الكترونيات الطاقة

Lecture No. 1

General Introduction

Software Installation

ميكاترونيكس - سنة رابعة - فصل ثاني

Dr. Eng. Essa Alghannam

Ph.D. Degree in Mechatronics Engineering

2023

الاختبارات وتوزيع الدرجات وطريقة التقييم

النظري: 50% الأسئلة شاملة لكل المقرر/تحريري/ نهاية الفصل

العملي: 50% يتضمن اختبار أول 15% /تحريري/ في الأسبوع السادس

اختبار ثاني 15% /حاسوبي-تحريري/ في الأسبوع الثاني عشر

اختبار نصفي 30% /حاسوبي-تحريري/ منتصف الفصل

امتحان عملي 20% /حاسوبي – تحريري/ في الأسبوع قبل الأخير للفصل

تحتاج للتجريب والتدريب والدراسة بشكل ذاتي منزلي وخلال الجلسات.

Outline

1. تعريف بالمقرر
2. مقدمة حول المواد نصف الناقلة والعناصر الالكترونية المستخدمة في دارات الطاقة الديودات والترانزستورات و الثايرستوارت.
3. تعريف ببرنامج ANSYS SIMPLORER وطريقة استخدامه لنمذجة الدارات الكترونية
4. دارات المقومات أحادية الطور
5. دارات المقومات ثلاثية الطور
6. دارات المبدلات أحادية الطور
7. درات المبدلات ثلاثية الطور
8. دارات القالبات أحادية الطور
9. دارات القالبات ثلاثية الطور
10. دارات المقطعات

الديود

الديود عبارة عن عنصر الكتروني مصنوع من مادة نصف ناقلة سيليكون أو جرمانيوم و يتكون من طبقتين تبعا لنمط الاشابة

نصف ناقلة مشابة بذرات ألمنيوم أو بور p

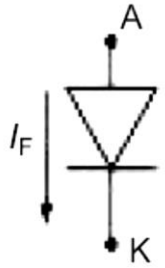
نصف ناقلة مشابة بذرات زرنيخ أو فوسفور n

رمز الديود وهياكل تغليف بعض أنواع ديودات القدرة.

تملك الديودات بشكل عام طرفين:

قطب المصعد anode (terminal A)

قطب المهبط cathode (terminal K)



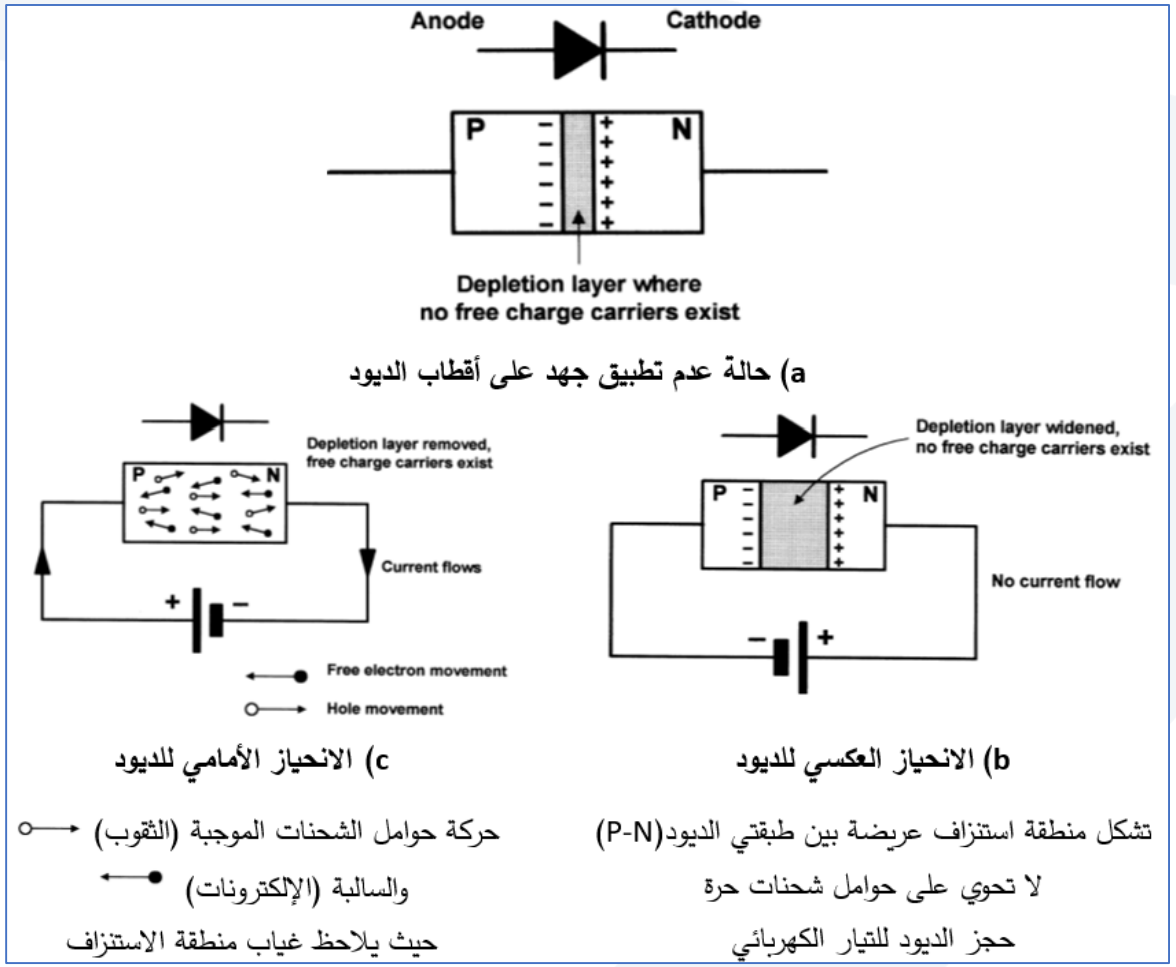
رمز الديود وبعض أنواع ديودات القدرة العملية.

حالات انحياز الديود والخواص الساكنة العملية لديودات القدرة.

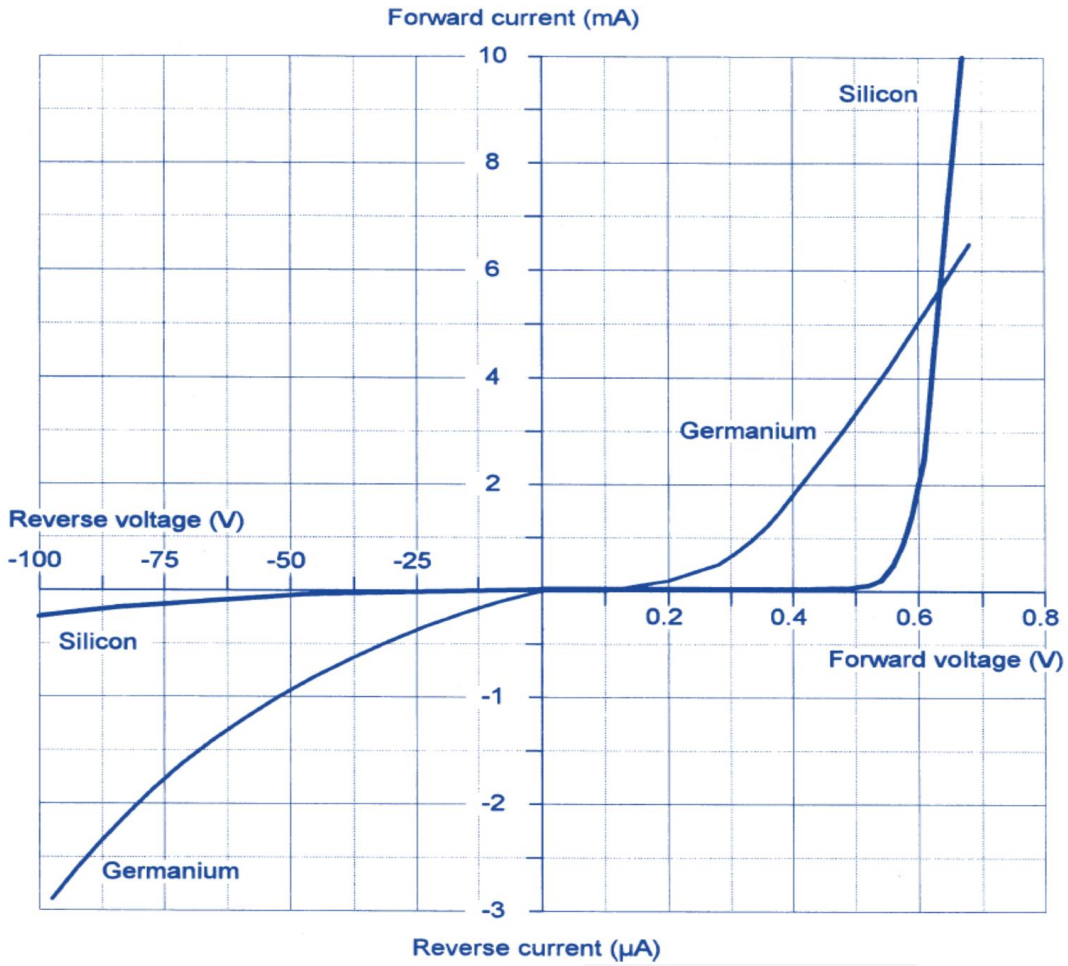
نقول عن الديود بأنه منحاز أماميا عندما يكون كمون المصعد (A) أكبر من كمون المهبط (K)، وفي هذه الحالة يمر تيار أمامي I_F (forward current).

