة الشوائب يؤثر على عمل وخواص الثنائي وخاصة عند توصيله بالانحياز العكسي فيبدي مقاومة عالية جداً، ولكن الاستمرار في زيادة الفولتية العكسية على طرفيه تؤدي الى انهيار الثنائي ولكن لايؤدي الى تلفه فيمر به تيارعالٍ كلما زادت الفولتية العكسية المسلطة عليه وتسمى الفولتية بفولتية الانهيار (Break Down Voltage) ، ويبقى فرق الجهد على طرفي ثنائي الزينر خلال فترة الانهيار ثابتاً. وان مقدارها يتوقف على نسبة الشوائب في القطعتين المكونتين للثنائي لاحظ الشكل (4- 30) الذي يوضح رمز ثنائي الزينر وخواصه. اما في حالة توصيل ثنائي الزينر بالانحياز الامامي فيعمل عمل ثنائي عادي .



الشكل (4 – 30) ثنائي زينر

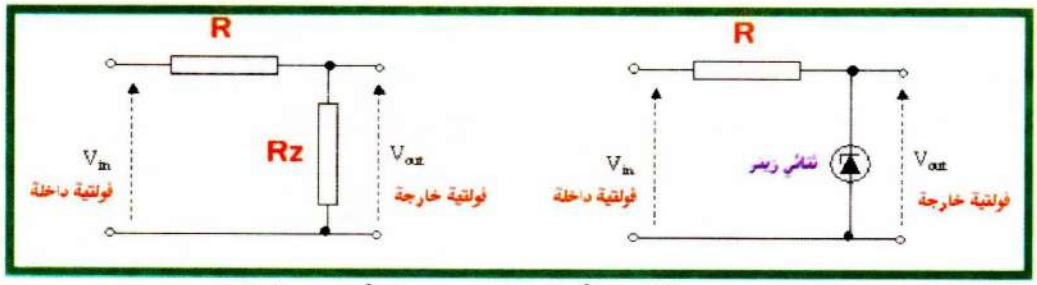
تعمل ثنائيات الزينر في منطقة الانحياز العكسي وحول نقطة الانهيار بالذات. وتنتج الشركات أنواع عديدة من ثنائيات الزينر تختلف في مقدار فولتية انهيار كل منها والتيار الخاص به اذ

تتراوح فولتية الانهيار للأنواع المنتجة بين (2- 200) فولت والجدول (4- 1) يوضح بعض أنواع من هذه الثنائيات حيث تتوفر ثنائيات لها فولتيات انهيار مختلفة القيم .

الجدول (4 - 1) بعض انواع الثنائيات وخصائصها

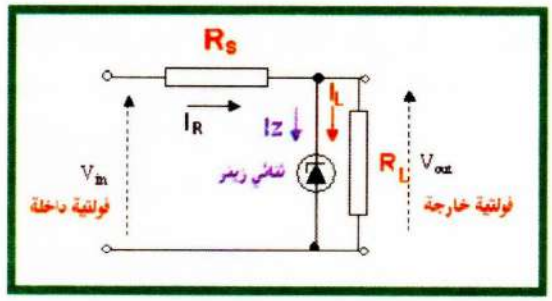
اسم الثنائي	Vz فولتية الزينر	Imax mA	Rz Ω
IN3821	3.3	276	10
IN3822	3.6	252	10
IN3823	3.9	238	9
IN3824	4.3	213	9
IN3825	4.4	194	8
IN3826	5.1	178	7
IN3827	5.6	162	5
IN3828	6.2	146	2

في حالة عدم وجود حمل في دائرة ثنائي الزينر لاحظ الشكل (4 – 31) سوف يمر التيار في الثنائي وتكون قيمة التيار اعلى قيمة بالنسبة للثنائي I_Z ، وعلى هذا الاساس يتم حساب قيمة المقاومة R.



الشكل (4 – 31) في حالة عدم وجود حمل في دائرة الزينر

من التطبيقات المهمة لثنائيات زينر هو تنظيم الفولتية (Voltage Stabilization) عبر حمل معين ومنعها من التغير مع تغير التيار في الحمل والدائرة الموضحة في الشكل (4 - 32) توضح استخدام ثنائي زينر لتثبيت الفولتية على طرفي مقاومة الحمل (R_L) .



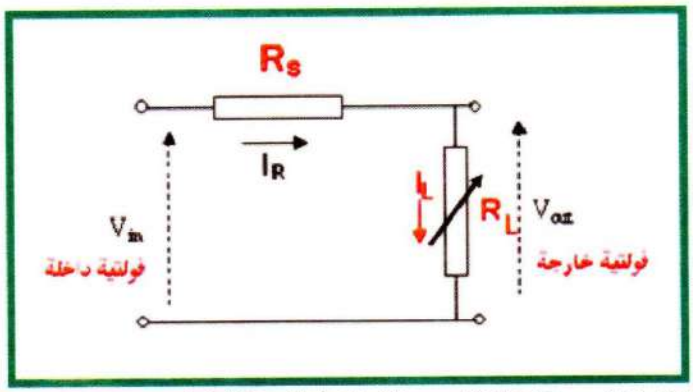
الشكل (4 – 32) ثنائي زينر لتثبيت الفولتية على الحمل

وتوجد حالتان تؤديان الى تغير الفولتية الخارجة هما :

أ - حالة ثبوت الفولتية الداخلة (V_{in}) وتغير مقاومة الحمل (R_L) :

قبل توصيل ثنائي زينر للدائرة الموضحة في الشكل (4 - 33) وبتغير مقاومة الحمل يتغير التيار المار فيها و تتغير تبعا لذلك الفولتية على طرفيها لان الفولتية الداخلة تقسم على المقاومتين (R_L) و (R_S) كل حسب قيمتها .

$$V_{in} = V_{RS} + V_{RL}$$



الشكل (4 – 33) تقسيم الفولتية الداخلة لكل من (R_S , R_L)

يتم اختيار ثنائي الزينر بحيث ان فولتية انهياره تساوي الفولتية الخارجة و المطلوب تثبيتها و يوصل بالانحياز العكسي و بالتوازي مع مقاومة الحمل. ان اي زيادة في مقاومة الحمل تؤدي الى زيادة الفولتية على طرفيها و بالتالي الى زيادة الفولتية العكسية على طرفي ثنائي الزينر فيزداد التيار المار فيه (I_Z) و الذي يؤدي بدوره الى زيادة التيار الكلي (I_R) والفولتية على طرفي المقاومة (R_S) فتقل الفولتية على المقاومة (R_L) لتعود الى قيمتها الاساسية والتي تساوي فولتية انهيار الثنائي (V_Z) اي ان فولتية الحمل تبقى ثابتة. اما عندما تقل مقاومة الحمل (R_L) الى قيمة قليلة جدا فان الفولتية على طرفيها قد تصل الى مقدار اقل من فولتية انهيار ثنائي زينر الدايود وبالتالي يصبح ثنائي الزينر في حالة قطع (OFF) وتنتفي فائدته. وعليه يجب تحديد اقل قيمة لمقاومة الحمل (R_{Lmin}) والتي لا يجوز النزول عنها وذلك باستخدام المعادلة الاتية :

$$R_{L\min} = \frac{R_S . V_Z}{V_{in} - V_Z}$$

ب- حالة ثبوت مقاومة الحمل (R_L) وتغير الفولتية الداخلة (V_{in}) :

لكي يعمل ثنائي الزينر على تثبيت الفولتية على طرفي مقاومة الحمل يجب ان يكون في حالة توصيل (ON) بشكل دائم فهو لا يتاثر بزيادة الفولتية الداخلة و الفولتية على طرفيه لا تتغير و هذا يعني ان الفولتية الخارجة تكون ثابتة على طرفي مقاومة الحمل (R_L) عندما تقل الفولتية الداخلة (V_{in}) يتحول ثنائي زينر من حالة الانهيار او التوصيل الى حالة القطع (OFF) ويكون وجوده لا فائدة منه في الدائرة لذلك يجب تحديد اقل قيمة للفولتية الداخلة والتي تعمل عندها الدائرة على تجهيز فولتية خارجة ثابتة و ذلك وفقا للمعادلة الاتية :

$$V_{in\min} = \frac{(R_L + R_S)V_Z}{R_S}$$

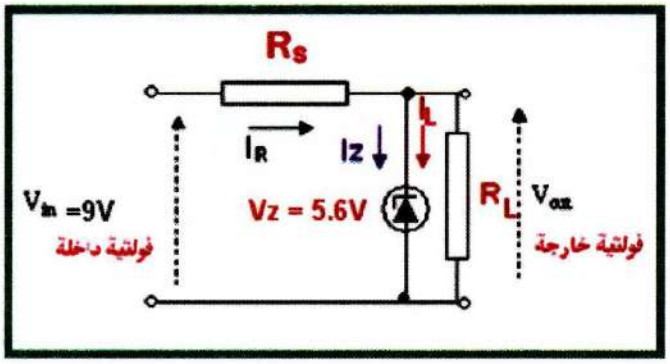
مثال 4 . 6

احسب قيمة المقاومة R_S عندما يكون التيار I max = 20mA والفولتية Vz = 5.6V ومصدر الفولتية في الدائرة V_{in} = 9V علماً ان Rz = 4Ω لاحظ الشكل (4 – 34) .

الحل:

$$R_S = \frac{V_{in} - V_z}{I_{max}}$$

$$R_S = \frac{(9-5.6)V}{20mA} = 170\Omega$$



الشكل (4 – 34) حساب قيمة المقاومة المجهولة

مثال 4 . 7

المطلوب تثبيت الفولتية على مقاومة الحمل R_L= (10)Ω بمقدار V(10) بأستخدام ثنائي زينر ذا قدرة عظمى 20W فاذا كانت المقاومة R_S = (3)Ω، احسب المدى المسموح به لتغير فولتية الدخل V_{in} مع بقاء فولتية الحمل ثابتة علما ان Iz min =0.05A .لاحظ الشكل (4 – 35) .

الحل :

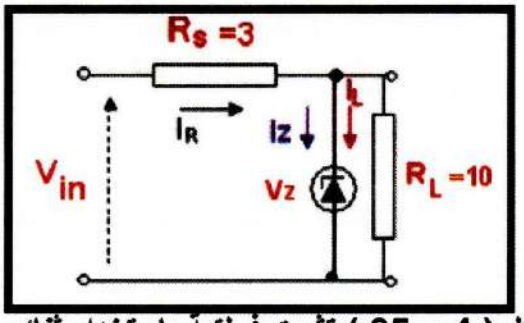
$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{10}{10} = 1A$$

$$I_Z = \frac{20W}{10V} = 2A$$

$$I_R = I_{Z\max} + I_L$$

$$I_R = 2 + 1 = 3A$$

$$Vin \max = (3)\times(3) + 10V = 19V$$



الشكل (4 – 35) تثبيت فولتية باستخدام ثنائي زينر

وعندما تكون فولتية الدخل (V_{in}) باقل قيمة فان التيار المسحوب يكون باقل قيمة

$$I_{R\min} = I_{Z\min} + I_L$$

$$I_{R\min} = 0.05 + 1 = 1.05A$$

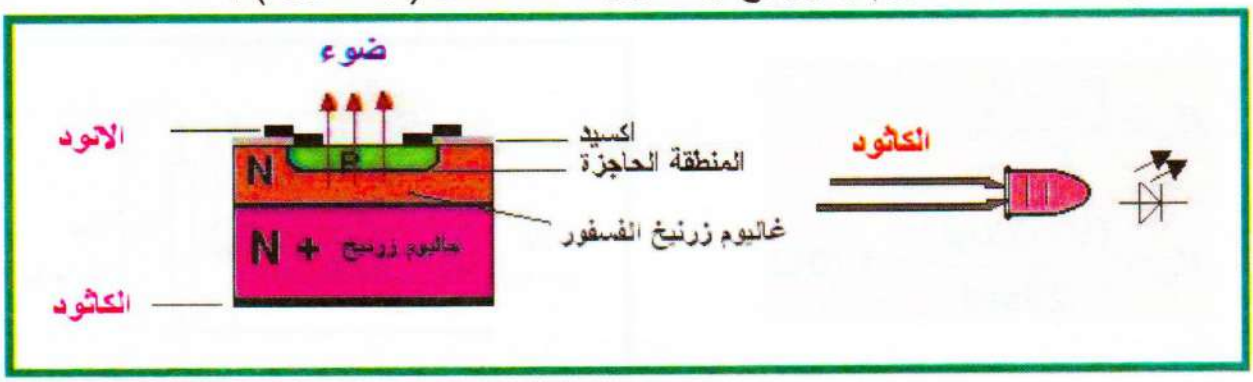
$$V_{in\min} = (3)\times(1.05) + 10 = 13.15V$$

4 . 7 ثنائي الانبعاث الضوئي : (LED) (Light Emitting Diode)

عرفنا سابقا ان توصيل الثنائي الاعتيادي بالانحياز الامامي يؤدي الى حركة الفجوات الى القطب السالب وحركة الالكترونات الى القطب الموجب لمصدر الجهد . ان حركة الفجوات والالكترونات هذه تعني حدوث اشعاع في الطاقة وان هذه الطاقة تتبدد بشكلين فجزء منها يتحول

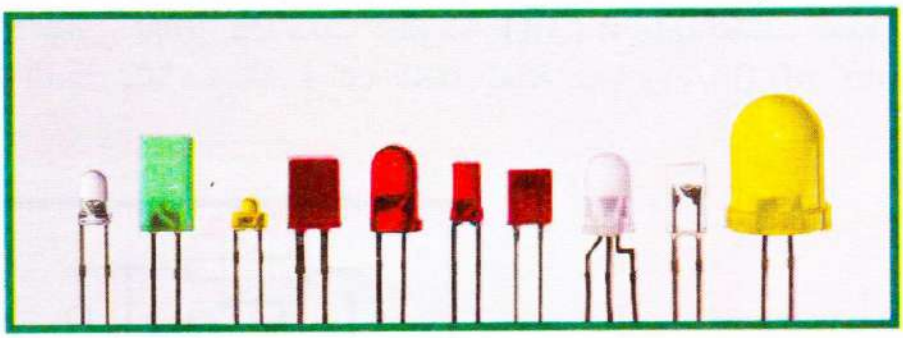
الى حرارة و الجزء الاخر يتحول الى اشعاع فوتونات ضوئية في ثنائيات الجرمانيوم والسيليكون ويكون الجزء المستهلك من الطاقة بشكل حرارة اكبر بكثير من الجزء المستهلك بشكل طاقة ضوئية .

اما في ثنائيات الانبعاث الضوئي فتستخدم مواد شبه موصلة يتحول فيها الجزء الاكبر من الطاقة الناتجة عن حركة الفجوات و الالكترونات الى اشعاع ضوئي . هذه المواد يدخل في تركيبها عناصر مشعة مثل الغاليوم والزرنيخ والفسفور لاحظ الشكل (4 – 36) .



الشكل (4 – 36) تركيب ثنائي الانبعاث الضوئي ورمزه

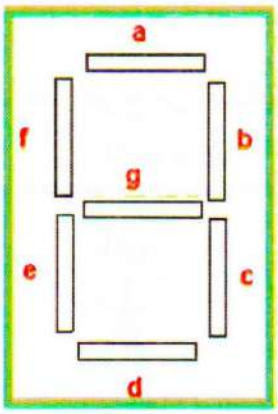
و يكون الضوء الناتج عنها بالوان مختلفة كالاحمر والاصفر والاخضر والبرتقالي والابيض لاحظ الشكل (4 – 37) .



الشكل (4 -37) انواع واحجام مختلفة من ثنائيات الانبعاث الضوئي

او قد تكون الطاقة المشعة غير مرئية للعين البشرية كالاشعة تحت الحمراء . تستخدم ثنائيات الانبعاث الضوئي التي تشع ضوءا مرئيا في شاشات عرض الارقام في الحاسبات و الساعات الرقمية و كثير من الاستخدامات الاخرى . فلعرض اي رقم يتم ترتيب سبعة من ثنائيات الانبعاث الضوئي لتكون الرقم (8) وكما موضح في الشكل (4 – 38) .

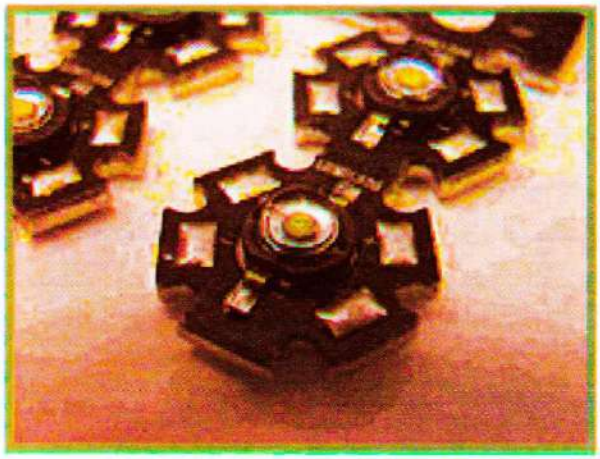
الشكل (4 – 38) شاشات عرض الارقام



الشكل (4 – 39) مجموعة من ثنائيات الانبعاث الضوئي

فلرسم الرقم (1) يجب ان يكون انحياز كل من ثنائي الانبعاث الضوئي (f) و (e) انحيازا اماميا و لتكوين الرقم (2) تنحاز كل من الثنائيات (d,e,g,b,a) اماميا وهكذا بالنسبة لبقية الارقام لاحظ الشكل (4 – 39

اما الثنائيات الي تبعث الاشعة تحت الحمراء (الغير مرئية) فلها استخدامات كثيرة في اجهزة الانذار واكتشاف السرقات واجهزة السيطرة الاخرى . ثنائيات الانبعاث الضوئي ذات القدرة العالية (HPLED) High Power Light Emitting Diode تثبت على قطعة معدنية 21mm على شكل سداسي تعتبر مشتت حراري للمحافظة على الثنائيات من التلف بسبب ارتفاع درجات الحرارة ويصل تيار الثنائيات بعض الاحيان الى اكثر من A (1) لتوليد كمية عالية من الضوء لاحظ الشكل (4 – 40) .



الشكل (4 – 40) ثنائيات الانبعاث الضوئي ذات القدرات العالية

وغالبا ما يستخدم ثنائي واحد (HPLED) محل مصباح يتوهج بشكل متقطع ، وبسبب استهلاك الطاقة القليلة والحجم الصغير لهذه الثنائيات اصبح استخدامها واسعاً في كثير من المجالات منها في الاشارات الضوئية والملاعب الرياضية و الديكورات وفي المطارات ومحطات القطارات والحافلات والمراكب وغيرها .

4 . 8 الثنائيات التي تتحسس بالضوء (الثنائي الضوئي) : Photodiodes

توصيل الثنائي بالانحياز العكسي يعني سريان تيار قليل جداً خلاله نتيجة لانتقال اقلية من الفجوات والالكترونات عبر منطقة الاتصال (Junction) ويزداد هذا التيار القليل عند زيادة درجة حرارة منطقة الاتصال . وباستخدام نافذة صغيرة تطل على هذه المنطقة تحول الثنائي الاعتيادي الى ثنائي يتحسس بالضوء ، فبسقوط اشعة الضوء على منطقة الاتصال تزداد درجة حرارتها وبالتالي يزداد تيار الانحياز العكسي للثنائي لاحظ الشكل (4 – 41) .

الشكل (4 – 41) تركيب الثنائي الضوئي

يستخدم هذا النوع من الثنائيات كثيراً في دوائر السيطرة ودوائر الكشف عن الضوء . والشكل (4 – 42) يمثل رمز الثنائي الضوئي وكيفة توصيله بدائرة الكترونية .

الشكل (4 – 42) رمز الثنائي الضوئي وشكله واستخدامه في دائرة الكترونية

4 . 9 الثنائي السعوي : VARACTOR

على جانبي القطعة (P – N) في كل ثنائي شحنات ثابتة فعلى جانب النوع N من القطعة توجد شحنات موجبة وعلى جانب النوع P من القطعة توجد شحنات سالبة والمنطقة القريبة من الحاجز تكون خالية من حاملات الشحنات هي منطقة الاستنزاف او(المنطقة القاحلة) من الثنائي وهي منطقة عازلة لانها خالية من الشحنات تقريباً . وفي الانحياز العكسي يزداد سمك هذه المنطقة مع زيادة الفولتية العكسية عبر القطعة (P–N) اي ان :

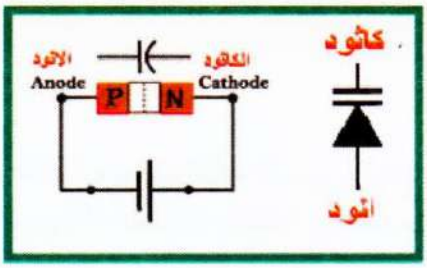
$$\frac{d_2}{d1} = \sqrt{\frac{V_2}{V_1}}$$

حيث ان d_1 = سمك المنطقة القاحلة بالفولتية V_2

d_2 = سمك المنطقة القاحلة بالفولتية V_1

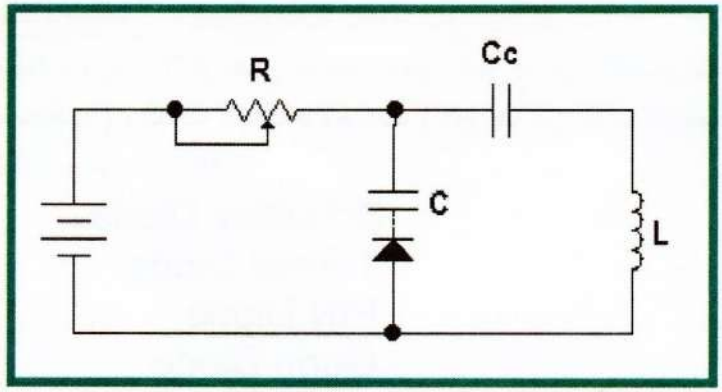
ومن المعادلة نلاحظ عند مضاعفة الفولتية اربع مرات يتضاعف عرض المنطقة مرتين .

والشكل (4 – 43) يوضح رمز الثنائي السعوي



الشكل (4 – 43) رمز الثنائي السعوي

يتضح مما تقدم انه من الممكن تغير سعة الثنائي بتغير فولتية الانحياز العكسي على طرفيه، اي ان الثنائي يمكن ان يؤدي عمل المتسعة المتغيرة . ويفضل استخدام الثنائي السعوي في اغلب الدوائر الالكترونية الحديثة بدلا عن المتسعة التي تتغير ميكانيكياً وذلك لعدة اسباب اهمها صغر حجمه وامكانية تغيير السعة فيه ضمن مدى واسع جداً مقارنة بمدى تغيير المتسعة ميكانيكياً والذي لايزيد اكثر من عشر مرات عن قيمتها الاولية في حين ان سعة الثنائي السعوي يمكن ان تتغير حوالي خمسين مرة والشكل (4 – 44) يوضح كيفية ربط الثنائي السعوي عند استخدامه كدائرة رنين ، ويعتمد تردد رنين الدائرة على معامل الحث الذاتي للملف (L) وسعة الثنائي (C) وتمنع المتسعة (Cc) مرور التيار المستمر خلال الملف (L) وهي ذات قيمة صغيرة جداً . تعمل المقاومة (R) على تغيير فولتية الانحياز العكسي على طرفي الثنائي السعوي وبالتالي الى تغيير السعة اي تغير تردد الرنين .



الشكل (4 – 44) ربط الثنائي السعوي عند استعماله كدائرة رنين

مثال 4 - 8

ثنائي السعة المتغيرة له 20PF عندما تكون الفولتية عبر الثنائي V(-15) احسب قيمة السعة عندما تكون الفولتية عبر الثنائي V (5 -)

الحل :

$$\frac{C_{d1}}{C_{d2}} = \sqrt{\frac{V_2}{V_1}}$$

$$\frac{C_{d1}}{20} = \sqrt{\frac{15}{5}}$$

$$C_{d1} = 34.64PF$$

10. 4 ثنائي الليزر : Laser Diode

يعتبر ثنائي الليزر من الاجزاء المهمة في منظومة الاتصالات وقد بدأ استخدامه بشكل واسع في تقنيات كثيرة منها المؤشرات الليزرية وفي اجهزة المدى الليزرية وكذلك في مشغلات الاقراص (CD Players) وهو كبقية المكونات الالكترونية المصنعة من اشباه الموصلات يتم صناعته بتطعيم (Doping) البلورات والحصول على القطعة (P-N) او الثنائي ويكون سطح القطعة N والقطعة P ناعمة (Smooth) جدا ومتوازية الحافات حيث يتم صقل حافات طرفي الثنائي لتعملان عمل المرايا. وتعتمد عملية التحفيز على التيار الكهربائي . ويكون خرج شعاع الليزر من فتحة صغيرة جداً في الثنائي ويرمز له كما في الشكل (4 – 45) . ان اهم خاصية لثنائي الليزر هي كمية الضوء الخارج نسبة الى التيار الداخل . عند زيادة التيار الداخل Injected Current تبدا عملية الانبعاث التلقائي Spontaneous Emission الذي يزداد تدريجيا متحولا الى الانبعاث المحفز Stimulated Emission وهو بداية عمل الليزر.

الشكل (4 – 45) شكل و رمز ثنائي الليزر

4 . 11 ثنائيات المايكروويف : Microwave Diodes

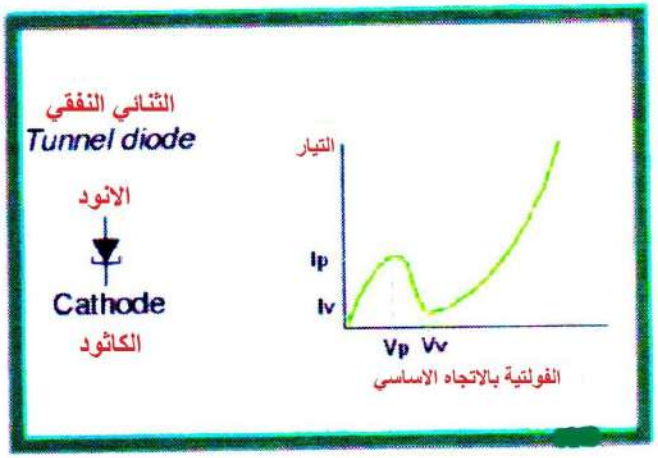
تستخدم ثنائيات المايكروويف لاغراض متعددة منها المزج بين الاشارات والكشف والتكبير والتذبذب وكموهن (اضعاف) وكذلك كمفتاح ومحدد وغيرها من الاستخدامات . ويتكون من طرفين هما الانود والكاثود ومن انواعه :

1- ثنائي شوكلي Schokley Diode
2- الثنائي النفقي Tunnel Diode
3- الثنائي نوع PIN PIN Diode
4- ثنائي GUN Gunn Diode
5- ثنائي IMPATT Impatt Diode
6- ثنائي استعادة الخطوة Step-Recovery Diode

وسنركز على الثنائي النفقي علما ان الأنواع الأخرى ستدرس في المرحلة الثانية والثالثة في كتب العلوم الصناعية والتدريب العملي بإسهاب.

4 . 12 الثنائي النفقي : Tunnel Diode

يسمى احيانا بثنائي (ايزاكي Esaki) نسبة لمكتشفه، يصنع من مواد شبه الموصلة مع كميات كبيرة من الشوائب تصل الى 10^{19} ذرة في المتر المكعب وبهذا المقدار من الاضافة يصل سمك منطقة الاستنزاف (المنطقة القاحلة) الى بضع من النانومتر nm ولهذا السبب فان فولتية الانحياز للثنائي النفقي قريب من الصفر فولت بينما تصل فولتية الانحياز للثنائيات الاخرى الى 0.7V . يتصرف الثنائي النفقي في التوصيل بالانحياز العكسي تماماً كالثنائي العادي، أما في التوصيل بالاتجاه الأمامي فإنه يتصرف بطريقة مختلفة لاحظ الشكل (4 – 46) الذي يوضح منحنى الخواص للثنائي النفقي ويكون فيه جهد الانهيار Vp اقل من عشر الفولت وبزيادة فولتية الانحياز الامامي تقل قيمة التيار من Ip الى Iv ، وفي هذه المنطقة تكون مقاومة الثنائي النفقي سالبة اي عند زيادة الفولتية يؤدي ذلك الى نقصان بالتيار. ضمن مجال محدد يتناقص التيار الأمامي مع زيادة الفولتية بالانحياز الأمامي أي أن الثنائي النفقي يبدي مقاومة سالبة ضمن هذا المجال المحدد. يستخدم الثنائي النفقي كثيراً في دوائر المذبذبات ذات الترددات العالية جداً ويكون دائماً في التوصيل الأمامي، وتراعى كثيراً قيمة الجهد بالانحياز الأمامي للحصول على قيمة سالبة .



