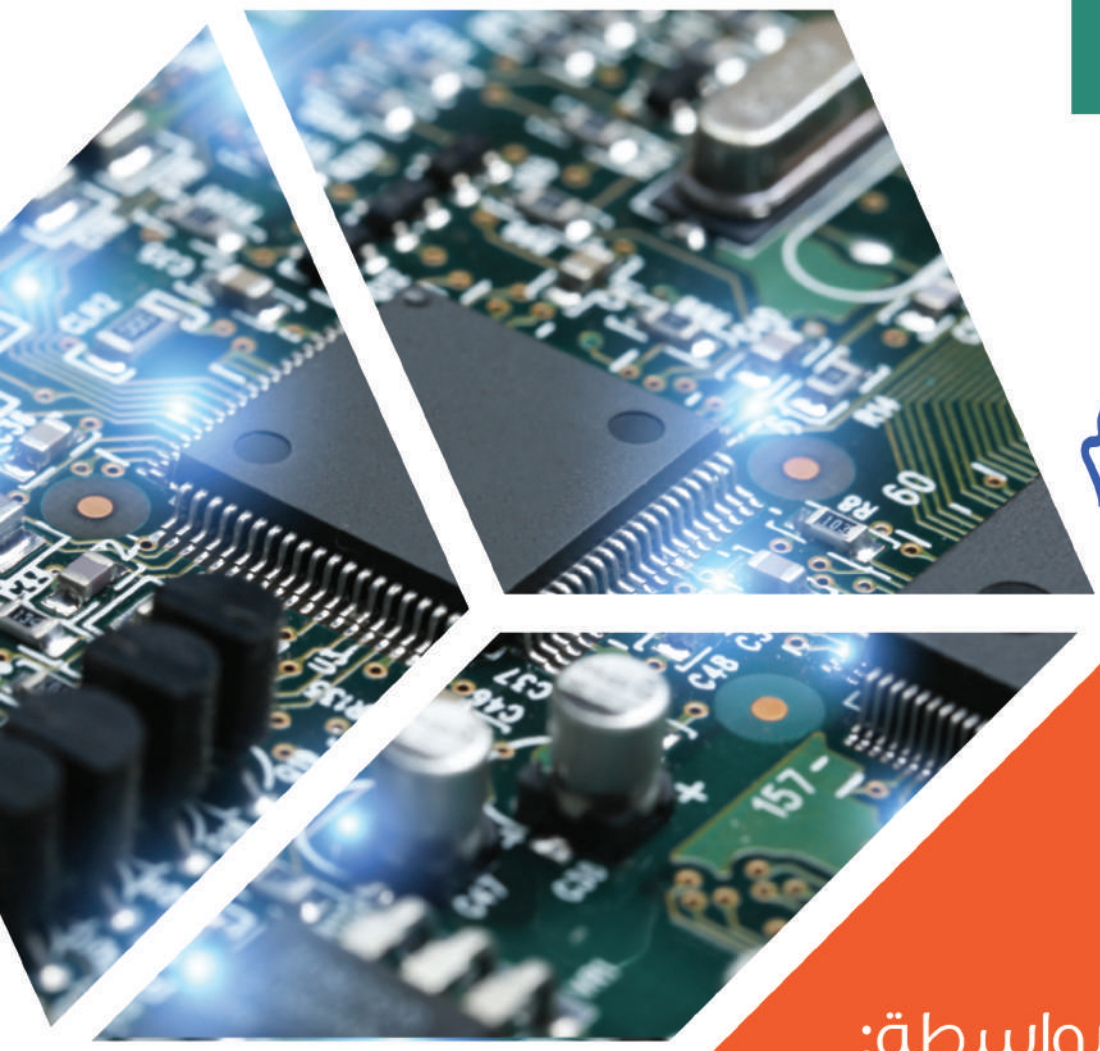
ElCoM
ELECTRICAL COMPUTER MECHATRONICS

www.elcom-hu.com



دوسية إلكم

تم اعدادها بواسطة:
نتالي الكايد

دوسية شرح مادة:

الكترونيات ١

شرح مفصل للمادة
مضافاً إليها أسئلة سنوات

إرادة
ثقة
تغيير

ElCoM ElCoM HU ElCoM

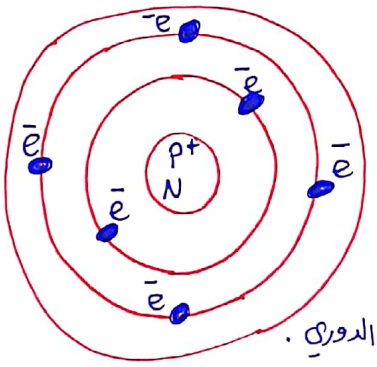
CHAPTER 1

* Semiconductor materials and diode.

- سنتحدث في هذا الفصل عن أشباه الموصلات والدايود .
- ما هي أشباه الموصلات ؟ وما هو الدايود ؟
- بدايةً سندرس أشباه الموصلات .

---

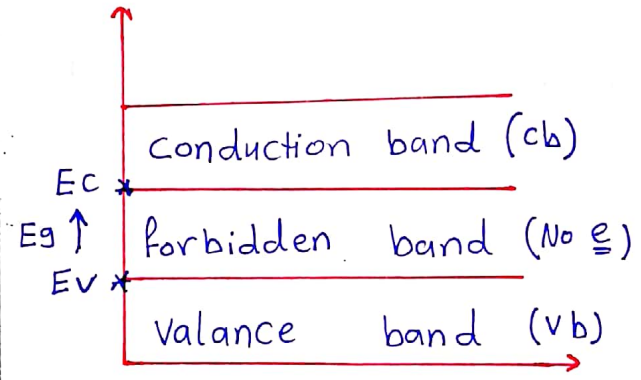
* كل مادة تتكون من عدد كبير من الذرات ، وكل ذرة تتكون من نواة ومدارات خارجية تدور حول النواة ، حيث أنّ النواة تحتوي نيوترونات متعادلة الشحنة وبروتونات موجبة الشحنة ، كما أنّ المدارات حول النواة تحتوي على إلكترونات سالبة الشحنة كما يبيّن الشكل التالي :-



* كلما زاد رقم المدار ، كلما زادت طاقة المدار .
* كم يتسّع كل مدار ؟ $2 * (\text{رقم المدار})^2$
* المدار الأخير هو الذي يحدّد موقع المادة من الجدول الدوري .
* على سبيل المثال ، المدار الرابع طاقته أعلى من المدار الثالث .
* على سبيل المثال ، موجود في المدار الأخير خمسة إلكترونات ، إذن العنصر موجود في المجموعة الخامسة على الجدول الدوري .

---

* الآن سنوضّح نفس الفكرة لكن على [energy level diagram] .



إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

Ev :- Maximum energy level for e in valance band.

Ec :- Menimum energy level for e in conduction band.

Eg :- Bandgab energy required to move e from valance band to conduction band.

الفكرة كالتالي !! :

بكل ذرة يوجد مستويات الطاقة الثلاث التي تم ذكرها ، حيث أنّ الالكترونات تكون حُرّة الحركة في (ch) ، وتكون مقيّدة الحركة في (Vb) ، بما أنها حرة الحركة في (ch) ؛ إذن هي تفقد جزء من طاقتها للحركة ، فالتالي لها أقل مستوى طاقة. وبما أن الالكترونات في (Vb) تكون مقيّدة الحركة ، فهي تحافظ على طاقتها ، فلذلك تمتلك أعلى مستوى من الطاقة ، فتحتاج طاقة أعلى حتى تنطلقه ولا تبقى مقيّدة .
مع العلم أنّ (forbidden band) لا يحتوي إلكترونات .

$$Ec = Ev + Eg$$

وحدة القياس (ev)
electron volt

(cb) → menimum energy level For electron.

(vb) → maximum energy level For electron.