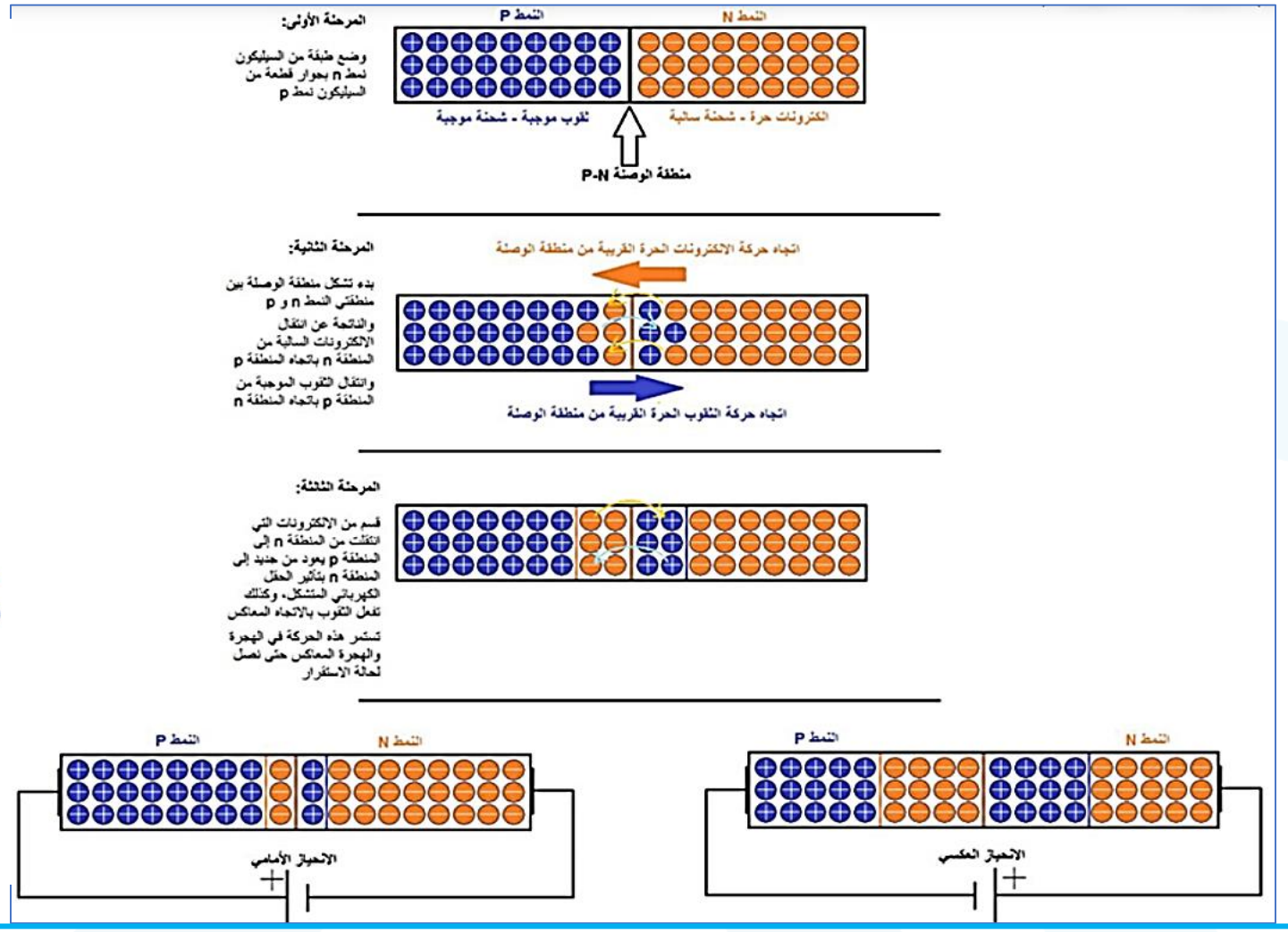
يظهر على أقطاب الديودات في حالات الانحياز الأمامية للديودات هبوط جهد أمامي، حيث تبلغ قيمة هبوط الجهد الأمامي في الديودات المصنعة من مادة السيلكون بحدود 0.7V عند التيار الاسمي، لذلك يتم إهمال هبوط الجهد الأمامي في الديودات المثالية نتيجة لصغره.

ينحاز الديود عكسيا عندما يكون كمون مصعده (A) أصغر من كمون مهبطه (K). تصبح قيمة المقاومة العكسية عالية جدا عند العمل على الجهد الاسمي للديود نتيجة تشكل منطقة استنزاف عريضة بين الطبقتين ويسري تيار تسريبي (leakage current) صغير.

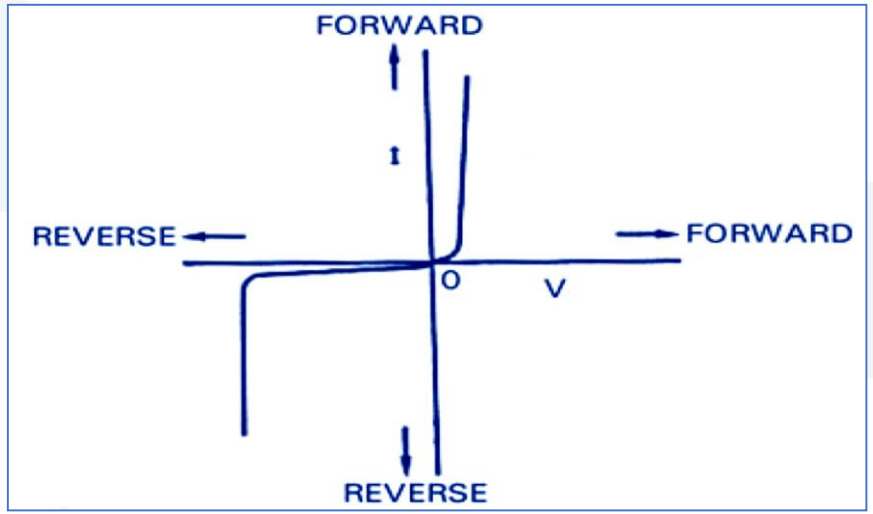


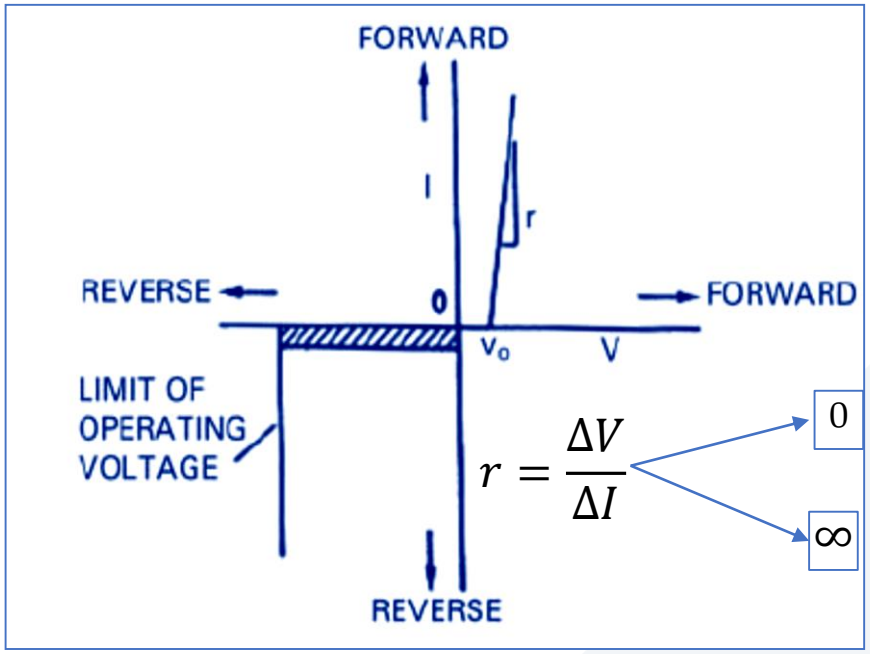
حالات انحياز الديود والخواص الساكنة العملية لديودات القدرة.





الخواص الساكنة العملية لديودات القدرة.





يتم تمثيل الديودات في دارات إلكترونيات القدرة في بعض الحالات بديودات ذات خواص مثالية (ideal diode)، حيث يمثل الديود بمفتاح ساكن مثالي (ideal static switch).

تتصف الديودات المثالية بالافتراضات التالية:

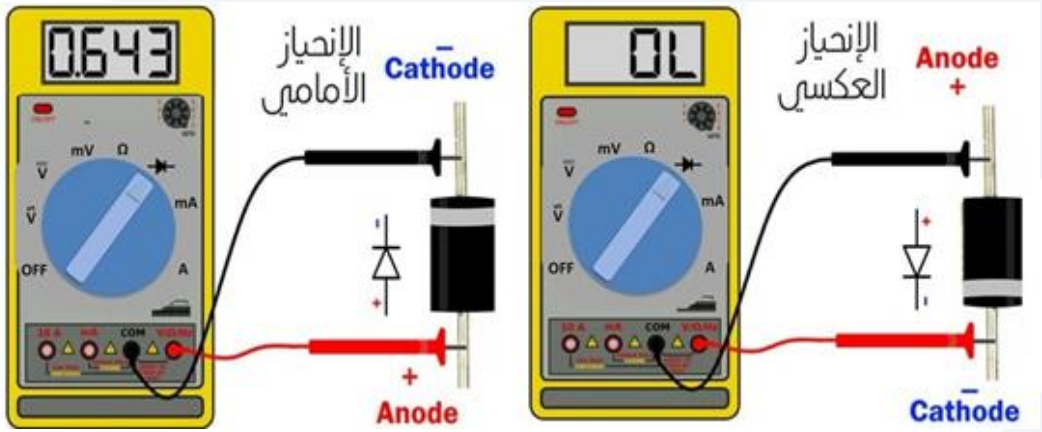
- اعتبار المقاومة الأمامية مساوية للصفر والعكسية مساوية للانهاية.
- إهمال هبوط الجهد الأمامي وتيار التسريب العكسي لصغرهما.

الخواص الأمامية التقريبية:

يتم تمثيل الخواص الأمامية التقريبية $(I_D; V_D)$ بخواص خطية (خط مستقيم مائل)، وذلك باستخدام منبع جهد عكسي V_O مع مقاومة تسلسلية أمامية r تمثل المقاومة الأمامية للديود، يتقاطع الخط الممثل للخواص الأمامية $(V_D = V_O + I_D.r)$ مع محور الجهد عند الجهد V_O ويمثل مقلوب ميله المقاومة الأمامية r.

الخواص العكسية التقريبية:

يتم تمثيل الخواص العكسية في مجال العمل على جهود أقل من جهد الانهيار (breakdown voltage) بخواص خطية أفقية، حيث تمثل الخواص العكسية بمنبع تيار يعادل تيار التسريب العكسي.