الشكل (4 - 46) منحنى الخواص للثنائي النفقي ورمزه

الخلاصة

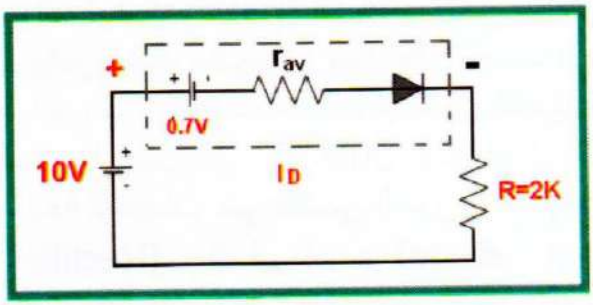
- لعنصر السيليكون 14 الكتروناً في تركيبه الذري بينما تمتلك ذرة الجرمانيوم 32 الكتروناً.
- بأضافة شائبة (Impurity) خماسية التكافؤ مثل الزرنيخ او الفسفور او الانتيمون الى بلورة الجرمانيوم او السيليكون فأن فجوة واحدة سوف تتولد نتيجة كل ذرة من ذرات الشائبة وتكون هذه الفجوات مستعدة لاستقبال الكترونات التكافؤ من ذرات شبه الموصل المجاورة لها تاركة فجوات جديدة في البلورة وينتج عن ذلك حركة عشوائية للفجوات .
- بأضافة شائبة (Impurity) ثلاثية التكافؤ مثل الانديوم او الالمنيوم او البورون الى بلورة الجرمانيوم او السيليكون فأن اربع الكترونات تكافؤية من الذرة الشائبة سيرتبط باواصر تساهمية مع الكترونات البلورة بينما يبقى الالكترون الخامس فائض .
- يتكون الثنائي (Diode) من دمج القطعتين (P- TYPE) و (N-TYPE) ويتكون حاجز (Barrier) يفصل بينهما يدعى بمنطقة الاتصال (Junction) .
- منحني خواص الثنائي شبه الموصل يمثل العلاقة بين التيار والفولتية عندما يكون الثنائي موصلاً بالانحياز الامامي والانحياز العكسي . عندما تصل فولتية الانحياز الامامي الى قيمة اكبر من جهد الحاجز وتصل هذه القيمة 0.7V اذا كان الثنائي مصنوع من السيليكون و 0.3V اذا كان الثنائي مصنوع من الجرمانيوم .
- يستخدم السيليكون والجرمانيوم في صناعة الثنائيات في اكثر التطبيقات ويفضل السيليكون على الجرمانيوم من جوانب متعددة منها ان ثنائيات السيليكون يمكنها ان تعمل على درجات عالية جداً تصل الى $200^{o}C$ بينما تعمل ثنائيات الجرمانيوم الى حد $100^{o}C$
- الانواع الشائعة للثنائيات هي الثنائي البلوري (Crystal Diode) – ثنائي المقوم (Rectifier Diode) - ثنائي زينر (Zener diode)– ثنائي الانبعاث الضوئي (Light Emitting Diode)– الثنائي الذي يتأثر بالضوء (Photo Diode) – الثنائي النفقي (Tunnel Diode) – الثنائي السعوي (Varactor Diode) – ثنائي شوكلي (Schokley Diode) وثنائي كن (Gunn Diode) .
- يعمل الثنائي المثالي كمفتاح الكتروني ففي حالة التوصيل (ON) يعني ان فرق الجهد على الثنائي صفراً ومرور تيار (I_D) بالاتجاه الامامي اي ان الثنائي في حالة دورة قصر (Short Circuit) والمقاومة صفراً . وعندما يكون الثنائي في حالة قطع (OFF) يعني عدم مرور تيار (I_D) اي يعمل بالاتجاه العكسي وتكون المقاومة ما لانهاية (∞).
- يتكون ثنائي الزينر من نفس مكونات الثنائي الاعتيادي عدا ان نسبة الشوائب في القطعتين (N) و (P) تكون اكثر من نسبتها في الثنائي الاعتيادي . ان زيادة الشوائب يؤثر على عمل وخواص الثنائي وخاصة عند توصيله بالانحياز العكسي فيبدي مقاومة عالية جداً ولكن الاستمرار في زيادة الفولتية العكسية على طرفيه تؤدي الى انهيار الثنائي ولكن لايؤدي الى تلفه فيمر به تيار عالٍ كلما زادت الفولتية العكسية المسلطة عليه.

أسئلة الفصل الرابع

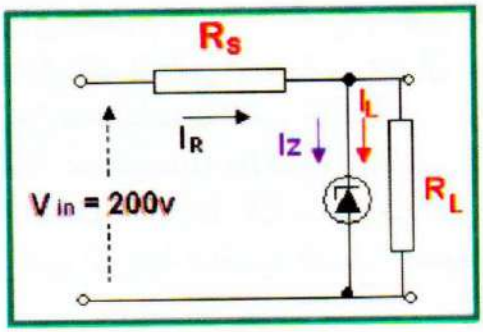
1- ما الفرق بين النوع P- Type والنوع N-Type ؟
2- لماذا تفضل مادة السيليكون على مادة الجرمانيوم في تصنيع المكونات الالكترونية ؟
3- عدد انواع الثنائيات .
4- اشرح مستعيناً بالرسم خواص الثنائي .
5- ما الفرق بين الانحياز الامامي والانحياز العكسي للثنائي ؟
6- ما استخدامات ثنائي زينر ؟ اشرح موضحاً اجابتك بالرسم .
7- عرف الثنائي النفقي ، موضحا اجابتك بالرسم .

مسائل الفصل الرابع

س1 : في الدائرة الموضحة بالشكل ادناه ، احسب الفولتية على طرفي المقاومة R وفرق الجهد المتبدد على الثنائي V_D والمقاومة المستمرة المكافئة للثنائي ، علماً ان $r_{av} = 20\ \Omega$.



س 2 : للدائرة الموضحة بالشكل ادناه يراد تثبيت فولتية الحمل على 50V باستخدام ثنائي زينر ذو تيار تتراوح قيمته بين 5mA و 40mA . احسب قيمة المقاومة R_s التي تسمح بحدود تغير تيار الحمل من الصفر الى قيمة عظمى مقدارها $I_{L\,max}$. ثم اوجد $I_{L\,max}$.



الفصل الخامس

دوائر التقويم RECTIFICATION CIRCUITS

الاهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى التعرف على دوائر التقويم والترشيح
الأهداف الخاصة : بعد ان يكمل الطالب هذا الفصل سوف يكون قادراً على أن:

1 - يعرف استخدام الثنائي كمقوم نصف الموجة .
2- يعرف استخدام الثنائي كمقوم موجة كاملة نوع (القنطرة) .
3- يتعلم الفائدة من استخدام دائرة الترشيح .
4- يتعلم التطبيقات لمجهز القدرة مع دائرة الاستقرارية باستخدام ثنائي زينر .

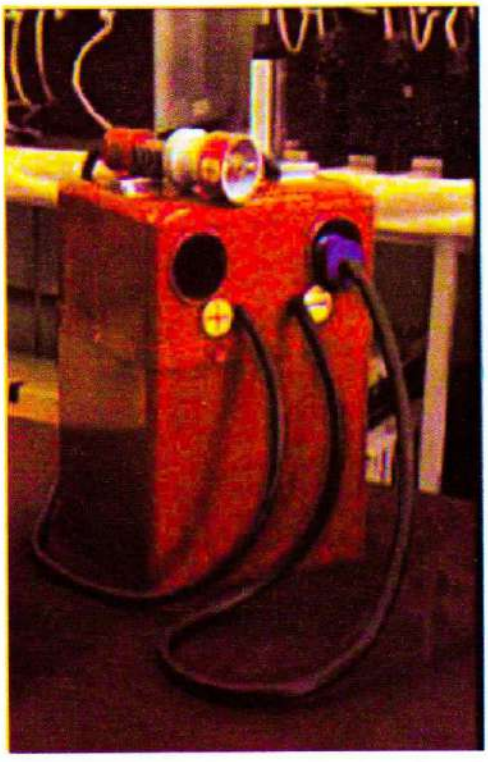
محتويات

الفصل 5

تعلم المواضيع

- ✓ - المخطط الكتلوي لمجهز القدرة
- ✓ - تقويم نصف الموجة Half Wave Rectifier
- ✓ - تقويم موجة كاملة Full Wave Rectifier
- ✓ - تقويم موجة كاملة (القنطرة) Bridge
- ✓ - الترشيح باستخدام متسعة الكيمياوية
- ✓ - دائرة مجهز القدرة مع دائرة الاستقرارية باستخدام ثنائي زينر

دوائر التقويم
RECTIFICATION CIRCUITS



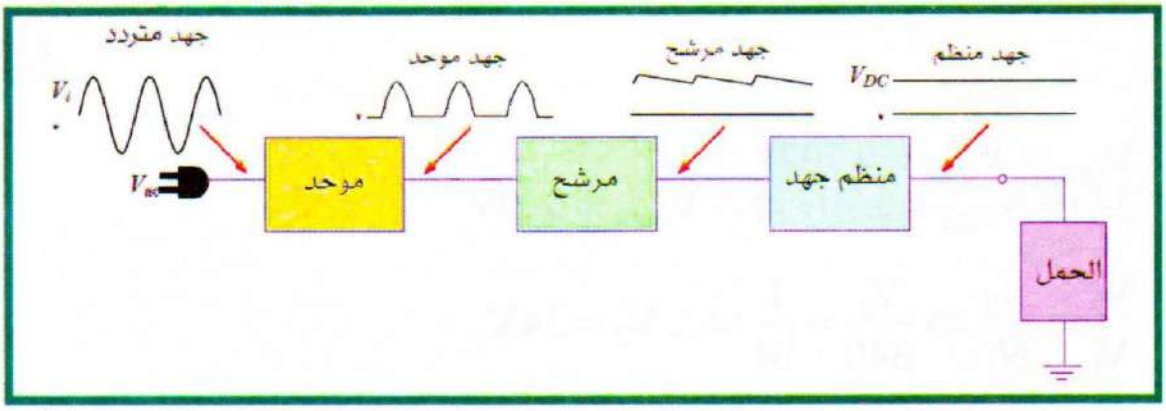
الفصل الخامس

RECTIFICATION CIRCUITS دوائر التقويم

5 . 1 استخدامات الثنائي شبه الموصل: Semiconductor Diode Applications

5 . 1 . 1 التقويم : Rectification

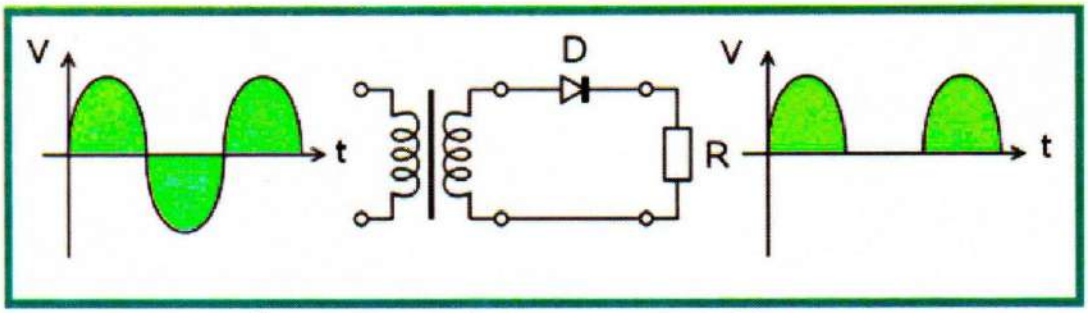
هي عملية تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر وهي شائعة الاستخدام في التطبيقات الكهربائية والاجهزة الالكترونية مثل الشاحنة الكهربائية واجهزة الراديو والتلفزيون والحاسبات الالكترونية وغيرها . وفيها يتم تقويم اتجاه التيار كي يسري في اتجاه واحد فقط باستخدام الثنائي (Diode) وتبقى قيمة التيار متغيرة مع الزمن، ويمكن تقليل مقدار هذا التغيير باستخدام مرشحات (Filters) تصمم لهذا الغرض . ومن انواع المقومات تقويم نصف الموجة وتقويم الموجة الكاملة . لاحظ الشكل (5 – 1) .



الشكل (5 – 1) المخطط الكتلوي لمجهز القدرة

1- تقويم نصف الموجة : Half Wave Rectifier

الشكل (5 – 2) يوضح دائرة تقويم نصف الموجة. فخلال الانصاف الموجبة للموجة الداخلة يصبح الانود موجب بالنسبة الى الكاثود وينحاز الثنائي (D) انحيازاً امامياً وتكون ممانعته قليلة فيمرر الانصاف الموجبة خلال مقاومة الحمل (R) . وخلال الانصاف السالبة للموجة الداخلة يصبح الانود سالباً بالنسبة الى الكاثود فينحاز الثنائي انحيازاً عكسياً وتصبح ممانعته عالية فلا يسمح بمرور الانصاف السالبة الى مقاومة الحمل وتظهر على طرفي الثنائي . ومن شكل الاشارة الخارجة على مقاومة الحمل نلاحظ ان التيار يسري باتجاه واحد فقط اي ان الدائرة قوّمت اتجاه التيار بدون الانصاف السالبة ومن هنا جاءت التسمية (تقويم نصف الموجة).



الشكل (5 – 2) دائرة تقويم نصف الموجة

يمكن حساب الفولتية المستمرة الخارجة لتقويم نصف الموجة بالاستعانة بالقانون التالي :

$$V_{dc} = \frac{V\,\max}{\pi}$$

ويكون تردد الإشارة الداخلة يساوي تردد الإشارة الخارجة $f_{in} = f_{out}$

مثال 5 . 1

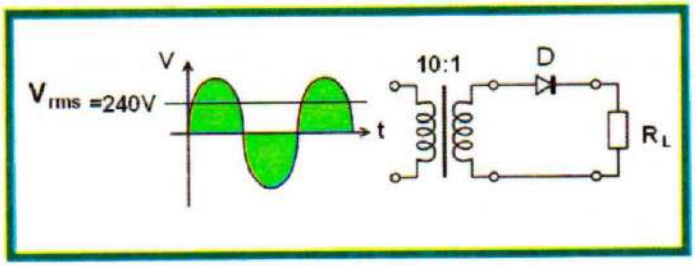
احسب الفولتية المستمرة (V_{dc}) لدائرة تقويم نصف الموجة الموضحة بالشكل (5– 3) علما ان فولتية الملف الابتدائي (V 1 rms = 240V) ونسبة التحويل للمحولة (10: 1) ثم احسب تردد الموجة الخارجة (f_{out}) اذا علمت ان تردد الموجة الداخلة (f_{in}) يساوي 50Hz .

الحل :

$$V_{rms} = V_{max} \times 0.707$$
$$240 = V_{max} \times 0.707 \Rightarrow \therefore V_{max} = 340V$$

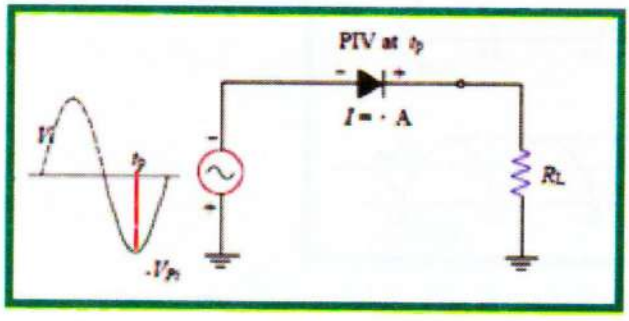
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{V_2}{340} = \frac{1}{10} \Rightarrow \therefore V_2 = 34V$$

$$V_{dc} = \frac{V_{max}}{\pi} = \frac{34}{3.14} = 10.8V$$
$$f_{in} = f_{out} = 50Hz$$



الشكل (5 – 3) دائرة توحيد نصف الموجة

عندما تكون فولتية الموجة الداخلة لدائرة تقويم نصف الموجة الموضحة بالشكل (5– 4) بالقيمة العظمى السالبة فان الثنائي يصبح في حالة انحياز عكسي وتظهر نصف الموجة السالبة على طرفي الثنائي ويطلق عليها بالفولتية العظمى العكسية (PIV) Peak Inverse Voltage وتساوي القيمة العظمى السالبة لفولتية الموجة الداخلة PIV = VPi

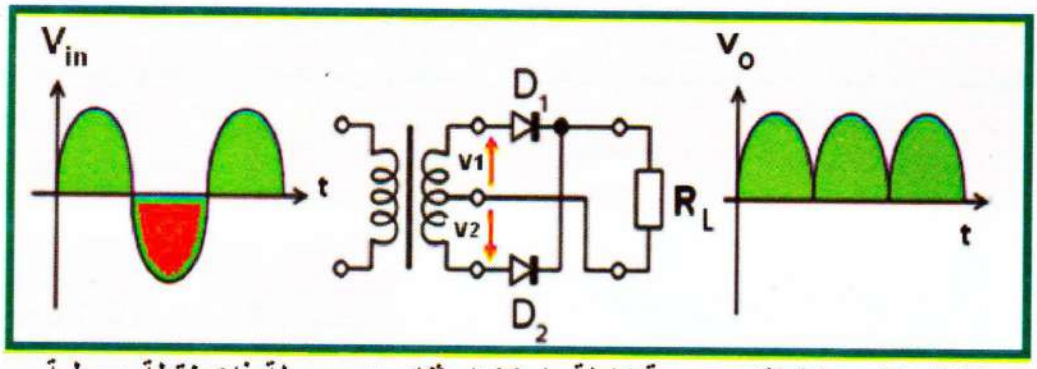


الشكل (5 – 4) دائرة تقويم نصف موجة

2– تقويم موجة كاملة : Full Wave Rectifier

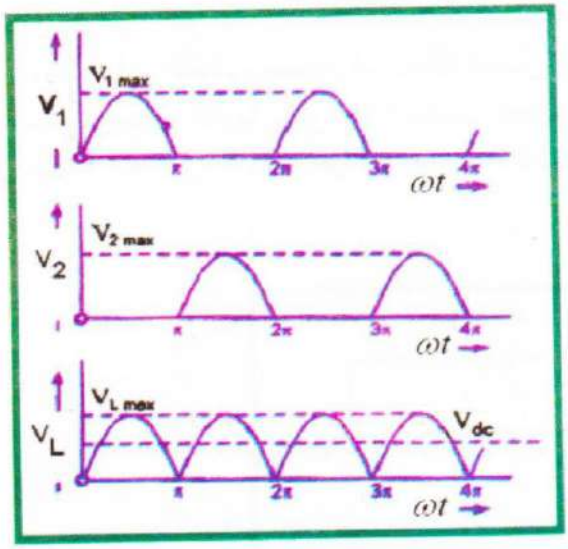
أ - تقويم موجة كاملة باستخدام ثنائيين ومحولة ذات نقطة وسطية :

الشكل (5 – 5) يوضح دائرة تقويم موجة كاملة باستخدام ثنائيين ومحولة ذات نقطة وسطية (Center Tap) تقوم بتجهيز الثنائيين بفولتيتين متساويتين بالمقدار ومختلفتين بالطور بمقدار (180) درجة هما (v1 , v2) .



الشكل (5 – 5) تقويم موجة كاملة باستخدام ثنائيين ومحولة ذات نقطة وسطية

يعمل الثنائي (D_1) بتجهيز مقاومة الحمل (R_L) بانصاف الموجات الموجبة (V_1) خلال الفترات الزمنية (t_1-t_2) و (t_3-t_4) .....الخ لان الثنائي (D_1) منحاز امامياً ويتوقف الثنائي (D_2) عن العمل خلال الانصاف السالبة لانه منحاز عكسياً . يجهز الثنائي (D_2) مقاومة الحمل الانصاف الموجبة للموجة خلال الفترات الزمنية (t_2-t_3) و (t_4-t_5) .....الخ لان الثنائي (D_2) منحاز امامياً بينما يتوقف الثنائي (D_1) عن العمل خلال الانصاف السالبة لانه منحاز عكسياً و الشكل (5–6) يوضح الاشكال الموجية الداخلة للملفات الثانوية للمحولة والمسلطة على كل من D_1 و D_2 والشكل الموجي على طرفي الحمل R_L.



الشكل (5- 6) دائرة تقويم موجة كاملة

وهذا يعني ان مقاومة الحمل تجهز بتيار خلال جميع فترات الموجة الداخلة ولذا فان الدائرة تعمل كمقوم موجة كاملة ولحساب الفولتية المستمرة الخارجة على طرفي مقاومة الحمل كما يأتي:

$$V_{dc} = \frac{2V_{\max}}{\pi}$$

اي ان الفولتية المستمرة المجهزة من دائرة تقويم الموجة الكاملة تساوي ضعف القولتية المستمرة المجهزة من دائرة تقويم نصف الموجة لنفس قيمة الفولتية الداخلة . ويكون تردد الموجة الخارجة ضعف تردد الموجة الداخلة . وتتوزع فولتية الذروة العكسية (PIV) على الثنائيين وهذا احد محاسن وتفضيل استخدام تقويم موجة كاملة من استخدام تقويم نصف الموجة . $f_{out} = 2f_{in}$

مثال 5 . 2

للدائرة الموضحة بالشكل (5 - 7) احسب الفولتية المستمرة على مقاومة الحمل اذا علمت ان فولتية الملف الثانوي هي (Vmax = 34V) ثم احسب تردد الموجة الخارجة اذا كان تردد الموجة الداخلة يساوي (50Hz) .

الحل :

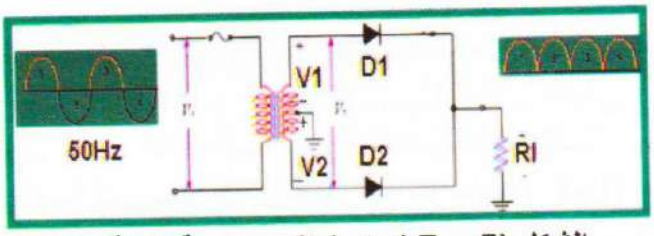
$$V_{dc} = \frac{2V_{\max}}{\pi}$$

$$V_{dc} = \frac{2 \times 34}{3.14}$$

$$V_{dc} = 21.6V$$

$$f_{out} = 2f_{in}$$

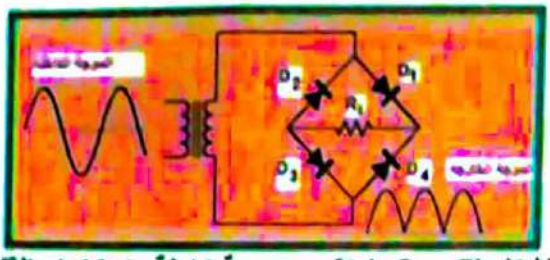
$$f_{out} = 2 \times 50 = 100Hz$$



الشكل (5 – 7) دائرة تقويم موجة كاملة

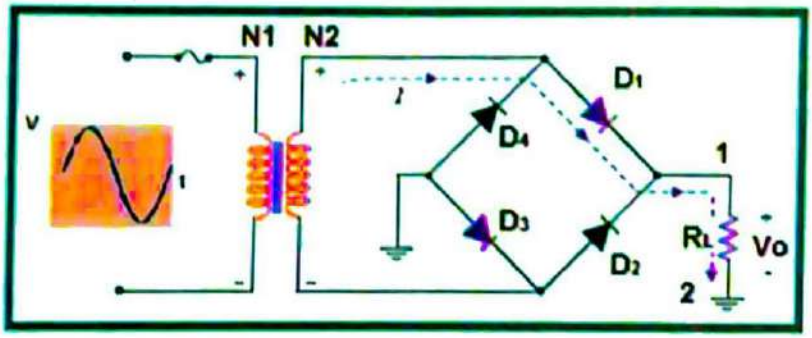
ب - تقويم موجة كاملة باستخدام توصيلة القنطرة (Bridge) :

تتكون دائرة تقويم موجة كاملة باستخدام توصيلة القنطرة من أربعة ثنائيات توصل بطريقة قنطرة كما موضح بالشكل (5 – 8) .



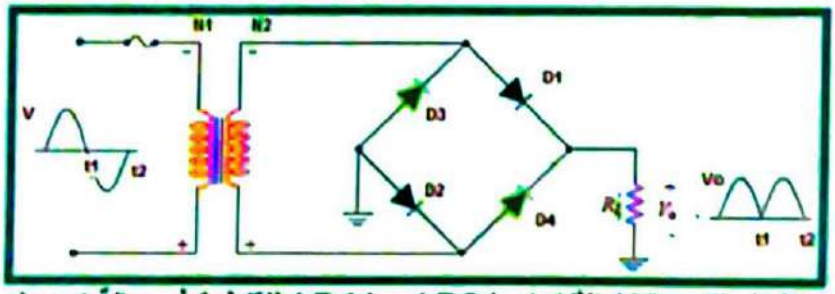
الشكل (5 – 8) تقويم موجة كاملة باستخدام القنطرة

في فترات دخول النصف الموجب للموجة يكون كل من الثنائيين (D_1) و (D_3) في حالة توصيل (ON) لان انحيازهما اماميا في حين يكون كل من الثنائيين (D_2) و (D_4) في حالة قطع لان انحيازهما عكسيا ، فيسري تيار في مقاومة الحمل (R_L) من النقطة (1) الى النقطة (2) ، لاحظ الشكل (5 – 9) .



الشكل (5 – 9) الثنائيان (D1) و (D3) للقنطرة في حالة توصيل

وفي فترات دخول الإنصاف السالبة للموجة فان كل من (D2) و (D4) يكونان في حالة توصيل (ON) لانهما موصلان بالانحياز الامامي في حين يكون كل من (D1) و (D3) في حالة قطع (OFF) لان انحيازهما عكسيا ويمر تيار في مقاومة الحمل بنفس الاتجاه لاحظ الشكل (5 – 10) .



الشكل (5 – 10) الثنائيان (D2) و (D4) للقنطرة في حالة توصيل

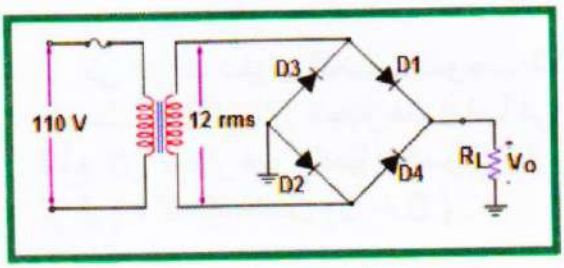
تمتاز دائرة تقويم موجة كاملة باستخدام القنطرة بان تردد الموجة الخارجة هو ضعف تردد الموجة الداخلة وتتوزع فولتية الذروة العكسية (PIV) على ثنائيين اثنين بدلاً من ثنائي واحد وتحسب الفولتية المستمرة على مقاومة الحمل كما يلي :

$$V_{dc} = \frac{2V_{max}}{\pi}$$

مثال 5 . 3

اوجد القيمة العظمى لفولتية الخرج للدائرة الموضحة بالشكل (5– 11) و PIV للثنائيات وهي من نوع السيليكون .

الحل



القيمة العظمى للجهد على الملف الثانوي (V_{P2}) تساوي:

$$V_{P2} = \sqrt{2}\,V_{rms} = 1.414 \times 12V \cong 17V$$

القيمة العظمى لجهد الخرج (V_{Po}) تساوي:

$$V_{Po} = V_{P2} - 2V_B = 17V - (2 \times 0.7V) = 15.6V$$

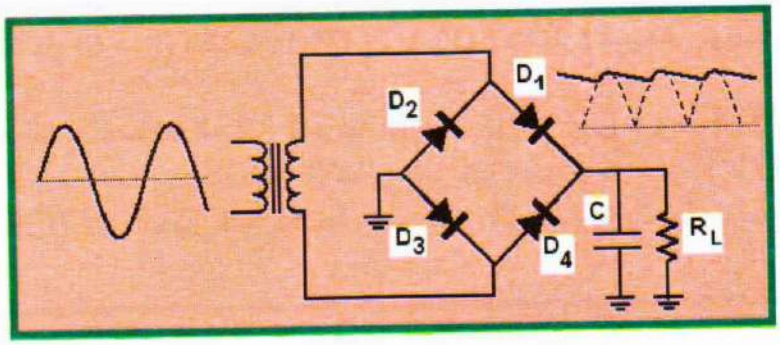
الجهد العكسي الأقصى (PIV) للثنائي يساوي:

$$PIV = V_{Po} + V_B = 15.6V + 0.7V = 16.3V$$

الشكل (5– 11) دائرة تقويم قنطرة

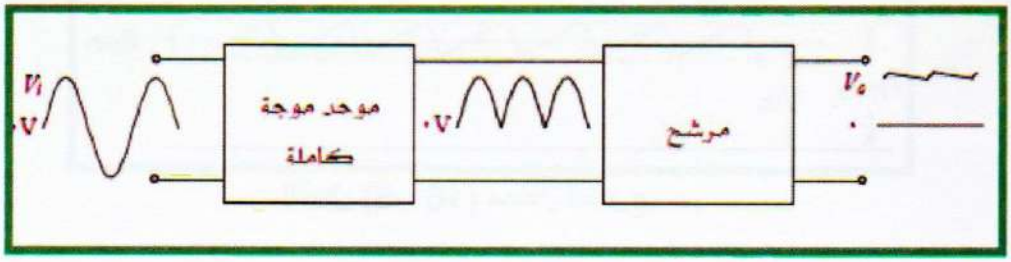
5 – 2 المرشحات Filters

في اغلب التطبيقات لايمكن الاعتماد على دوائر التقويم التي درسناها في اعلاه كمصادر للفولتية المستمرة بسبب وجود التموج في الاشارة الخارجة ولكن بالامكان اجراء عملية الترشيح Filtering باستخدام المرشحات الالكترونية ومن ابسطها استخدام المتسعات الكيمياوية للتخلص من الاشارة المتناوبة والحصول على اشارة مستمرة بدون تموج كما موضح في الشكل (5-12).