Materials

- Condutors — موصلات
- semi condutors — أشباه موصلات
  - Intrinsic semic — غير مشوّب / نقي
  - extrinsic semic — مشوّب / غير نقي
- en conductor — عوازل

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* Conductors

1. contain large number of e in (Cb).
2. they have large conductivity $\sigma\ (\Omega \cdot cm)^{-1}$, or small resistivity $\rho\ (\Omega \cdot cm)$, $\sigma = \frac{1}{\rho}$.
3. (V.b) and (C.b) are over lapped [No Eg, Eg = 0].
4. for example, cupper (Cu), for Cu, $\rho = 10^{-6}\ \Omega \cdot cm$

توضيح !! :

* الالكترونات جميعها موجودة على (Cb) في حرارة الغرفة العادية، فلا تحتاج طاقة (Eg) لتنقلها من (Vb) إلى (Cb)، لذلك $Eg = 0$.
* الموصلات، يحتي موصليتها عالية ومقاوميتها قليلة، لذلك مرور التيار فيها سريع.
* من أفضل أنواع الموصلات، النحاس لأنه موجود بكثرة في الطبيعة، ودرجة نقاوته عالية وتكلفته قليلة وموصليته عالية.

* enconductor [insulators].

1. all e are in (Vb).
2. they require Eg: (3→6) ev. to move e from (Vb) to (Cb).
3. have very high ρ and very small σ.
4. for example, mica, used in capactor.

إعداد: نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* تُستخدم (mica) في المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين .

* σ : conductivity [موصليّة]

* ρ : resistivity [مقاوميّة]

* Semi conductors :

1. group 4 materials such as silicon (Si), germanum (Ge).

2. $Eg \simeq 1$ ev , $Eg_{(Si)} = 1{,}1$ ev , $Eg_{(Ge)} = {,}66$ ev .

3. the electrical characteristics can be greatly change by doping ..

   ↳ adding atoms from group (3) or (5) and produce dopped semiconductors .

4. (ρ and σ) level are in between conductor and insulator , $\rho_{(Si)} = 50000\ \Omega.cm$, $\rho_{(Ge)} = 50\ \Omega.cm$

توضيح !! :

أشباه الموصلات هي مواد وسطية بين الموصلات والعوازل ، موصليتهم ومقاوميتهم متوسطة بينهما ، لديهم خاصية تُسمّى التشويب ، حيث نضيف عليهم ذرات من مجموعة ثلاثية أو خماسية لتغير من خصائصهم الكهربائية لاستعمالهم في الأجهزة ، وأشهر عليهم السيليكون والجيرمانيوم .

Scanned with CamScanner

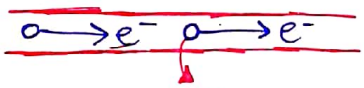
Semi conductors

- Intrinsic semic [Pure semic]
- extrinsic semic [dopped semic]
  - N-type: يحتوي عدد كبير من الالكترونات — excess number of e
  - P-type: يحتوي عدد كبير من الهولات — excess number of holes

---

* ما هي الهولات؟ (holes) ؟

نعلم أنّ التيار الكهربائي ينشأ عن حركة الإلكترونات داخل الموصل ، فعندما يترك الالكترون عن مكانه يترك (hole) ، له نفس شحنة الإلكترون لكن موجبة ، وتساوي $+1,6 * 10^{-19}$.



---

* Intrinsic semic :

① No impurities, group 3 or 5 .

② AT T=0 kelven, all e are bounded and have lawset energy level, No free e, so semic at T = 0 kelven as an insulator.

مهمة بالامتحان .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

③ For T>0 kelven, some e gain enogh energy that is bigger than Eg, which break the bounds and being free leaving positive particals called holes.

④ AT any tempreture, number of free e equal number of generated holes and call "Intrinsic carrier concentration". [ni].

* توضيح لـ ④ :

* أشباه الموصلات النقية (الغير مشوّبة)، عند درجة حرارة صفر كلفن تكون الالكترونات مقيّدة الحركة، لذلك أشباه الموصلات في هذه الحالة تشبه العازل.

* عند رفع درجة الحرارة، تأخذ الالكترونات قدر كافي من الطاقة قيمته أعلى من Eg، تمكّنه من كسر الرابطة لينطلق من مكانه تاركاً (hole) شحنة موجبة وبعكس اتجاهه.

* تستمر حركة الالكترونات إلى أن يصل عدد الالكترونات يساوي عدد الهولات، وهذا يسمّى "Intrinsic carrier concentration"، ويرمز له (ni).

* $$ni = B \cdot T^{3/2} \cdot e^{\frac{-Eg}{2KT}}$$

وحدة القياس :- $\frac{\#num}{cm^3}$

* ni = number of e = number of holes.

* B : coeffecient constant related to ametal $\left[\frac{K^{-3/2}}{cm^3}\right]$

T : Tempreature in Kelven (K).

Eg : bandgab energy (ev).

K : Boltzmans Constant $(86 * 10^{-6}) \frac{ev}{K}$.

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

example :- calculate e and hole concentration for Si at $T = 300\,K$, given $Eg = 1{,}1\ ev$, $K = 86 * 10^{-6}\ \frac{ev}{K}$, $B = 5{,}23 * 10^{15}\ cm^{-3} . K^{-3/2}$

الحل :

$$n_i = B . T^{3/2} . e^{-Eg/2KT}$$

$$= (5{,}23 * 10^{15})(300)^{3/2} * 1.6 * 10^{-19} \quad (-1{,}1 / 2 * 86 * 10^{-6} * 300)$$

$$= 1.5 * 10^{10}\ cm^{-3} .$$

هاد الرقم معناه إنه كل اسم٣ من السيليكون ، في درجة حرارة الغرفة بيحتوي على $1.5 * 10^{10}$ إلكترون وهول .

* نستنتج أنه كلما زادت تركيز الإلكترونات أو بمعنى آخر ، كلما زاد تركيز الهولات ، ستزداد الموصلية . و شرحنا ذلك سابقاً حيث قُلنا أن التيار ينشأ من حركة الالكترونات داخل الموصل ، فكلما كان تركيز الالكترونات أعلى ، يعني مرور التيار أكثر ويعني أكثر موصلية .

---

* to increace number of e and holes , we have to use dopping process and produce dopped semic material called "dopped semic" or "extringic semic" .

الآن عندي شبه موصل نقي ، فيه عدد الالكترونات يساوي عدد الهولات ، لكن أُريد زيادة عدد الالكترونات أكثر من الهولات أو العكس فماذا أفعل ؟ نضيف عليه ذرات من مجموعة خماسية لزيادة الالكترونات أو نضيف ذرات من مجموعة ثلاثية لزيادة عدد الهولات وهذه العملية تُسمى [التشويب] .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* N-type semic :

① Pure semic + group (5) atoms , such as Phosphur.
② its electrically nutral.
③ it has an excess of e⁻.
④ Phosphur (P) atoms are called Donnar atom.
⑤ e⁻ are majority carrier. [حاملات الأكثرية]
⑥ holes are minority carrier. [حاملات الأقلية]
⑦ Phosphur atoms concentration (Nd).

توضيح لـ :

شبه موصل نقي تمّ نا بإضافة ذرات مُعاسية عليه بتحول إلى شبه موصل مشوّب (N-type) ، وهذه الطريقة تسمّى ، بحيث يزيد عدد الالكترونات فتصبح أكثر من عدد الهولات ، ومثال عليه ذرات الفسفور والتي تُسمى الذرات الواهبة.
وتركيز الذرات الواهبة هو (Nd).

* P-type semic :

① Pure semic + group (3) atoms , such as Boron (B).
② it contains as excess number of holes.
③ maj . carriers → holes.
④ min . carriers → e⁻.
⑤ Boron atoms are called accept atom. الذرات القابلة
⑥ Boron atoms concentration (NA).

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* in thermal equilibrium

num ($\underline{e}$) = num (holes) = n_i

$n_o = p_o = n_i$

$n_o * p_o = (n_i)^2$.

* $(n_o , p_o) \rightarrow \underline{e}$ and $\underline{h}$ concen..

* in n-type :

↘ $N_d \gg n_i$, so $\underline{e}$ conc $\simeq N_d$

↘ $N_d * p_o = (n_i)^2$

↘ p_o (holes conc) $= \frac{n_i^2}{N_d}$.

* in p-type :

↘ $N_A \gg n_i$, so $\underline{h}$ conc $\simeq N_A$

↘ $n_o * N_A = n_i^2$

↘ n_o ($\underline{e}$ conc) $= \frac{n_i^2}{N_A}$

example: pure (Si) is dopped with phosphor atoms at a rate of $10^{16}/cm^3$ at room temp, given $n_i = 1.5 * 10^{10}/cm^3$, identify the resulted material indicating maj and min. carrier and their concentration?