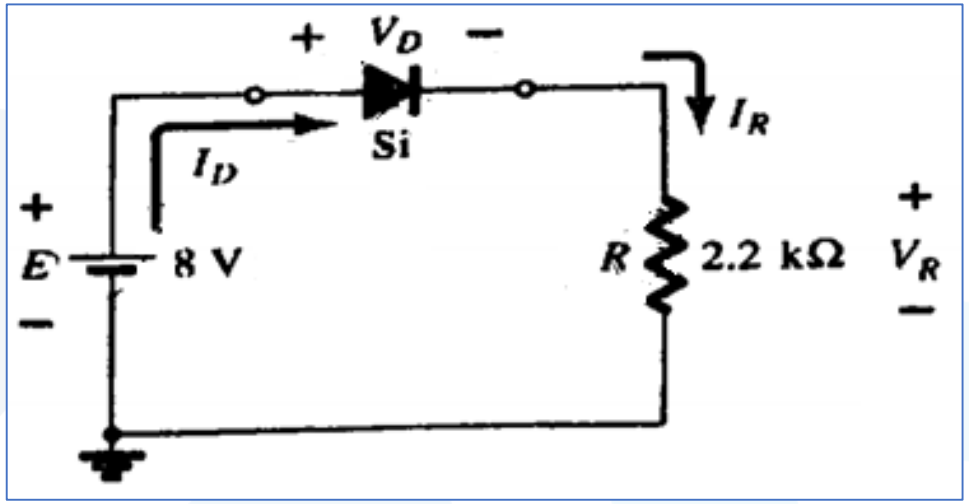


تتحدد المواصفات الأساسية لهذه الديودات بالعوامل الرئيسة التالية:

- الجهد الأمامي (VF) (Forward voltage)
- جهد الانهيار (VB) (reverse breakdown voltage)
- تيار التسريب العكسي (IR) (reverse leakage current)

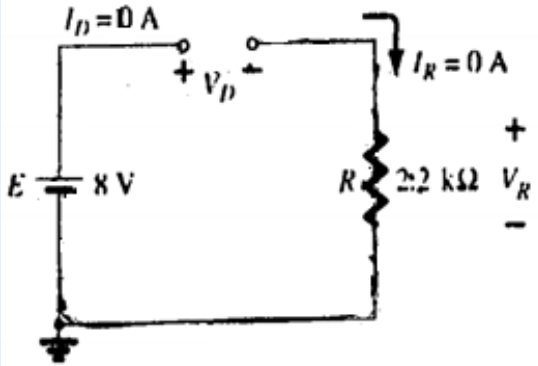
Device	*Material*	*PIV*	I_F max.	I_R max.	*Application*
1N4148	Silicon	100 V	75 mA	25 nA	General purpose
1N914	Silicon	100 V	75 mA	25 nA	General purpose
AA113	Germanium	60 V	10 mA	200 μA	RF detector
OA47	Germanium	25 V	110 mA	100 μA	Signal detector
OA91	Germanium	115 V	50 mA	275 μA	General purpose
1N4001	Silicon	50 V	1 A	10 μA	Low-voltage rectifier
1N5404	Silicon	400 V	3 A	10 μA	High-voltage rectifier
BY127	Silicon	1250 V	1 A	10 μA	High-voltage rectifier

حل المثال التالي



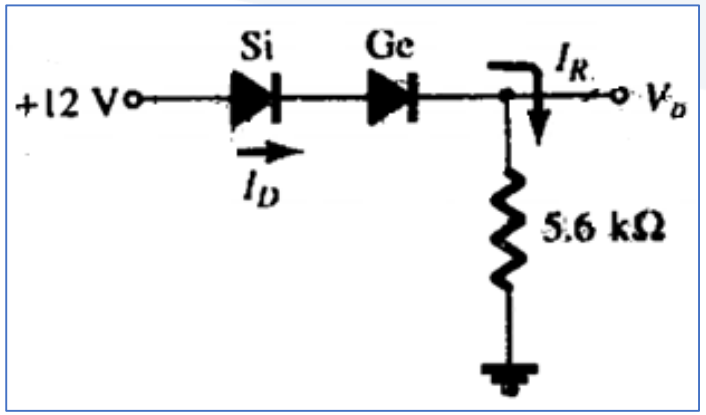
$$V_D = 0.7V$$
$$V_R = E - V_D = 8 - 0.7 = 7.3volts$$
$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{7.3V}{2.2 * 10^3 \Omega} \Rightarrow$$
$$I_D \cong 3.32\,mA$$

حل المثال في حال استقطاب عكسي للديود



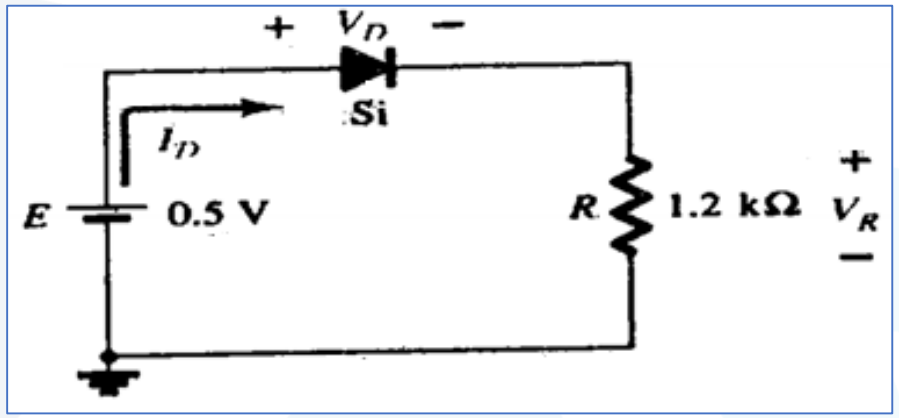
$$I_D = 0 \Rightarrow$$
$$E - V_D - V_R = 0 \Rightarrow$$
$$V_D = E - V_R$$
$$V_D = E - 0 = 8volts$$

حل المثال التالي



$$V_0 = E - V_{T_1} - V_{T_2} \Rightarrow$$
$$V_0 = 12 - 0.7 - 0.3 = 11 volts$$
$$I_D = I_R = \frac{V_0}{R} = \frac{11}{5.6 * 10^3} \cong 1.96 mA$$

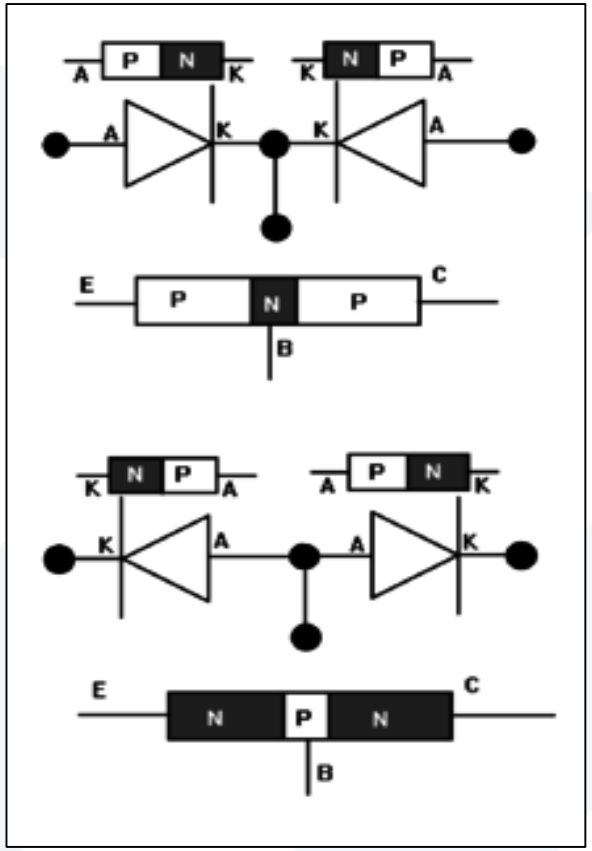
حل المثال التالي

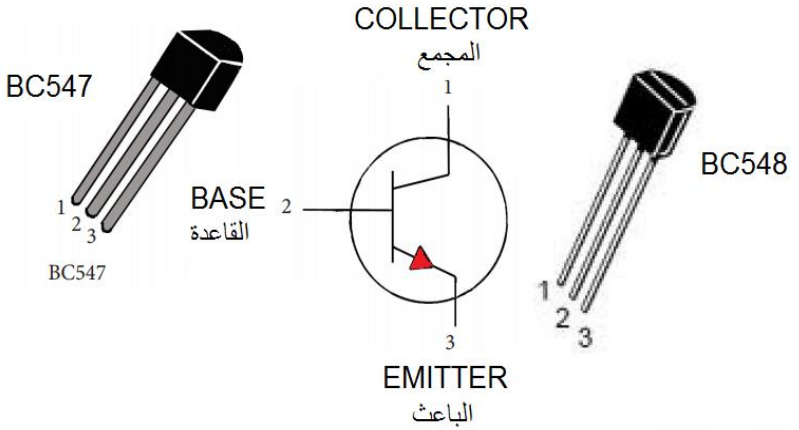


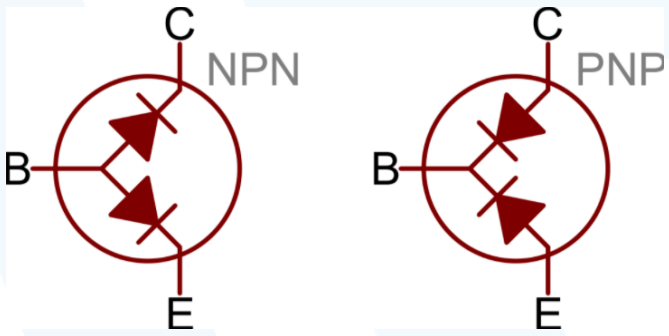
$$I_D = 0 Amper$$
$$V_R = I_R * R = I_D * R = 0 volts$$
$$V_D = E - V_R = 0.5 - 0 = 0.5 volts$$

Bipolar Junction Transistor, or BJT
الترانزستور ثنائيّ القطب

If we now join together two individual signal diodes back-to-back, this will give us two PN-junctions connected together in series which would share a common *Positive*, (P) or *Negative*, (N) terminal. The fusion of these two diodes produces a three layer, two junction, three terminal device forming the basis of a **Bipolar Junction Transistor**, or BJT for short. The word Transistor is a combination of the two words **Transfer Varistor** which describes their mode of operation way back in their early days of electronics development.