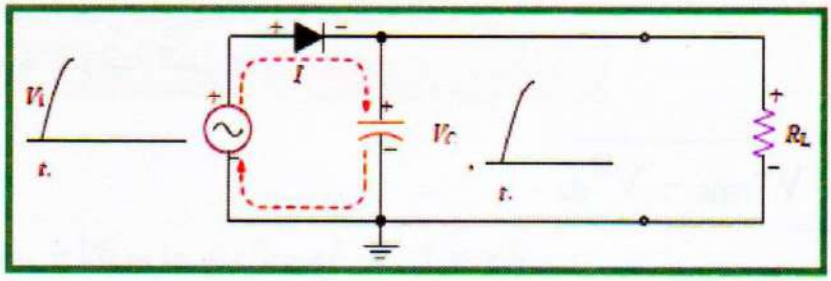
الشكل (5– 12) دائرة ترشيح مع مقوم موجة كاملة (قنطرة)

للتقليل من قيمة التموجات في الفولتية الخارجة تستخدم بعض انواع من المرشحات التي تطبق على خرج دوائر التقويم لاحظ الشكل (5– 13) حيث تقوم هذه المرشحات بعملية تنعيم للفولتية وذلك للحصول على قيمة شبه ثابتة .



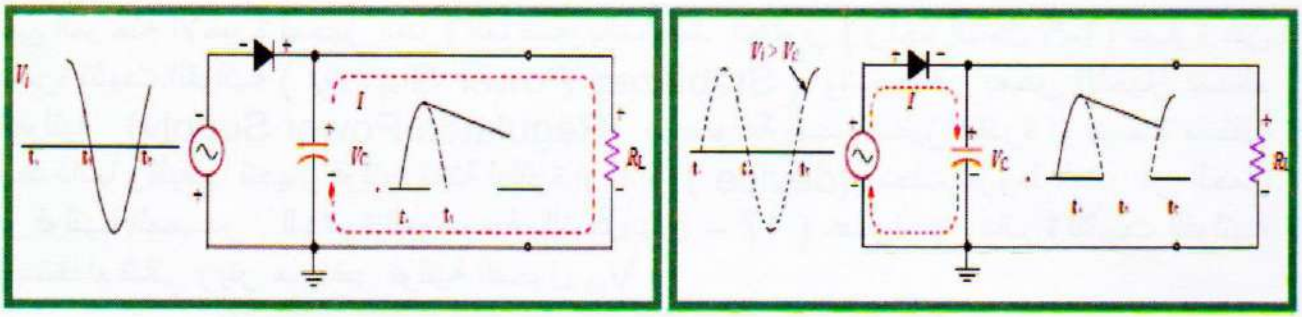
الشكل (5– 13) مخطط كتلي لدائرة تقويم وترشيح

الشكل (5 – 14) يوضح كيفية تنعيم الاشارة الخارجة لمقوم نصف الموجة باستخدام المتسعة ، خلال الربع الاول الموجب للموجة الداخلة يكون الثنائي في حالة انحياز امامي ويسمح بمرور التيار الذي يشحن المتسعة ، ومع زيادة قيمة فولتية الدخول تزداد الفولتية على طرفي المتسعة وعند القيمة العظمى لفولتية الدخول تصل قيمة الفولتية على طرفي المتسعة الى القيمة العظمى لفولتية الدخول مطروح منها قيمة الفقد على طرفي الثنائي 0.7V في حالة الثنائي السيليكوني .



الشكل (5 – 14) دائرة ترشيح باستخدام متسعة في حالة شحن

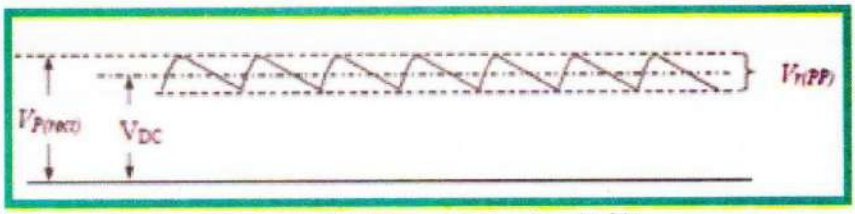
خلال الربع الثاني للموجة تبدأ فولتية الدخول بالانخفاض وتقل فولتية الانود للثنائي عن فولتية الكاثود ويصبح الثنائي في حالة انحياز عكسي وتبدأ المتسعة بتفريغ شحنتها خلال الحمل لاحظ الشكل (5 – 15) ويتحدد معدل تفريغ المتسعة بقيمة ثابت الزمن $\tau = R \times C$



الشكل (5 – 15) دائرة ترشيح باستخدام متسعة في حالة تفريغ

5 . 3 معامل التموج : Ripple Factor

تتغير فولتية الاشارة الخارجة من المقوم مع الزمن فهي غير ثابتة وعلى شكل نصف موجة جيبية، والمطلوب فولتية مستمرة لاتتغير مع الزمن ويتم ذلك كما لاحظنا في الفقرة السابقة باستخدام المرشحات. وتتكون الفولتية الخارجة من المقاومة مركبتين هما المركبة المستمرة V_{dc} والمركبة المتناوبة حول القيمة V_{dc} وتدعى بالتموج لاحظ الشكل (5 – 16) .



الشكل (5– 16) معامل التموج

معامل التموج (r) عبارة عن النسبة بين المركبة المتناوبة (a.c) للتيار او الفولتية الى المركبة المستمرة (d.c) للتيار او الفولتية. وكلما يقل التموج كلما تقترب الفولتية الخارجة من دائرة التقويم الى الفولتية الثابتة (المستمرة) وعندما يكون معامل التموج صفرا تصبح دائرة التقويم مثالية وتعطي فولتية ثابتة لاتتغير مع الزمن. تعتبر المركبة المتناوبة للتيار او الفولتية هي التموجات الغير مرغوب فيها .

ولاستخراج معامل التموج لتقويم نصف الموجة يمكن الاستعانة بالمعادلة الاتية :

$$r = \frac{V_{rms(RP)}}{V_{dc}}$$

حيث ان :
$V_{rms(RP)}$ هي قيمة جذر متوسط تربيع فولتية التموج
V_{dc} هي متوسط الفولتية الخارجة

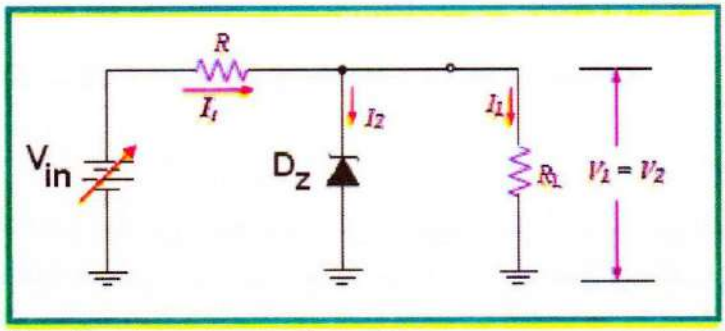
$$V_{rms(RP)} = \sqrt{V^2_{rms} - V^2_{dc}}$$

$$r = \sqrt{\frac{(\frac{V_{max}}{2})^2}{(\frac{V_{max}}{\pi})^2} - 1} = 1.21$$

ويكون معامل التموج لتقويم نصف الموجة $r = 1.21$ او كنسبة مئوية 121 % وفي تقويم الموجة الكاملة يكون معامل التموج $r = 0.48$ او كنسبة مئوية 48 % .

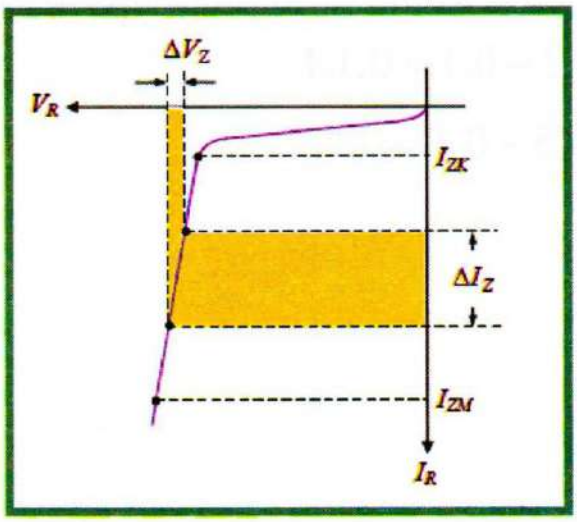
5 . 4 تثبيت الجهد (الفولتية): stabilized power supply

هي المرحلة الاخيرة لمجهز القدرة الموضح بالمخطط الكتلوي (راجع الشكل 5-1) عبارة عن دائرة تثبيت الفولتية (Stabilized Power Supply) وتدعى في بعض الأحيان بمنظم الفولتية (Regulated Power Supply) موضوعة ضمن مجهز القدرة او كوحدة مستقلة بحد ذاتها وظيفتها تجهيز فولتية ثابتة لدائرة او اداة (device) وتحت شروط التغير في الحمل او فولتية المصدر . الدائرة الموضحة بالشكل (5 – 17) عبارة عن دائرة لتثبيت الفولتية باستخدام ثنائي زينر مع تغير فولتية الدخول V_{in} .



الشكل (5 -17) استخدام ثنائي زينر لمنظم مع تغير فولتية الدخول

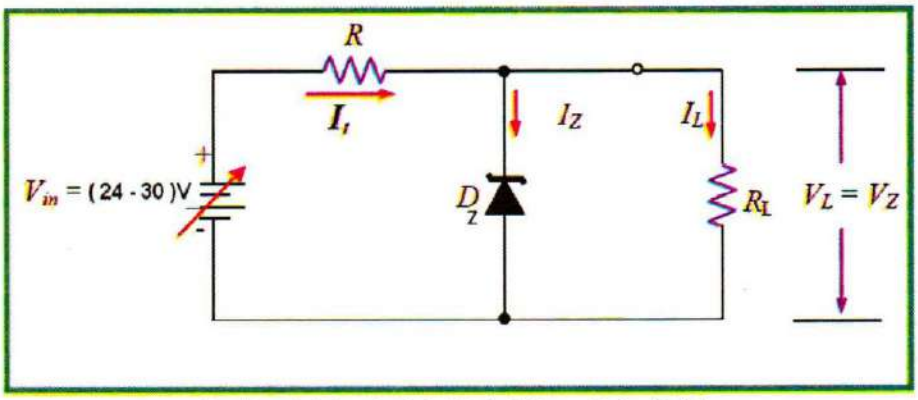
عند حدوث زيادة في فولتية الدخول V_{in} يحافظ الثنائي على فولتية الحمل عند القيمة V_Z فتزداد الفولتية على المقاومة R فيزداد التيار الكلي I_t وبما ان تيار الحمل I_L ثابتاً فان الزيادة في التيار الكلي I_t تتدفق عبر ثنائي زينر . وتستمر عملية تثبيت الفولتية على الحمل مع تغير الفولتية V_{in} طالما قيمة التيار I_Z اكبر من قيمة I_{ZK} (اقل تيار زينر) واقل من I_{ZM} (اقصى تيار زينر) لاحظ الشكل (5 – 18) .



الشكل (5 – 18) منحني خواص ثنائي زينر يوضح تيارات الزينر

مثال 4.6

اوجد اقل واكبر قيمة لتيار زينر ($I_{Z(MAX)}, I_{Z(min)}$) . للشكل (5 – 19) اذا علمت : $R_L = 200\Omega$ $V_Z = 20V$, $R = 20\Omega$, $r_z = 0$ وفولتية الدخول تتغير من 24V – 30V .



الشكل (5 - 19) لاستخراج تيارات الزينر

تيار الحمل يساوي المار في المقاومة R_L :

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{20}{200} = 0.1A$$

التيار الكلي المار في R :

$$I_{t(\min)} = \frac{Vin - V_Z}{R} = \frac{24-20}{20} = 0.2A$$

$$I_{t(\max)} = \frac{30-20}{20} = 0.5A$$

وبسبب ثبوت تيار الحمل يكون تيار الزينر :

$$I_{Z(\min)} = I_{t(\min)} - I_L = 0.2 - 0.1 = 0.1A$$

$$I_{Z(mzx)} = I_{t(\max)} - I_L = 0.5 - 0.1 = 0.4A$$

الخلاصة

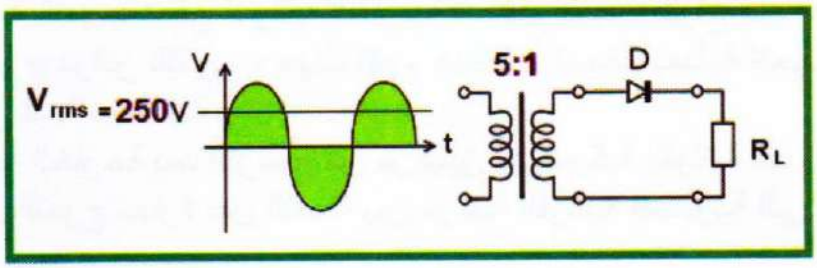
- التقويم هو عملية تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر وهي شائعة الاستخدام في التطبيقات الكهربائية والأجهزة الالكترونية .
- تمتاز دائرة تقويم موجة كاملة باستخدام القنطرة بان تردد الموجة الخارجة هو ضعف تردد الموجة الداخلة .
- تتكون دائرة تقويم موجة كاملة باستخدام توصيلة القنطرة من أربعة ثنائيات توصل بطريقة قنطرة .
- للتقليل من قيمة التموجات في الفولتية الخارجة تستخدم بعض انواع من المرشحات التي تطبق على خرج دوائر التقويم ، حيث تقوم هذه المرشحات بعملية تنعيم للفولتية وذلك للحصول على قيمة شبه ثابتة .
- تحتوي الموجة الخارجة بعد الترشيح من مركبتين هي مركبة الفولتية المستمرة والمتناوبة ويكون معامل التموج عبارة عن النسبة بين مركبة الفولتية المتناوبة الى مركبة الفولتية المستمرة .
- وفي اغلب التطبيقات لايمكن الاعتماد على دوائر التقويم العادية بسبب وجود التموج في الإشارة الخارجة، ولكن بالإمكان إجراء عملية ترشيح باستخدام المرشحات الالكترونية ومن ابسطها استخدام المتسعات الكيمائية للتخلص من الإشارة المتناوبة والحصول على إشارة مستمرة بدون تموج .

أسئلة الفصل الخامس

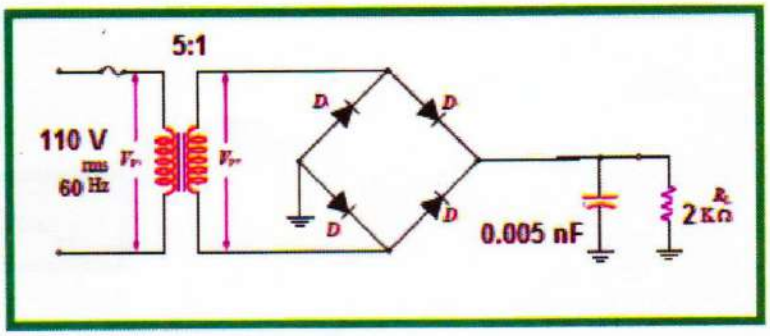
1 – عدد أنواع التقويم واشرح واحدة منها مع الرسم .
2 – عرف معامل التموج ، موضحا إجابتك بالرسم .
3 – كيف يمكن استخدام ثنائي زينر كمنظم للفولتية ؟
4 – كيف يمكن الحصول على اشارة مستمرة بدون تموج للإشارة الخارجة من مقوم ؟

مسائل الفصل الخامس

س 1 : احسب الفولتية المستمرة (V_{dc}) لدائرة تقويم نصف الموجة الموضحة بالشكل أدناه علما ان فولتية الملف الابتدائي ($V_{1\,rms} = 250V$) ونسبة التحويل للمحولة (1 : 5). ثم احسب تردد الموجة الخارجة (f_{out}) اذا علمت ان تردد الموجة الداخلة (f_{in}) يساوي50Hz.



س 2 : اوجد معامل التموج للشكل أدناه



الفصل السادس

الترانزستور

الاهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى التعرف على انواع الترانزستورات واستعمالها.

الأهداف الخاصة : بعد ان ينهي الطالب هذا الفصل سوف تكون قادراً على أن:

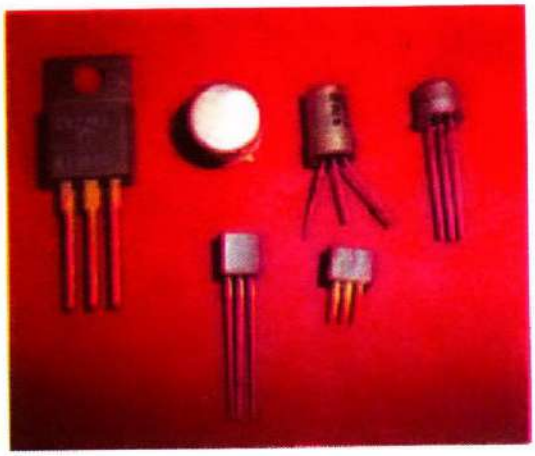
1- يعرف تركيب الترانزستور NPN , PNP .
2- يعرف خواص الترانزستور الستاتيكية والديناميكية .
3- يعرف معاملات الترانزستور .
4- يتعلم عمل الترانزستور كمفتاح .
5- يتعلم المكبرات بانواعها .

محتويات

الفصل 6

تعلم المواضيع

الترانزستور
The Transistor



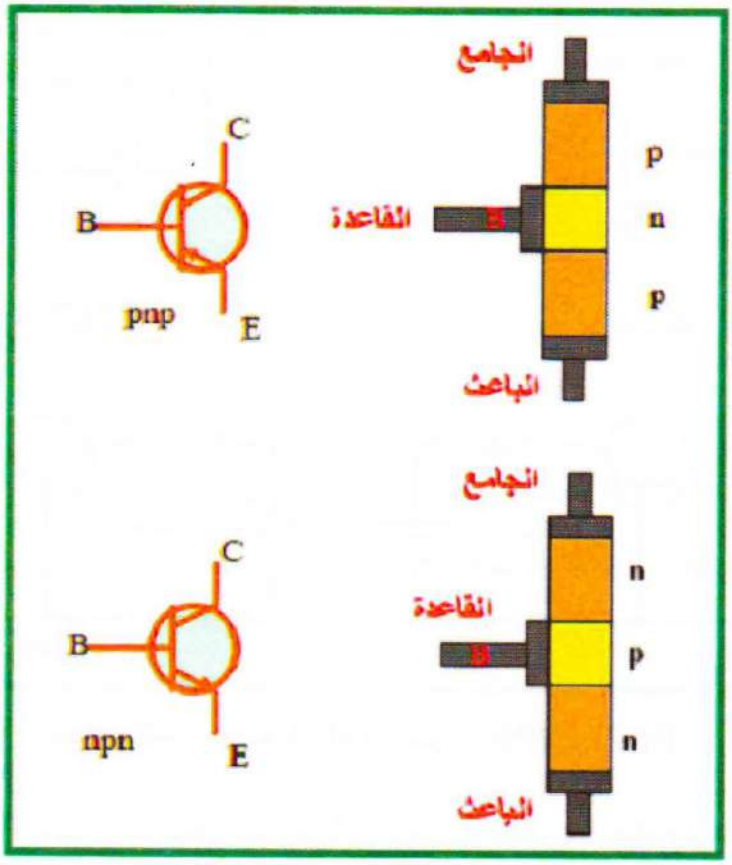
- ✓ - تركيب الترانزستور ثنائي القطب Bipolar Junction Transistor
- ✓ - العمل الأساسي للترانزستور – تيارات الترانزستور
- ✓ - معاملات وخواص الترانزستور – تحليل الفولتية والتيار
- ✓ - استخدام الترانزستور كمفتاح الكتروني Transistor as Switch
- ✓ - منحنيات الخواص للجامع Collector Characteristic Curve
- ✓ - الترانزستور ثنائي القطبية Bipolar كمكبر Amplifier

الفصل السادس

The Transistor الترانزستور

1. 6 تركيب الترانزستور ثنائي القطب: Bipolar Junction Transistor

بعد أن تعرفنا في الفصول السابقة على عمل المواد شبه الموصلة وكيفية تكوين النوع الموجب (P-Type) والنوع السالب (N-type) والثنائي (Diode) وأنواعه وبعض التطبيقات لعمل الثنائيات . وبعد هذا التقدم في استخدام المواد شبه الموصلة توصل مجموعة من العلماء وهم (شوكلي وباردين وبراتين عام 1948) من الحصول على تركيب وهو الترانزستور (Transistor) . اشتقت من كلمتين هي (transfer resistor) اي مقاومة النقل وقد تم حذف المقطع الاخير من الاولى والمقطع الاول من الثانية واصبح كالاتي transistor واصبح transistor مكونة من احد النوعين الموجب او السالب موضوع بين نوعين متشابهين أو بمعنى آخر تم وضع مادة (p- type) بين مادتين من النوع (N-type) لتكوين الترانزستور من النوع (NPN) او وضع النوع (N-Type) بين النوعين (P-Type) للحصول على الترانزستور من النوع (P-N-P) والشكل (6 - 1) يوضح أطراف الترانزستور وهي الباعث (Emitter) والقاعدة (Base) والجامع (Collector) ورمز كل منهما .



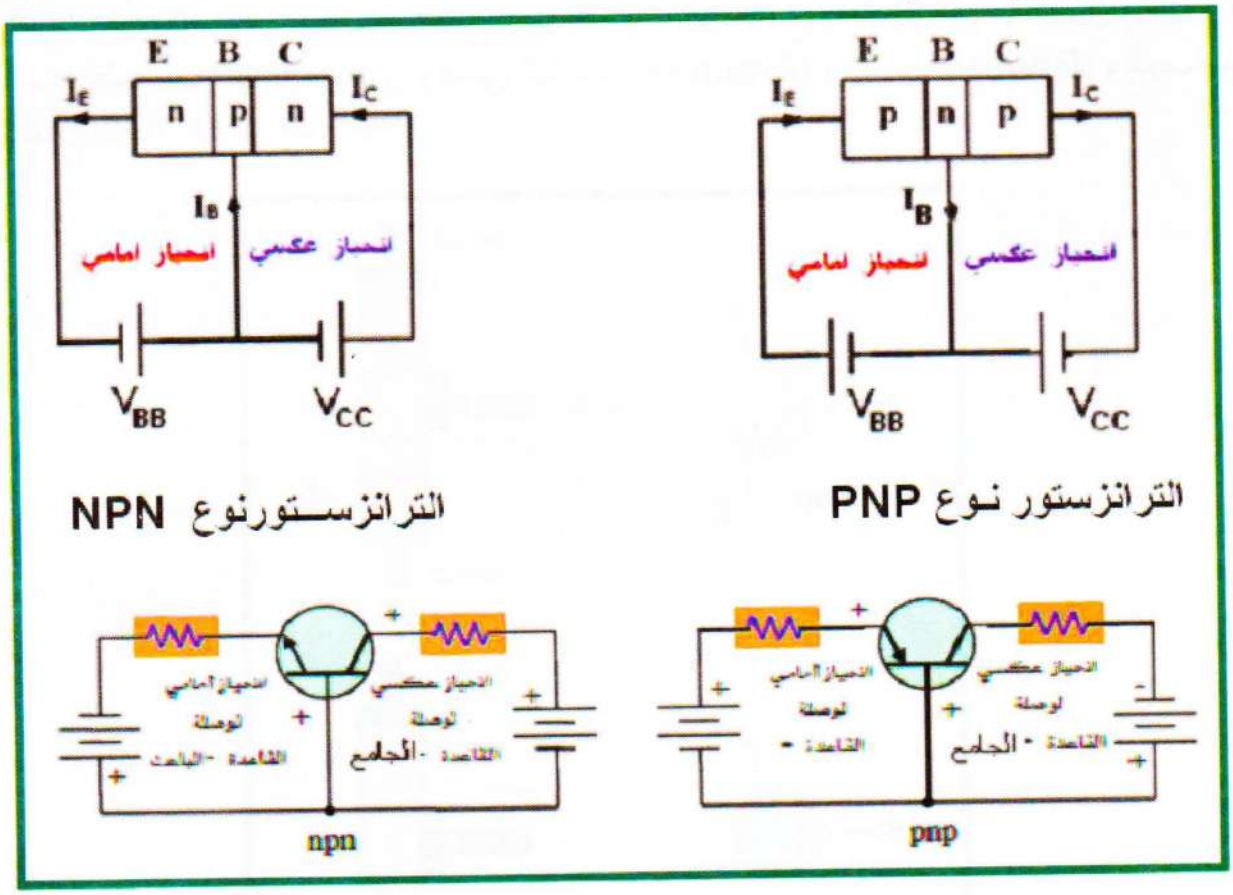
الشكل (6– 1) الترانزستور من النوع NPN و PNP

6 . 2 اقطاب الترانزستور :

1- الباعث (Eimtter) : تكون نسبة الشوائب فيه اعلى من نسبتها في الجامع والقاعدة .
2- القاعدة (Base) : تكون نسبة الشوائب فيها اقل من نسبتها في كل من الجامع والباعث ويكون سمك المادة صغيرا نسبة الى سمك الباعث والجامع .
3- الجامع (Collector) : يكون سمك المادة اكبر من الباعث والقاعدة الا ان نسبة الشوائب فيه اعلى من القاعدة واقل من الباعث .

6 . 3 انحياز الترانزستور : Transistor Biasing

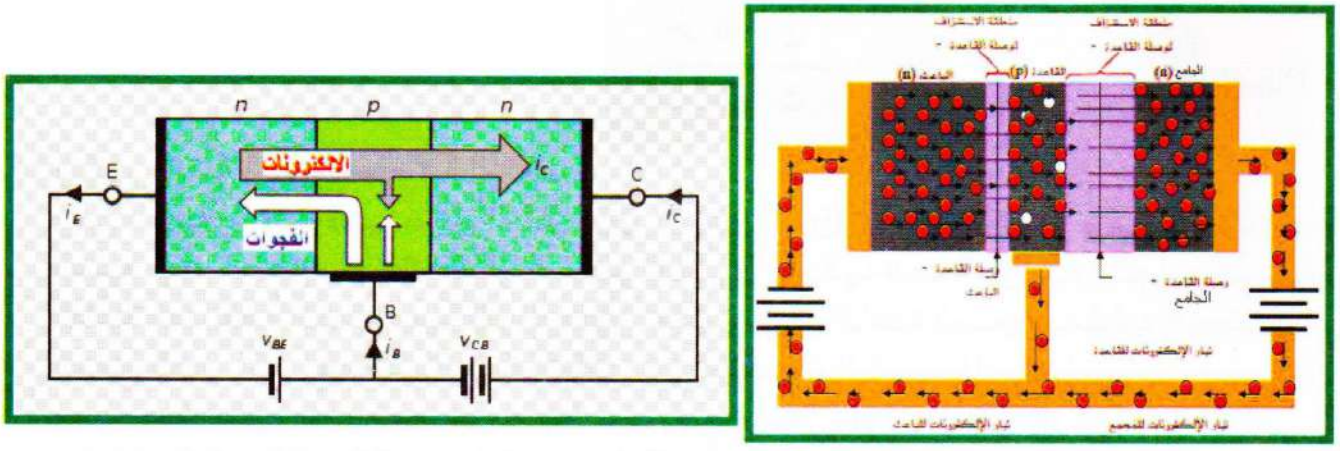
يدعى الترانزستور غالباً بالترانزستور الاتصالي ثنائي القطبية (BJT) (Bipolar Junction Transistor) وفي اغلب الاستخدامات يكون انحياز وصلة الباعث والقاعدة (انحيازاً امامياً) في حين يكون انحياز الجامع والقاعدة (انحيازاً عكسياً) كما موضح بالشكل (6– 2) .



الشكل (6– 2) انحياز الترانزستور NPN و PNP

تستخدم الرموز (V_{CC}) لبيان الفولتية المستمرة والمجهزة لدائرة الجامع وهو الانحياز العكسي للترانزستور و (V_{BB}) لبيان الفولتية المستمرة بين الباعث والقاعدة وهو الانحياز الامامي . ولفهم حركة الفجوات والالكترونات في الترانزستور من النوع (NPN) لاحظ الشكل (6– 3).

تتنافر الالكترونات الموجودة في قطب الباعث مع الشحنة السالبة للبطارية V_{BB} وتنتقل الى القاعدة. ولكون سمك القاعدة صغير ونسبة الشوائب فيها قليل مقارنة بالباعث فان الجزء الاكبر من الالكترونات يفيض الى قطب الجامع تساعده في ذلك قوة جذب القطب الموجب للبطارية V_{CC} والمتصل بالجامع .