الحل :

* سيليكون تم تشويبه بفوسفور

إذن ، هو N-type semic

* maj. carrier → $\underline{e}$.

min. carrier → holes .

$\underline{e}$ conc $= 10^{16}/cm^3 = N_d$

$\underline{h}$ conc $= \frac{(n_i)^2}{N_d}$

$= \frac{(1.5 * 10^{10})^2}{10^{16}}$

$= 2.25 * 10^4 /cm^3$.

* Current in semic : movemen of carrier.

current in semic

- drift current density
- diffasion current density

Scanned with CamScanner

* drift current density (A/cm^2)

movement of carriers due to applaying an - E field.

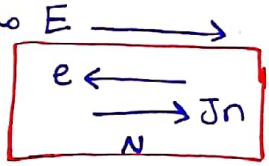
*تُمنا بتسليط مجال كهربائي على بطارية باتجاه معين ، ستتحرك الـ (carrier) من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز القليل لكن ما هي الـ (carrier) ؟

الـ (carrier) تشمل الالكترونات والهولات لذلك سندرس كل منهم على حدا .

II for e :

تُمنا بتسليط مجال كهربائي باتجاه معيّن ، سيؤثر على الالكترونات ، وبما أنها سالبة الشحنة إذن ستتحرك بعكس اتجاه التيار .

E مجال كهربائي .



* دائماً (Jn) عكس اتجاه حركة الالكترونات ، ونفس اتجاه حركة الـ (holes) .

* لاحظ أنه N-type ، لأنه عدد الالكترونات أكثر من الهولات .

$$J_n = e \cdot \mu_n \cdot n \cdot E \quad (A/cm^2)$$

J_n : e drift current density

n : e concentration $\left(\frac{\#}{cm^3}\right)$

μ_n : e mobility . $\left(\frac{V}{cm}\right)$.

e : e charge (كولوم) .

E : electric field.

اشتقاق الوحدة :

$$J_n = C \cdot \frac{\#}{cm^3} \cdot \frac{cm^2}{V \cdot s} \cdot \frac{V}{cm}$$

تذكر أن $\text{أمبير} = \frac{C}{s}$

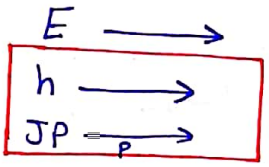
$$\therefore \frac{C}{s \cdot cm^2} = A/cm^2 .$$

* if cross sectional erea of semic A is given , then $I = J_n * A$ (Amp)

Scanned with CamScanner

* for holes :

تُمنا بتسليط مجال كهربائي باتجاه معين ، سيؤثر على الهولات ، وبما أنها موجبة الشحنة ستتحرك بنفس الإتجاه .



$$J_p = e \cdot p \cdot \mu_p \cdot E \quad (A/cm^2).$$

* drift current density is in the direction of electric field.

* drift current density = $J_n + J_p$

* $= J_n + J_p$

$= (e \cdot n \cdot \mu_n + e \cdot p \cdot \mu_p) E$

= أمبير / فولت ~ فولت

عكس المقاومة يعني الموصلية

$\therefore J = \sigma \cdot E$

$\therefore J = \frac{1}{\rho} \cdot E$

$\therefore \sigma = e \cdot n \cdot \mu_n + e \cdot p \cdot \mu_p$

example :- calculate drift current in a (Si) material with $\mu_p = 450\ (cm^2/vs)$, $\mu_n = 1350\ (cm^2/v.s)$, $N_d = 9 * 10^{16}\ /cm^3$, given $e = 1.6 * 10^{-19}$, $E = 100\ v/cm$, $n_i = 1.5 * 10^{10}\ /cm^3$.

① Identify material type, maj and min. carrier ?

② caculate σ and for this material ?

③ caculate J and I, given cross-sectional area of semic = ,002 cm^2 ?

الحل :

① N-type , Maj. carrier → e
min. carrier → h

* عرفنا إنه N-type لأنه معطيني (Nd) .

$n = N_d = 9 * 10^{16}$

$p = \frac{(n_i)^2}{N_d} = \frac{2.25 * 10^{20}}{9 * 10^{16}}$

$p = 2.5 * 10^3\ /cm^3.$

Scanned with CamScanner

[2] $\sigma = e.n.\mu_n + e.p.\mu_p$

بما أنه N-type، إذن ستكون قيمة e هنا تساوي صفر أو قليلة جداً.

لذا لدينا:

* $\sigma \approx e.n.\mu_n$

$= 1.6 * 10^{-19} * 10^{16} * 1350 * 9$

$\sigma = 19,4 \ (\Omega.cm)^{-1}$

* $\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{19,4} = ,052 \ (\Omega.cm)$.

---

[3] $J = \sigma . E$

$= 19.4 * 100$

$J = 1940 \ A/cm^2$.

$I = J . Area$

$= 19.40 * ,002$

$= 3,88 \ Amp$.

* يمكن بالسؤال يعطي NA بدل Nd فيصير P-type.

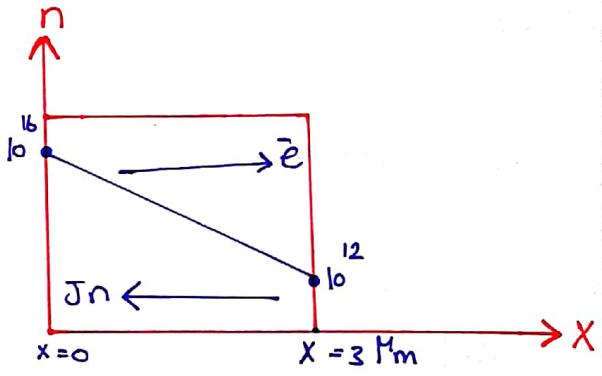
---

* Diffasion current density:

movement of carriers due to different in carrier concentration where carriers move from high-concent region to low-concent region

* هنا سوف تتحرك ال (carrier) من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز الأقل، لكن ماهي ال (carrier)؟

* for e :



يوجد في الرسمة تركيز عالي مقداره 10^{16} وتركيز قليل مقداره 10^{12}، ستنتقل الالكترونات من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز القليل، كما في الاتجاه الموضح في الشكل وبما أنها سالبة الشحنة، إذن فإن اتجاه Jn عكس اتجاه حركة الالكترونات كما موضح في الشكل.

Scanned with CamScanner

* $J_n = {}^{\square}e \cdot D_n \cdot \frac{dn}{dx}$ A/cm^2

J_n : elec . diff . current density

e : electron charge.

D_n : electron diffusion coeff..

$\frac{dn}{dx}$: gradient of e density $(\frac{1}{cm^4})$. الميل

اشتقاق الوحدة : -

$J_n = C \cdot \frac{cm^2}{s} \cdot \frac{1}{cm^4} = \frac{A}{cm^2}$

= density .

* المربع الصغير الذي في القانون :-

- نضع اشارة (+) اذا كان حركة (J_n) نحو (+x-axis) .

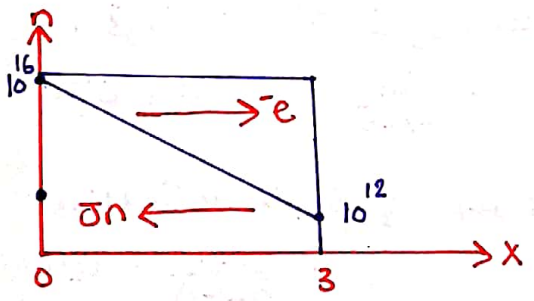
- نضع اشارة (-) اذا كان حركة (J_n) نحو (-x-axis) .

* كلما زاد الميل $(\frac{dn}{dx})$ كانت قيمة (J_n) أعلى.

example :- given $D_N = 30\ cm^2/s$

, $n = 10^{16} \rightarrow x = 0$ Mm , $n = 10^{12} \rightarrow x = 3$ Mm

, $e = 1.6 * 10^{-19}$, find J_n ?