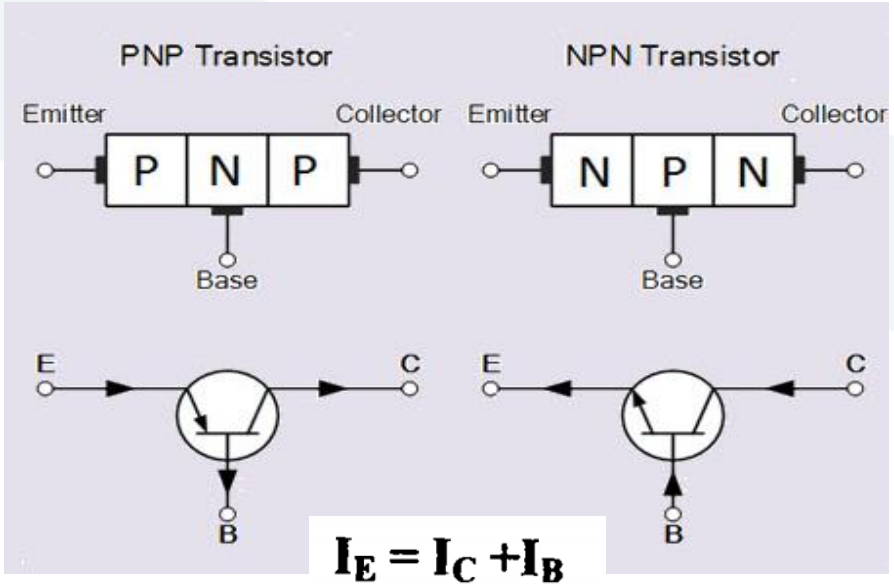


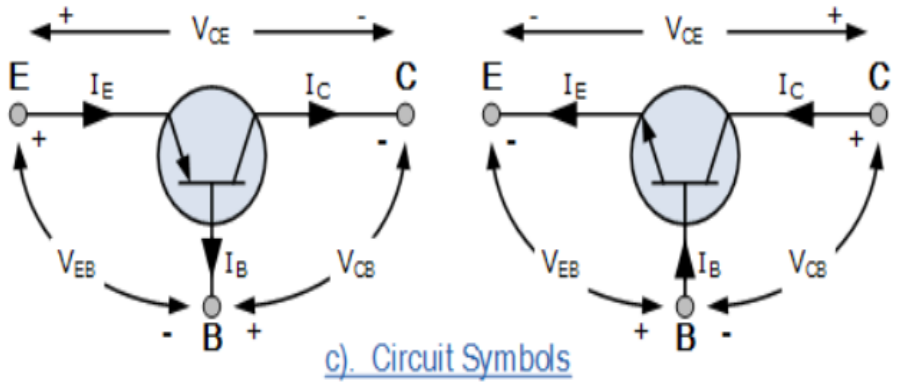


ثورة الترانزستور من قبل جو باردين و ويليم شوكلي و ولتر براتين عام 1947 في مختبرات بل الاميركية و نالوا جائزة نوبل عام 1956 على هذا الاختراع الكتروني الذي مثل حجر الزاوية في التقدم التكنولوجي عالميا. الترانزيستور عنصر الكتروني مصنوع من مواد نصف ناقلة كالسيليكون

Bipolar Junction Transistor, or BJT

الترانزستور ثنائيّ القطب



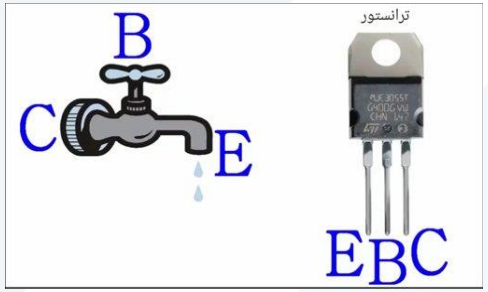


يحوي الترانزستور ثلاثة اقطاب

للترانزستور ثلاثةُ أطراف، وهي: القاعدة Base، هي طرف متوسّط بين المجمع والمشعّ، وهي المسؤولة عن التحكّم باتجاه التيار الكهربائيّ وكميّته، ويُرمز لها بالحرف B

الباعث Emitter، هو طرف جانبيّ، تتمركز عليه الشحنات، ووظيفته توليدُ الإلكترونات والتيّار الكهربائيّ، ويُرمز له بالحرف E

المجمع Collector، هو طرف جانبيّ آخر، تتمركزُ عليه الشحنات الكهربائيّة بشكلٍ أقلّ، حيث تعملُ على تجميع التيّار الكهربائيّ، ويُرمز له بالحرف C

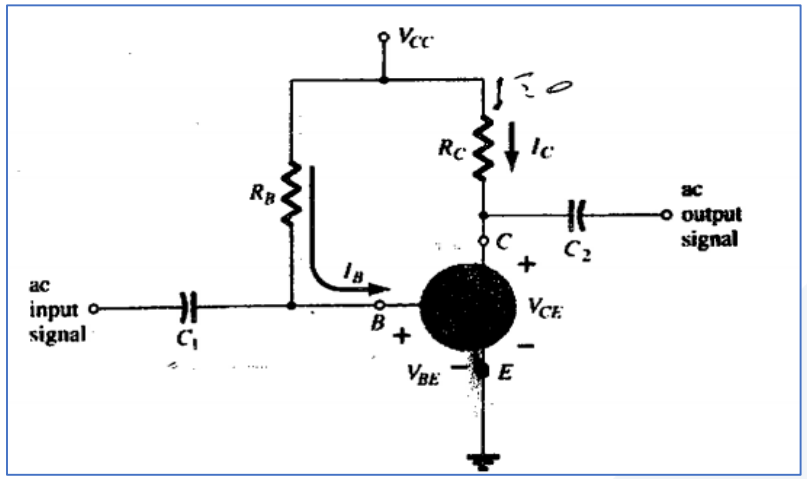


يعتبرُ الترانزستور ثنائيّ القطب من نوع NPN من أكثر الأنواع انتشاراً واستخداماً.

The principle of operation of the two transistor types PNP and NPN, is exactly the same the only difference being in their biasing and the polarity of the power supply for each type.

Transistors applications

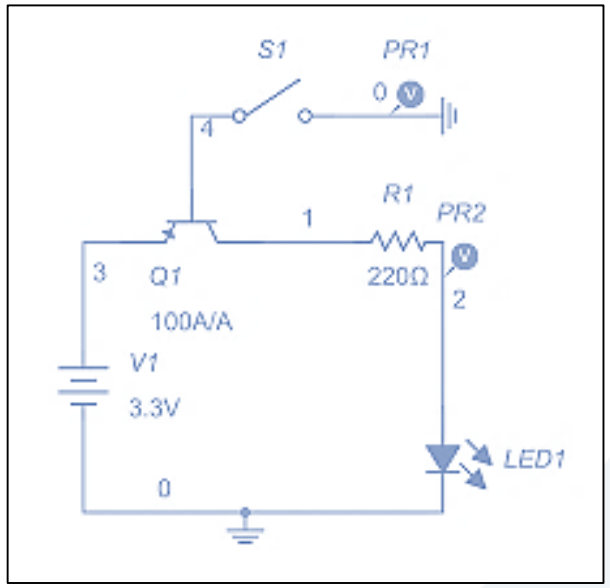
- It can act as either an **insulator** or a **conductor** by the **application of a small signal voltage**.
- This ability enables it to have two basic functions: "**switching** كمفاتيح الكترونية وصل فصل" **(digital electronics)** or "**amplification" (analogue electronics)** كمضخمات.

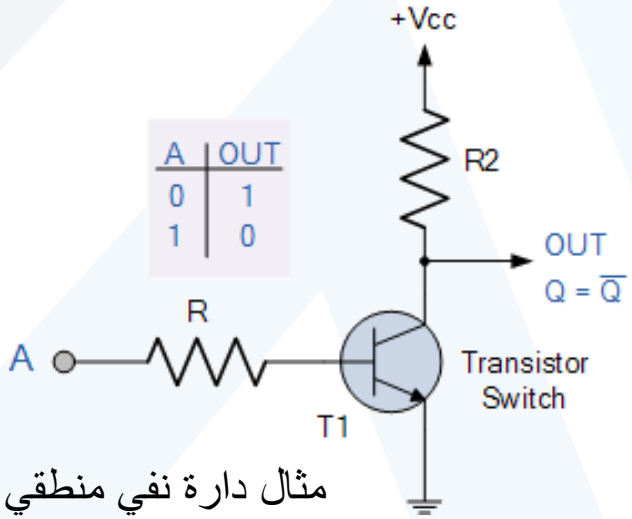


- **كمضخم مثل أجهزة المساعدة على السمع حيث يضخم تيار الدخل الصغير.** يحوي جهاز السمع ميكرفون صغير يلتقط الاصوات من المحيط الخارجي و يحولها لتغيرات متغيرة. يتم تغذية الترانزسيتورات بهذه التيارات فيقوم بتضخيمها مغذيا مكبرات الصوت مما يمكن الشخص من السماع

Transistors applications

- كمفتاح الكتروني أو مبدل بين حالتي منفصلتين (واحد و صفر) طبعا لدارة الانحياز على دخله و خرجه. و بالتالي كل ترانزستور يمكن أن يستخدم كذاكرة لوحد بت.
- شريحة تحوي ملايين الترنزستورات تخزن نفس العدد من البتات.
- هذه البتات تشكل الارقام و المحارف التي نعلمها.