الشكل (6 – 3) التيارات في الترانزستور NPN

وعلى هذا الأساس فأن تيار الباعث ينقسم إلى قسمين قسم صغير يمر في القاعدة هو (IB) والقسم الأكبر من تيار الباعث ينتقل إلى الجامع مكوناً تيار الجامع (Ic) ويمكن القول ان :

$$I_E = I_B + I_C$$

يعتبر تيار القاعدة اقل تيار في الترانزستور في حين يعتبر تيار الباعث اعلى تيار فيه ولأن تيار القاعدة قليل جداً فان قيمة تيار الجامع تقترب من قيمة تيار الباعث .

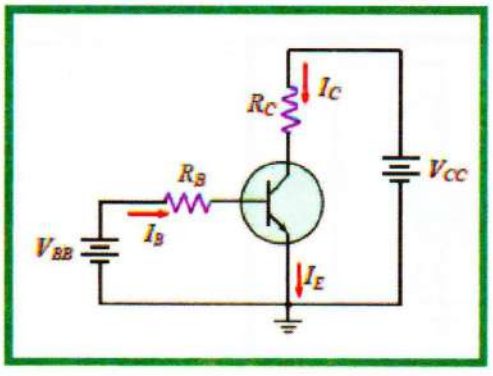
مثال 6 . 1

ترانزستور نوع NPN فيه تيار القاعدة يساوي (2) mA وتيار الجامع يساوي (100)mA احسب قيمة تيار الباعث، لاحظ الشكل (6– 4) .

الحل :

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_E = 2 + 100 = 102mA$$



الشكل(6– 4) حساب تيار الباعث للدائرة

6. 4 العلاقة بين التيارات في الترانزستور :

ان حوالي اكثر من 95% من الالكترونات المنتقلة من الباعث تذهب الى الجامع وان اقل من 5% فقط تنتقل الى القاعدة . وعلى هذا الاساس فان تيار الجامع يساوي حوالي 95% من تيار الباعث وتسمى نسبة تيار الجامع الى تيار الباعث (الفا) التيار المستمر (α_{dc}) .

$$\alpha_{dc} = \frac{\text{تيار الجامع}}{\text{تيار الباعث}}$$

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

وتكون قيمة (α_{dc}) مقاربة للواحد وهي اقل بقليل منه فعلى سبيل المثال 0.95, 0.97, 0.995 , 0.997 وهي قيم نموذجية للنسبة α_{dc} . وتعّرف (بيتا التيار المستمر) (β_{dc}) بانها النسبة بين تيار الجامع الى تيار القاعدة عند نقطة اشتغال معينة للترانزستور. ولكون تيار القاعدة الصغير يستطيع التحكم بتيار الجامع الكبير تكون قيمة (β_{dc}) اكبر بكثير من الواحد ولهذا السبب فان الترانزستور عبارة عن وسيلة تحكم بالتيار (Current Device) وتتراوح قيمة (β_{dc}) لبعض الترانزستورات الى (30 , 50 , 80, 100) عندما تكون(βdc) للترانزستور قليلة بينما تتراوح قيمة (βdc) من (200 الى 300) للترانزستوررات ذات (β_{dc}) عالية .

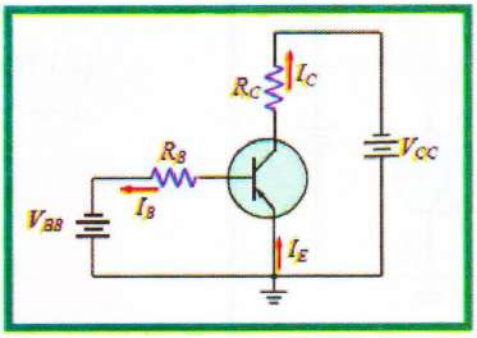
$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$

مثال 6 . 2

احسب قيمة (β_{dc}) لترانزستور نوع (PNP) فيه تيار القاعدة يساوي (2) mA وتيار الجامع يساوي (100)mA لاحظ الشكل (6 – 5) .

الحل :

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{100}{2} = 50$$



الشكل (6 – 5) حساب قيمة (βdc) للترانزستور

يمكن الاستفادة من العلاقة بين (α_{dc}) و (β_{dc}) في استخراج قيمة اي منهما بدلالة الاخرى وهي :

$$\beta_{dc} = \frac{\alpha_{dc}}{1-\alpha_{dc}}$$

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{\beta_{dc}+1}$$

مثال 6 . 3

ترانزستور فيه ($\beta_{dc} = 100$) وتيار الباعث يساوي 200) mA).
اوجد كل من تيار الجامع وتيار القاعدة .

الحل :

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{\beta_{dc}+1}$$

$$\alpha_{dC} = \frac{100}{100+1} = \frac{100}{101}$$

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

$$\frac{100}{101} = \frac{I_C}{200}$$

$$I_C = \frac{200 \times 100}{101} = 198\,mA$$

$$I_B = I_E - I_C$$

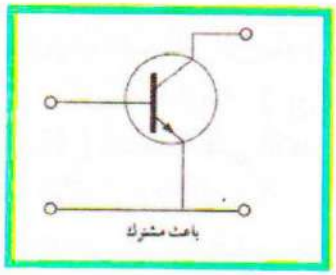
$$I_B = 200 - 198 = 2mA$$

6 . 5 طرق ربط للترانزستور

يوصل الترانزستور في الدوائر الالكترونية بثلاثة طرق مختلفة ، يوصل احد أطراف الترانزستور بإشارة الدخول والطرف الثاني بإشارة الخرج ويشترك الطرف الثالث بين الدخول والخرج .

1- الباعث المشترك Common Emitter:

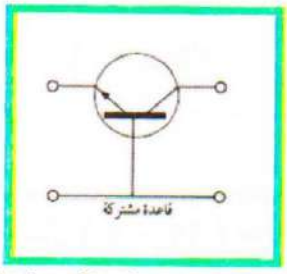
توصل إشارة الدخل بين القاعدة والباعث ، وتوصل إشارة الخرج بين الجامع والباعث ويلاحظ أن طرف الباعث مشتركا بين الدخل والخرج ، ولهذا سميت طريقة التوصيل هذه بالباعث المشترك لاحظ الشكل (6- 6) .



الشكل (6 – 6) توصيل الباعث المشترك

2- القاعدة المشتركة Common Base:

توصيل إشارة الدخل بين الباعث والقاعدة ، وتوصل إشارة الخرج بين الجامع والقاعدة ويكون طرف القاعدة مشتركا بين الدخول والخرج ، ولهذا سميت طريقة التوصيل هذه بالقاعدة المشتركة (6 – 7) .



الشكل (6 – 7) توصيل القاعدة المشتركة

3- الجامع المشترك Common Collector:

توصل إشارة الدخل بين القاعدة والجامع وتوصل إشارة الخرج بين الباعث والجامع .

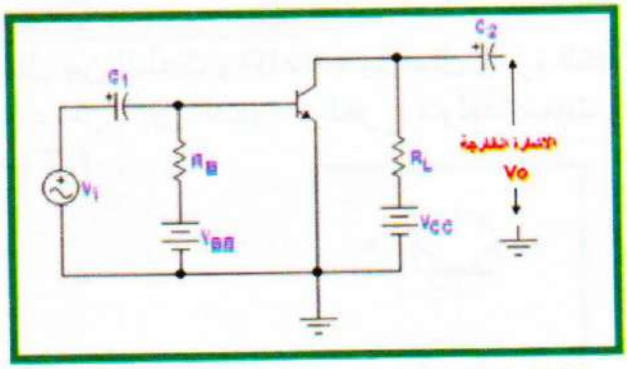
الشكل (6 – 8) توصيل الجامع المشترك

إن أهم استخدام للترانزستور الذي تعرفنا على خواصه وعمله هو استخدامه في دوائر التكبير وهناك ثلاثة طرق لربط الترانزستور في دوائر التكبير هي :

1- مكبر الباعث المشترك : Common Emitter Amplifier
2- مكبر الجامع المشترك : Common Collector Amplifier
3- مكبر القاعدة المشتركة : Common Base Amplifier

6 . 6 مكبر الباعث - المشترك : Common – Emitter Amplifier

في هذا المكبر يكون باعث الترانزستور مشتركاً بين الاشارتين الداخلة والخارجة كما موضح بالشكل (6 – 11) . تقوم المقاومة (R_B) بتحديد تيار الانحياز الامامي بين الباعث والقاعدة اما مقاومة الحمل (R_L) فتعمل على التغير في تيار الجامع المار خلالها الى فولتية متغيرة على طرفيها تمثل فولتية الاشارة الخارجة . تعمل المتسعة (C_1) على منع مرور تيار البطارية (V_{BB}) المستمر في مصدر الاشارة في حين تسمح للاشارة بالمرور الى قاعدة الترانزستور . تقوم المتسعة (C_2) بمنع مرور التيار المستمر مع الاشارة الخارجة .



الشكل (6 – 11) مكبر الباعث - المشترك

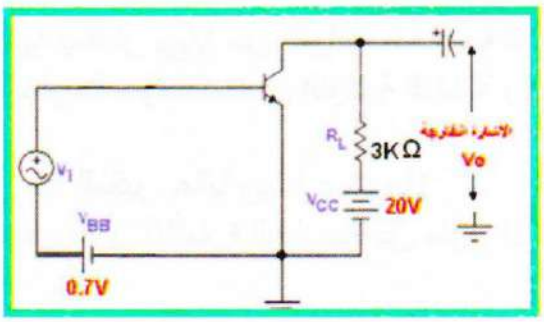
ويمتاز هذا المكبر بما يلي :

1- مقاومة الدخول عالية وتقع في حدود kΩ (100 – 300) .
2- المقاومة الخارجية قليلة تقع بين kΩ (40 – 5) .
3- ربح الفولتية عالٍ وهو النسبة بين الاشارة الخارجة V_o الى الاشارة الداخلة V_i.
4- ربح التيار عالٍ ويقع بحدود (150 – 50) ويساوي β_{dc} .
5- طور الاشارة الخارجة يكون مختلفاً عن طور الاشارة الداخلة بزاوية مقدارها 180 درجة.

مثال 6 . 4

الدائرة الموضحة بالشكل (6–12) عبارة عن مكبر باعث– مشترك باستخدام ترانزستور من السيليكون نوع NPN فيه تيار القاعدة (I_B=60 μA) وتيار الجامع (I_C=3) mA . المطلوب حساب الفولتية عبر مقاومة الحمل (R_L) والفولتية بين الجامع والباعث (V_{CE}).

الحل :



الشكل (6 – 12) مكبر باعث – مشترك

الفولتية عبر مقاومة الحمل تساوي :

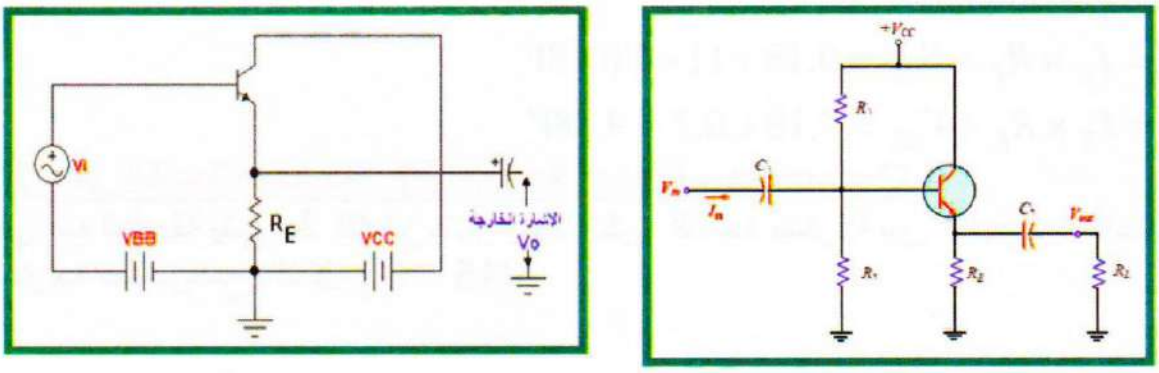
$$I_C \times R_C = 3mA \times 3K\Omega = 9\,V$$

الفولتية بين الجامع والباعث تساوي :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_L = 20V - 9V = 11V$$

6 . 7 مكبر الجامع – المشترك : Common - Collector Amplifier

يوصل الترانزستور بحيث يكون الجامع مشتركاً بين الاشارتين الداخلة والخارجة كما موضح بالشكل (6 – 13) . تنقل مقاومة الحمل من طرف الجامع الى طرف الباعث (R_E) ويصبح مصدر التيار المستمر (V_{CC}) في حالة دورة قصر (Short) بالنسبة للاشارة وهذا يعني ان الجامع متصل بالارضي .



الشكل (6 – 13) مكبر الجامع - المشترك

يمتاز مكبر الجامع - المشترك بما يأتي :

1- مقاومة الدخول فيه عالية جداً وتقع بين KΩ (800 – 150) .

2- المقاومة الخارجية قليلة في حدود KΩ (5 – 0.2) .

3- ربح الفولتية فيه قليل (اقل من الواحد) لان $V_i = V_{BE} + V_O$

اي ان الفولتية الداخلة تزيد بمقدار V_{BE} عن الفولتية الخارجة فاذا اهملنا V_{BE} وهي 0.7V للسيليكون فان الفولتية الخارجة سوف تساوي الفولتية الداخلة وهذا يدل على ان ربح الفولتية يساوي واحد تقريباً .

4- يكون ربح التيار في هذا المكبر عالياً ويساوي βdc .

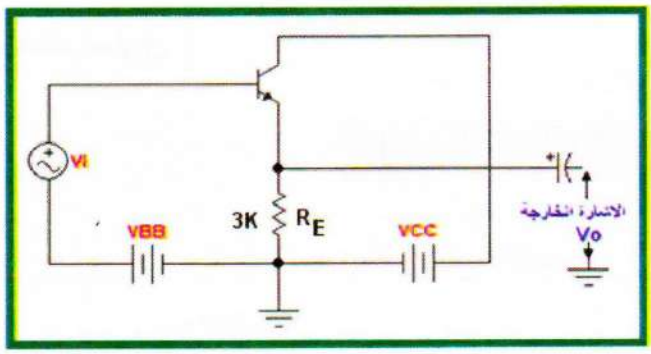
5- لايحدث اي اختلاف في طور الاشارة الخارجة عن طور الاشارة الداخلة .

مثال 6 . 5

الدائرة الموضحة بالشكل (6 – 14) عبارة عن مكبر الجامع – المشترك باستخدام الترانزستور NPN نوع السيليكون وفيه

$V_{BE} = 0.7V$, $\beta_{dc} = 50$, $V_{CE} = 11V$, $I_B = 60\mu F$, $I_C = 3mA$

احسب تيار الباعث I_E , و V_{CC} , و V_{BB} .



الشكل (6– 14) مكبر الجامع – المشترك

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_E = 60\mu A + 3mA = 0.06mA + 3mA = 3.06mA$$

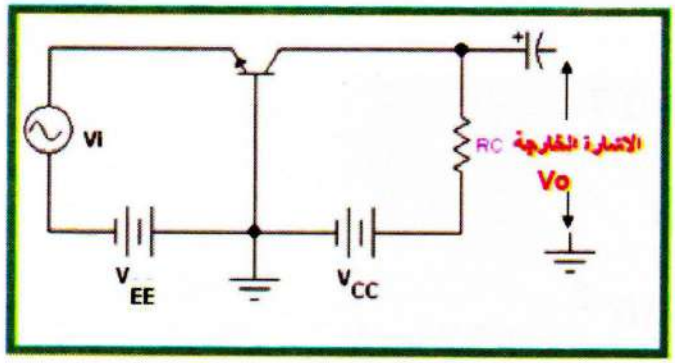
$$I_E \times R_E = 3.06mA \times 3K\Omega = 9.18V$$

$$V_{CC} = I_E \times R_E + V_{CE} = 9.18 + 11 = 20.18V$$

$$V_{BB} = I_E \times R_E + V_{BE} = 9.18 + 0.7 = 9.88V$$

6. 8 مكبر القاعدة المشتركة : Common - Base Amplifier

في هذه الطريقة يتم ربط الترانزستور بحيث تكون القاعدة مشتركة بين الاشارتين الداخلة والخارجة كما موضح بالشكل (6 – 15) .



الشكل (6 – 15) مكبر القاعدة المشتركة

يجهز مصدر التيار المستمر (V_{EE}) الانحياز الامامي بين وصلة (الباعث الى القاعدة) للترانزستور NPN ويصبح الباعث سالب بالنسبة الى القاعدة بينما يجهز مصدر التيار المستمر (V_{CC}) الانحياز العكسي بين وصلة (الجامع الى القاعدة) فيصبح الجامع موجب بالنسبة الى القاعدة .

وتمتاز دائرة مكبر القاعدة – المشتركة بما يلي :

1- مقاومة الدخول قليلة تتراوح بين Ω (300 – 100) .

2- المقاومة الخارجية عالية وتتراوح بين KΩ(500 – 100) .

3- ربح الفولتية يكون عالياً ، علما ان ربح الفولتية لجميع انواع المكبرات هو :

$$G_v = \frac{V_o}{V_i}$$

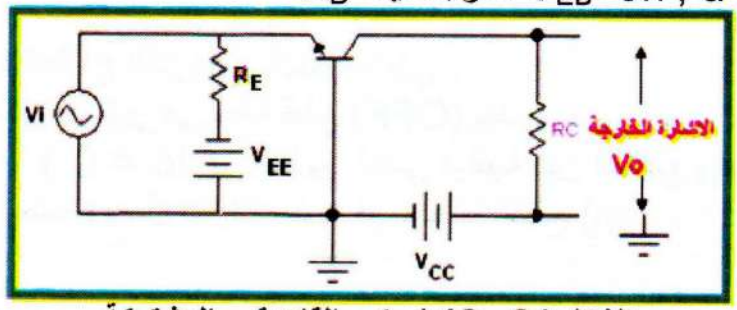
$$\text{ربح الفولتية} = \frac{\text{الفولتية الخارجة}}{\text{الفولتية الداخلة}}$$

4 – ربح التيار اقل من الواحد ويساوي (α_{dc}) .

5 – لايحدث انقلاب في طور الاشارة الخارجة نسبة الى الاشارة الداخلة .

مثال 6 . 6

الدائرة الموضحة بالشكل (6 – 16) عبارة عن مكبر القاعدة – المشترك باستخدام الترانزستور NPN نوع السيليكون له القيم التالية : V_{EE}=-10V, V_{CC}=10V, R_C=4K Ω, V_{EB}=0.7, α=0.98, V_{CE}=5V ، اوجد قيمة I_B .

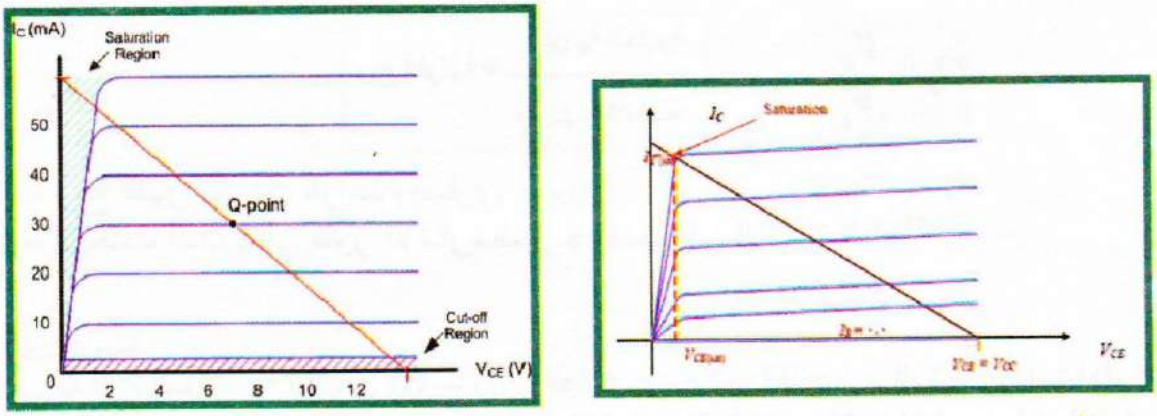


الشكل (6– 16) مكبر القاعدة – المشتركة

$$V_{EE} = I_E \times R_E + 0.7$$
$$V_{CC} = V_{CE} + I_C \times R_C$$
$$10 = 5 + 4000 \times I_C$$
$$I_C = 1.25mA$$
$$I_E = \frac{I_C}{\alpha} = \frac{1.25 \times 10^{-3}}{0.98} = 1.275mA$$
$$\therefore 10 = 1.275 \times 10^{-3} \times R_E + 0.7$$
$$R_E = \frac{10 - 0.7}{1.275 \times 10^{-3}} = 7.29K\Omega$$

9.6 الترانزستور كمفتاح الكتروني : Transistor as Electronic Switching

عند استخدام اي من الترانزستورين NPN او PNP كمفتاح الكتروني (ON/OFF) للسيطرة على اي اداة (Device) مثل المصابيح و المحركات وغيرها ينظم انحياز الترانزستور كي يعمل في منطقة التشبع (Saturation Region) ومنطقة القطع (Cut – Off Region) كما موضح بالشكل (6 - 17) .



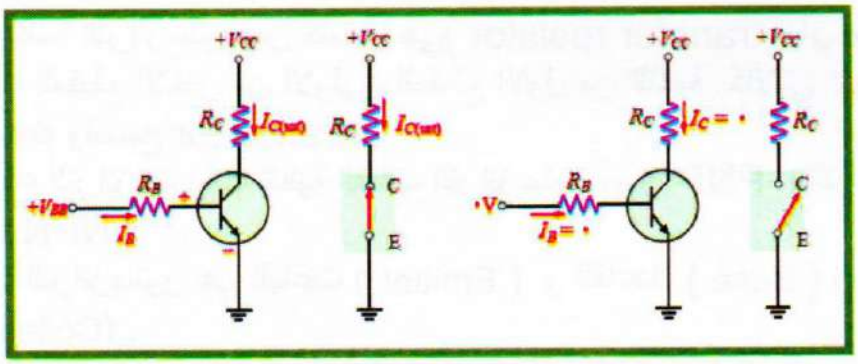
الشكل (6 – 17) منحيات خواص الخرج مع خط الحمل

عند عمل الترانزستوركمفتاح الكتروني نلاحظ ما يلي :

اولا – عندما يكون الترانزستور في حالة قطع (OFF) يعني عدم وجود تيار دخل ($I_B = 0$) ويكون تيار الجامع ($I_C = 0$) وتظهر اعلى فولتية بين الجامع والباعث (V_{CE}) تجعل منطقة الاستنزاف عريضة ويعمل الترانزستور في منطقة القطع (Cut-Off Region) فلا يمر تيار خلاله .

ثانيا – عندما يكون الترانزستور في حالة توصيل (ON) تنظم فولتية الانحياز الامامي بين الباعث والقاعدة (V_{BE}) للحصول على اعلى تيار قاعدة (I_B) ينتج عنه مرور اعلى تيار جامع (I_C) واقل فولتية بين الجامع والباعث (V_{CE}) تجعل سمك منطقة الاستنزاف اقل مايمكن

فيمر اعلى تيار في الترانزستور فيعمل الترانزستور في منطقة التشبع (Saturation Region)
الشكل (6 – 18) يوضح مثال لاستخدام الترانزستور NPN كمفتاح الكتروني .



الشكل (6 – 18) ترانزستور NPN يعمل كمفتاح الكتروني

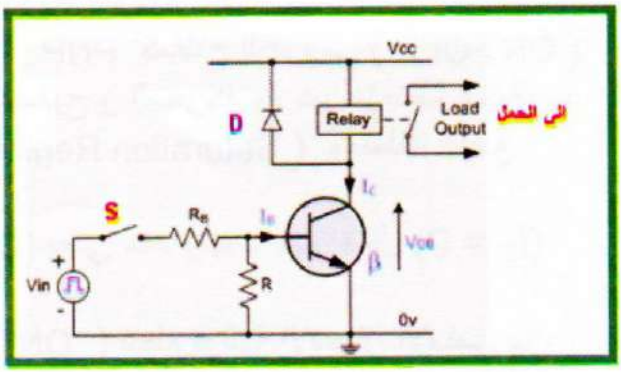
مثال 7 . 5

للشكل (6 – 19) $\beta_{dc}=200$, $I_C=4mA$, $I_B=20\mu A$. احسب المقاومة R_B اللازمة لتشغيل الحمل ON عندما تكون الفولتية الداخلة (Vin = 2.5V). ثم اوجد اقل تيار قاعدة كي يصبح الترانزستور في حالة تشبع لحمل يحتاج 200mA .

الحل :

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{2.5v - 0.7v}{20\times10^{-6}} = 90k\Omega$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{200mA}{200} = 1mA$$



الشكل (6 - 19) حساب المقاومة RB

الخلاصة

- اشتقت كلمة الترانزستور من كلمتين هي(transfer resistor) اي مقاومة النقل وقد تم حذف المقطع الاخير من الاولى والمقطع الاول من الثانية كالاتي ~~transfer~~ ~~re~~sistor واصبح transistor .
- من انواع الترانزستورات ثنائية القطب الترانزستور نوع PNP والترانزستور من النوع NPN .
- اطراف الترانزستور هي الباعث (Emitter) و القاعدة (Base) و الجامع (Collector) .
- تيار الباعث يساوي مجموع التيارين هما تيار القاعدة وتيار الجامع .
- في نقطة عمل للترانزستور تدعى النسبة بين تيار الجامع الى تيار الباعث (الفا) α_{dc} .
- في نقطة عمل للترانزستور تدعى النسبة بين تيار الجامع الى تيار القاعدة (بيتا) β_{dc} .
- في مكبر الباعث المشترك يكون باعث الترانزستور مشتركاً بين الاشارتين الداخلة والخارجة وله ربح تيار عالٍ وربح فولتية عالٍ ايضاً .
- في مكبر الجامع المشترك يكون الجامع مشتركاً بين الاشارتين الداخلة والخارجة ويكون فيه ربح التيار عالٍ وربح الفولتية قليل يصل الى اقل من الواحد .
- في مكبر القاعدة المشتركة تكون القاعدة مشتركة بين الاشارتين الداخلة والخارجة ويكون فيه ربح التيار قليل يصل الى اقل من الواحد وربح الفولتية عالياً .
- عند استخدام اي من الترانزستورين NPN او PNP كمفتاح الكتروني (ON / OFF) للسيطرة على اي اداة (Device) مثل المصابيح و المحركات وغيرها ينظم انحياز الترانزستور كي يعمل في منطقة التشبع (Saturation Region) ومنطقة القطع (**Cut – Off Region**) .
- عندما يكون الترانزستور في حالة قطع (OFF) يعني عدم وجود تيار دخل ($I_B = 0$) ويكون تيار الجامع .
- عندما يكون الترانزستور في حالة توصيل (ON) تنظم فولتية الانحياز الامامي بين الباعث والقاعدة (V_{BE}) للحصول على اعلى تيار قاعدة (I_B) ينتج عنه مرور اعلى تيار جامع (I_C) .

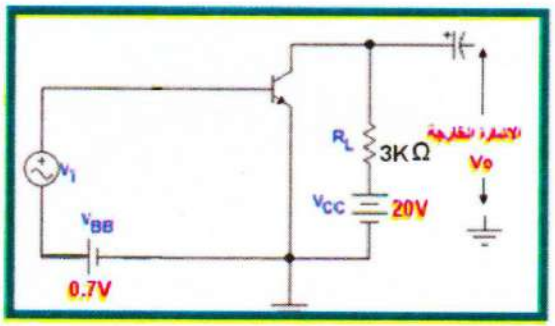
أسئلة الفصل السادس

1- اشرح مع الرسم تركيب الترانزستور من نوع PNP .
2- اشرح مع الرسم تركيب الترانزستور نوع NPN .
3 - ما الفرق بين الترانزستور NPN والترانزستور PNP ؟ وضح اجابتك مع الرسم.
4- ما الانحياز الامامي والعكسي للترانزستور PNP ؟ اشرح مع الرسم .
5- ما الانحياز الامامي والعكسي للترانزستور NPN ؟ اشرح مع الرسم .
6- ما العلاقة بين تيارات الترانزستور NPN و PNP ؟
7- ما الفرق بين (الفا) α_{dc} و (بيتا) β_{dc} ؟
8- اذكر العلاقة الرياضية بين (الفا) و (بيتا) .
9 – ما الفرق بين مكبر الباعث المشترك والجامع المشترك والقاعدة المشتركة ؟ وضح اجابتك بالرسم .
10- اشرح مع الرسم استخدام الترانزستور كمفتاح الكتروني . حدد مناطق القطع والتوصيل على منحنيات الخواص .

مسائل الفصل السادس

س 1 : احسب قيمة (β_{dc}) لترانزستور فيه تيار القاعدة يساوي 1) mA) وتيار الجامع يساوي 100)mA) .

س 2 : في الدائرة الموضحة بالشكل ادناه مكبر ياعث – مشترك باستخدام ترانزستور من السيليكون نوع NPN فيه تيار القاعدة (I_B= 30)μA) وتيار الجامع (I_C=1)mA) المطلوب حساب الفولتية عبر مقاومة الحمل (RL) والفولتية بين الجامع والباعث (V_{CE}) ؟



الباب الثالث
الفصل السابع
انظمة الترقيم

الاهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى التعرف على انظمة الترقيم والعمليات الحسابية لعدد من الانظمة والتحويل من نظام الى آخر .