الحل :

$J_n = e \cdot D_n \cdot \frac{dn}{dx}$

$= (1.6 * 10^{-19}) * (30) * \left(\frac{10^{12} - 10^{16}}{3 - 0}\right)$

$= +160\ A/cm^2$

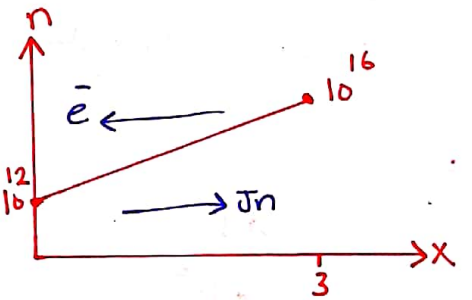
تكون حركة الالكترونات نحو الموجب ، إذن (J_n) نحو السالب ، لذلك نضع سالب في القانون .

الملاحظات :

* اذا كتب في السؤال uniform ledopped يعني (semic) مشوب بانتظام ، فإنّ قيمة Dn تساوي صفر ، ومنها $(J_n = 0)$

* احتمال وارد وضعيف إنه يعطيني في السؤال (n) بدلالة (x) ، المفروض أشتقها $\frac{dn}{dx}$ ، ثم أعوّض في القانون ولم أجد مثال على ذلك .

*



$J_n = {}^{+}e \cdot D_n \cdot \left(\frac{10^{12} - 10^{16}}{0 - 3}\right)$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* for holes :

سوف تتحرك الهولات من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز القليل ، وبما أنها موجبة الشحنة ، إذن سيكون (J_P) بنفس اتجاه حركتها .

فإذا تحركت نحو اليمين نعوّض في القانون (+) ، واذا تحركت نحو اليسار نعوّض في القانون (-) .

$$* \quad J_P = \square e \cdot D_P \cdot \frac{dp}{dx} \quad . \quad (A/cm^2)$$

J_P : hole . diff . current .

D_P : hole . diff . coeffi cent .

$\frac{dp}{dx}$: gradiant of hole concent .

الحل :

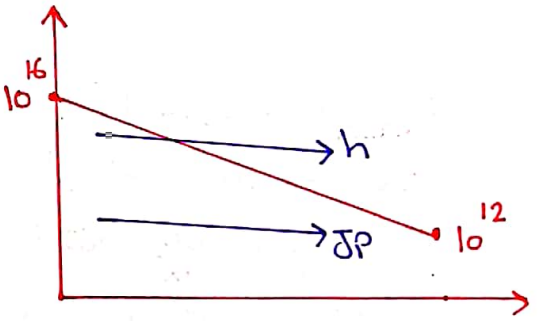
نبدأ عند المحور (n) ، نلاحظ أن الالكترونات ستتحرك من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز الأقل ، فحركة الالكترونات نحو اليمين ، إذن حركة (J_n) نحو اليسار .

ثم ننظر إلى المحور (P) ، نلاحظ حركة الهولات من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز الأقل ، فحركة الهولات إلى اليسار ، إذن حركة (J_P) أيضاً إلى اليسار .

∴ Total diff. current = J

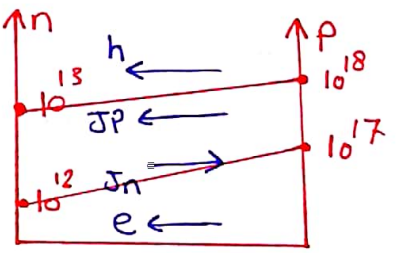
$$J = -(J_P + J_n) \quad .$$

*example :



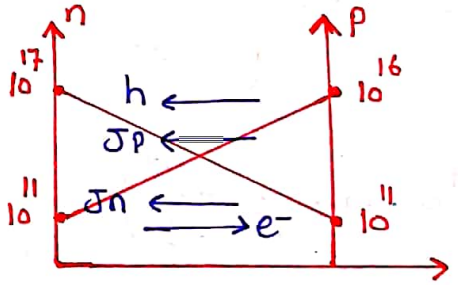
* ستتحرك الهولات نحو اليمين كما موضح في الشكل ، وكذلك J_P .

*example :



$$J = J_n - J_P \quad .$$

*example :



ملاحظة :-

لو تحركنا من النقطة صفر إلى النقطة (-3) ، فإن الميل كالتالي : $\frac{dn}{-3-0}$.

واذا تحركنا من سالب 3 إلى صفر ، فإن الميل = $\frac{dn}{0-(-3)}$.

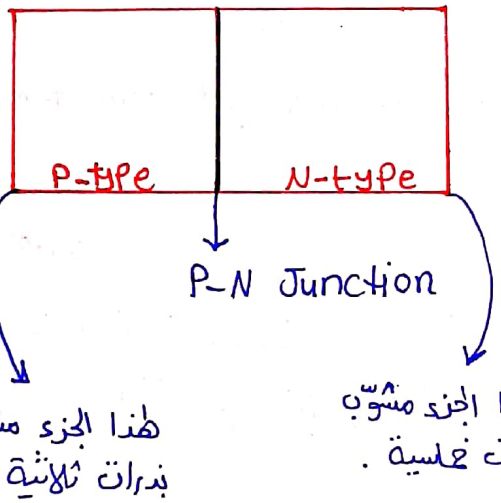
إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* الآن سنبدأ بموضوع الدايود ، لكن سنمهّد له ، أولاً سنتحدث عن [PN-Junction].

* PN-Junction : is boundry between two types of semiconductor , P-type and N-type.

إذن هو عبارة عن فاصل يفصل بين نوعين من أشباه الموصلات وقد تحدثنا عنهم مسبقاً وهما (N-type) و (P-type) .



يوجد ٣ أنواع من ال (Junction) :

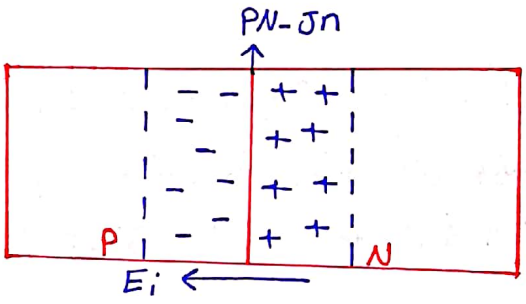
1. No bias (No external voltage)
2. Reverse bias .
3. Forward bias .

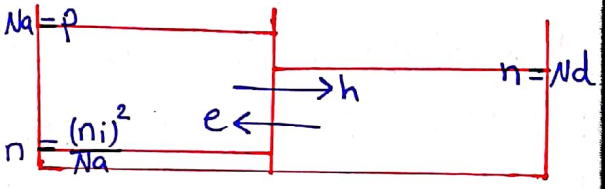
* أول تطبيق على ال (Jn) هو الدايود .

① No Biase (No external V).

عبارة عن (PN-JN) غير مربوط عليه بطارية خارجية .

applaying DC voltage to electronic device to make it work in a certain way .





* بدنا نفهم ما نحفظ !!

ننظر إلى ال (Jn) ، فهو مكوّن من نوعين هما (N) و (P) .

نعلم سابقاً أنّ (N-type) تحتوي إلكترونات وهولات ، لكن maj → e , min → h

أي أن حاملات الأغلبية هي الالكترونات وحاملات الأقلية هي هولات .

ونعلم مسبقاً أنّ (P-type) تحتوي الفلس أي حاملات الأغلبية هي هولات وحاملات الأقلية الالكترونات .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* $V_{bi} = \frac{KT}{e} \ln \frac{N_a \cdot N_d}{(n_i)^2}$

V_{bi} : built in voltage.
K : Boltzmans constant.
T : temp (Kelven).
N_a, N_d : h + e concent.
n_i : intrinsic carrier concent

* $\frac{KT}{e} = V_T$

V_T : thermal voltage.

$$V_T = \frac{86 * 10^{-6} \ (300)}{e}$$

$$\simeq 26 \text{ mv (at room temp)}$$

* مهم :-

لما نعوّض في القانون ، ما نعوّض قيمة (e) ، لأنها يتم اختصارها ضمن الوحدات

$$V_T = \frac{K \cdot T}{e} = \frac{\frac{eV}{K} \cdot K}{e} = V$$

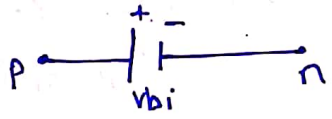
وذكرنا سابقاً أن الالكترونات والهولات تتحرك من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز القليل ، فتتحرك الالكترونات من منطقة التركيز العالي وهي (N) إلى منطقة التركيز الأقل وهي (P) ، وطبعاً ذكرنا أن الالكترونات عندما تتحرك تترك مكانها أيونات موجبة . كما موضح في الشكل .