مثال دارة نفي منطقي

Bipolar Transistor Configurations

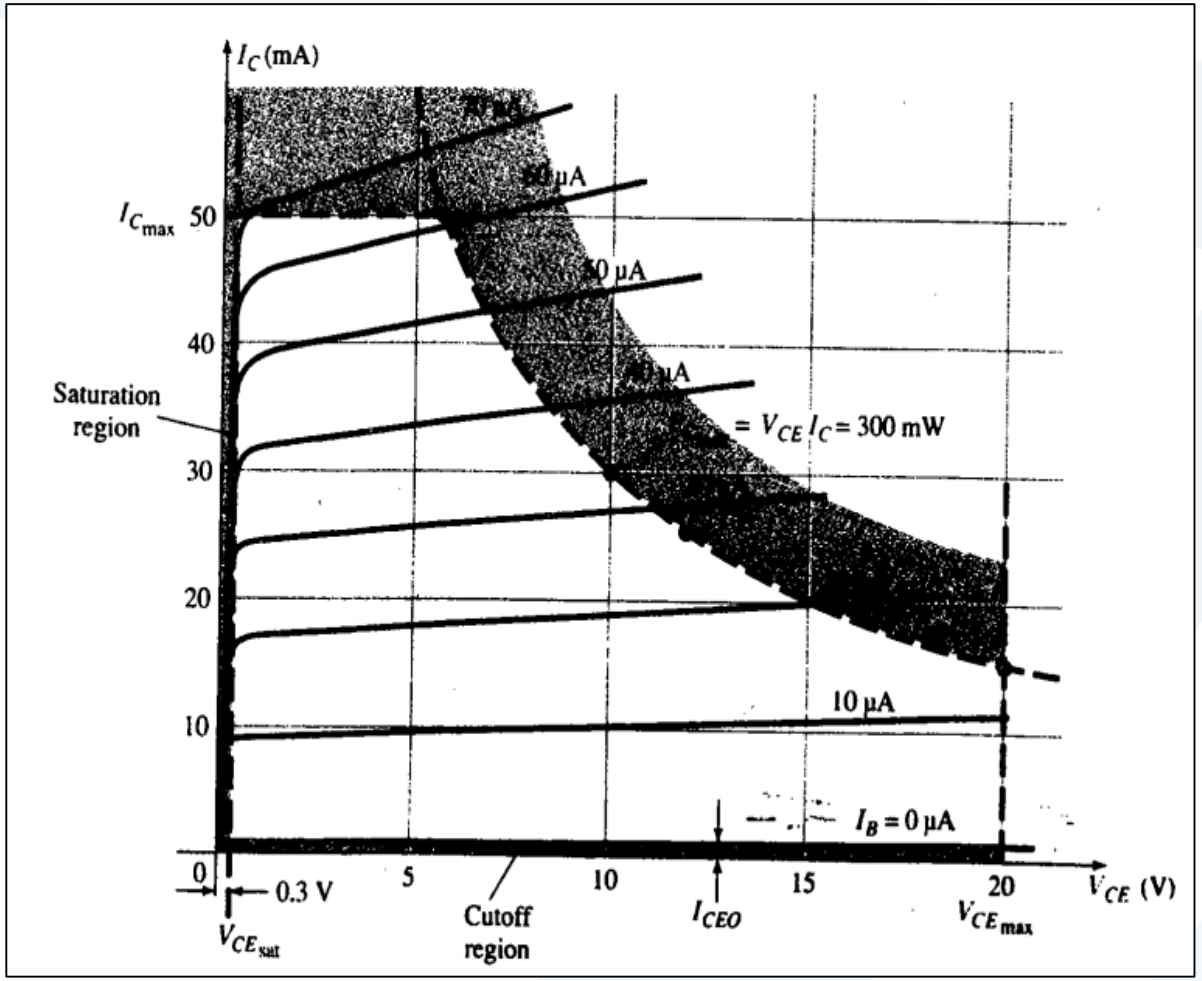
Then bipolar transistors have the ability to operate within three different regions:

- Active Region – the transistor operates as an amplifier and $I_c = \beta * I_b$
- Saturation – the transistor is "Fully-ON" operating as a switch and $I_c = I_{(saturation)}$
- Cut-off – the transistor is "Fully-OFF" operating as a switch and $I_c = 0$

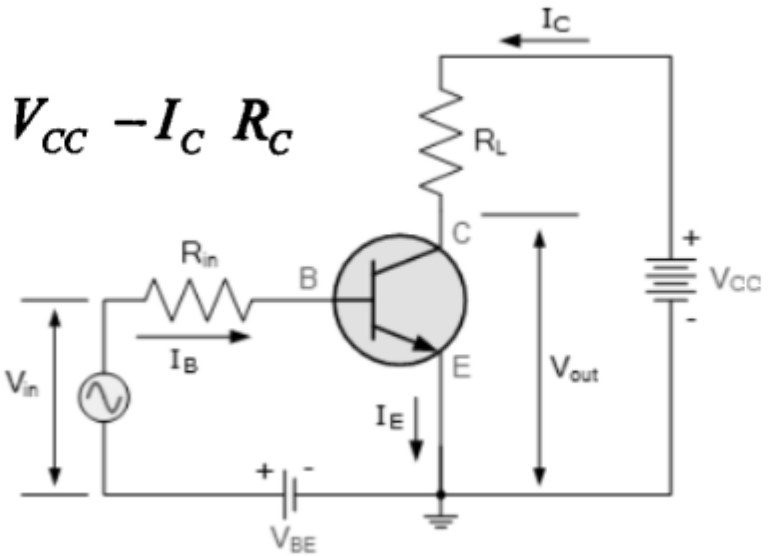
Bipolar Transistor Configurations

- Common Base Configuration – has Voltage Gain but no Current Gain.
- Common Emitter Configuration – has both Current and Voltage Gain.
- Common Collector Configuration – has Current Gain but no Voltage Gain.

The Common Emitter (CE) Configuration



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



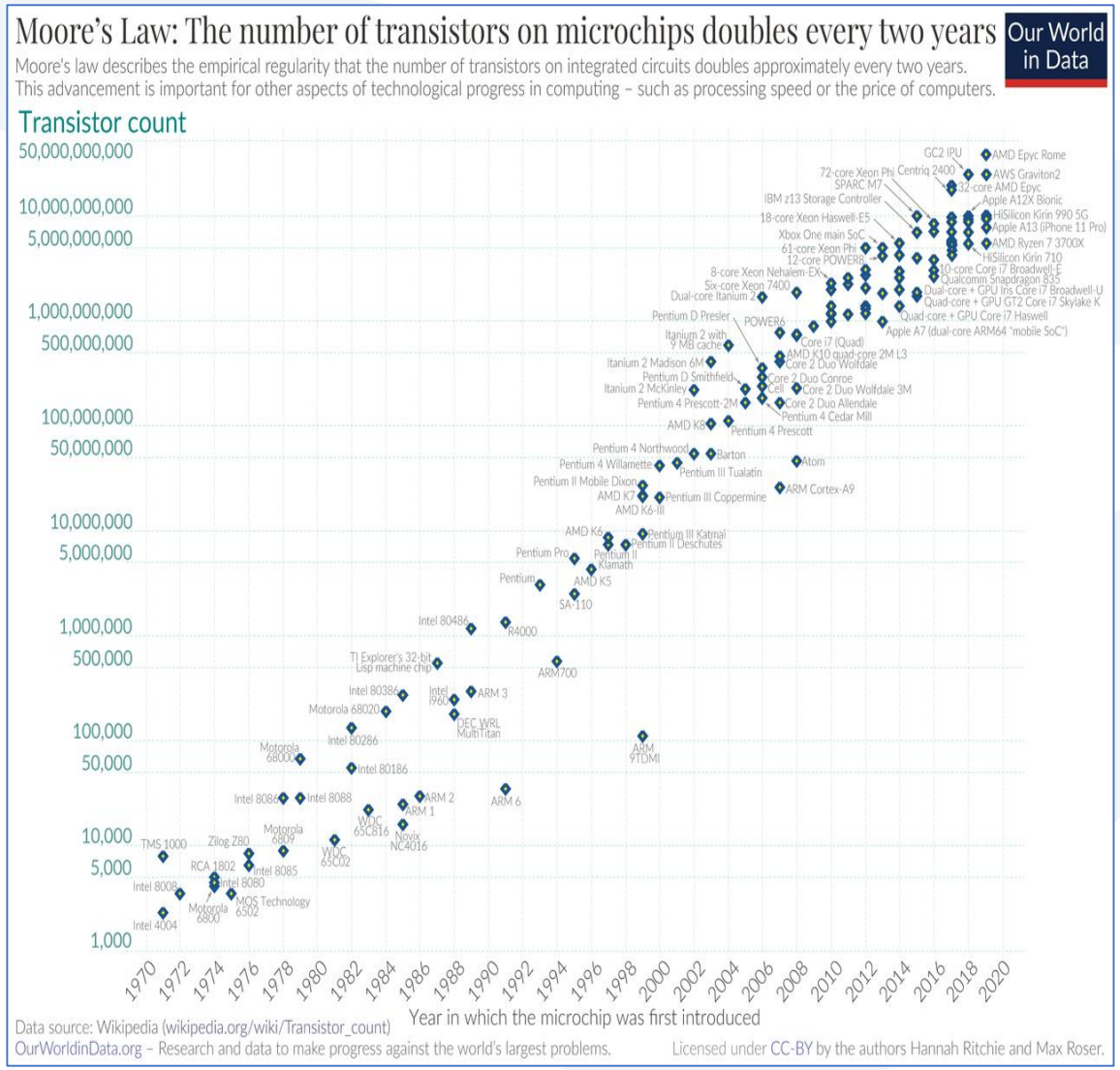
$$\text{Alpha},(\alpha) = \frac{I_C}{I_E} \quad \text{and} \quad \text{Beta},(\beta) = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\therefore I_C = \alpha . I_E = \beta . I_B$$

$$\text{as:} \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \qquad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

(β). Beta has a value between 20 and 200



جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

Moore's Law

In 1965, Gordon E. Moore observed that, for economical reasons, the number of transistors per chip followed an exponential trend

- بعد اكتشاف الترانزستور تأسست شركة انتل لصناعة الشرائح الإلكترونية و هي الشركة الرائدة في صناعة المعالجات.
- يحوي دماغ الانسان 86 billion خلية تسمى عصبونات neurons تساهم في عمليات التفكير و الادراك و الذاكرة.
- الحاسوب يحوي مليارات الترانزستورات التي تقوم بعمل مشابه. يزداد هذا العدد مع التقدم

يوضح مراحل تطوير المعالجات وقدرتها وسرعتها وذلك من قبل شركة Intel :

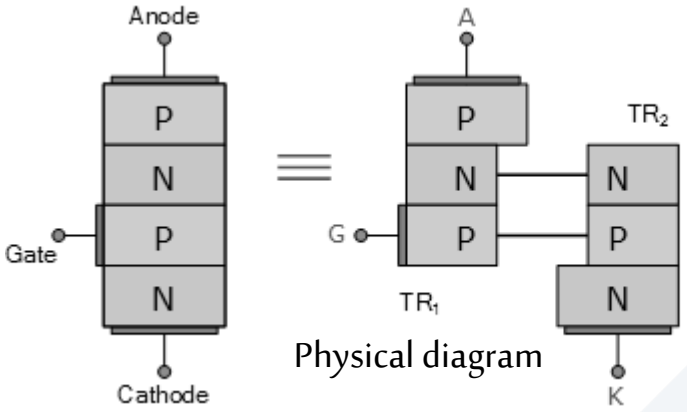
Table 4.1 Evolution of Intel Pentium Family of Microprocessors

NAME	DATE INTRODUCED	TRANSISTORS	CLOCK SPEED UPON INTRODUCTION	DATA WIDTH
8080	1974	6,000	2 MHz	8 bits
8088	1979	29,000	5 MHz	16 bits, 8-bit bus
80286	1982	134,000	6 MHz	16 bits
80386	1985	275,000	16 MHz	32 bits
80486	1989	1,200,000	25 MHz	32 bits
Pentium	1993	3,100,000	60 MHz	32 bits, 64-bit bus
Pentium II	1997	7,500,000	233 MHz	32 bits, 64-bit bus
Pentium III	1999	9,500,000	450 MHz	32 bits, 64-bit bus
Pentium 4	2000	42,000,000	1.5 GHz	32 bits, 64-bit bus

- The Intel Core 2 quad-core **processor** contains more than 580 million **transistors**.
- The Corei7 980X launched in 2010, the **number** of **transistor s** is 11,699,999,999.