الأهداف الخاصة : بعد ان ينهي الطالب هذا الفصل سوف يكون قادراً على أن:

1-يعرف الانظمة الرقيمة بانواعها .
2-يعرف عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة بالنظام الثنائي والثماني والسادس عشر .
3-يتعلم التحويل من النظام الثنائي الى العشري وبالعكس ومن السادس عشر الى الثنائي وبالعكس ومن النظام الثماني الى العشري وبالعكس .
4-يتعلم عمل البوابات المنطقية وجداول الحقيقة .

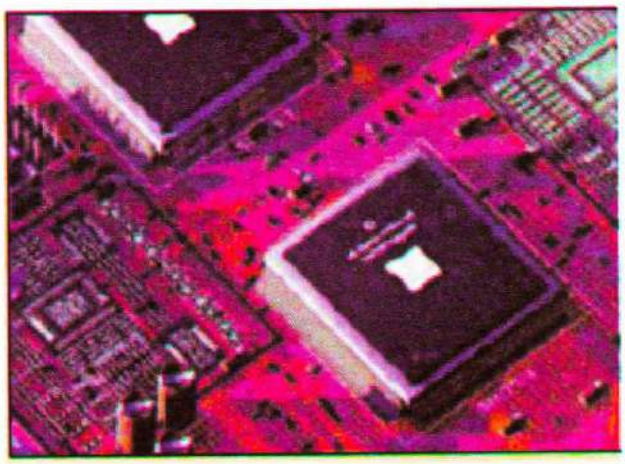
محتويات

الفصل 7

تعلم المواضيع

- ✓ - النظام العشري Decimal system
  - النظام الثنائي Binary system
- ✓ - الإضافة الثنائية Binary addition
  - الطرح الثنائي Binary subtraction
- ✓ - النظام الثماني Octal Numbers
  - نظام السادس عشر Hexadecimal system
- ✓ - تحويل النظام الثنائي الى النظام العشري – التحويل من النظام الثماني الى النظام العشري.
- ✓ - التحويل من النظام السادس عشر الى النظام العشري – التحويل من النظام العشري الى الأنظمة الأخرى.
- ✓ - البوابات المنطقية – بوابة OR - AND - NOT - NAND - NOR - X-OR - X-NOR

الانظمة الرقيمة Digital Systems



الفصل السابع

الانظمة الرقمية والبوابات المنطقية

1.7 الأرقام: Numbers

عندما نسمع بكلمة **رقم** (Number) يفكر معظمنا بنظام الأرقام العشرية Decimal Numbers المألوفة والمكونة من الأرقام العشرية الأولية (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9). ان نظام العد الشائع الاستعمال هو استخدام عشرة ارقام من الصفر الى التسعة ويطلق عليه **النظام العشري** لانه يحتوي على عشرة ارقام. وهناك أنظمة أخرى لا يعرفها إلا الذين يختصون بدراسة علم الإلكترونيك والحاسبات والاتصالات ومنها الاعداد الثنائية Binary Numbers والاعداد الثمانية Octal Numbers والاعداد السادسة عشرة Hexadecimal Numbers. وسنتعلم بعض أنظمة الأعداد لأنها مستعملة في الحاسبات والأجهزة الرقمية الأخرى وعليه يلزمنا دراسة ما يلي :

1- النظام العشري والثنائي والثماني والسادس عشر .
2- تحويل الأرقام من نظام الى آخر .

2.7 النظام العشري : Decimal System

ان النظام العددي العشري يستخدم الأرقام من (0 – 9) ويتكون من رقم واحد او عدة أرقام وله خاصية مرتبة العدد. فعلى سبيل المثال العدد العشري 1956 فان الرقم 6 نجده في الموضع الاول (الآحاد) ومعاملها (10^0) والرقم 5 في الموضع الثاني (العشرات) ومعامله (10^1) والرقم 9 في الموضع الثالث (المئات) ومعامله (10^2) والرقم 1 في الموضع الرابع (الآف) ومعامله (10^3) واذا جمعنا (6+50+900+1000) يتكون الرقم 1956. اساس النظام العشري هو عشرة وتسمى تلك المعاملات بأوزان النظام. ويمثل الجدول (7–1) رموز ارقام النظام العشري حيث تمثل الدوائر السوداء مقام الأرقام وكل رمز من هذه الرموز يقابل مجموعة من الدوائر السوداء .

جدول رقم (7- 1)

الرقم العشري	الكمية
0	-
1	●
2	●●
3	●●●
4	●●●●
5	●●●●●
6	●●●●●●
7	●●●●●●●
8	●●●●●●●●
9	●●●●●●●●●

مثال 7 . 1

حلل العدد العشري $(824)_{10}$.

الحل :

$$(824)_{10} = 8 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 4 \times 10^0$$
$$= 800 + 20 + 4$$
$$= 824$$

مثال 7 . 2

حلل العدد العشري $(23456)_{10}$.

الحل :

$$(23456)_{10} = 2 \times 10^4 + 3 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$
$$= 20000 + 3000 + 400 + 50 + 6$$
$$= 23456$$

7 . 3 النظام الثنائي : Binary System

يستخدم النظام العددي الثنائي رمزين فقط هما (1 , 0) اي يستخدم الاساس 2 ويسمى بانظام العددي ذو الاساس 2 ويطلق على كل رقم ثنائي (bit) او (خانة) . وتكون اوزان هذا النظام هي (2^0 , 21 , 2^2, 2^3, 2^4 .....) الخ . والامثلة الاتية تمثل الاعداد الثنائية

$(1001001)_2$, $(1001101011)_2$, $(111111111)_2$, $(110110)_2$

الجدول (7– 2) يوضح الاعداد العشرية وما يقابلها من الاعداد الثنائية

الرقم العشري	الرقم الثنائي	الكمية
0	0	-
1	1	0
2	10	00
3	11	000
4	100	0000
5	101	00000
6	011	000000
7	111	0000000

7. 4 التحويل من الاعداد العشرية الى الاعداد الثنائية

يمكن تحويل الاعداد العشرية الى اعداد ثنائية بقسمة العدد العشري على اساس النظام المحول اليه وهو الاساس 2 والاحتفاظ بباقي القسمة وباجراء عمليات القسمة المتتالية على الاساس 2 الى ان يبقى ناتج القسمة صفر .

مثال 7 . 3

حول العدد العشري $_{10}$(34) الى النظام الثنائي .

الحل :

الباقي	0	34 ÷ 2 = 17
الباقي	1	17 ÷ 2 = 8
الباقي	0	8 ÷ 2 = 4
الباقي	0	4 ÷ 2 = 2
الباقي	0	2 ÷ 2 = 1
الباقي	1	1 ÷ 2 = 0

ويوضع العدد الثنائي بكتابة الأرقام الباقية بطريقة معكوسة اي من الاسفل الى الاعلى فيكافئ الرقم العشري $_{10}$(34) إلى الرقم الثنائي $_2$(100010)

مثال 7 . 4

حول العدد العشري $_{10}$(25) الى عدد ثنائي .

الحل :

الباقي	1	25 ÷ 2 = 12
الباقي	0	12 ÷ 2 = 6
الباقي	0	6 ÷ 2 = 3
الباقي	1	3 ÷ 2 = 1
الباقي	1	1 ÷ 2 = 0

فيكون العدد الثنائي = $(11001)_2$

مثال 7 . 5

استعمل الحروف (A , B) بدلا الأرقام (0, 1) للإعداد الثنائية من الصفر الى الرقم 7 .

الحل :

يتم معرفة الحساب بالحروف (A , B) بعد وضع الأرقام الثنائية المألوفة حتى الرقم (7) وبالتعويض عن الرقم (صفر) بالحرف (A) وكذلك الرقم (1) بالحرف (B) نحصل على ما يأتي :

0	1	10	11	100	101	110	111
A	B	BA	BB	BAA	BAB	BBA	BBB

5.7 التحويل من الاعداد الثنائية الى الاعداد العشرية :

بعد ان تعلمنا كيفية تحليل العدد الثنائي الى مجموعة قيم الخانات يمكن الحصول على الاعداد العشرية المقابلة لاي عدد ثنائي وجمع هذه القيم للحصول على العدد العشري .

مثال 6.7

حلل العدد الثنائي $(1101)_2$.

الحل :

$$(1101)_2 = 1x2^3 + 1x2^2 + 0x2^1 + 1x\,2^0$$

مثال 7.7

حلل العدد الثنائي $(111001)_2$.

الحل :

$$(111001)2 = 1x2^5 + 1x2^4 + 1x2^3 + 0\,x2^2 + 0\,x2^1 + 1x2^0$$

مثال 8.7

حول العدد الثنائي $(1111)_2$ الى العدد العشري .

الحل :

$$(1111)_2 = 1x2^3 + 1x2^2 + 1x2^1 + 1x2^0$$
$$= 8 + 4 + 2 + 1$$
$$= (15)_{10}$$

مثال 9.7

حول العدد الثنائي $(11001)_2$ الى العدد العشري .

الحل:

$$(11001)_2 = 1x2^4 + 1x2^3 + 0x2^2 + 0x2^1 + 1x2^0$$
$$= 16 + 8 + 0 + 0 + 1$$
$$= (25)_{10}$$

وفي حالة تحويل الاعداد التي تحتوي على ارقام كسرية اضافة الى الاعداد الصحيحة مثل العدد $(101.1101)_2$ الى ما يقابله من الاعداد العشرية فان تحليل العدد يكتب كما يأتي :

$$(101.1101)_2 = (1x2^2 + 0x2^1 + 1x2^0) . (1/2^1 + 1/2^2 + 0/2^3 + 1/2^4)$$
$$= (4 + 0 + 1) . (0.5 + 0.25 + 0 + 0.0625)$$
$$= 5.8125$$

مثال 7 . 10

حول العدد الثنائي الى العدد العشري 2(0.111) .

الحل :

$$(0.111)_2 = 1x\ 1/2^1 + 1x1/2^2 + 1x/2^3$$
$$= 0.5 + 0.25 + 0.125 = 0.875$$

6.7 الاضافة الثنائية : Binary Addition

في حالة جمع الاعداد الثنائية نحتاج حفظ الحالات البسيطة الاتية :

الحالة الاولى : 0 + 0 = 0

الحالة الثانية : 1 + 0 = 1

الحالة الثالثة : 0 + 1 = 1

الحالة الرابعة : 1 + 1 = 10

مثال 7 . 11

اضف العدد الثنائي 1101 الى 1010.

الحل :

```
  1101
+ 1010
------
 10111
```

مثال 7 . 12

اضف العدد الثنائي 111011 الى 100100 .

الحل :

```
  111011
+ 100100
--------
 1011111
```

7. 7 الطرح الثنائى : Binary Subtraction

في حالة الطرح الاعداد الثنائية نحتاج الى حفظ الحالات البسيطة الاتية :

الحالة الاولى : $0 - 0 = 0$

الحالة الثانية : $1 - 0 = 1$

الحالة الثالثة : $0 - 1 = 1$

الحالة الرابعة : لا يمكن طرح 1 من 0 لذلك نستعير من المرتبة المجاورة 1

فتصبح : $10 - 1 = 1$

مثال 7 . 13

اطرح العدد الثنائي 0111 من 1111 .

الحل :

```
  1111
- 0111
------
  1000
```

مثال 7 . 14

اطرح العدد الثنائي 1010 من 1101 .

الحل :

```
  1101
- 1010
------
  0011
```

7. 8 الضرب الثنائى : Binary Multiplication

في حالة ضرب الاعداد الثنائية نحتاج الى حفظ الحالات البسيطة الاتية :

الحالة الاولى : $0 \times 0 = 0$

الحالة الثانية : $1 \times 0 = 0$

الحالة الثالثة : $0 \times 1 = 0$

الحالة الرابعة : $1 \times 1 = 1$

مثال 7 . 15

ما هو ناتج ضرب العددين الثنائيين ؟ $(101)_2 \times (10)_2$

الحل :

$$\begin{array}{r} 101 \\ \times\ 10 \\ \hline 000 \\ +101 \\ \hline 1010 \end{array}$$

مثال 7 . 16

ما هو ناتج ضرب العددين الثنائيين ؟ $(111)_2 \times (110)_2$

الحل :

$$\begin{array}{r} 111 \\ \times\ 110 \\ \hline 000 \\ 111 \\ +111 \\ \hline 101010 \end{array}$$

7. 9 قسمة الاعداد الثنائية : Binary Division

في حالة قسمة الاعداد الثنائية نحتاج الى حفظ الحالات البسيطة الاتية :

الحالة الاولى : $0 \div 0 = 0$

الحالة الثانية : $0 \div 1 = 0$

الحالة الثالثة : $1 \div 0 = 0$

الحالة الرابعة : $1 \div 1 = 1$

مثال 7 . 17

ما ناتج قسمة العدد $(1001)_2$ على $(11)_2$ ؟

الحل :

$$
\begin{array}{r|l}
 & 11 \\
\hline
11 & 1001 \\
 & 11 \\
\hline
 & 11 \\
 & 11 \\
\hline
 & 00
\end{array}
$$

مثال 7 . 18

ما ناتج قسمة العدد $(1000)_2$ على $(10)_2$ ؟

الحل :

$$
\begin{array}{r|l}
 & 100 \\
\hline
10 & 1000 \\
 & 10 \\
\hline
 & 000 \\
 & 00 \\
\hline
 & 0000 \\
 & 00 \\
\hline
 & 0000
\end{array}
$$

7. 10 النظام الثماني : Octal System

اساس النظام العددي الثماني هو 8 والرموز الثمانية التي يمكن ان تستخدم في نظام العدد الثماني ,0,1,2,3,4,5,6,7 والجدول رقم (7 – 3) يوضح المقارنة بين العدد العشري والعدد الثماني .

جدول (7 – 3) المقارنة بين العدد العشري والعدد الثماني

العدد العشري	العدد الثنائي	العدد الثماني	العدد العشري	العدد الثنائي	العدد الثماني
0	000	0	9	1001	11
1	001	1	10	1010	12
2	010	2	11	1011	13
3	011	3	12	1100	14
4	001	4	13	1101	15
5	101	5	14	1110	16
6	110	6	15	1111	17
7	111	7	16	10000	20
8	1000	10	17	10001	21

يستخدم النظام الثماني الاساس 8 ويسمى بالنظام العددي ذو الاساس 8 ثنائي . وتكون اوزان هذا النظام هي (8^0 , 8^1 , 8^2 , 8^3 , 8^4 .....) الخ . والامثلة الاتية تمثل الاعداد الثمانية

$(53)_8$, $(77.37)_8$, $(12)_8$, $(115)_8$

مثال 7 . 19

حول العدد الثماني $_8$(2457) الى عدد عشري .

الحل:

$$2x8^3 + 4x8^2 + 5x8^1 + 7x8^0$$

$$1327 = 1024 + 256 + 40 + 7$$

مثال 7 . 20

حول العدد الثماني $_8$(642) الى عدد عشري .

الحل:

$$6x8^2 + 4x8^1 + 2x8^0$$

$$418 = 384 + 32 + 2$$

مثال 7 . 21

حول العدد الثماني $_8$(532) الى الثنائي .

الحل:

5	3	2
↓	↓	↓
101	011	010

7 . 11 النظام السادس عشر Hexadecimal

اساس النظام العددي السادس عشر هو 16 ويطلق عليه النظام العددي ذو الاساس 16. والجدول رقم (7 – 4) يوضح المقارنة بين النظم العددية العشرية والثنائية والسداسية عشر.

جدول (7 – 4) المقارنة بين النظم العددية العشرية والثنائية والسداسية عشر

العدد العشري	العدد الثنائي	العدد السادس عشر	العدد العشري	العدد الثنائي	العدد السادس عشر
0	000	0	16	10000	10
1	001	1	17	10001	11
2	010	2	18	10010	12
3	011	3	19	10011	13
4	001	4	20	10100	14
5	101	5	21	10101	15
6	110	6	22	10110	16
7	111	7	23	10111	17
8	1000	8	24	11000	18
9	1001	9	25	11001	19
10	1010	A	26	11010	1A
11	1011	B	27	11011	1B
12	1100	C	28	11100	1C
13	1101	D	29	11101	1D
14	1001	E	30	11110	1E
15	1010	F	31	11111	1F

يعبر الحرف A عن العدد 10 , والحرف B عن العدد 11 , والحرف C عن العدد 12 , والحرف D عن العدد 13 , والحرف E يعبر عن العدد 14 , والحرف F عن العدد 15 وتكون اوزان هذا النظام هي (16^0 , 16^1 , 16^2 , 16^3 , 16^4 .....) الخ .
والامثلة الاتية تمثل الاعداد بالنظام السادس عشر .

$(D3.E)_{16}$, $(47.FE)_{16}$, $(A3F.C)_{16}$, $(2B6)_{16}$

مثال 7 . 22

حول العدد السادسي عشر $(3B9)_{16}$ الى عدد ثنائي .

الحل :

3 B 9

↓ ↓ ↓

0011 1011 1001

$(3B9)_{16} = (001110111001)_2$

مثال 7 . 23

حول العدد السداسي عشر $(12.6C)_{16}$ الى العدد الثنائي .

الحل :

1	2	.	6	C
↓	↓		↓	↓
0001	0010	.	0110	1100

$$(12.6C)_{16}=(0001001001101100)_2$$

7- 12 التحويل من النظام العشرى الى النظام السادس عشر

عند تحويل عدد من النظام العشري الى النظام السادس عشر نقوم بعملية القسمة المكررة على العدد (16) وهي تشبه طريقة تحويل الاعداد من النظام العشري الى النظام الثنائي حيث اختلف الاساس هنا فاصبح (16) بدلا من (2) .

مثال 7 . 24

حول العدد العشري 250 الى مكافئه السادس عشر

الحل :

	الباقي
250 ÷ 16 = 15	10
15 ÷ 16 = 0	15

فيكون الناتج كما يلي : $(250)_{10} = FA$

7- 13 الجبر البو لينى : Boolean Algebra

عندما نسمع كلمة جبر، فاننا نتذكر او نفكر بعلم الجبر الاعتيادي وفيه يتم التعامل مع المعادلات المختلفة بمتغيراتها وثوابتها غير ان هذا النوع ليس الوحيد من انواع الجبر. فهناك نوع اخر قام بوضع قواعده العالم الرياضي جورج بويل (George Boole) حيث سمي باسمه (الجبر البوليني) .

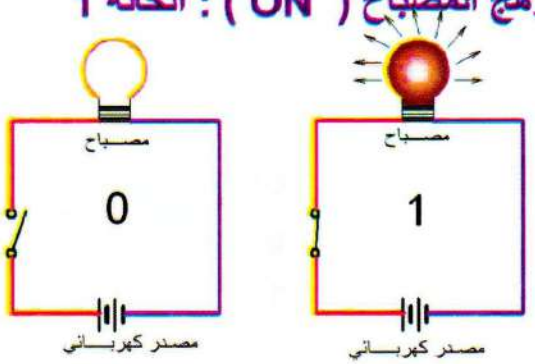
ان علم الجبر البوليني يختلف عن علم الجبر الاعتيادي حيث يتعامل مع متغيرات وثوابت لاتاخذ غير حالتين : الخطا او الصواب (نعم او لا ، صواب او خطأ). وإذا تذكرنا إن الأرقام في النظام الثنائي (Binary) الذي سبق ذكره لا تأخذ غير حالتين : 1 او 0 يمكننا التعبير عن حالتي الخطأ والصواب اللتين يتعامل معهما الجبر البوليني بالرقمين 1 او 0 كالآتي :

صواب	1	خطأ	0

سنحاول في الفقرات التالية التعرف على بعض العلاقات او العمليات الأساسية للجبر البوليني، سنستعين في ذلك بالتعبير عن الحالتين باستخدام المفاتيح الكهربائية البسيطة كما هو موضح في الشكل (7 - 1).

فعندما تكون الدائرة مفتوحة لايتوهج المصباح (OFF) : الحالة 0

وعندما تكون الدائرة مغلقة يتوهج المصباح (ON) : الحالة 1



الشكل (7- 1) توضيح الفرق بين 1 و 0

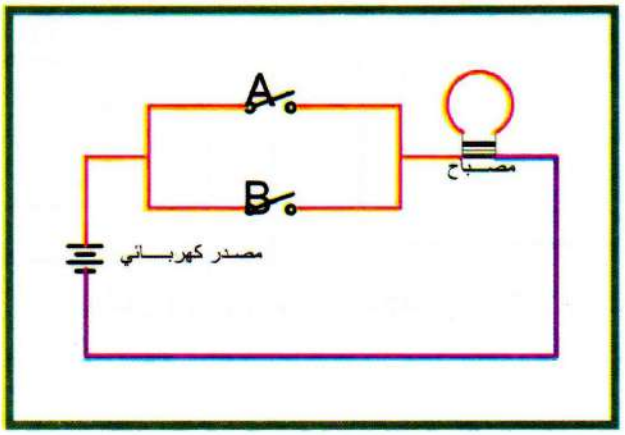
7. 13 .1 العلاقات او العمليات الأساسية للجبر البوليني

ان العمليات الأساسية في الجبر الاعتيادي هي عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة والرفع ، أما في الجبر البوليني فان هذه العلاقات معرفة كما ياتي :

1- علاقة	او	OR
2- علاقة	و	AND
3- علاقة	نفي	NOT

1 - علاقة او (OR) :

تربط هذه العلاقة بين كميتين مدخلتين (Inputs) او أكثر وتعطي خرجاً (Output) واحدا بحيث يكون هذا الخرج صوابا (1) إذا كان اي من الادخالات واحد (1) و يكون الخرج خطأ (0) في حالة واحدة وهي عندما تكون جميع المدخلات (Inputs) خطأ (0) . يمكن توضيح هذه العلاقة بين المدخلات (A ، B) باستخدام الدائرة الكهربائية البسيطة لاحظ الشكل (7 - 2).



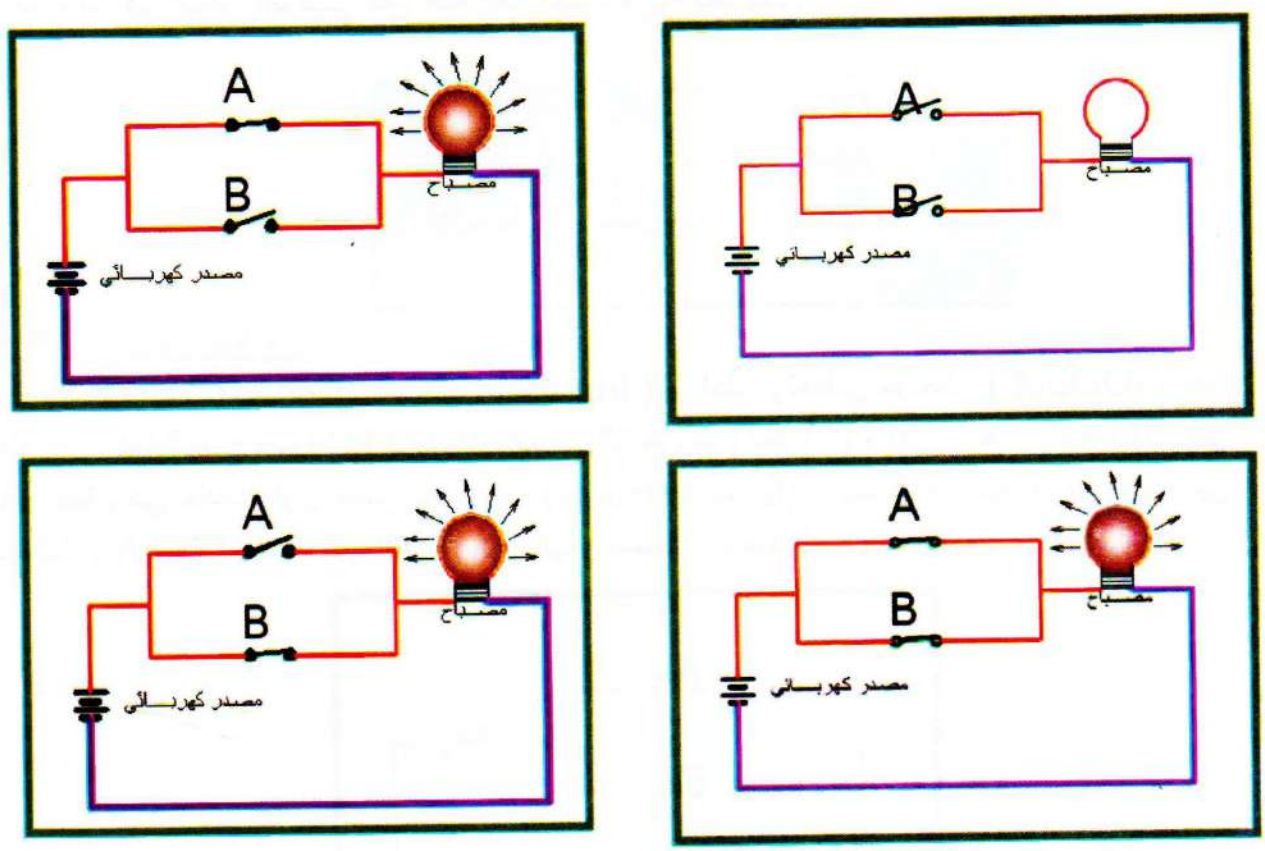
الشكل (7- 2) العلاقة أو (OR) ذات مدخلين

يتوهج المصباح (ON) اي (1) عندما يكون احد المفتاحين (Switches) (B،A) مغلقا (1) او كلاهما. ولا يتوهج المصباح (OFF) اي (0) في حالة واحدة فقط وهي عندما يكون كلا المفتاحين (B،A) في حالة فتح لاحظ الجدول (7- 5) .

الجدول (7- 5) علاقة المصباح مع المفتاحين (A,B)

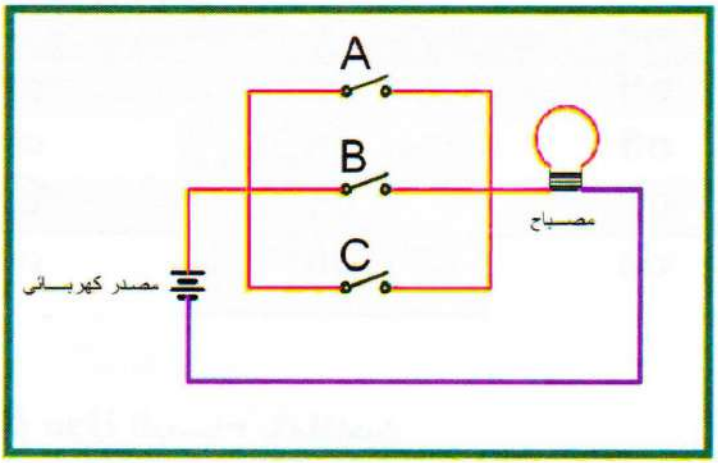
المصباح	B	A
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

وبالرجوع إلى الأرقام الثنائية 1و 0 يمكن التعبير عن الجدول أعلاه باستخدام الدوائر الكهربائية الموضحة بالشكل (7– 3) .



الشكل (7- 3) تحقيق العلاقة أو (OR) ذات مدخلين

يمكن توضيح العلاقة او (OR) بين ثلاثة مداخل C،B،A لاحظ الشكل (7– 4) .

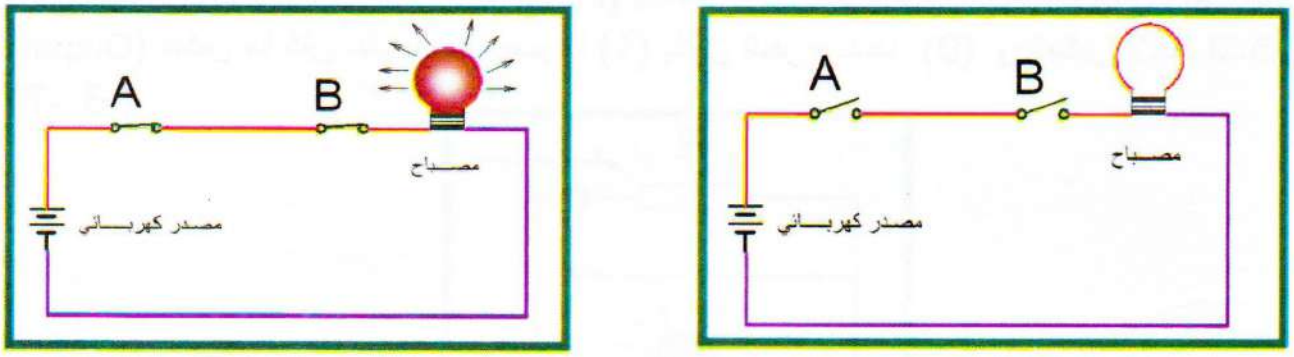


الشكل (7- 4) تحقيق العلاقة (OR) ذات ثلاث مداخل

والآن هل يمكنك وضع جدول مماثل للجدول السابق لتوضيح العلاقة بين الحالات المختلفة للمداخل C،B،A وبين توهج المصباح .