ونفس الشيء تتحرك الهولات من منطقة التركيز العالي (P) إلى منطقة التركيز القليل (N) ، وتترك مكانها أيونات سالبة ، كما موضح في الشكل .

هاي العملية بتنتج مجال كهربائي داخلي (E_i) ، وطبعاً نعرف أن المجال الكهربائي اتجاهه من القطب الموجب إلى السالب ، كما موضح في الرسمة .

وهاي المنطقة صارت عبارة عن [منطقة متأينة] أو [منطقة نضوب] depletion region يعني ما بتحتوي أي (carrier) سواء الكترونات أو هولات ، هي بس فيها أيونات .

وال (J_n) . هاي الحالة بيتصرف كبطارية . جهدها اسمه (V_{bi}) ، بتعتمد على درجة الحرارة .



Scanned with CamScanner

example : calculate (Vbi) for a PN-Jn , with $Na = 10^{16}/cm^3$, $Nd = 10^{17}/cm$, at room temp (300 K) , $ni = 1.5 * 10^{10}/cm^3$, given : $V_T = 26$ mv ؟

الحل : $Vbi = \left(\frac{KT}{e}\right)_{V_T} \ln \frac{Na \cdot Nd}{(ni)^2}$

$= ,026 \ln \frac{(10^{16})(10^{17})}{(1.5*10^{10})^2}$

$= ,757 \ (V)$.

مهم جداً :

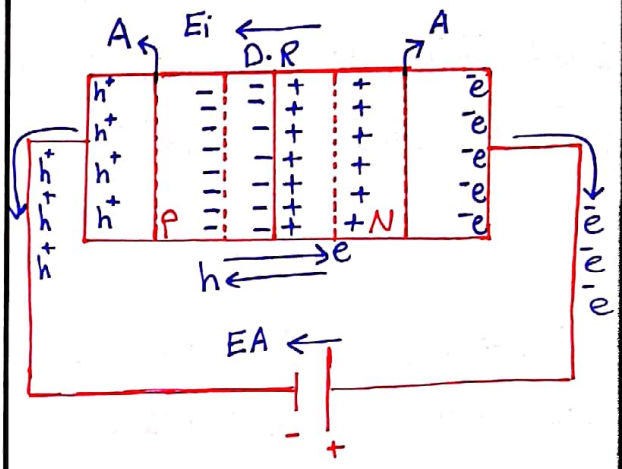
* الفولتميتر ما ح يقرأ صاي القراءة ↗ فهي (Not meajrable) ، شو السبب ؟ لأنه ح يهيي [contact potintial] ويكنسلوا (Vbi) ، ولأن مقاومة الفولتميتر تؤول للما لا نهاية.

* لو ربطنا مقاومة مع (Vbi) ما ح يمر تيار.

* نستنتج أن (PN-Jn) بدون بطارية خارجية ح يتصرف كبطارية جهدها (Vbi) .

* التي ح تُقرأ (الفولتية) built in voltage ←

2 Reverse-bias Pn-Jn.



شو اللي صار بالزبط ؟ "

بنعرف إنه (P-type) فيه حاملات الأغلبية هي الهولات ، وحاملات الأقلية هي الكترونات .

وأن (N-type) فيه حاملات الأغلبية هي الالكترونات ، وحاملات الأقلية هي الهولات .

قمنا بشبك بطارية خارجية ، قطبها الموجب قريب من (N-type) ، وقطبها السالب قريب منها (P-type) .

بما إنه الالكترونات مثل الأغلبية في (N) وبنفس الوقت هي قريبة على القطب الموجب إذن ستنجذب إليه [سالب وموجب ← تجاذب] .

ونفس الشيء حدث بالنسبة للهولات الموجودة في (P) ، ستنجذب نحو القطب السالب في البطارية.

[مثل ما موضح على الرسمة]

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

لن يتكوّن تيار تسبّبه حاملات الأغلبية .
فقط تيار تسبّبه حاملات الأقلية تقريباً قيمته
$(10^{-14} \longrightarrow 10^{-12})$ A For (Si).

هذا التيار اسمه [reverse saturation current]

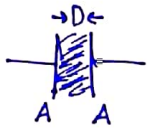
يعتمد هذا التيار على درجة الحرارة ، فمثلاً
تتضاعف قيمته كل ما ترتفع درجة الحرارة $(5^{\circ}C)$

$$Is_2 = Is_1 (2)^{\frac{\Delta T}{5}}$$

Depletion region $\propto$ VR

بعد حدوث كل العملية ، ينتج (A) المشار إليه في الرسمة ، هذا نوع مؤصل يمكن استعماله في صناعة المواسع ذو اللوحين المتوازيين .

كما زادت منطقة التأين (D) تقل قيمة المواسع (C) ، وقيمة المواسع تتناسب عكسياً مع (VR)



$$\Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 A}{D}$$

يُستعمل (reverse bias pN-Jn) لصناعة المواسع ذو اللوحين المتوازيين .

* the rev. bias can be used as voltage - variable cap called Junction cap. and is given by :-

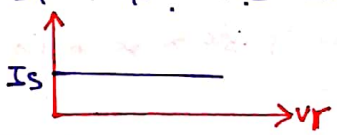
طبعاً كل الالكترون تحرك ، ترك مكانه أيون موجب وكل هول تحرك ، ترك مكانه أيون سالب .
هذا الشيء سبّب عندي منطقة متأينة [تخوب] .
وسبّب مجال كهربائي داخلي (Ei) ينتقل من الموجب للسالب .

وفي عندي مجال كهربائي خارجي (EA) خاص بالبطارية ، بينتقل من القطب الموجب للقطب السالب .
وبما إنه المجالين بنفس الاتجاه يعني بقدر أجمعهم ⟸ $E_R = E_A + E_i$

الآن مشكلتي مع حاملات الأقلية اللي بقوا على (N) و (P) وهم : الهولات على (N) والالكترونات على (P) ، وكل منهم سيتنافر مع القطب القريب منه .

الالكترونات تتنافر مع القطب السالب ، والهولات تتنافر مع القطب الموجب ، فتندفع لـ (type) الآخر كما موضح في الرسمة ، هذا الشيء ع يسبّب تيار قليل جداً اسمه (Is) اتجاهه من (N) إلى (P) ناشئ عن حاملات الأقلية ، لأنه يجب أن يكون بنفس اتجاه المجال والهولات وعكس اتجاه الالكترونات .

(Is) تبقى قيمته ثابتة بغض النظر عن (Vr)



Scanned with CamScanner

$$C_j = \frac{C_{j_o}}{\sqrt{1 + \frac{V_R}{V_{bi}}}} \quad (PF)$$

بيكو فاراد

C_j : Junction cap.

C_{j_o} : Zero bais cap

(C_j when $V_R = 0$).

V_{bi} : built in voltage.

V_R : rev. voltage.

example: $V_{bi} = ,7$

$V_{R_1} = 2,1$

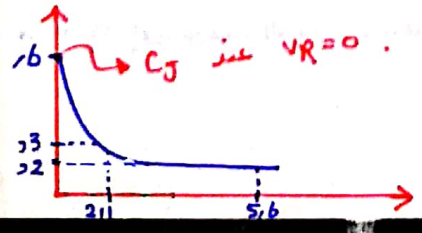
$V_{R_2} = 5,6$

$C_{J_o} = ,6 * 10^{-12}$

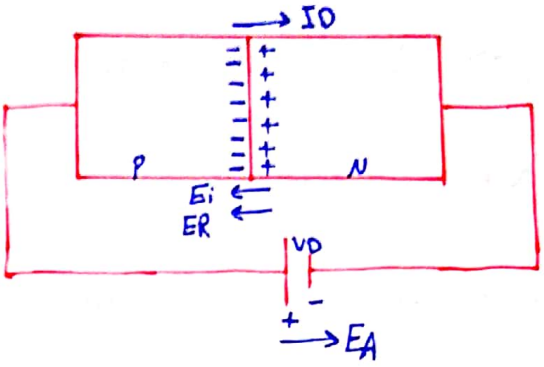
$C_J = ?$ and draw it.

$$C_{J_1} = \frac{,6 * 10^{-12}}{\sqrt{1 + \frac{2,1}{,7}}} = ,3 \ (PF).$$

$$C_{J_2} = \frac{,6 * 10^{-12}}{\sqrt{1 + \frac{5,6}{,7}}} = ,2 \ (PF).$$



3 Forward-baised Pn-Jn.



يوجد تفسيرين للعملية :

① حاملات الأكثرية في (N) هي الالكترونات وهي سالبة تتنافر مع قطب البطارية السالب القريب منها ، فتتجبر على عبور الفاصل للجهة الأخرى ، كذلك الهولات وهي حاملات الأكثرية في (P) أيضاً تتنافر مع القطب الموجب للبطارية فتتجبر على عبور الفاصل للجهة الأخرى ، كل منهما يترك مكانه أيونات ، فينشأ تيار كهربائي اتجاهه من (p→n) تسببه حاملات الأكثرية يسمّى هذا التيار (ID) ويعتمد على جهد البطارية (VD) ، مرتبطاً معه بعلاقة أسية .