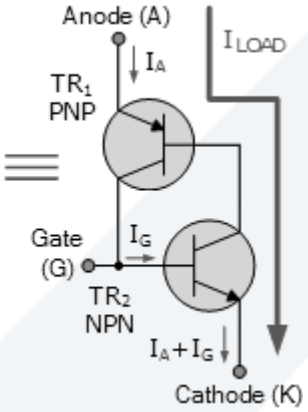
Thyristors (SCRs)

- Silicon Controlled Rectifier, SCR or just Thyristor as it is more commonly known, is similar in construction to the transistor
- The equivalent circuit of an SCR is composed of a PNP transistor and an NPN transistor interconnected as shown



Physical diagram

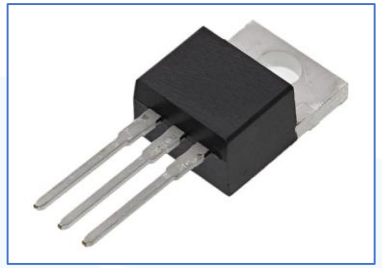
Thyristor (SCR) Geometry

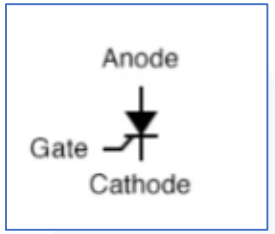


Two transistor equivalent schematic circuit

SCRs with kiloamp ratings have diameters of 10 cm or greater.

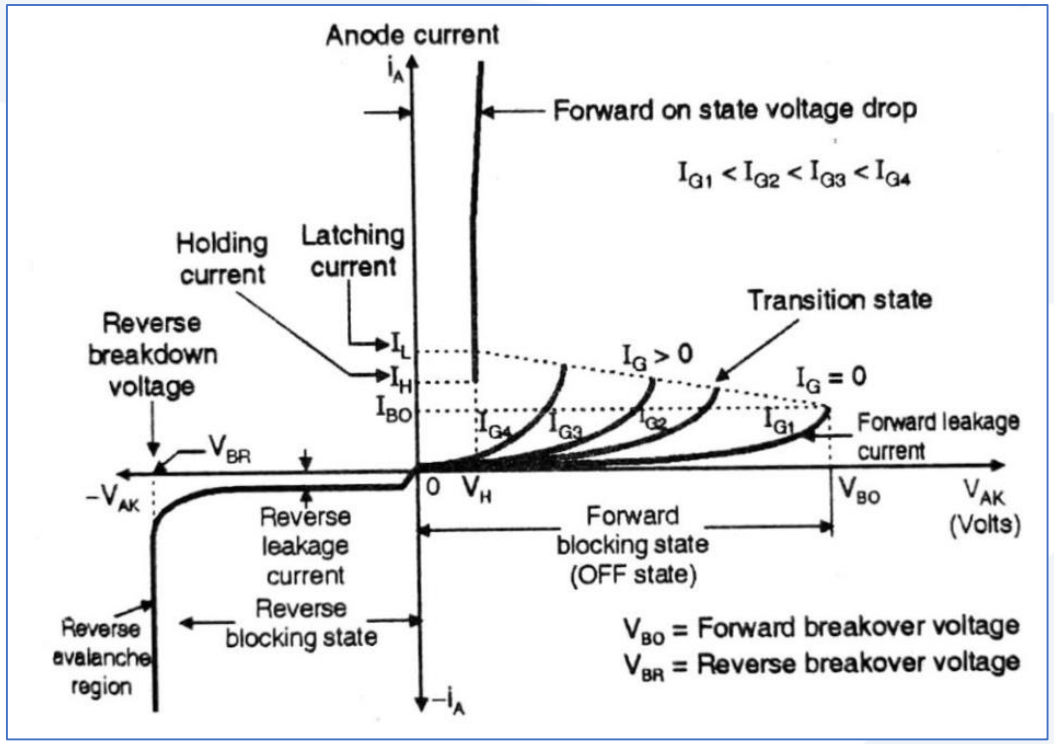
2N6405G, Thyristor 800V, 10A 60mA.

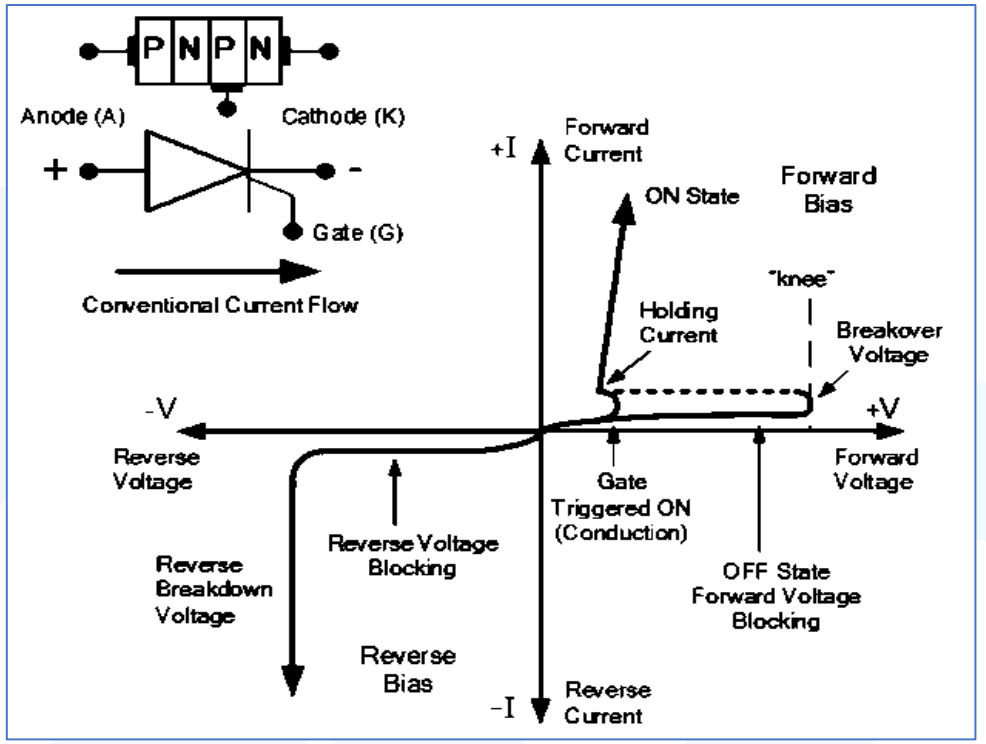




Schematic symbol

SCR Thyristor I-V Characteristics





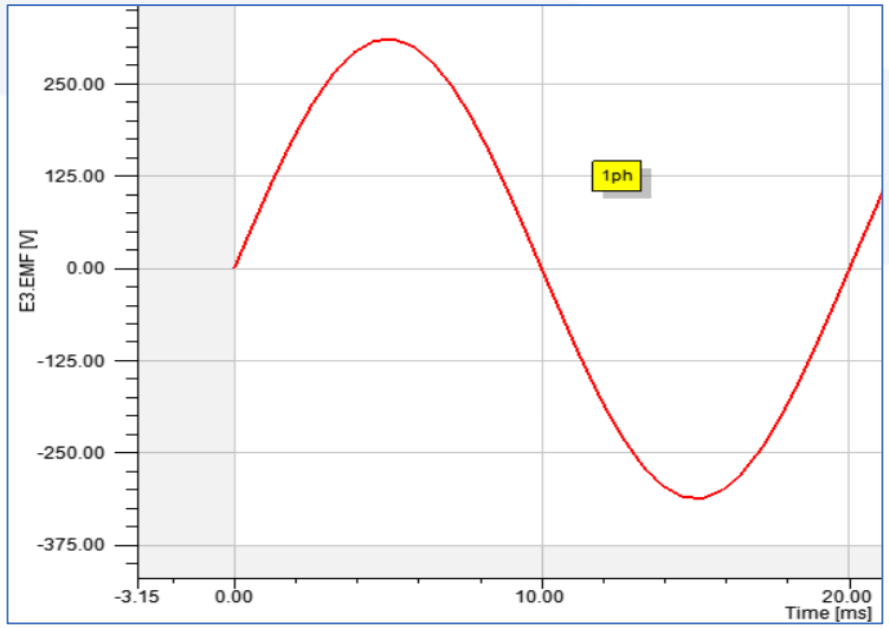
- Thyristors are semiconductor devices that can operate only in the switching mode.
- Thyristor are current operated devices, a small Gate current controls a larger Anode current.
- Once triggered "ON", will be latched "ON" conducting even when a gate current is no longer applied providing Anode current is above latching current.