2 - علاقة (و) (AND) :

تربط العلاقة بين كميتين(مدخلتين) (Inputs) او أكثر وتعطي خرجا (Output) واحدا بحيث يكون هذا الخرج صوابا (1) في حالة واحدة فقط وهي عندما تكون جميع المداخل صوابا (1) في نفس الوقت، ويكون الخرج خطأ (0) في جميع الحالات الأخرى. الدائرة في الشكل (7- 5) توضح هذه العلاقة بين المدخلين "1" حيث يمثل توهج المصباح خرج الدائرة.



الشكل (7 - 5) العلاقة (و) AND ذات مدخلين

لاحظ المصباح يتوهج في حالة واحدة فقط وهي عندما يكون المفتاحان A وB مغلقين في نفس الوقت اي عندما تكون A=1،B=1 في نفس الوقت ولايتوهج المصباح في حالة كون احدهما او كليهما مفتوحا.

الجدولان (7- 6) (7- 7) يوضحان المعنى :

الجدول (7- 6) علاقة المصباح بالمفتاحين

A	B	المصباح
off	off	off
off	on	off
on	off	off
on	on	on

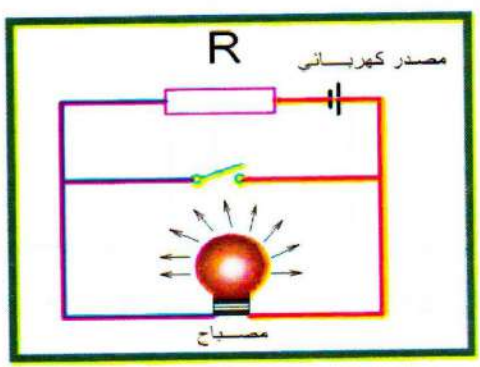
الجدول (7- 7) علاقة المصباح بالمفتاحين

A	B	المصباح
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

والآن قارن هذا الجدول للعلاقة AND بالجدول للعلاقة OR .

3 - علاقة النفي (لا)NOT:

تعمل هذه العلاقة على مدخل (Input) واحد فقط وخرج واحد أيضا ويكون خرجها (Output) عكس ما كان عليه الدخل صوابا (1) يكون الخرج خطأ (0) وبالعكس لاحظ الشكل (7- 6) .

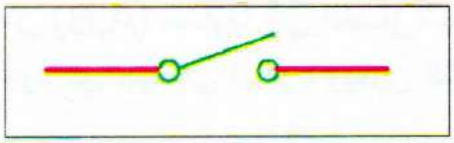


الشكل (7- 6) علاقة النفي لا (NOT)

7. 14 المفاتيح الالكترونية (Electronic Switches) والبوابات (Gates):

بعد التعرف على العلاقات الاساسية للجبر البوليني (OR،AND،NOT) وكيفية استخدام المفاتيح الكهربائية لتمثيل الكميات التي تتعامل معها هذه العلاقات، ولاحظنا ان المفتاح عندما

يكـون مفتوحـا فانـه يمثـل الحالـة A=0 وعنـدما يكـون مغلقـا فيمثـل الحالـة A=1 . لاحظ الشكل (7- 7) .

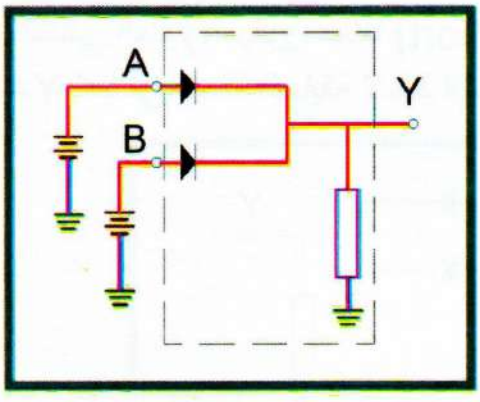


الشكل (7- 7) رمز المفتاح الكتروني

في الدوائر الالكترونية المستخدمة في الحاسبات الالكترونية واجهزة اخرى مماثلة ، والتي تعتمد في عملها في الاساس على النظام الثنائي لتمثيل وتناقل المعلومات (0,1) ، تأتي الحاجة إلى استخدام مفاتيح (Switches) الكترونية سريعة بحيث تكون متقاربة في عملها من الحالة المثالية. بعبارة اخرى تكون مقاومة المفتاح كبيرة جدا عندما يكون مفتوحا ومقاومته صغيرة جدا عندما يكون مغلقا . إن هذه الخصائص يمكن توفرها في الثنائيات والترانزستورات التي يمكن ان تستخدم بمثابة مفاتيح لتحقيق العلاقات البولينية ضمن دوائر الكترونية تسمى بالبوابات (Gates) فالبوابة الالكترونية هي دائرة الكترونية ذات خرج واحد ومدخل واحد او أكثر بحيث يتم الحصول على اشارة خرج منها في حالات معينة للمدخلات. إن الدوائر الالكترونية التي تحتوي على هذه البوابات تسمى ايضا بالدوائر المنطقية نظرا لتعاملها مع حالتين فقط هما حالة الصواب والخطأ.

1.14.7 الدائرة المنطقية (او) (بوابة او OR gate) :

النوع الأول من البوابات التي سندرسها هي البوابة المسماة بوابة (او) ولها خرج واحد وادخالان او أكثر. في هذا النوع من البوابة سيكون هناك إشارة خرج عندما تكون هناك أشارة دخول واحدة او أكثر. الشكل (7- 8) يبين بوابة من نوع (او) ذات مدخلين هما (B،A) بينما يمثل (Y) خرج الدائرة، واستعملت الثنائيات كمفاتيح لهذه الدائرة بينما استعملت الفولتية (الجهد) لتمثيل المتغيرين A و B .

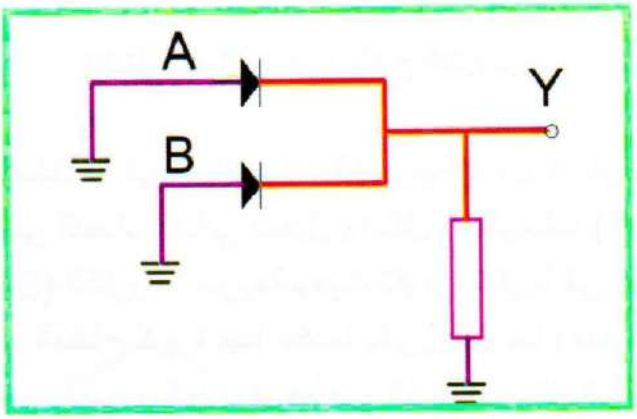


الشكل (7- 8) الدائرة المنطقية للبوابة OR

هناك أربعة حالات للدراسة في هذه الدائرة او البوابة :

الحالة الأولى A = 0 ، B = 0

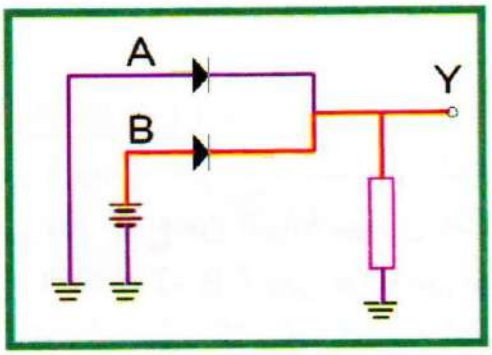
عندما يكون جهد الدخل لكل من (A,B) مساويا إلى الصفر، يكون جهد الخرج مساويا الى الصفر ايضا (Y = 0) لعدم وجود اي جهد في الدائرة ويكون الثنائيان مفتوحين . لاحظ الشكل (7 - 9).



الشكل (7- 9) Y=0 عندما A=0 و B=0

الحالة الثانية : A=0، B=1

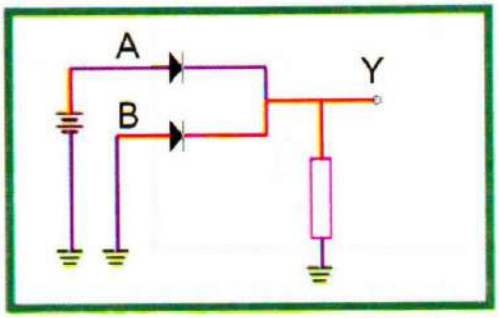
إذا بقيت A=0 ووضعنا جهد مقداره V(1) في الإدخال (B=1) فان هذا يجعل من الثنائي الأسفل أن يكون مغلقا (Short) بينما يبقى الثنائي العلوي مفتوحا (Open) وبذلك يكون الخرج Y=1v لاحظ الشكل (7– 10) .



الشكل (7– 10) Y=1 عندما A=0 و B=1

الحالة الثالثة : A=1،B=0

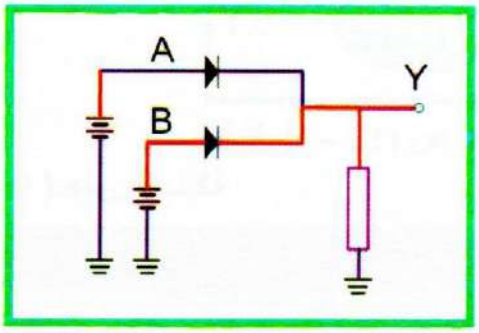
تشبه هذه الحالة الثانية سوى ان الثنائي العلوي سيكون مغلقا (Short) والثنائي الأسفل يكون مفتوحا بذلك يكون المخرج Y=1v كما في الحالة السابقة لاحظ الشكل(7– 11) .



الشكل (7- 11) Y=1عندما A=1 و B=0

الحالة الرابعة : A=1، B=1

في هذه الحالة يكون كلا المدخلين A=1v وB=1v وبذلك يكون الثنائيان مغلقان (Short) يجعل من المخرج ان يكون Y=1v لاحظ الشكل (7- 11).



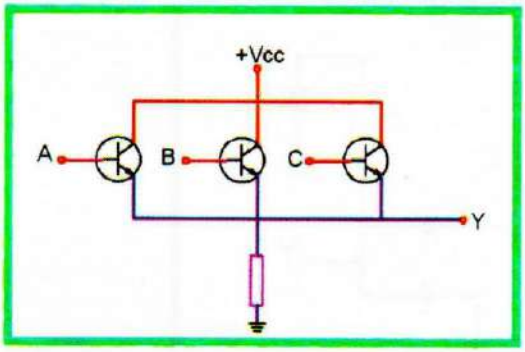
الشكل (7-11) Y=1 عندما A=1 و B=1

يمكن تلخيص الحالات الأربع أعلاه بالجدول (7 – 8)

الجدول (7– 8) الحالات الاربع للبوابة OR

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

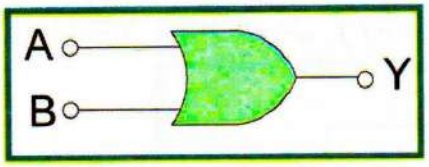
يسمى هذا الجدول بجدول الصواب او (جدول الحقيقة) (Truth Table) حيث أخذت جميع الاحتمالات الممكنة للدائرة بنظر الاعتبار. وفرضنا جهدا مقداره v(1) لحالة الصواب(1) وجهد v(0) لحالة الخطأ غير إن الحالة يمكن أن تتغير فمثلاً يمكن أن نفرض v(5) لحالة الصواب و v(0) لحالة الخطأ أي أن الفولتية العالية تمثل حالة (1) و الفولتية المنخفضة تمثل حالة (0) و بالإضافة إلى الثنائيات يمكن استخدام الترانزستورات في البوابات المنطقية كمفاتيح الكترونية كما موضح بالشكل (7– 12) .



الشكل (7-12) بوابة (أو) باستخدام الترانزستورات

الشكل أعلاه يمثل بوابة (أو) باستعمال الترانزستورات من نوع NPN ذات ثلاثة قيم للدخول C،B،A عندما يكون الدخل واطئا (0) للترانزستورات الثلاثة يكون الخرج واطئا أيضا

(Y=0). وعندما يكون الدخل (الجهد) عاليا لترانزستور واحد أو أكثر يكون خرج الدائرة عاليا أيضا والجدول أدناه يمثل جدول الحقيقة لهذه الدائرة . ويرمز للبوابة (أو) OR عادة بالرمز الموضح بالشكل (7- 13) .



الشكل (7– 13) رمز البوابة OR

جدول (7– 9) جدول الحقيقة

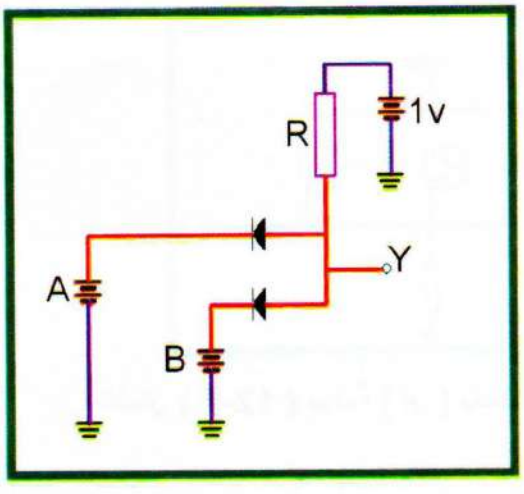
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

يعبر الجدول (7- 9) عن علاقة (أو) بين متغيرين أو أكثر بربطها بالعلامة (+) . لاحظ هنا أن هذه ليست علامة عملية الجمع التي نعرفها وعلى هذا الأساس فان

Y =A+B تساوي (A أو B) .

2.14.7 الدائرة المنطقية (و) (بوابة و AND)

البوابة (و) (AND) نوع آخر أساسي من البوابات ولها خرج واحد ومدخلين أو أكثر . تكون لهذه البوابة إشارة خرج في حالة واحدة فقط وهي عندما تكون هناك إشارات لجميع مداخل البوابة في آن واحد (أي عندما تكون جميع المداخل في حالة 1) والشكل (7- 14) يوضح بوابة (و) ذات مدخلين باستعمال الثنائيات.



الشكل (7- 14) بوابة (و) AND باستخدام الثنائيات ذات مدخلين

لهذه الدائرة أيضا أربع حالات كما في حالة البوابة (أو) بالنظر لوجود مدخلين لها وهما A و B .

الحالة الأولى A=0 ، B=0

يكون كلا الثنائيين مغلقين (Short) وبذلك يكون الخرج Y=0 كما موضح بالشكل (7- 15) (أ)

الحالة الثانية: A = 0، B = 1

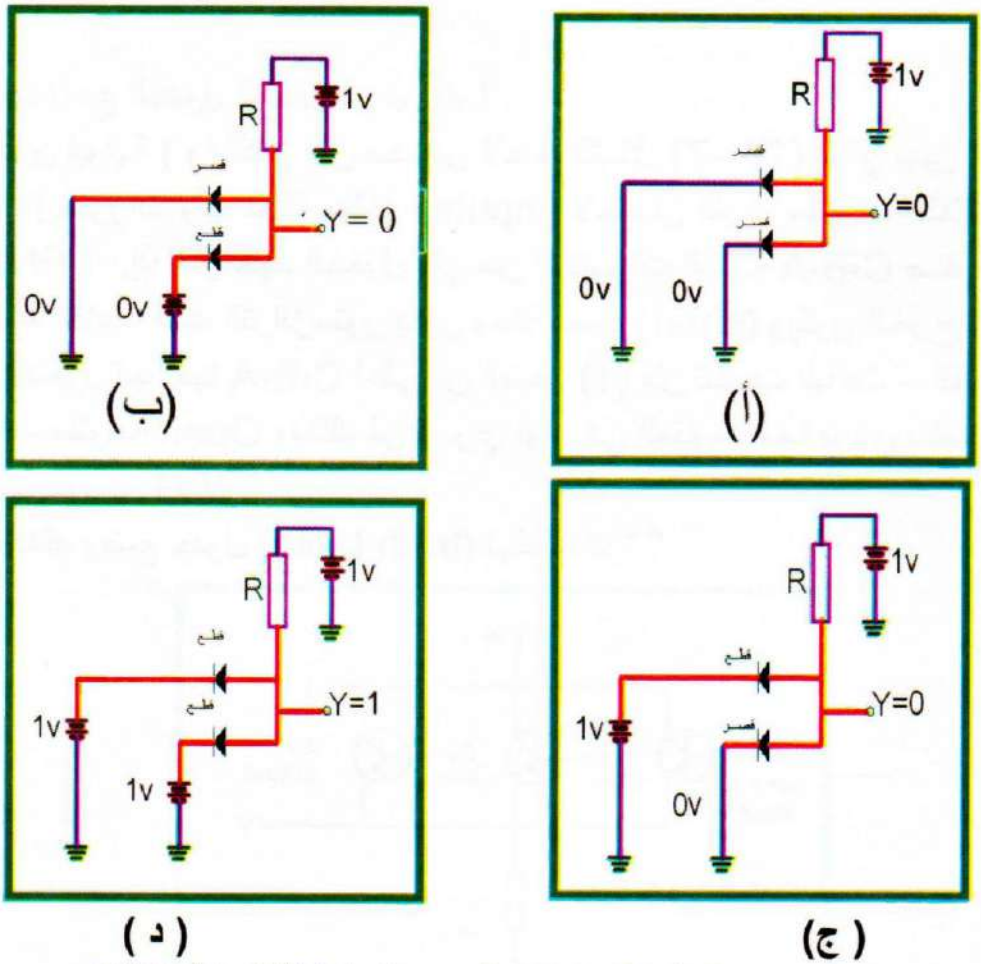
في هذه الحالة يكون احد الثنائيين مفتوحا والآخر مغلقا مما يؤدي بالخرج أن يكون Y=0 كما في الشكل (7- 15) (ب)

الحالة الثالثة : A = 1 ، B = 0

وهذه تشبه الحالة الثانية حيث يكون احد الثنائيين مفتوحا والآخر مغلقا وبذلك يكون Y=0 كما في الشكل (7- 15) (ج)

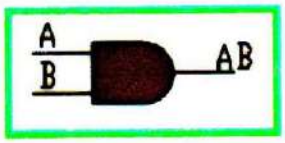
الحالة الرابعة :A=1، B=1

يكون كلا الثنائيين مفتوحا وفي هذه الحالة لن يمر تيار في الثنائيين وتظهر الفولتية V (1) بين النقطة Y والأرضي أي ان (Y = 1) كما موضح في الشكل (7– 15) (د) .



الشكل (7- 15) تحقيق جدول الحقيقة للبوابة AND

الجدول (7- 10) يبين الاحتمالات لبوابة (و) عندما يكون لها مدخلين A و B اذ يرمز للبوابة (و) AND عادة بالرمز الموضح بالشكل (7– 16)



الشكل (7– 16) رمز بوابة (و) AND

جدول (7- 10) الاحتمالات لبوابة (و) عندما يكون لها مدخلين A و B

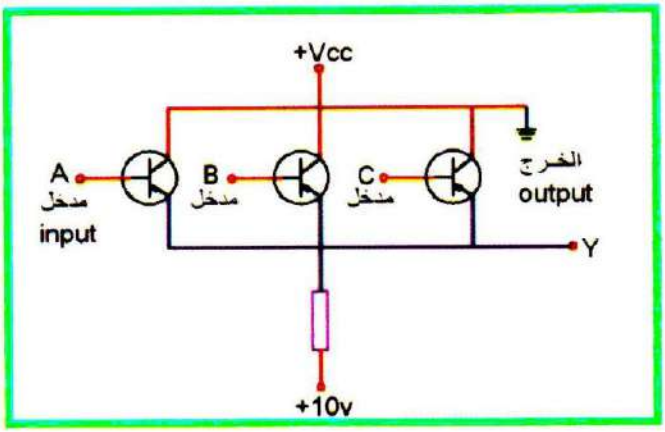
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ويعبر عن علاقة (و) بين متغيرين A وB . لاحظ هنا إن النقطة (.) تعني علاقة (و) وعلى هذا الأساس فان Y=A.B يقرأ (A و B) .

قارن هذا الجدول مع الجدول المماثل لبوابة (أو) .

يمكن أن يكون لبوابة (و) أكثر من مدخلين لاحظ الشكل (7– 17) الذي يبين بوابة (و) باستعمال الترانزستورات ولها ثلاثة مداخل (inputs) لاحظ أن الترانزستورات الثلاثة هنا هي من نوع (PNP) .إذا كان جهد الدخول لأي من المتغيرات الثلاثة C،B،A صفرا (0) فان ثنائي الباعث – القاعدة لذلك الترانزستور يكون بحالة قصر (short) ويكون الخرج Y=0. أما إذا كان جهد الدخول لجميعها C،B،A أعلى من الصفر (1) فان ثنائيات الباعث – القاعدة لجميع الترانزستورات مفتوحة Open وبذلك لن يسري تيار في المقاومة مما يؤدي بالمخرج Y أن يكون ذات جهد موجب Y=1 .

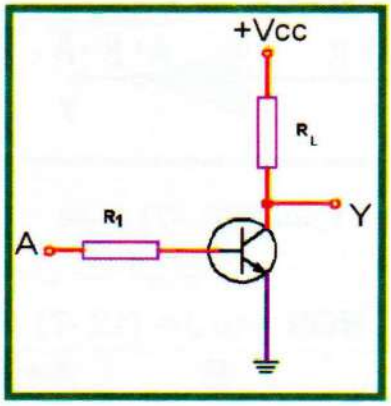
والآن هل بإمكانك وضع جدول (truth table) لهذه الدائرة ؟



الشكل (7– 17) بوابة (و) AND باستخدام الترانزستورات

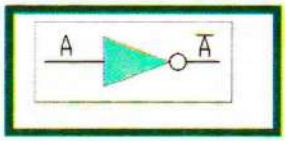
3.14.7 الدائرة المنطقية (لا) (بوابة نفي NOT gate)

هذه دائرة أو بوابة أخرى أساسية ولها مدخل واحد وخرج واحد أيضا. تعمل هذه البوابة على عكس الإشارة الداخلة فإذا كان الدخول (1) يكون الخرج (0) وان كان الدخول (0) يكون الخرج (1). الدائرة المبينة في الشكل (7- 18) يمكن أن تؤدي المهمة المذكورة باستعمال ترانزستور من نوع NPN .



الشكل (7- 18) بوابة NOT باستخدام الترانزستور

من الشكل اعلاه نلاحظ إذا كان جهد الإدخال عاليا (A=1) لإيصال الترانزستور إلى حد الإشباع سوف يمر تيار في المقاومة R_L(يصبح الطرف Y ارضي أي صفر فولت) أي الخرج واطئا (Y=0) . أما إذا كان الإدخال واطئا (A=0) فلا يعمل الترانزستور ولا تيار في المقاومة R_L ويصبح الخرج عاليا لان الفولتية بين الطرف (Y)والأرضي يساوي الفولتية (Vcc) (Y=1) سميت هذه البوابة (لا) أو (نفي) لأنها تعكس الإدخال. يرمز لبوابة NOT كما في الشكل (7- 19) .



الشكل (7- 19) رمز البوابة NOT

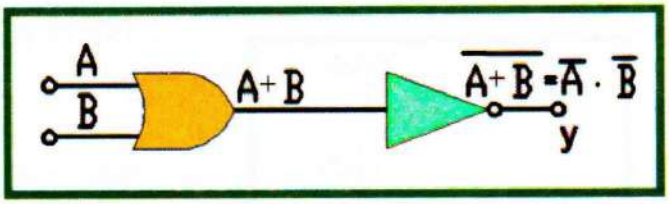
تعني الإشارة (-) فوق المتغير A عملية النفي لاحظ الجدول (7- 11)

جدول (7- 11) القيمة ونفيها

A	$\overline{A}$
0	1
1	0

4.14.7 الدائرة المنطقية (لا أو) (البوابة نفي (او) NOR Gate) :

يدل اسم البوابة ان عملها هو عكس عمل بوابة (أو) أي إنها (نفي) عمل بوابة (أو) . يمكن بناء هذه البوابة باتحاد بوابة (او) مع البوابة (نفي) بحيث يكون خرج البوابة (أو) دخولا للبوابة (نفي) كما هو موضح في الشكل (7- 20) .



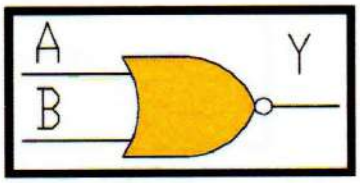
الشكل (7– 20) الدائرة المنطقية NOR

الجدول (7- 12) يوضح عمل هذه البوابة

جدول (7- 12) عمل بوابة NOR

A	B	A+B	Y
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

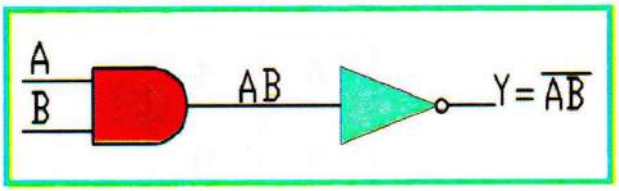
وبمقارنة هذا الجدول مع الجدول المماثل لبوابة (أو) نجد أن عمل البوابتين متعاكس . يرمز لهذه البوابة للاختصار بالرمز الموضح بالشكل (7– 21) ويمكن ان يكون لهذه البوابة اكثر من مدخلين .



الشكل (7- 21) رمز للبوابة المنطقية NOR

5.14.7 الدائرة المنطقية (نفي و) (البوابة نفي و NAND gate) :

إن عمل هذه البوابة هو عكس عمل البوابة (و) التي سبق ذكرها . يمكن بناء هذه البوابة باتجاه بوابة (و) مع بوابة (نفي) كما هو مبين الشكل (7- 22) .



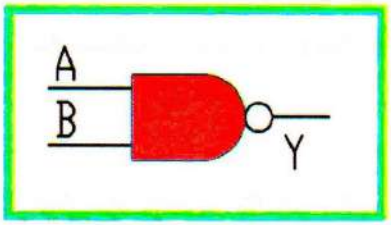
الشكل (7– 22) الدائرة المنطقية NAND

الجدول (7- 13) يوضح عملها :

جدول (7- 13) عمل الدائرة المنطقية NAND

A	B	A . B	Y
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

قارن هذا الجدول مع الجدول المماثل لبوابة (و) ليتضح لك بان عمل البوابتين متعاكس .
يرمز لهذه البوابة للاختصار بالرمز الموضح بالشكل (7– 23) .