② عند ربط بطارية خارجية أي أننا قمنا بتسليط مجال كهربائي خارجي (EA) ، اتجاهه معاكس اتجاه المجال الداخلي (Ei) ، حيث $E_R = E_i - E_A$ ، ثم يولد (ER) قوة أقل من قوة (diffusion Force) ، الأمر الذي

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

يسمح بمرور حاملات الأكثرية ، فتنتقل الالكترونات من (N ← P) مع (P ← N) ، وتنتقل الهولات من (P ← N) السبب الذي من خلاله ينتج تيار اسمه (ID).

* $ER = Ei - EA$

* $ID = Is\ e^{VD/nVT}$. (mA)

ID : F.w current.
Is : reverse saturation current.
VD : forword voltage.
n : $1 \leqslant n \leqslant 2$
if n = 1 ⟶ for high current level
n = 2 ⟶ for low current level.
VT : thermal voltage. (0,026) at R.T

ما هي n ؟

عندما تنتقل الالكترونات من (P ← N) والهولات من (N ← P) ، يحدث فقدان لجزء منها [خسارة] فإذا كانت مقدار الخسارة كبيرة نأخذها بعين الاعتبار واذا كانت مقدار الخسارة قليلة لا نهتم بها.

مثال توضيحي :

لو كانت قيمة التيار (1000) وكانت مقدار الخسارة (10) ، هذه القيمة لا تؤثر كثيرا فنعوضها $n=1$.

ولو كانت قيمة التيار (100) وكانت مقدار الخسارة (10) ، هذه القيمة تؤثر فنعوضها $n=2$.

* if VD is (+ve) ⟶ $e^{VD/nVT} \gg 1$
, $ID = Is * e^{VD/nVT}$

* if VD is (-ve) ⟶ $e^{VD/nVT} \ll 1$
, $ID \simeq -Is$

* example : a (Si) PN-Jn has $Is = 10^{-14}$, caculate ID for
① VD = ,7 v ② VD = -,7 v
,given n = 1 , VT = ,026.

الحل :

① $ID = Is\ e^{VD/nVT}$
$= 10^{-14}\ e^{-,7/,026}$
$= 4,93$ mA .

② $ID = -Is = -10^{-14}$.

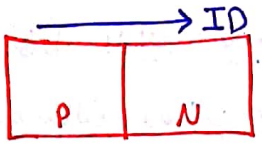
انتهى ...

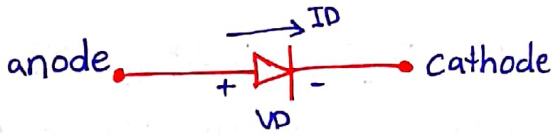
* ننتبه إلى أقطاب البطارية الخارجية لكل نوع .
* ننتبه إلى نوعية التيار (حاملات أقلية/أكثرية).

إعداد : نتالي الكايد

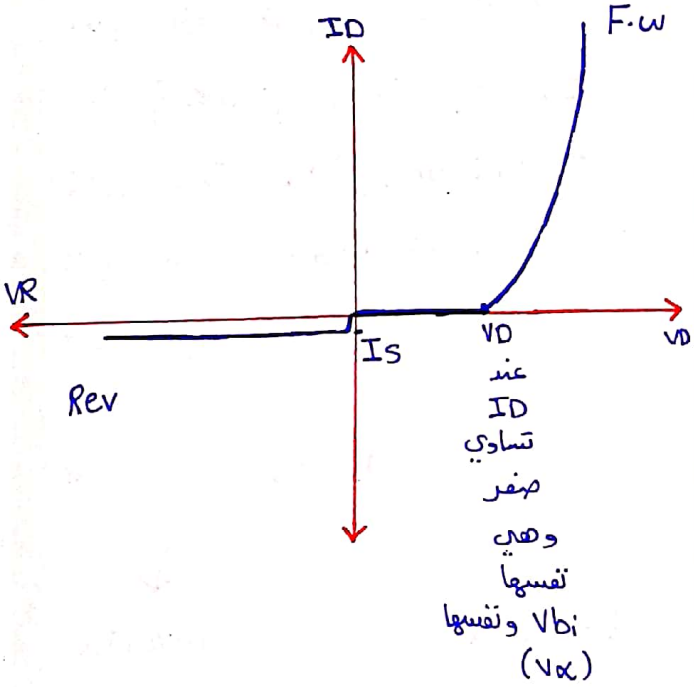
Scanned with CamScanner

* PN- Junction Diode.





* Diode V-I Characteristics :



VD

موجبة ← Diode is Forword

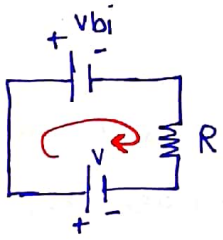
$ID = Is\, e^{VD/nV_T}$

سالبة ← Diode is reverse

$ID = -Is$

* حتى يمر تيار (ID) ، يجب أن تكون قيمة (VD) أكبر من (Vbi) .

* نلاحظ على الرسمة أن قيمة التيار صفر والسبب أن الفولتية على الدايود أقل من (Vbi)

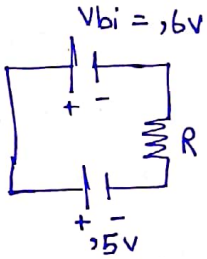


*

$-V + Vbi + ID * R = 0$

$ID = \frac{V - Vbi}{R}$

* قيمة (V) يجب أن تكون أكبر من (Vbi) حتى يمر تيار (ID)



*

$ID = \frac{V - Vbi}{R} = \frac{,5 - ,6}{R} =$ عدد سالب

$ID < 0$

لا يوجد تيار سالب ، إذن $\boxed{ID = 0}$ ،

فتصبح (open circuit)

نستنتج أن الدايود نوعه فورود ، لأن قيمة VD موجبة ، لكن (off) لأن قيمة التيار صفر .

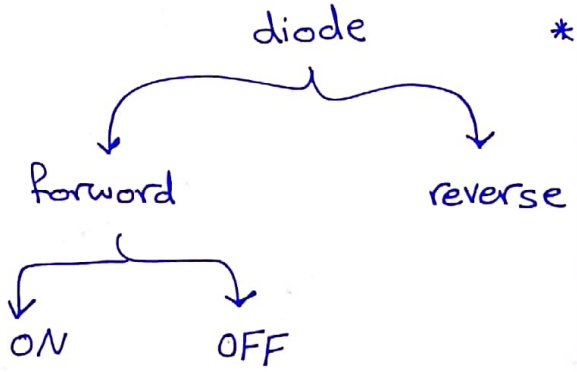
إعداد : نتالي الكايد

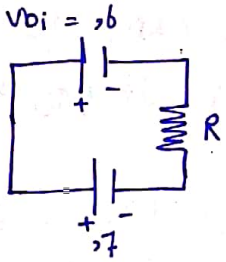
Scanned with CamScanner

* أما إذا كان القطب الموجب قريب من الكاثود والقطب السالب قريب من الأنود ، فهذا الدايود يعتبر ريفيرس (موجب مع سالب وسالب مع موجب) .

* الآن نريد أن نحسب قيمة (ID) ، وهو التيار الذي يمر عبر الدايود فإذا كان الدايود نوعه ريفيرس ستكون $\boxed{ID = -Is}$ ، واذا كان الدايود نوعه فورورد فهنالك احتمالان ، إما $\boxed{ID < 0}$ وإما $\boxed{ID > 0}$.