Trigonometric Identities

$\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta$ $\sin(\alpha-\beta)=\sin\alpha\cos\beta-\cos\alpha\sin\beta$ $\cos(\alpha+\beta)=\cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta$ $\cos(\alpha-\beta)=\cos\alpha\cos\beta+\sin\alpha\sin\beta$	$\tan(\alpha+\beta)=\frac{\tan\alpha+\tan\beta}{1-\tan\alpha\tan\beta}$ $\tan(\alpha-\beta)=\frac{\tan\alpha-\tan\beta}{1+\tan\alpha\tan\beta}$
$\sin\alpha+\sin\beta=2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$ $\sin\alpha-\sin\beta=2\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$	$\cos\alpha+\cos\beta=2\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$ $\cos\alpha-\cos\beta=-2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\sin\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$
$\sin\alpha\sin\beta=\frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta)]$ $\cos\alpha\cos\beta=\frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)+\cos(\alpha+\beta)]$	$\sin\alpha\cos\beta=\frac{1}{2}[\sin(\alpha+\beta)+\sin(\alpha-\beta)]$ $\cos\alpha\sin\beta=\frac{1}{2}[\sin(\alpha+\beta)-\sin(\alpha-\beta)]$

$\sin(2\alpha)=2\sin\alpha\cos\alpha=\frac{2\tan\alpha}{1+\tan^2\alpha}$ $\cos(2\alpha)=\cos^2\alpha-\sin^2\alpha=2\cos^2\alpha-1$ $=1-2\sin^2\alpha=\frac{1-\tan^2\alpha}{1+\tan^2\alpha}$ $\tan(2\alpha)=\frac{2\tan\alpha}{1-\tan^2\alpha}$ $\cot(2\alpha)=\frac{\cot^2\alpha-1}{2\cot\alpha}$	$\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)=\pm\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}$ $\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)=\pm\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$ $\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)=\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}=\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}=\pm\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}}$ $\cot\left(\frac{\alpha}{2}\right)=\frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha}=\frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha}=\pm\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{1-\cos\alpha}}$
$\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ $\tan^2\alpha+1=\sec^2\alpha$ $1+\cot^2\alpha=\csc^2\alpha$	$\sin(3\alpha)=3\sin\alpha-4\sin^3\alpha$ $\cos(3\alpha)=4\cos^3\alpha-3\cos\alpha$ $\tan(3\alpha)=\frac{3\tan\alpha-\tan^3\alpha}{1-3\tan^2\alpha}$
$\sin(4\alpha)=4\sin\alpha\cos\alpha\,(2\cos^2\alpha-1)$ $\cos(4\alpha)=8\cos^4\alpha-8\cos^2\alpha+1$	$\sin(5\alpha)=5\sin\alpha-20\sin^3\alpha+16\sin^5\alpha$ $\cos(5\alpha)=16\cos^5\alpha-20\cos^3\alpha+5\cos\alpha$

Trigonometric Identities



$$v(t) = v_{max} sin\omega t$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$v(\theta) = v_{max} sin\theta$$

θ	0	30	60	90	120	150	180
$v(t)$	0	$\frac{v_{max}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}v_{max}}{2}$	v_{max}	$\frac{\sqrt{3}v_{max}}{2}$	$\frac{v_{max}}{2}$	0

Reciprocal Identities

$$\cot\theta = \frac{1}{\tan\theta}$$

$$\csc\theta = \frac{1}{\sin\theta}$$

$$\sec\theta = \frac{1}{\cos\theta}$$

Quotient Identities

$$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

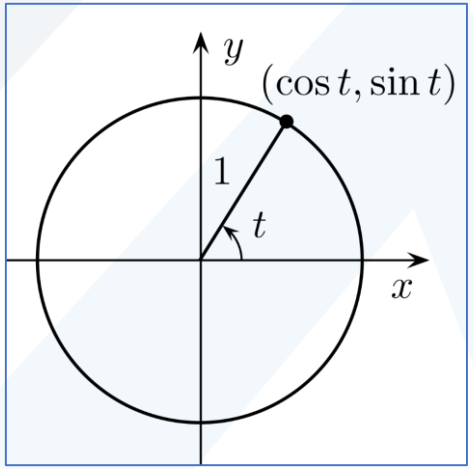
$$\cot\theta = \frac{\cos\theta}{\sin\theta}$$

Pythagorean Identities

$$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$$

$$\tan^2\theta + 1 = \sec^2\theta$$

$$1 + \cot^2\theta = \csc^2\theta$$



Trigonometric Functions

Even Functions $f(-x) = f(x)$	Odd Functions $f(-x) = -f(x)$
$\cos(-x) = \cos x$	$\sin(-x) = -\sin x$
$\sec(-x) = \sec x$	$\csc(-x) = -\csc x$
	$\tan(-x) = -\tan x$
	$\cot(-x) = -\cot x$

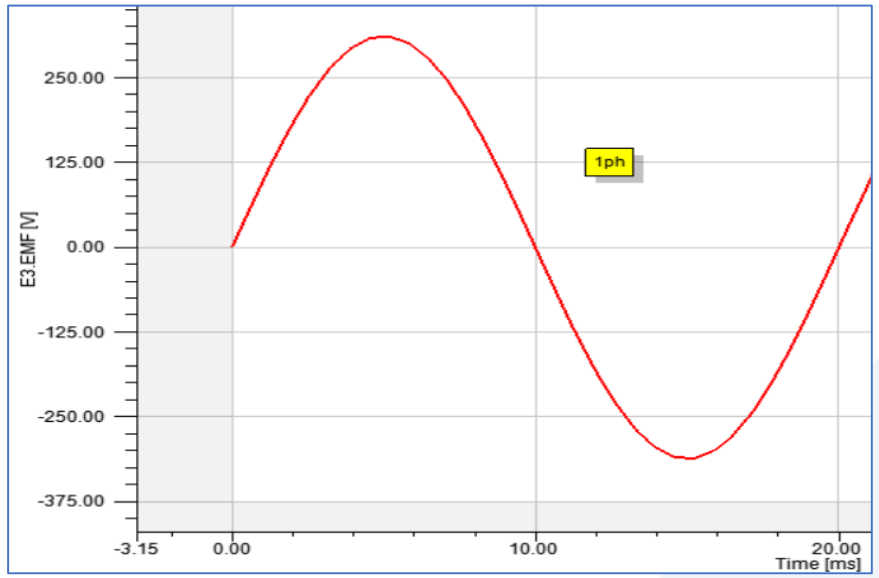
$$\sin(\pi - \theta) = +\sin\theta$$
$$\cos(\pi - \theta) = -\cos\theta$$
$$\tan(\pi - \theta) = -\tan\theta$$
$$\csc(\pi - \theta) = +\csc\theta$$
$$\sec(\pi - \theta) = -\sec\theta$$
$$\cot(\pi - \theta) = -\cot\theta$$

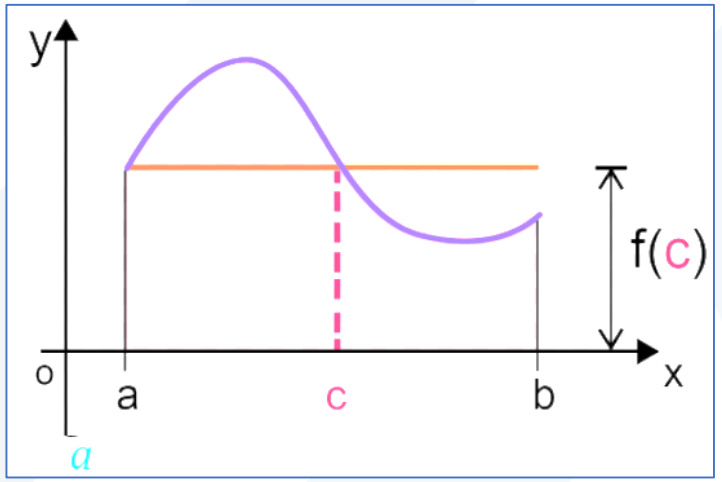
$$\sin x = \cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$$
$$\cos x = \sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$$
$$\tan x = \cot\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$$
$$\cot x = \tan\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$$
$$\sec x = \csc\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$$
$$\csc x = \sec\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$$

Mean or average value of alternating current

Mean or average value of alternating current is that value of steady current which sends the same amount of charge through a circuit in a certain time. متوسط قيمة التيار المتردد هو قيمة التيار الثابت الذي يرسل نفس القدر من الشحنة عبر دارة في وقت معين

The average value of alternating current is defined as the average of all values of current over a positive half-cycle or negative half-cycle. Therefore mean or average value of symmetrical alternating current over one complete cycle is zero





$$\frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)dx$$

$$\int_a^b f(x)dx = f(c)(b-a)$$

$$V_{av}=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v(\theta)d\theta \qquad V_{av}=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v_{max}\sin\theta\, d\theta = 0$$

Area of curve = area of rectangle

Root mean square

- The term "RMS" stands for "Root-Mean-Squared", also called the AC equivalent to DC voltage.
- RMS is equal to the value of **the constant direct current that would produce the same power (heat) dissipation in a resistive load.**

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x^2(t)\,dt}$$

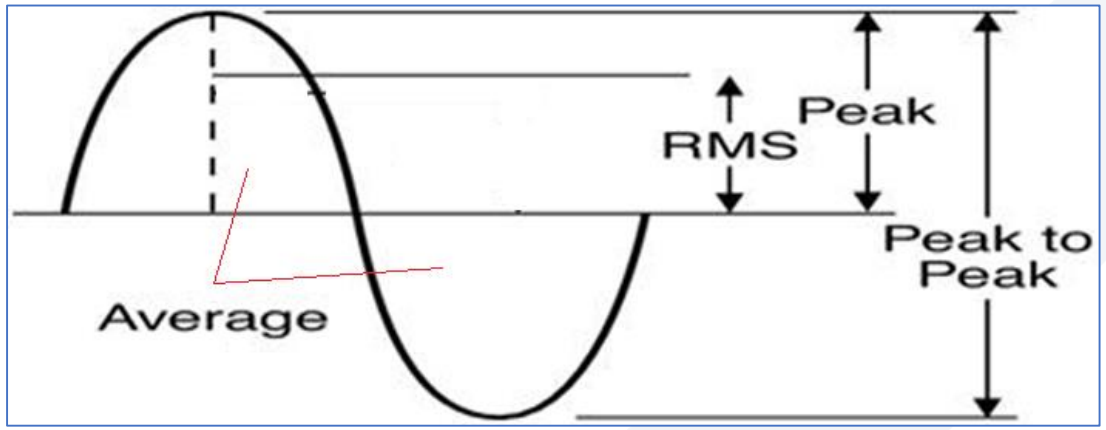
تعطى القيمة الفعالة أو المنتجة لتابع دوري بالعلاقة التالية