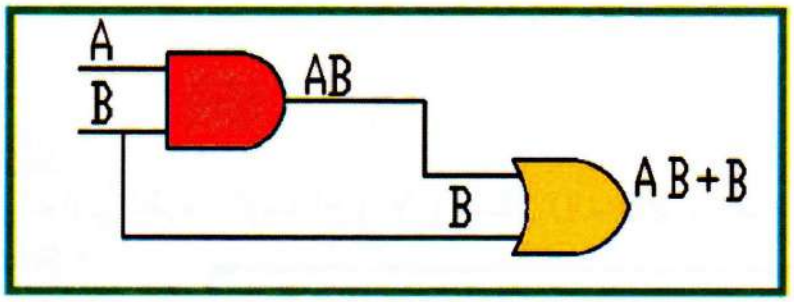
الشكل (7– 23) رمز للبوابة المنطقية NAND

وهنا أيضا يمكن أن يكون للبوابة أكثر من مدخلين

7. 15 بوابات مركبة تشمل على بوابتين مختلفة :

مثال 7 . 24

ما التعبير البوليني لطرف الإخراج (Y) للشكل (7– 24) عندما يكون A=0، B=1 ثم A=1، B=0 ؟



الشكل (7– 24) بوابة منطقية مركبة من بوابة AND و بوابة OR

الحل :

وبالتعويض عن A=0 ، B=1 فان

Y=A.B+B

Y=(0. 1)+1=1

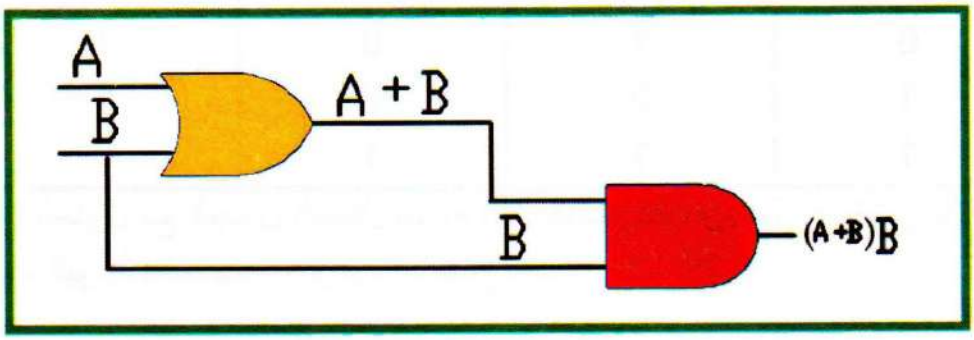
وكذلك بالتعويض عن A=1،B=0 فان

Y=(A.B)+B

Y= (1.0)+0 = 0+0 =0

مثال 7 . 25

ما التعبير البوليني لطرف الإخراج (Y) للشكل (7– 25) عندما يكون A=1 ،B=0، A=0 ، B=0 ؟



الشكل (7– 25) بوابة منطقية مركبة من بوابة OR و بوابة AND

الحل :

خرج البوابة (أو) هو (A+B) وتدخل مع B الى البوابة (و) فيكون الناتج

Y=(A+B).B

عندما يكون A=1 ،B=0

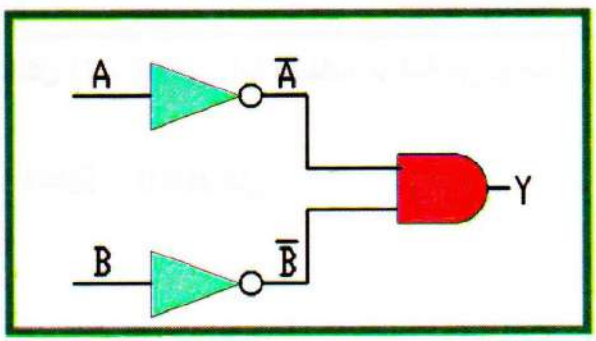
Y= (1+0).0=0

عندما يكون A=0 ، B=0

Y= (0+0).0=0

مثال 7 . 26

ما التعبير البوليني لطرف الإخراج (Y) للشكل (7– 26) عندما يكون A=1 ،B=0 ، A=0، B=0 ؟



الشكل (7– 26) بوابة منطقية مركبة من بوابتين NOT و بوابة AND

الحل :

وبالتعويض عن A=1، B=0 فان

$$Y = \overline{A}.\overline{B}$$
$$Y = \overline{1}.\overline{0}$$
$$Y = 0.1 = 0$$

وعندما يكون A = 0 , B = 0

$$Y = \overline{A}.\overline{B}$$
$$Y = \overline{0}.\overline{0}$$
$$Y = 1.1 = 1$$

الخلاصة

- ان نظام العد الشائع الاستعمال هو استخدام عشرة ارقام من الصفر الى التسعة ويطلق عليه (النظام العشري) لانه يحتوي على عشرة ارقام . وهناك أنظمة أخرى ومنها الاعداد الثنائية (Binary Numbers) والاعداد الثمانية (Octal Numbers) والاعداد السداسية عشر (Hexadecimal Numbers) .
- يتألف النظام الثنائي من رمزين اساسين متميزين هما 1 و 0 .
- اساس النظام الثماني هو 8 اي ان النظام يتكون من ثمانية رموز وقد اعتدنا استعمال الارقام الثمانية الاولى في النظام العشري وهي 0,1,2,3,4,5,6,7 .
- النظام السادس عشر للاعداد ذو اساس 16 وفيه نستمر بالعد بعد وصولنا الرقم 9 مستعملين الحروف (ABCDEF) .
- البوابة الالكترونية عبارة عن دائرة الكترونية ذات خرج واحد ومدخل واحد او أكثر بحيث يتم الحصول على اشارة خرج منها في حالات معينة للمدخلات .
- البوابة (و) (AND) نوع أساسي من البوابات ولها خرج واحد ومدخلين أو أكثر . تكون لهذه البوابة إشارة خرج في حالة واحدة فقط وهي عندما تكون هناك إشارات لجميع مداخل البوابة في آن واحد (أي عندما تكون جميع المداخل في حالة 1) .
- البوابة (او) (OR) لها خرج واحد وادخالان او أكثر . ولهذه البوابة إشارة خرج عندما تكون هناك أشارة دخول واحدة او أكثر.(اي عندما يكون احد المداخل في حالة 1)
- البوابة (لا) او (النفي) (NOT) من البوابات الأساسية اخرى ولها مدخل واحد وخرج واحد أيضا. تعمل هذه البوابة على عكس الإشارة الداخلة. { فإذا كان الدخول (1) يكون الخرج (0) وان كان الدخول (0) يكون الخرج (1) } .

- الدائرة المنطقية (لا أو) (البوابة نفي (او) NOR Gate) يكون عملها عكس عمل بوابة (أو) أي إنها (نفي) عمل بوابة (أو) . يمكن بناء هذه البوابة باتحاد بوابة (او) مع البوابة (نفي) .
- الدائرة المنطقية (نفي و) البوابة نفي (و) (NAND gate) يكون عمل هذه البوابة عكس عمل البوابة (و) . يمكن بناء هذه البوابة باتحاد بوابة (و) مع بوابة (نفي) .

أسئلة الفصل السابع

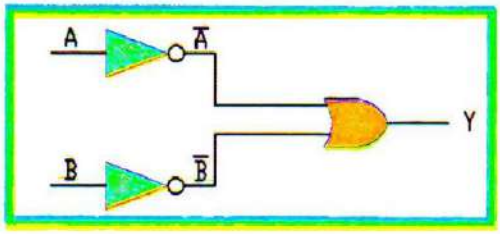
1- ماالفرق بين الارقام العشرية والثنائية ؟
2- ما المقصود بالكلمة (بت) ؟
3- ما هو الجبر البوليني ؟ وما الفرق بينه وبين الجبر الاعتيادي ؟
4- ما هي العمليات الأساسية في الجبر البوليني ؟
5- متى يكون مخرج بوابة (او) صوابا (1) ؟
6- ميز بين بوابة (او) وبوابة (و) موضحا جوابك باستخدام الجدول .
7- ما هي البوابة (نفي) ؟ وضح جوابك باستخدام دائرة ترانزستور .
8- في الجبر البوليني ، هل يصح ان نقول بان 1=1+1 ؟

مسائل الفصل السابع

س1 : حول الأرقام العشرية التالية إلى أرقام ثنائية :25,66,103 .

س2 : حول الأرقام الثنائية التالية الى ما يعادلها بالأرقام العشرية .
111,10001,110011,111101 .

س3 : ما هو مخرج الدائرة الاتية :



وضح جوابك باستخدام الجدول . وما هي العملية التي تؤديها الدائرة أعلاه ؟

الفصل الثامن

مبادئ الحاسبة الالكترونية

الاهداف

الهدف العام : يهدف هذا الفصل الى التعرف المكونات الأساسية للحاسبة الالكترونية و وحدة الاخراج والادخال وانواع الذاكرات .

الأهداف الخاصة : بعد ان ينهي الطالب هذا الفصل سوف يكون قادراً على أن:

1- يعرف تركيب مكونات الحاسبة (التكوين الصلب) Hard Ware .
2- يعرف مواقع اجزاء الحاسبة وتسمياتها.
3- يعرف نوع الذاكرة ROM .
4- يعرف نوع الذاكرة RAM .

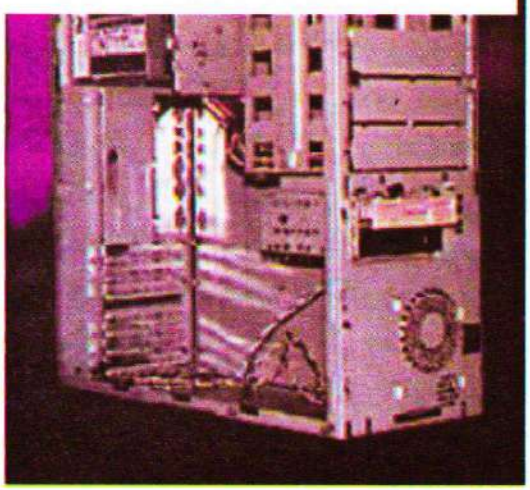
محتويات

الفصل 8

تعلم المواضيع

- ✓ - تعريف الحاسبة الالكترونية.
- ✓ - وحدة الإدخال .
- ✓ - وحدة الإخراج .
- ✓ - ذاكرة القراءة فقط ROM .
- ✓ - ذاكرة الوصول العشوائي RAM .

مبادئ الحاسبة الالكترونية computer



الفصل الثامن
مبادئ الحاسبة الالكترونية

8 . 1 تمهيد :

تعد الحاسبات الإلكترونية من أبرز ميزات هذا العصر نظرا لما توفره للإنسان من سرعة فائقة ودقة متناهية في إنجاز العديد من الأعمال ، ويزداد استعمال الحاسبات يوما بعد آخر في شتى المجالات العلمية والتجارية والصناعية والعسكرية والتي أصبحت تبدو وكأن لا حدود لها ففي كل يوم نواجه باستخدامات جديدة تؤكد قدرتها عل دفع عجلة التطور والتقدم في المجتمع الإنساني .

ومن أبرز استخدامات الحاسبة الإلكترونية من ضمن آلاف الاستخدامات الموجودة الآن : استخدام الحاسبة الإلكترونية كنظام مراقبة ، كذلك استخدامها في التشخيصات الطبية واستخدامها بمكاتب الخطوط الجوية في تنظيم عملية حجز مقاعد المسافرين وفي تنظيم برامج وأوقات الرحلات ، فضلا عن استخدامها في العديد من العمليات الصناعية في المصانع للسيطرة على الإنتاج بصورة تلقائية ، ويمكن للحاسبة الإلكترونية أن تقوم بالتقدير والتخمين للمشاريع مثل استخدامها في متابعة إنجاز المشاريع وفي خزن البضائع واستيرادها ثم تصريفها إلى الجهات المستفيدة وتحديد نسبة الخزين ، وكذلك تستخدم لتنظيم أجور ورواتب العمال والموظفين في الدوائر المختلفة ، وتستخدم المدارس والمعاهد والجامعات الحاسبة الإلكترونية في كافة مجالات التعليم ، ومن الأمثلة الجيدة على استخدام الحاسبة الإلكترونية هي استخدامها في التحكم بعمليات المرور في المدن بصورة تلقائية وحل مشاكل المرور المعقدة إذ أن بالإمكان استخدام نظام السيطرة والتحكم في إرشادات المرور لما هو أفضل في مدينة كاملة مثل بغداد واتخاذ قراراتها على أساس المعلومات عن سير المرور وازدحامه ويمكن لهذا النظام أن يغير الإرشادات مثلاً على الطريق حسب الازدحام في الشارع وحسب أوقات الدوام .

وتسهم الحاسبة الإلكترونية بدور مهم في مستقبل العالم بتوفير الوقت وإتاحة معلومات أكثر في زمن أقل وتجعل حياة كل فرد أحسن وأكثر إثارة وروعة وسوف تذهب بدون رجعة كل الأعمال الروتينية المملة التي يقوم بها البشر وتحل محلها أعمال جديدة وخلاقة .

8 . 2 تعريف الحاسبة الإلكترونية :

الحاسبة الإلكترونية هي جهاز آلي إلكتروني له قدرة فائقة على إدخال و إخراج وتخزين المعلومات بسرعة متناهية بوساطة مجموعة من التعليمات والتي تشكل ما يسمى البرامج (Programs) .

وليس للحاسبة عقل تفكر به بل تتبع التعليمات بشكل حرفي ، وقد ساعد هذا الجهاز الإنسان في تطور حضارته فقد دخل في ميادين الهندسة والطب والتجارة والفلك وغيرها . وأصبح لا غنى عنه في كثير من الفروع العلمية وحتى الأدبية منها ، وأصبح من المحتم علينا معرفة طريقة الاتصال به كي ننتفع من قدراته الخارقة في حل مشاكلنا . ويبين الشكل (8– 1) أنموذجا تخطيطيا لعمل الحاسبة .

الشكل (8 – 1) مخطط عمل الحاسبة

وأهم الصفات التي تتميز بها الحاسبة :

1. السرعة في إنجاز الأعمال المختلفة التي يوجهها الإنسان لتنفيذها . فالمعلومات تنتقل داخل الحاسبة بسرعة تقاس بأجزاء الثانية .
2. الدقة العالية إذا وفر لها الإنسان البرامج والمعلومات الصحيحة .
3. قدرة الحاسبة على خزن كميات هائلة من المعلومات .
4. إمكانية العمل باستمرار من دون تعب أو ملل الأعمال المتكررة .
5. إمكانية طباعة نتائجه بوساطة طابعات سريعة أو عرضها على الشاشة.
6. إمكانية الربط والاتصال ونقل البيانات من خلال الشبكة.

8 . 3 أجيال الحاسبة الإلكترونية :

لقد صنفت الحاسبات الإلكترونية إلى أجيال تبعاً للتطور النوعي الذي تميزت به حاسبات كل جيل عن الأجيال عبر المراحل الزمنية المختلفة :

أ- حاسبات الجيل الأول من سنة (1951 – 1958 م)

صممت الدوائر الإلكترونية لحاسبات هذا الجيل باستخدام الصمامات المفرغة Vacuum Tubes حيث يتولد منها كميات كبيرة من الحرارة مما يتطلب استخدام الاسطوانات الممغنطة Magnetic Cylinders في تصنيع الذاكرة وتغذى المعلومات بوساطة البطاقات المثقبة أما الايعازات الخاصة بالبرامج فكانت تكتب بلغة الماكنة Machine Language. حاسبات هذا الجيل كانت بطيئة التنفيذ وكثيرة الأعطال وغالية الثمن فضلا عن كبر حجمها ووزنها .

ب - حاسبات الجيل الثاني من سنة (1958 – 1964 م)

ظهرت مرحلة الجيل الثاني حينما تم استبدال الصمامات المفرغة في الحاسبات الإلكترونية بأجهزة الترانزستور مما نتج عنه تقليل مذهل في حجم الحاسبات الإلكترونية وزيادة مذهلة في سرعة التنفيذ وسعة كبيرة في الخزن . لقد تم استخدام الشريط الممغنط Magnetic Tape كوسيلة لإدخال وإخراج المعلومات من وإلى الحاسبة . كما تم استخدام جهاز الطابعة Printer .

إن أهم ما يميز التطور الحاصل في حاسبات هذا الجيل هو ظهور عدد من لغات البرمجة العليا High – Level Programming Languages

مثل : لغة فورتران سنة 1956 ، ولغة ألكول سنة **1960** ، ولغة كوبول سنة 1960.

ومن أبرز حاسبات الجيل الثاني كانت حاسبة (IBM 1040) وحاسبات (Univac Lark).

جـ - حاسبات الجيل الثالث من سنة (1964- 1971م)

في هذا الجيل استخدمت دوائر المنطق (Logic Circuit) وحلت الدوائر المتكاملة **IC's** (Integrated Circuits) محل الترانزستور وبهذا زادت قدرة الحاسبة واختزل

حجمها أكثر فأكثر . كما تم استخدام الأقراص الممغنطة (Magnetic Discs) في الخزن وارتفعت قدرة الطابعة . كما استخدم في حاسبات هذا الجيل المحطات الطرفية (Terminals) مع الحاسبة المركزية . وتميز هذا الجيل أيضا بظهور لغة جديدة هي لغة (بيسك BASIC) : (Beginners All- purpose Symbolic Instruction Codes) وذلك في عام 1964.

وقد تم تطوير نظام التشغيل المخزون داخل الحاسبة وذلك باستخدام أسلوب المشاركة الزمنية (Time - Sharing) أي جعل أكبر عدد ممكن من المستفيدين يستخدمون الحاسبة الإلكترونية في الوقت نفسه عن طريق المحطات الطرفية المربوطة بالحاسبة.

د- حاسبات الجيل الرابع من سنة (1971- 1995) تميز هذا الجيل بالآتي :

1. في هذا الجيل تم استعمال الدوائر المتكاملة (IC) المتطورة .
2. تم تطوير البناء التصميمي للحاسبات حيث تم إنتاج أجهزة أصغر من الحجم السابق بكثير أو ما تعرف بالحاسبات الشخصية ذات الأغراض العامة (PC).
3. أسرع بكثير من الجيل السابق حيث ظهرت معالجات قوية من نوع بنتيوم (Pintume) .
4. سعة التخزين كبيرة بعد ظهور ما يسمى بالذاكرة العشوائية (RAM) والذاكرة الدائمة (ROM).
5. في مجال البرمجيات تم تطوير نظام التشغيل و ظهر ما يسمى بنظام النوافذ(Windows) و إصدار نسخ متعددة منه.

هـ - حاسبات الجيل الخامس (1995 – وحتى الوقت الحاضر) :

تتميز صناعة الحاسبات بأنها تتطور بسرعة هائلة حتى بلغت في الوقت الحاضر حدا مذهلا من حيث القدرة والإمكانيات العلمية إضافة إلى تغلغلها في مجالات الحياة المختلفة ، بعد أن تأكد الجميع من ضرورة تواجدها لتحقيق ما هو مطلوب .

إن معظم حاسبات اليوم والتي صنعت خلال السنوات الأخيرة هي من حاسبات الجيل الرابع بعد تطويرها ، والشكل (8 – 2) يرينا نموذج لحاسبات الجيل الرابع التي أصبحت عاجزة عن تلبية متطلبات المستقبل ، وهي حاسبات ذات قدرة عالية ومتميزة لكن العلماء المتخصصون في مجال الحاسبات ينظرون للمستقبل نظرة خاصة ، ويرون الوصول إلى حاسبة جديدة تلبي احتياجات المستقبل من حيث سرعة الأداء وطريقة التعامل معها .

الشكل (8 - 2) نموذج لحاسبات الجيل الرابع

ولازالت الدراسات والبحوث جارية من قبل العلماء المتخصصين في مجال الحاسبات الإلكترونية لبناء جيل جديد من الحاسبات يلبي متطلبات الحياة بفضل التطورات التقنية الحاصلة في صناعة أشباه المواصلات من جهة والأساليب المتقدمة في هيكلة البرامج المشغلة من جهة أخرى . وأهم ما يميز حاسبات هذا الجيل السرعة الفائقة في الأداء . والشكل (8 – 3) يرينا نموذج لحاسبات الجيل الجديد.

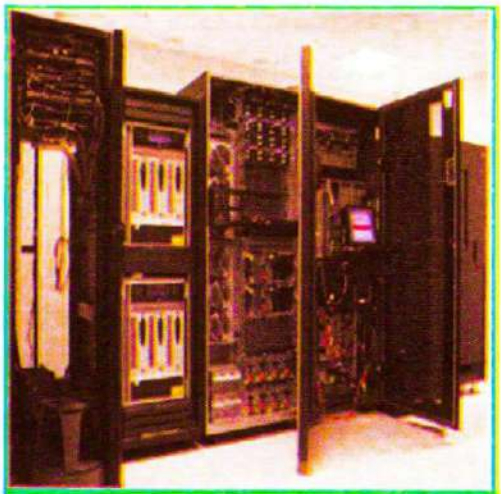
الشكل (8 - 3) نموذج لحاسبات الجيل الجديد

8 . 4 تصنيف الحاسبات الإلكترونية :

تختلف الحاسبات الإلكترونية في أحجامها وقدراتها على معالجة المعلومات وخزنها باختلاف وحدة المعالجة المركزية والأجهزة الملحقة بها . ويمكن تصنيف الحاسبات بصورة عامة ، وفقا لحجمها ودرجة تعقيدها إلى :

1 - الحاسبات الكبيرة أو المركزية أو ما يسمى Mainframe:

مثل الحاسبات المستخدمة في البنوك وفي المؤسسات الحكومية وتتكون هذه الحاسبات من عدد من الوحدات المنفصلة التي قد تحتاج إلى أكثر من غرفة واحدة لإيوائها . وتكون هذه الغرف مكيفة الهواء بصورة مستمرة لضمان عمل أجزاء الحاسبة بصورة صحيحة . وترتبط هذه الوحدات مع بعضها البعض بوساطة عدد كبير من الأسلاك . وتمتلك قدرة على معالجة كمية هائلة من البيانات . والشكل (8 – 4) يوضح نموذج لهذا النوع من الحاسبات.



الشكل (8 - 4) حاسبة مركزية

2 - الحاسبات الشخصية Personal Computers (PC) :

وهي الأجهزة التي يستخدمها المستخدمين بكثرة في المنزل أو ، وتستخدم لمعالجة الكلمات أو تصفح الإنترنت أو الألعاب والترفيه والتعليم وتنقسم هذه الحاسبات إلى قسمين رئيسيين:

أ- **النظم المكتبية Desktop :** وهذه أجهزة أكبر من النوع الثاني وتصلح لوضعها على مكتب في البيت أو العمل ويكون ثمن الجهاز الواحد اقل من النوع الثاني ، ولا يمكننا جعل هذا النوع متنقلا حيث حجمه كبير.

ب- **الحاسبات الدفترية أو المحمولة Laptop :**

وهي حاسبات صغيرة الحجم (بضعة انشات طولا وعرضا وبضعة سنتمترات ارتفاعا) وتستخدم في العادة للاستعمال أثناء التنقل مثل السفر ، وهو يعد حاسب شخصي قابل للحمل بسبب وزنه الخفيف وكونه عبارة عن قطعة واحدة ، ويعمل هذا النوع بالبطاريات القابلة للشحن ليستعمل أثناء التنقل ، ويشغل هذا الحاسب نفس البرامج ويقوم بنفس الوظائف التي يقوم بها الحاسب المكتبي ، ولكن مع الحفاظ على الوزن والحجم المنخفض ، لذا فانه أغلى ثمنا من الأول. والشكل (8 – 5) يرينا نموذج لحاسب دفتري.

الشكل (8 – 5) حاسب دفتري Laptop

3 - الخادمات Servers : وهي أجهزة حاسب تستخدم في شبكات الحاسب لتكون المركز الرئيسي للشبكة حيث يتم تخزين البيانات وإدارة الشبكة ، ويجب أن تكون هذه الحاسبات قوية كفاية لتتمكن من استيعاب عدد الحاسبات الكبير عليها ، ومع تطور الحاسبات الشخصية أصبحت تستخدم كحاسبات خادمة .

8 . 5 مكونات الحاسبة الالكترونية :

1. المكونات المادية Hard Ware :

هي التي تتكون منها منظومة الحاسبة من القطع الإلكترونية والمواد والأجهزة الملحقة الساندة.

2. البرمجيات Soft Ware :

عبارة عن مجموعة من البرامج الموجودة في الحاسبة سواء أكانت تخص الحاسبة (أنظمة التشغيل) أم مستخدم الحاسبة (التطبيقات) التي تحول المكونات المادية للحاسبة إلى نظام مفيد ولذلك فان القاعدة العامة لأية حاسبة مفيدة هي : (**مكونات مادية + برمجيات = حاسبة مفيدة**).

وتتكون الحاسبة الالكترونية (المكونات المادية) من الأجزاء الرئيسية الآتية :

1- وحدة الإدخال Input Unit .

2- وحدة المعالجة المركزية (CPU) Central Processing Unit .

و تتكون من الوحدات الآتية :

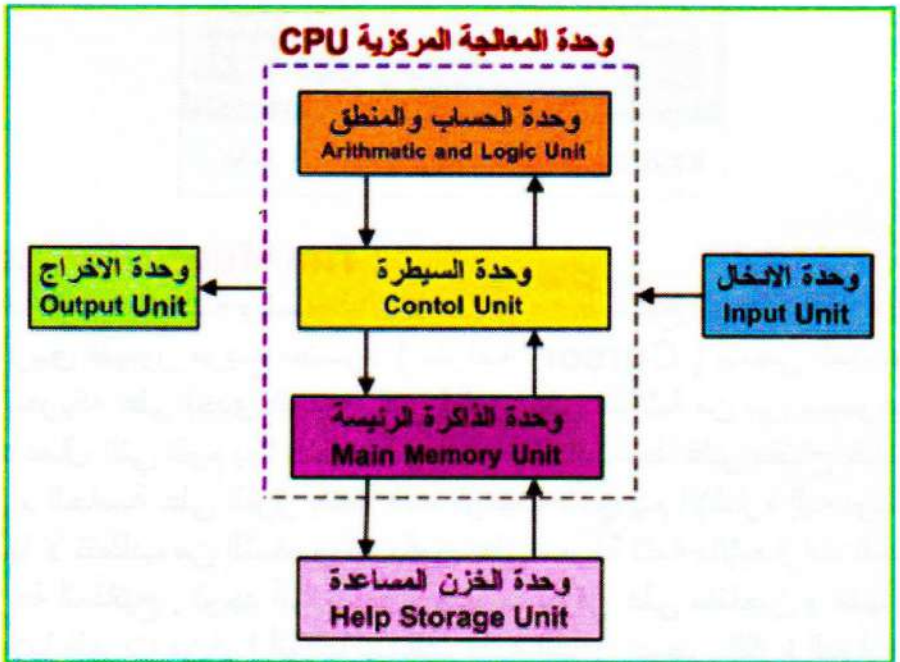
أ- وحدة السيطرة **Control Unit** .

ب- وحدة الحساب والمنطق **Arithmetic and Logic Unit (ALU)** .

جـ- وحدة الذاكرة (الخزن) **Memory Unit** .

3- وحدة الإخراج Output Unit .

ويمكننا القول إن الحاسبة هي أداة لمعالجة البيانات والمعلومات أي إنها وسيلة لاستقبال البيانات بعدها مدخلات ثم خزنها في الذاكرة لمعالجتها في وحدة المعالجة المركزية ثم إخراجها بعدها نتائج للبرامج وتقوم وحدة المعالجة المركزية (CPU) بإجراء العمليات الحسابية والمنطقية وعمليات السيطرة على حركة البيانات وخزنها على أنها معلومات مرحلية كما تقوم بخزن البرامج التي تحدد الخطوات المنطقية لمعالجة البيانات وتكون هذه البرامج عادة باللغة التي تفهمها الحاسبة. والشكل (8 – 6) يوضح الهيكل العام للمكونات المادية للحاسبة الإلكترونية .



الشكل (8 - 6) المخطط الكتلي للحاسبة الإلكترونية

وفيما يلي شرح موجز للمكونات المادية للحاسبة الإلكترونية :

أولا : وحدة الإدخال Input Unit :

وهي حلقة الوصل بين الحاسبة والأجهزة المحيطة بها. ويتضمن العمل الرئيس لأجهزة الإدخال ما يلي :

1- تحويل المعلومات الداخلة إلى معلومات تفهمها الحاسبة **(0 ، 1)** .

2- خزن هذه المعلومات في وحدات الخزن الوسطية حتى لا يحصل تضارب مع العمليات التي تنجز من قبل الحاسبة .

ومن أجهزة الإدخال :

1. لوحة المفاتيح KEYBOARD :

وهي من وسائل الإدخال الأساسية التي تستخدم بكثرة ، كما موضحة في الشكل (8 – 7) ، وتوجد أنواع كثيرة منها ما يتوفر على 101 مفاتيح و منها ما يتوفر على أكثر من ذلك ، كما توجد أنواع أخرى مقاومة للماء وللصدمات. و تتكون من :

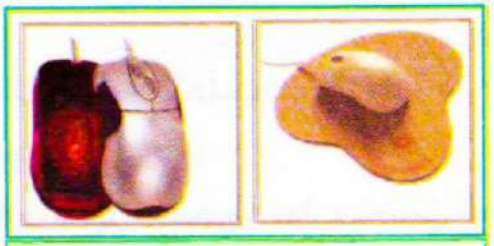
أ- مفاتيح خاصة بالمعلومات مثل الأرقام ، الحروف ، العلامات ، الإشارات .

ب- مفاتيح خاصة بالسيطرة والأوامر التي تنفذها الحاسبة تسمى (مفاتيح الخدمات) وهي موجودة في أعلى لوحة المفاتيح التي تبدأ بـ (F1) و تنتهي بـ (F12) ، عملها يختلف باختلاف نظام التشغيل فكل زر له خاصيته مثلا F1 هو للمساعدة ، و F2 لتغيير الاسم ، هذا في الوندوز و يختلف باختلاف النظام.

الشكل (8 - 7) لوحة المفاتيح keyboard

2. جهاز الفأرة The Mouse Device :

وهو جهاز يشبه الفأرة العادية ويستعمل بدلا من لوحة المفاتيح في الإدخال ، يتم تشغيل هذا الجهاز عن طريق ظهور مربع مضيء (منزلقة **Cursor**) يسمى المؤشر على شاشة الحاسبة إذ يتم تحريكه على إحدى الصور التي تظهر على الشاشة من بين مجموعة الصور التي تمثل مختلف الأعمال التي تقوم بها الحاسبة وعندما يتم الضغط على مفتاح خاص موجود في جهاز الفأرة تقوم الحاسبة على الفور بتنفيذ ذلك الواجب الذي يتم الإشارة إليه بوساطة المؤشر . وفائدة الفأرة أنها لا تتطلب من الشخص أن يكون على معرفة تامة بالإيعازات الخاصة بالحاسبة أو باستعمال لوحة المفاتيح . توجد أنواع كثيرة منها ما يتوفر على مفتاحين و منها ما يتوفر على ثلاث مفاتيح ، كما ظهرت مؤخرا أنواعا تستخدم تقنية الليزر عوض الكرة الدوارة ببطن الفأرة ، والشكل (8 – 8) يبين نماذج لفأرة .



الشكل (8 - 8) نماذج لفأرة

3. الماسح الضوئي Scanner :

يقوم الماسح الضوئي بقراءة المواد المطبوعة ضوئيا وتحويلها إلى ملف يمكن التعامل معه داخل الحاسبة. فيمكننا من قراءة الصور ضوئيا ثم التعامل معها داخل الحاسبة باستخدام أي برنامج تطبيقي خاص بالرسوم. فضلا عن ذلك ، يمكننا قراءة نص مطبوع وتحويله ليس فقط إلى صورة من النص ولكن أيضا إلى نص فعلي يمكن التعامل معه وتحريره كنص داخل برنامج لمعالجة الكلمات. وهناك عدد من البرامج المتخصصة - والتي يطلق عليها بشكل عام برامج التمييز الضوئي للأحرف (Optical Character Recognition - OCR) تستخدم في تحويل النص المطبوع إلى نص يمكن تحريره داخل البرامج التطبيقية التي نستخدمها. والشكل (8 – 9) يبين نموذج لماسح ضوئي.