فإذا كانت VD أكبر من Vbi سيكون التيار موجب ، واذا كان العكس سيكون قيمته سالبة .

* 



$ID = \frac{0.7 - 0.6}{R} =$ عدد موجب

$ID > 0$

* هذا الدايود فورورد ، لأن قيمة VD موجبة (يعني القطب الموجب مربوط الأنود والقطب السالب مع الكاثود) ، وأيضاً هو (ON) لأن قيمة التيار موجبة .

[الملخص]

* أحد تطبيقات ال (PN-Junction) هي الدايود والدايود له طرفان واحد اسمه (anode) والثاني اسمه (Cathode) ، حيث أن الأنود موجود على جهة (P) وقيمته موجبة . والكاثود موجود على جهة (N) وقيمته سالبة . لأنه معروف أن الالكترونات هي حاملات الأغلبية على (N) وهي سالبة ، وأن الهولات هي حاملات الأغلبية على (P) وهي موجبة .

* الآن نريد أن نحدد اذا كان الدايود فورورد أو ريفيرس ، فنثبته على الأقطاب ، اذا كانت القطب الموجب للبطارية قريب من الأنود والقطب السالب قريب من الكاثود ، فهذا الدايود يعتبر فورورد [موجب مع موجب وسالب مع سالب]

Scanned with CamScanner

* الآن سنتحدث عن :

Diode model :-

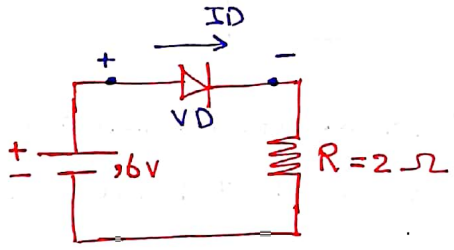
(1) ideal diode.

(2) real diode.

[1] ideal diode.

- Forword ← نعوض مكان الدايود ← Short cct ← VD = 0, ID > 0
- reverse ← نعوض مكان الدايود ← open cct ← ID = 0, VD < 0

*

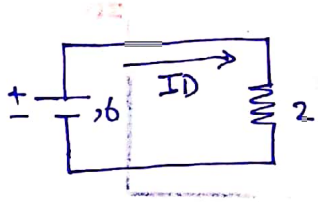


خطوات الحل :

① بما إنه قطب البطارية الموجب قريب من الأنود الموجب وقطب البطارية السالب قريب من الكاثود السالب [موجب مع موجب وسالب مع سالب] ، فهذا الدايود فورورد .

② مطلوب أن نحل على (ideal diode) فنعوض مكان الدايود بشورت سيركت .

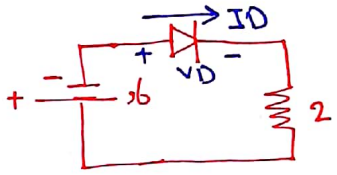
الحل :



VD = 0

$ID = \frac{6}{2} = 3\ mA$.

*

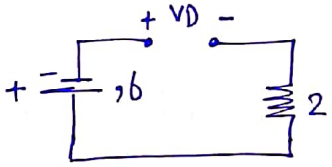


خطوات الحل :

① بما أن القطب السالب للبطارية قريب من الأنود الموجب ، والقطب الموجب للبطارية قريب من الكاثود السالب ، فهذا الدايود ريفرس

② مطلوب أن نحل على (ideal diode) فنعوض مكان الدايود بـ (open cct) .

الحل :



ID = 0

VD :-

$,6 + VD + 2(ID) = 0$

$,6 + VD + 0 = 0$

$VD = -,6$

إعداد : نتالي الكايد

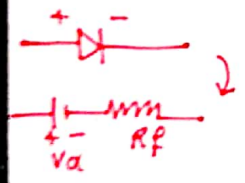
Scanned with CamScanner

* Ideal diode characteristic :

[2] Real diode.

Forword

نضع مكان الدايود بطارية جهدها (Vα) ومقاومة (rf) اسمها .



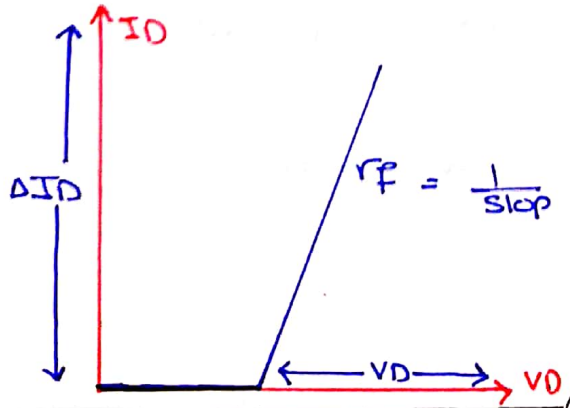
Reverse

نضع مكان الدايود open cct

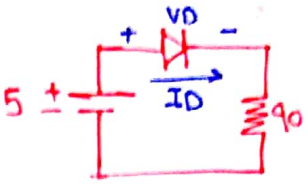
rf : diode forword resistance .

Vα : Constant in voltage.

* Forword real diode charact...



* example :

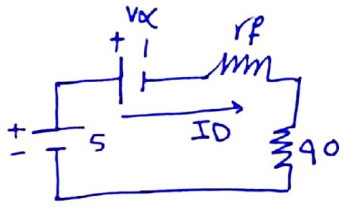


Vα = ,7
rf = 10
find ID, VD

الحل :

مجرد ما أعطاني هاي المعلومات ، لازم أعرف إنه الحل على (Real) ، الآن نحدد نوع الدايود ، واضح أنه فورورد (موجب مع موجب وسالب مع سالب) .

نضع مكان الدايود بطارية جهدها (Vα) و (rf) .



$-5 + V\alpha + ID(rf) + 90(ID) = 0$

$-5 + ,7 + ID(10) + 90(ID) = 0$

$ID = ,043$

$VD = V\alpha + ID(rf)$

$= ,7 + ,043(10)$

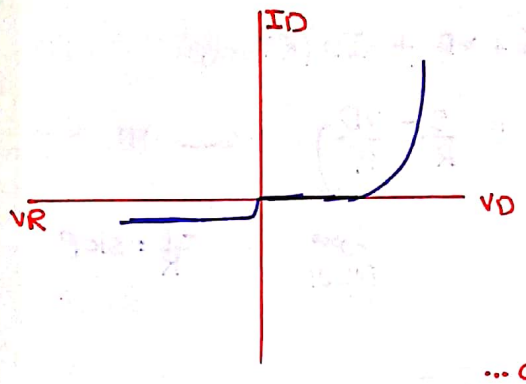
$VD = 1,13$

لو كتب في السؤال (rf=0) نعوض مكان الدايود ببطارية فقط بدون مقاومة.

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

*real diod charatr...

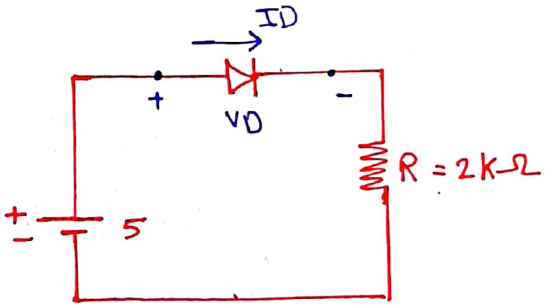


انتهى...

*D.C analysis of Diode ccts.

سنشرح مثال ونحل هذا المثال بعدّة طرق

Example :



Find ID , VD, PD where

$Is = 10^{-14}$ A , n=1 , V_T = 26 mv ?

PD : Power dissipated in diode.

الحل :

طريقة الحل الأولى :

" Iteration methode "

نعمل KVL ، ثم نفرض قيمة لـ (VD) ، ثم نتحقق هل الطرف الأيمن يساوي الطرف الأيسر ؟ ثم نجد قيمة (ID) من القانون التالي :

$ID = Is\ e^{VD/nVT}$

[هاي الطريقة ما بيجي عليها بالامتحان]

$-5 + VD + ID(R) = 0$

$5 = VD + ID(R)$

$5 = VD + Is\ e^{VD/nVT}(R)$

$5 = VD + 10^{-14}\ e^{VD/,026}$

الطرف اليسار — الطرف اليمين

الآن نفكر بقيم لـ (VD) ، وهذه الطريقة غير سريعة .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

KVL:-

$$-5 + VD + ID(R) = 0$$

$$ID = \frac{5}{R} - \frac{VD}{R} \quad \text{---- [1]}$$

ID: محور الصادات — $\frac{5}{R}$ — $\frac{VD}{R}$: محور السينات — $-\frac{1}{R}$: slop

OR

$$VD = 5 - ID(R) \quad \text{-- [2]}$$

كلاهما صحيح .