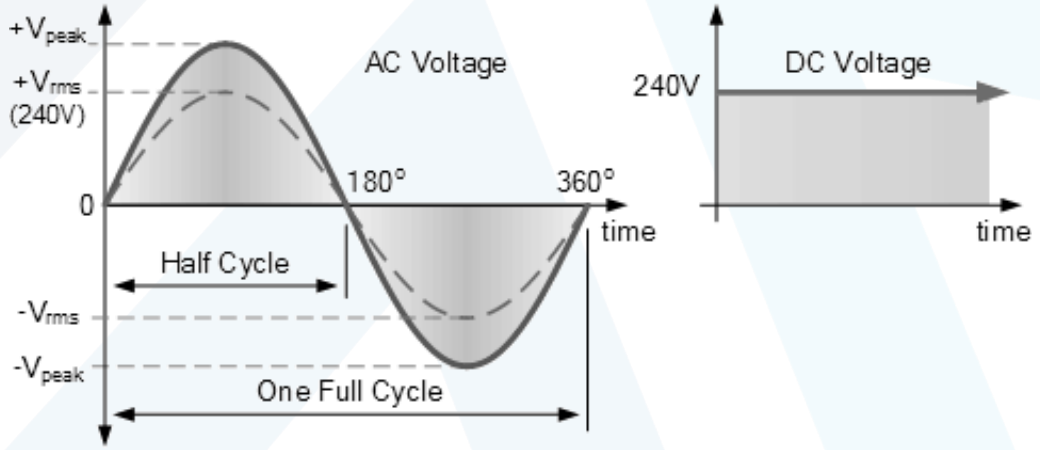
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} v_{max}^2 sin^2\theta\,d\theta} = \frac{v_{max}}{\sqrt{2}}$$

فقط للموجة الجيبية الصافية

- Since an AC voltage rises and falls with time, it takes more AC voltage to produce a given RMS voltage than it would for DC. For example, it would take 169 volts peak AC to achieve 120 volts RMS.
- In this example, the heating value (produced amount of heat dissipation across a resistor) of the (169 volts peak AC = 120 volts RMS) is equivalent to that of a 120 volt DC source or power supply.

- Most multi-meters, either voltmeters or ammeters, measure RMS value assuming a pure sinusoidal waveform.





الأجهزة الإلكترونية التي تستخدم في نظم التغذية الكهربائية و منابعها:

- إن وظيفة هذا النوع من الأجهزة هو: تبديل التيار والجهد الكهربائيين، حيث تكون أنواع التبديل في هذه الفئة مختلفة ومتنوعة وفق الأشكال الرئيسة التالية:
- تبديل التيار المتناوب/AC/، إلى تيار مستمر/DC/، وتسمى هذه الأجهزة بالمقومات(Rectifiers) في حال استخدام الديودات أي غير متحكم بها.
- تبديل التيار المتناوب/AC/، إلى تيار مستمر/DC/، وتسمى هذه الأجهزة بالمبدلات (Converter) في حال استخدام الثايرستوارت أو ترانزستورات القدرة قابلة للتحكم.
- تبديل التيار المستمر/DC/، إلى تيار متناوب/AC/،وتسمى هذه الأجهزة بالقالبات (Inverters). قابلة للتحكم
- تبديل التيار المستمر/DC/، إلى تيار المستمر/ DC/،وتسمى هذه الأجهزة بالمقطعات (Choppers). قابلة للتحكم
- تبديل التيار المتناوب/AC/ ذي تردد معين، إلى تيار متناوب/AC/ بتردد آخر مختلف عن تردد دخل منبع التغذية الأساسي، وتسمى هذه الأجهزة بالمبدلات الترددية (Frequency Convertor).
- تبديل جهد متناوب/AC/ إلى جهد متناوب آخر من حيث قيمة الجهد الفعالة وليس التردد وتسمى هذه الأجهزة بمنظمات الجهد المتناوب AC Regulator.

مجالات استخدام المبدلات التي تعمل وفق نظام الإلكترونيات الصناعية:

- قيادة محركات التيار المستمر ذات الاستطاعات الصغيرة و المتوسطة والكبيرة وتشغيلها و التحكم بسرعتها.
- قيادة محركات التيار المتناوب ذات الاستطاعات الصغيرة و الكبيرة وتشغيلها و التحكم بسرعتها.
- في آليات النقل-القاطرات-الحافلات الكهربائية-الباصات الكهربائية-الروافع بكافة أنواعها والمصاعد بكافة أنواعها.
- في أنظمة نقل الطاقة الكهربائية بالتيار المستمر و لمسافات طويلة برا أو عبر البحار بين دولتين متجاورتين.
- في معظم خطوط الإنتاج الأوتوماتيكية في مصانع الإنتاج الكبيرة والتي تحتاج إلى أتمتة منظمة.

العناصر الإلكترونية المستخدمة

Power Diodes	ديودات القدرة(الديودات)
Power Thyristors	الثايرستورات
Power Triac	الترياك
Resistance	المقاومات المساعدة في دارات التحكم ذات التيار الضعيف
Power Transistors	ترانزستورات القدرة(BJT,MOSFET,IGBT...)
Integrated Circuit& Microcontroller	الدارات التكاملية والمتحكمات الدقيقة والتي تدخل في دارات التحكم ذات التيار الضعيف.

أنواع دارات التقويم Rectifiers والتبديل Converter

❖ حسب طريقة التحكم بدارة :

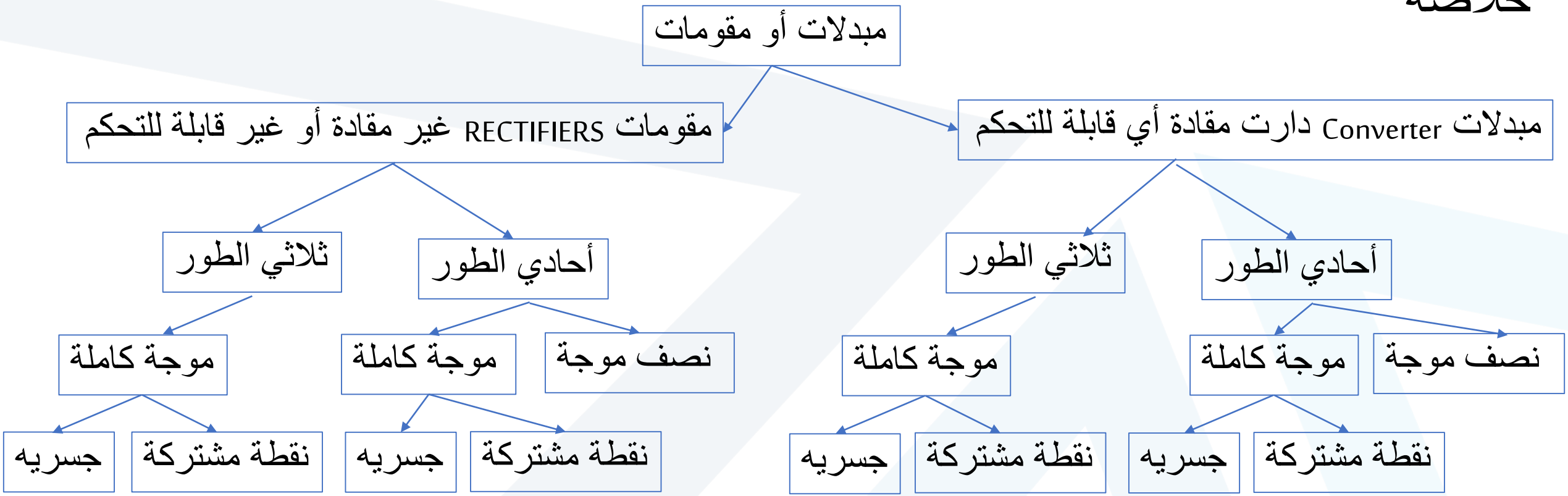
- غير المقادة: دارات تقويم بدون تحكم تتألف من الديودات. هي الدارات الكهربائية التي تتألف من عناصر الكترونية نصف ناقلة والتي تقوم بتبديل الجهد من متناوب إلى مستمر، بدون إجراء عملية تنظيم لهذا بواسطة العناصر الالكترونية تسمى Rectifiers.
- المقادة: هي الدارات التي يتم فيها تبديل الجهد و تنظيمه بواسطة العناصر الالكترونية (الثايرستورات) وتسمى اصطلاحاً بالمبدلات Converter.

❖ حسب طبيعة الحمل: العمل على حمولة أومية صرفة أو العمل على حمولة أومية - تحريضية.

❖ حسب عدد أطوار شبكة التغذية (K) لدارة التقويم: K=1 شبكة تغذية أحادية الطور أو K=3 شبكة تغذية ثلاثية الطور.

❖ حسب عدد أنصاف أدوار التقويم الموجبة خلال دور واحد لجهد التغذية: دارات تقويم نصف موجة. أو دارات تقويم موجة كاملة

خلاصة



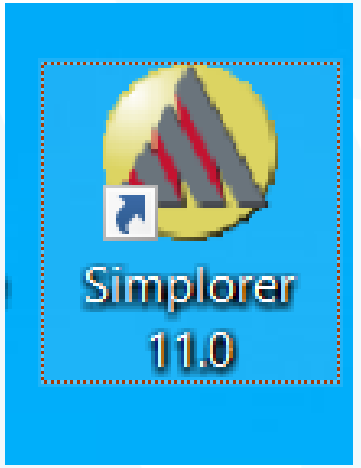
تبديل التيار المتناوب/AC/، إلى تيار مستمر/DC/، وتسمى هذه الأجهزة بالمبدلات (Converter) في حال استخدام الثايرستوارت أي متحكم بها.

تبديل التيار المتناوب/AC/، إلى تيار مستمر/DC/، وتسمى هذه الأجهزة بالمقومات(RECTIFIERS) في حال استخدام الديودات أي غير متحكم بها أي غير مقادة

ANSYS Simplorer 11.0

https://getintopc.today/ansys-simplorer-free-download/

1. Install software
2. Delete any lic file in AnsysEM\admin and copy license.lic to AnsysEM\admin
3. Shut down any AntiVirus software
4. Copy CrackSimplorer11.x.exe to the product main exe file folder
   For example,copy CrackMaxwell16.x to the folder where the maxwell.exe resides
5. Run the Crack.exe



جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

انتهت المحاضرة