الشكل (8 - 9) الماسح الضوئي

4. أجهزة إدخال أخرى :

إضافة إلى أجهزة الإدخال التي أشرنا إليها سابقا فان هناك طرق إدخال أخرى تستخدم عادة في مجالات معينة وهي كالآتي :

أ- عصا التحكم (Joystick):

وهي عبارة عن جهاز يمكنه التحكم بحركة المنزلقة cursor على شاشة العرض ، وتستخدم بكثرة في ألعاب الحاسبة التي تتطلب مثل هذه الأجهزة لغرض الإدخال حيث تحتوي على مفاتيح تقوم بتنفيذ أعمال أخرى مثل الإطلاق السريع وغيرها من الأمور التي تتطلبها ألعاب الحاسبة .

ب- كاميرات الويب Web Cameras :

وهي كاميرا أفلام رقمية صغيرة (تسمى بكاميرا الويب) والتي يتم تركيبها فوق شاشة الحاسبة للسماح بالتواصل في الاتجاهين، ليس فقط من خلال النصوص ولكن أيضاً من خلال الصوت والصورة. وعلى الرغم من أنها لا تعد حتى الآن جزءًا أساسياً من مكونات الحاسبة ، فإنها في المستقبل ستصبح أحد المكونات القياسية للحاسبة.

جـ - الأقلام الضوئية Light Pen :

يستخدم القلم الضوئي ليتيح للمستخدمين الإشارة إلى مواضع على الشاشة وعادة ما يستخدم في تحديد خيارات القوائم.

د- جهاز تمييز الأصوات Voices Recognition Device :

يتميز هذا الجهاز بقابليته على إدخال التعليمات التي ينطقها الإنسان بدلا من طباعتها على لوحة المفاتيح أو بوساطة الوحدات الأخرى ، إذ يتم تحويل التعليمات المنطوقة إلى سلسلة من (1) أو (0) وحسب طرق الترميز المتعبة .

هـ - جهاز التمييز المغناطيسي للرموز Magnetic Ink Character Recognition Device:

ويطلق على هذا الجهاز اختصارا (MICR) ويشبه هذا الجهاز جهاز (OCR) إلا أنه يستخدم لقراءة الرموز المطبوعة بحبر ممغنط ، ويستعمل هذا الجهاز بصورة خاصة في المصارف لتصفية حسابات المشتركين . والشكل (8 – 10) يبين نماذج أخرى من أجهزة الإدخال .

الشكل (8 10) نماذج أخرى من أجهزة إدخال

ثانيا : وحدة الإخراج Output Unit :

وهي وسيلة نقل المعلومات من الحاسبة إلى المحيط الخارجي ، ويتلخص عملها بما يأتي :

1 . تحويل المعلومات المتولدة في الحاسبة إلى شكل معلومات يفهمها الإنسان كأرقام أو حروف أو أشكال .

2 . تنظيم التوافق الزمني بين المعلومات السريعة المتولدة من الحاسبة لغرض استيعابها من قبل أجهزة الإخراج التي تكون أبطأ من عمل الحاسبة .

ومن أجهزة الإخراج :

1. وحدة العرض المرئي أو المرقاب Monitor :

وهي من أكثر أجهزة الإخراج شيوعا وتشبه هذه الوحدات إلى حد كبير الأجهزة التلفزيونية المنزلية ، وتظهر النتائج الخارجة من الحاسبة على شاشة العرض وقد تكون هذه النتائج نصوصا أو رموزا وتعتمد جودة الإخراج على نوعية وحدة العرض المرئي ، إذ أن هناك نوعان من الشاشات هما :

أ- شاشات CRT:

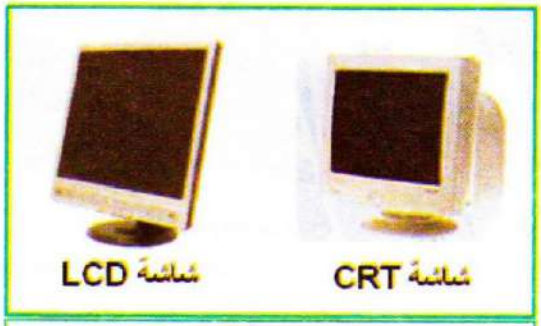
شاشات العرض CRT هي اختصار لـ Cathode Ray Tube وتعني أنبوب أشعة الكاثود. تستخدم في أغلب أجهزة التلفاز، وجدت منذ 60 سنة تقريباً . فكرة عملها الأساسية هي انطلاق الإلكترونات من خلف الشاشة إلى أن تصل إلى سطح العرض المبطن بطبقة من مادة الفسفور .

ب- شاشات LCD :

هي اختصار لـ Liquid Crystal Display وتعني العرض بالبلورات السائلة.

إن الكريستال السائل مادة تتمتع بخواص فيزيائية فريدة فتنتقل حالتها بين السائلة إلى الصلبة ،

والتحول هذا منوط بالجهد الكهربائي الموجّه إليها . وهي لا تشغل حيزاً كبيراً على المكتب وتستهلك طاقة أقل من الشاشات التقليدية .
والشكل (8 – 11) يبين هذين النوعين من الشاشات .



الشكل (8 - 11) نوعي شاشات العرض

2 . الطابعات Printers :

تعد الطابعات من أجهزة الإخراج الكثيرة الاستعمال نظرا لكونها توفر نسخة مطبوعة من الإخراج المطلوب . وتتوفر أنواع كثيرة ومختلفة من هذه الأجهزة من أهمها :

أ- طابعات نفث الحبر Inkjet Printers :

- تستخدم قطرات صغيرة من الحبر السائل.
- غالبا تستخدم في المنازل.
- ذات جودة وسرعة مقبولة.
- ثمنها منخفض.
- تطبع سطر في الوقت نفسه.

ب- طابعات الليزر Laser Printers :

- تستخدم جزيئات من الحبر (بودرة).
- غالبا تستخدم في العمل.
- ذات جودة وسرعة عالية.
- ثمنها مرتفع.
- تطبع صفحة واحدة في الوقت نفسه.

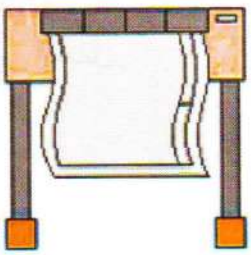
ج- طابعات المصفوفة النقطية Dot Matrix Printers :

تصدر الطابعات النقطية ضجيجا عاليا ولا تنتج مخرجات ذات جودة عالية ، وخاصة عند طباعة الرسوم. ولذلك ، لم تعد الطابعات النقطية تستخدم كثيرا الآن وحل محلها طابعات نفث الحبر. وتستخدم الطابعات النقطية في طباعة كميات كبيرة من الورق بجودة قليلة .
والشكل (8 – 12) يبين نموذج لهذه الأنواع من الطابعات .

الشكل (8 - 12) نموذج لطابعات

3. جهاز الرسم Plotter :

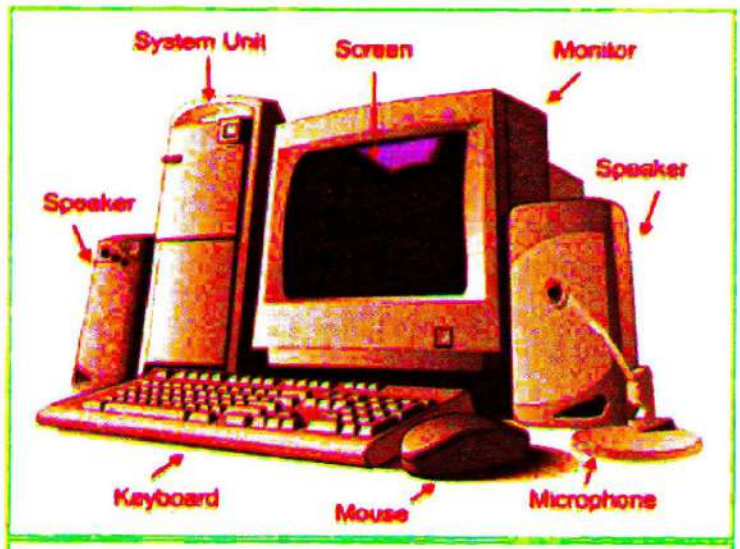
ويستخدم هذا الجهاز في التطبيقات الهندسية والمعمارية لرسم المخططات والخرائط والأشكال الهندسية الأخرى . ويحتوي هذا الجاهز على قلم رسم يتحرك تبعا لبرنامج مخزون داخل الجهاز. لاحظ الشكل (8 – 13) .



الشكل (8 - 13) نموذج لجهاز الرسم

4. السماعات Speakers :

تشتمل أغلب الحاسبات الموجودة حاليا في الأسواق على إمكانية إضافة سماعتين إلى وحدة النظام. وأحيانا تكون السماعات مضمنة مباشرة في الشاشة. وهذا يزيد من القدرة على الاستفادة من المواد التعليمية والعروض التقديمية ويمكن اعتبارها الآن بمثابة مكون قياسي في الحاسبة. لاحظ الشكل (8 – 14) الذي يبين بوضوح أجزاء الحاسبة الإلكترونية وملحقاتها ومن ضمنها السماعات.



الشكل (8 - 14) الحاسبة الإلكترونية وملحقاتها

ثالثا : وحدة المعالجة المركزية (CPU) Central Processing Unit :

وهي الجزء الرئيس في الحاسبة حيث يتم فيها خزن ومعالجة المعلومات وقيامها بالعمليات الحسابية والمنطقية فضلا عن اتخاذ القرارات الخاصة بتنفيذ التعليمات المختلفة وكذلك السيطرة على سير المعلومات داخل الحاسبة والتحكم بعمل الأجهزة الملحقة بالحاسبة.

و تتكون من الوحدات الآتية :

أ- وحدة السيطرة Control Unit .

ب- وحدة الحساب والمنطق Arithmetic & Logic Unit .

جـ- وحدة الذاكرة (الخزن) Memory Unit .

أ - وحدة السيطرة Control Unit :

وهي الجزء الأساسي في وحدة المعالجة المركزية والتي تقوم بالإشراف المباشر على العمليات جميعها داخل الحاسبة من خلال السيطرة على سير المعلومات من جهة والتحكم التام بعمل أجزاء الحاسبة الإلكترونية من جهة أخرى .

مما سبق يمكن حصر عمل وحدة السيطرة بالنقاط الآتية :

1. تنسيق جميع الأنشطة داخل وحدة المعالجة المركزية .
2. تنفيذ التعليمات حسب ورودها في البرنامج . حيث تقوم بترجمة كل تعليمة من هذه التعليمات للحاسبة ومن خلال ذلك تصدر الأوامر إلى الأجزاء المعنية في الحاسبة وتحفزها على تنفيذ تلك الأوامر .
3. السيطرة على دخول وخروج البيانات من الذاكرة الرئيسة .
4. إرسال واستلام إشارات سيطرة إلى الأجهزة الملحقة لتنظيم عمل هذه الأجهزة .

ب - وحدة الحساب والمنطق Arithmetic & Logic Unit :

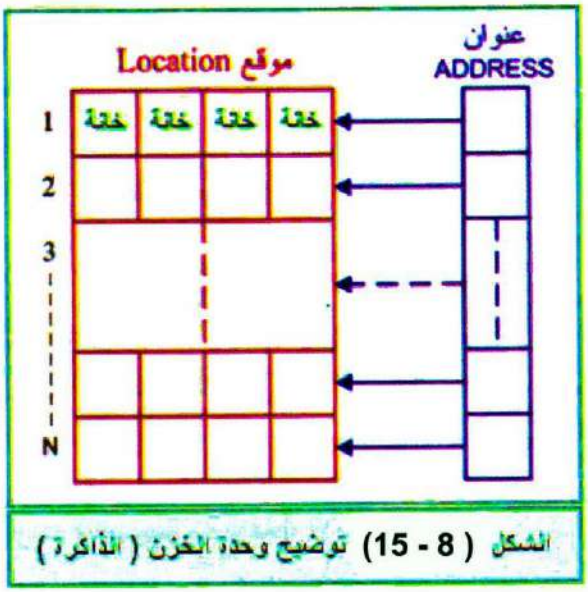
تقوم وحدة الحساب والمنطق بتنفيذ كافة أنواع العمليات الحسابية (الجمع والضرب والطرح والقسمة) والعمليات المنطقية التي تعالجها الحاسبة. وتنفذ العمليات الحسابية بطريقتين مختلفتين تتمثل الأولى في استخدام المكونات المادية والثانية في الجمع ما بين المكونات المادية والبرمجيات ، ويعتمد هذا على نوع الحاسبة .

جـ - وحدة الذاكرة (الخزن) Memory Unit :

تحتاج الحاسبة إلى وسيلة لخزن المعلومات التي تتعامل معها وتعرف هذه الوسيلة بالذاكرة. وتعد من أكثر الأجزاء تأثيراً على أداء الحاسبة ، وهي مخزن إلكتروني ترتب فيه المعلومات بشكل يمكن الرجوع إليه بسهولة وبسرعة .

فالذاكرة تتكون من خلايا **Cell** وكل خلية تتكون من وحدات صغيرة تسمى الخانة **Bit** وظيفتها خزن التعليمات **Instruction** والبيانات **Data** وتسمى مجموعة التعليمات والبيانات البرامج **Soft Ware** وكذلك تقوم هذه الوحدة بخزن البيانات الخارجة **Output Data** قبل إخراجها عن طريق وحدة الإخراج.

ويمكن تشبيه الذاكرة الرئيسة للحاسبة بصندوق مستطيل الشكل مقسم إلى عدد كبير من المواقع **Locations** منظمة بالصيغة الموضحة في الشكل (8 – 15) .



الشكل (8 - 15) توضيح وحدة الخزن (الذاكرة)

وتستطيع الخلية الواحدة تخزين ثماني وحدات رقمية ثنائية وغالباً ما يطلق على محتوى كل موقع كلمة **Word** إذ أن كل كلمة لها موقع ثابت ويخصص له رقم ثابت للدلالة عليه في الذاكرة الرئيسة يدعى عنوان **Address** ويقسم كل موقع أو كلمة إلى عدد متساو من الخانات **Bits** ويطلق على عدد الخانات في الكلمة طول الكلمة **Word Length** والذي يختلف باختلاف الحاسبة فهناك حاسبات طول كلمتها **8** بت أو بايت واحد (**Byte**) وأخرى 16 بت وأخرى 32 .... وهكذا . أما طولها في الحاسبة الواحدة فهو ثابت .

ومن المفيد أن نذكر هنا بعض المقاييس المستخدمة في قياس المساحات التخزينية في الذاكرة الرئيسة :

نبل (Nibble) = 4 بت
بايت (Byte) = 8 بت
كيلو بايت = 1024 بايت
ميجابايت = مليون بايت
جيجابايت = بليون بايت

خواص الذاكرة :

1. سعة الذاكرة :
لكل ذاكرة سعة محددة وتعني لها القدرة على خزن عدد محدد من كلمات الحاسبة (بايت) .
2. زمن الوصول :
هو المدة الزمنية التي تستغرقها عملية نقل معلومات كلمة واحدة من الذاكرة إلى وحدة المعالجة المركزية أو العكس .
3. نمط الوصول إلى المعلومات :
والمقصود به كيفية الوصول إلى معلومات محددة في عنوان معروف . وذلك لوجود أنواع من وحدات الخزن وهي :

أ. ذاكرة الوصول العشوائي: ومنها يمكن الوصول إلى المعلومات مباشرة من خلال العنوان.
ب. ذاكرة الوصول التسلسلي: فتتطلب المرور بالمعلومات تباعاً إلى أن تصل إليها .

4. قابلية الذاكرة على الحفاظ على محتوياتها : عند انقطاع التيار الكهربائي هناك وحدات خزن تبقى محتفظة بمحتوياتها والأخرى تفقدها.
5. إمكانية مسح المعلومات الموجودة في الذاكرة وكتابة معلومات جديدة بدلاً عنها.
6. كلفة وحدات الخزن : هناك وحدات غالية وأخرى رخيصة وهذا يعتمد على المواد الداخلة في صناعة الذاكرة .

أنواع الذاكرات :

هناك نوعين من الذاكرات :

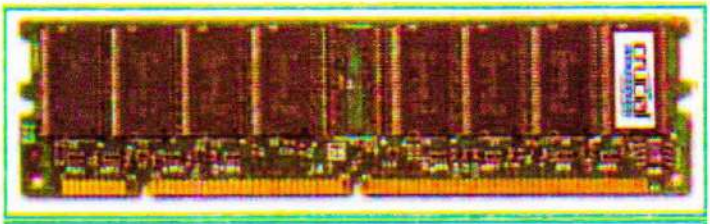
1 - **الذاكرة الرئيسة Main Memory .**
2 - **الذاكرة الثانوية (الذاكرة المساعدة Auxiliary Memory) .**

أولا : الذاكرة الرئيسة Main Memory : تقسم هذه الذاكرة إلى نوعين :

1- ذاكرة الوصول العشوائي Random Access Memory :

ويطلق عليها اختصاراً **(RAM)** حيث يسمح هذا الجزء بعملية القراءة والكتابة وهو الجزء الذي يسمح للمستفيد أن يخزن برامجه فيه ، فعندما يتم تحميل نظام التشغيل من القرص عند بدء تشغيل الحاسبة، يتم نسخ النظام إلى هذه الذاكرة . وتستطيع هذه الذاكرة الاحتفاظ بالمعلومات المخزونة فيها طالما تكون الحاسبة موصلة بمصدر التيار الكهربائي . ولذلك فإذا ما

أريد الاحتفاظ بأي من المعلومات التي تحتويها هذه الذاكرة فيجب نقلها إلى الذاكرة المساندة قبل قطع التيار الكهربائي . ويمكن تحميل هذه المعلومات إلى الذاكرة ثانية عند الحاجة .
وكل قطعة **ذاكرة** تعد دائرة متكاملة مركبة من ملايين الخلايا التي يكونها اتحاد الترانزستورات Transistors والمكثفات Capacitors ، بحيث يشكل كل **ترانزستور** و **مكثف** خلية واحدة من خلايا الذاكرة ، وكل خلية من هذه الخلايا تعادل بتاً واحداً من البيانات كما ذكرنا سابقا.
والشكل (8 –16) يبين نموذج لهذا النوع من الذاكرة .



الشكل (8 - 16) نموذج لذاكرة RAM

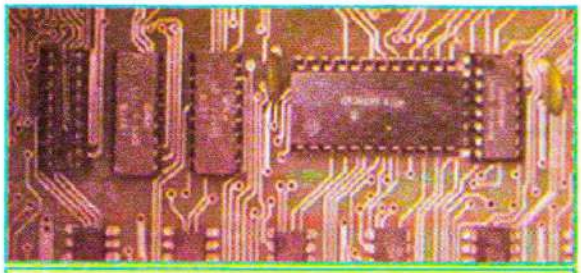
أنواع ذاكرة الوصول العشوائي :

- DRAM : تعني Dynamic RAM تحتوي على خلايا ذاكرة تتكون من زوج من الترانزستورات والمكثفات و تحتاج إلى إنعاش مستمر لأن الشحنة الكهربائية تتلاشى بعد مقدار ضئيل من الزمن يقاس بالمللي ثانية.
- SRAM : تعني Static RAM تستخدم أربع إلى ست ترانزستورات لكل خلية ذاكرة ولا تحتوي على مكثف ولا تحتاج إلى إنعاش مستمر وتستخدم بشكل أساسي لذاكرة الكاش (cache).
- SDRAM : Synchronous dynamic random access والتي تعني ذاكرة الوصول العشوائي الديناميكية المتزامنة ، وهذا النوع هو المنتشر الآن في أجهزة الحاسبات ، وتصل السرعة القصوى لنقل البيانات باستخدام هذا النوع من الذاكرة إلى 528 ميجابايت في الثانية.

2- ذاكرة القراءة فقط Read Only Memory :

ويطلق عليها اختصاراً (**ROM**) ولا يسمح هذا الجزء من الذاكرة بعملية الكتابة للمحافظة على محتوياتها أي أنها ذاكرة قراءة فقط كما يشير اسمها . وتحتفظ هذه الذاكرة بمحتوياتها بصورة دائمة بغض النظر عن وجود مصدر للتيار الكهربائي . إذ تحتوي هذه الذاكرة على المعلومات الأساسية في عمل الحاسبة كالبرامج الثابتة التي تخص نظام الحاسبة أو البرامج التي تسيطر على عمل الأجهزة الملحقة . ومن أمثلة ذلك ، شريحة ROM-BIOS (شريحة ذاكرة القراءة فقط - نظام الإدخال والإخراج الأساسي) وهي عبارة عن شريحة توجد في لوحة النظام الخاصة بالحاسبة ، وتحتوي على برامج تقوم بمهام متعددة. فعندما نقوم ببدء تشغيل الحاسبة ، تقوم برامج ROM-BIOS بعملية فحص ذاتي للتأكد من أن الحاسبة تعمل بشكل جيد. وتقوم هذه البرامج بعد ذلك بتحميل نظام التشغيل الذي نستخدمه من القرص إلى ذاكرة الوصول العشوائي. والشكل (8 – 17) يبين نموذج لهذا النوع من الذاكرة

وهناك أنواع مختلفة من هذه الذاكرة أهمها ذاكرة قراءة فقط القابلة للبرمجة PROM و ذاكرة قراءة فقط القابلة للمسح والبرمجة EPROM حيث يمكن مسح المعلومات السابقة باستخدام أشعة فوق البنفسجية وكتابة معلومات جديدة عليها .



الشكل (8 - 17) نموذج لذاكرة ROM

ثانيا : الذاكرة الثانوية (الذاكرة المساعدة Auxiliary Memory) :

تستخدم هذه الذاكرة لخزن المعلومات والبيانات بشكل دائمي وتكون سرعة تقديمها أبطأ مما لو كانت مخزونة في الذاكرة الرئيسة ، وفي كثير من الأحيان تكون كمية المعلومات المراد تخزينها كبيرة جدا لدرجة أنه لا يمكن خزنها في وحدة الذاكرة الرئيسة الأمر الذي يتطلب وحدات ذاكرة إضافية بقصد التوسع في طاقة وحدة التخزين الداخلية ، وتكون سعة هذه الوحدات كافية للاحتفاظ بالمعلومات المخزنة عليها لفترات طويلة لحين الحاجة .

وتنقسم الذاكرة الثانوية إلى نوعين :

أ- الأقراص الممغنطة Magnetic Disk :

يعد القرص الممغنط أحد وسائط التخزين المباشر (العشوائي) التي تتميز بقدرتها الاستيعابية العالية وسرعة تداول المعلومات المخزنة عليها . ومن أهم هذه الأقراص :

الأقراص المرنة (Floppy Disk) ، والأقراص الصلدة (Hard Disk) ، والأقراص الليزرية .

ب- الأشرطة الممغنطة Magnetic Tape :

الشريط المغناطيسي عبارة عن شريط من البلاستك المطلي بمادة قابلة للتمغنط وهو يشبه شرائط التسجيل المستخدمة في أجهزة التسجيل الصوتي . والمبدأ الذي يبنى عليه تسجيل البيانات على الشريط المغناطيسي مماثل ذلك الذي يبنى عليه تسجيل الأغاني والأحاديث على شريط التسجيل الصوتي . والشكل (8 – 18) يبين نماذج مختلفة لأجهزة التخزين المساعدة .

الشكل (8 - 18) نماذج لأجهزة تخزين مساعدة

الخلاصة :

- تعد الحاسبات الإلكترونية من أبرز ميزات هذا العصر نظرا لما توفره للإنسان من سرعة فائقة ودقة متناهية في إنجاز العديد من الأعمال .

- من أبرز استخدامات الحاسبة الإلكترونية هو استخدامها الحاسبة كنظام مراقبة ، وفي التشخيصات الطبية واستخدامها بمكاتب الخطوط الجوية في تنظيم برامج وأوقات الرحلات ، وفي العديد من العمليات الصناعية في المصانع للسيطرة على الإنتاج بصورة تلقائية .

- الحاسبة الإلكترونية هي جهاز آلي إلكتروني له قدرة فائقة على إدخال و إخراج وتخزين المعلومات بسرعة متناهية بوساطة مجموعة من التعليمات والتي تشكل ما يسمى البرامج (Programs) .

- ويمكن تصنيف الحاسبات بصورة عامة ، وفقا لحجمها ودرجة تعقيدها إلى الحاسبات الكبيرة أو المركزية أو ما يسمى **Mainframe** ، الحاسبات الشخصية **(PC)** ، الخادمات **Servers** .
- مكونات الحاسبة الالكترونية المكونات المادية **Hard Ware** والبرمجيات **Soft Ware**.

- وتتكون الحاسبة الالكترونية (المكونات المادية) من وحدة الإدخال **Input Unit** ، وحدة المعالجة المركزية **Central Processing Unit (CPU)**، وحدة الإخراج **Output Unit** .

- ومن أجهزة الإدخال للحاسبة ، لوحة المفاتيح **KEYBOARD** ، جهاز الفأرة **The Mouse Device** ، الماسح الضوئي **Scanner** ، واجهزة اخرى .
- من أجهزة الإخراج للحاسبة ، وحدة العرض المرئي **Monitor** ، الطابعات **Printers** ، جهاز الرسم **Plotter** ، والسماعات **Speakers** .

- هناك نوعين من الذاكرات الذاكرة الرئيسة **Main Memory** ، الذاكرة الثانوية **(Auxiliary Memory)** .
- وتنقسم الذاكرة الثانوية إلى نوعين الأقراص الممغنطة **Magnetic Disk**، والأشرطة الممغنطة **Magnetic Tape** .

أسئلة الفصل الثامن

س1 : عرف ما يأتي :

الحاسبة الخادم servers ، البرمجيات ، المكونات المادية ، البرنامج المشرف ، المترجم ، وحدة الإدخال ، بايت ذاكرة الوصول العشوائي ، EPROM ، ذاكرة القراءة فقط .

س2 : ما المقصود بالحاسبة الإلكترونية ؟ ارسم مخططا يوضح عملها.

س3 : عدد مميزات الحاسبة .

س4 : عدد أجيال الحاسبات واشرح الفرق بين حاسبات كل جيل .

س5 : ما هي أهم أنواع الحاسبات الإلكترونية ؟

س6 : ارسم المخطط الكتلوي للحاسبة الإلكترونية .

س7 : ما هو العمل الرئيس لأجهزة الإدخال ؟

س8 : اذكر خمس وحدات لإدخال المعلومات إلى داخل الحاسبة .

س9 : بين أهمية الأجزاء الآتية في عمل الحاسبة :

الذاكرة ، وحدة الإدخال ، وحدة المعالجة المركزية

س10 : ما هو جهاز الإدخال الأكثر استعمالا مع الحاسبة الدقيقة ولماذا ؟

س11 : ما هو الغرض من أجهزة الإخراج ؟

س12 : عدد خمس وحدات لإخراج المعلومات من الحاسبة .

س13 : تكلم عن وحدة المعالجة المركزية . ومم تتكون ؟

س14 : ما هي الوظائف الأساسية التي تقوم بها وحدة السيطرة ؟

س15 : اشرح عمل وحدة الحساب والمنطق .

س16 : بين أهمية وحدة التخزين الرئيسة في الحاسبة الإلكترونية .

س17 : عدد أهم المميزات التي تتمتع بها الذاكرة .

س18 : عدد أنواع الذاكرات الرئيسة .

س19 : على ماذا تحوي ذاكرة القراءة فقط (**ROM**) ؟ وما أنواعها ؟

س20 : أشرح أهمية الذاكرة الثانوية في الحاسبة الإلكترونية .

س21 : عدد مع الشرح أنواع الذاكرة الثانوية ؟

المصادر

1- خالد عبدالله علي، رضا مهدي باقر، مهدي علوان حسين، " العلوم الصناعية ، الصف الاول الكترونيك"، مطبعة الحرية، 1981 .

2- سعد ابراهيم عبدالرحيم، لمياء عبدالقادر مكي، هشام عبد الهادي، " العلوم الصناعية ، الصف الاول اتصالات سلكية ولاسلكية "، مطبعة المديرية العامة للتعليم المهني، 1990.

3- د.صادق باقر حسين،الالكترونيك، " اسس الهندسة الكهربائية " ،الجامعة التكنولوجية، 1980 .

4- د.طارق حميد سعيد، " اسس الهندسة الكهربائية "، الجامعة التكنولوجية، 1988 .

5- Alan B. Marcovitz," Introduction to Logic Design ", Mc-Graw Hill, 2004 .

6- Gray M. Miller," Modern Electronic Communication", Prentice-Hall,1998.

7- I.J.Anyanwu, et al, " Basic Electronics ", London, Macmillan Publishers,1997.

8- M.Moris Mano, " Digital Design ", 3rd Edition, USA, Printice-Hall, 2001.

9- Roger L. Tokheim, " Digital Principles ", Mc-Graw Hill, 2004,& 1980.

10- B.L. Theraja & A.K. Theraja, " Electrical Technology ", S.Ghand & Company LTD, 2005.