بالتعويض بأحد المعادلتين :

عندما ID تساوي صفر فإن ← $VD = 5$

عندما VD تساوي صفر فإن ← $ID = 2.5$

∴ $P_1 (5, 0)$

$P_2 (0, 2.5)$

الآن نصل خط مستقيم بين هاتين النقطتين ، كما موضح في الرسمة .

نقطة تقاطع الخطين ، هي قيمة ID, VD .

$ID = 1.5$ mA

$VD = 1$ V

$PD = ID * VD$

$= (1.5) * (1)$

$= 1.5$ mW

*طريقة الحل الثانية :

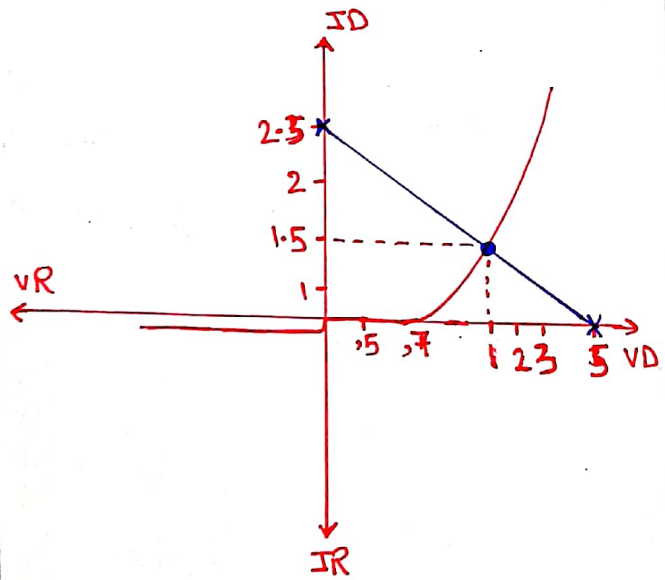
" graphical methode "

أولاً ، نعمل (KVL) ثم نحوّل المعادلة إلى معادلة خط مستقيم ، بحيث محور الصادات هو (ID) ومحور السينات هو (VD)

وهذا عرفناه من "diode characteristics"

ثم نعوض مرة قيمة ID صفر ونجد VD ومرة أخرى نعوض VD صفر ونجد ID .

بهذه الطريقة تكون أوجدنا نقطتين ، نصل بينهما خط مستقيم ، نقطة تقاطع الخط المستقيم مع الخط المائل المرسوم أساساً ، هي قيمة كل من ID و VD .



هذه الرسمة تكون مُعطى من السؤال .

Scanned with CamScanner

* الطريقة الثالثة :

"using diode linear model"

سنستخدم المودل التي تعلمناها سابقاً حسب المطلوب في السؤال.

example: For the given cct, Find ID, VD, PD, assuming:

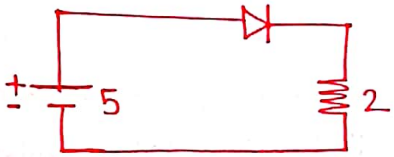
① ideal diode.

② a diode with $V_\alpha = ,7$, $r_f = 20\Omega$

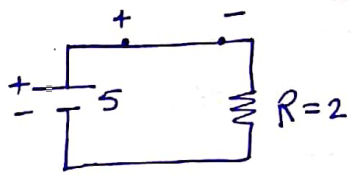
③ a diode with $V_\alpha = ,7$, $r_f = 0$

الحل :

①



نجد أن الدايود فورورد (موجب مع موجب وسالب مع سالب) وبما أنه (ideal)، إذن بالرجوع إلى المخطط السهمي في الصفحة رقم (23) علينا أن نعوّض مكان الدايود شورت سيركت.



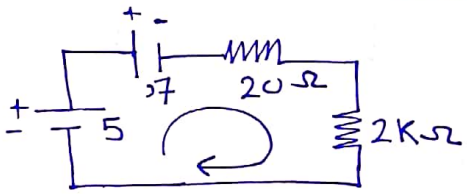
$V_D = 0$ (لأنه شورت سيركت)

$$-5 + 2(I_D) = 0$$

$$I_D = \frac{5}{2} = 2.5 \quad mA$$

$$P_D = I_D \cdot V_D$$
$$= (2.5)(0)$$
$$P_D = 0 \quad mw$$

②



$$-5 + ,7 + 20(I_D) + 2(I_D) = 0$$
$$*1000$$

$$I_D = 2.12 \ mA = 2.12 * 10^{-3}$$

$$20(I_D) + 0.7 = V_D$$

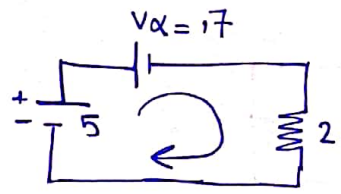
$$V_D = ,76 \ V$$

$$P_D = I_D * V_D$$
$$= (2.12)(,76) \ mW$$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

3



$-5 + ,7 + 2(ID) = 0$

$ID = 2,15\ mA$

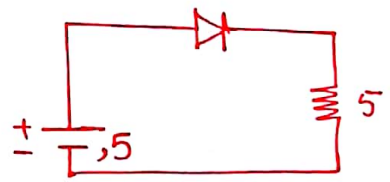
$VD = V\alpha = ,7$

$PD = ID * VD$

$= (,7)(2.15)\ mW.$

انتهى ...

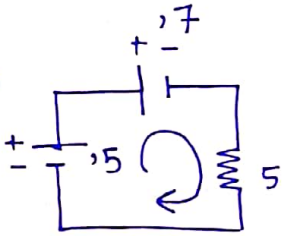
example :- Find ID, VD, PD ?



if $V\alpha = ,7$

$rf = 0$

الحل :



$-,5 + ,7 + 5(ID) = 0$

$ID = \frac{,5 - ,7}{5}$

ID = عدد سالب ⇒ $\boxed{ID = 0}$

∴ هذا الدايود (off)

لأن ID تساوي صفر .

$-,5 + VD + 5(0) = 0$

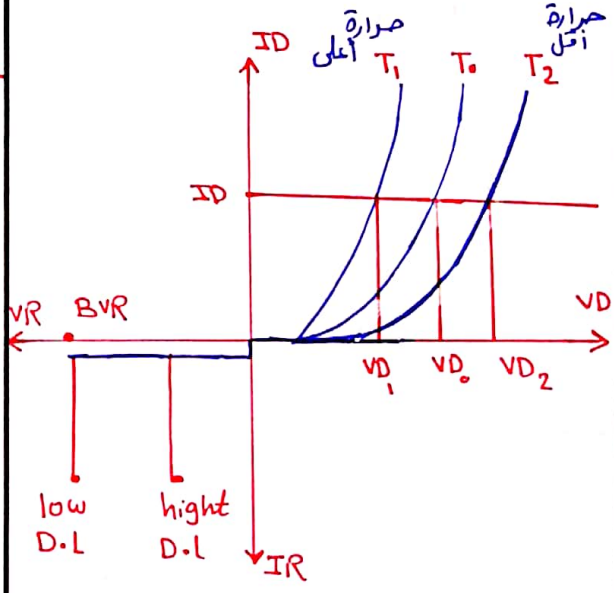
$\boxed{VD = ,5}$

* اذا كانت VD أقل من Vα ، فإن الدايود سيكون (off) ، $\boxed{ID = 0}$.

* كل دايود (ON) هو فورورد ولكن ليس كل فورورد هو (ON) .

انتهى ...

* effect of temp on diode



المنحنى الأساسي هو (T_0) ، له تيار (ID) وفولتية (VD_0) ، لو قمنا بخفض درجة الحرارة مع ثبات التيار ، ليصبح المنحنى (T_2) نلاحظ أن الجهد ارتفع (VD_2) ، واذا قمنا برفع درجة الحرارة إلى (T_1) مع ثبات التيار ، نلاحظ انخفاض قيمة (VD_1) ، إذن فالعلاقة عكسية بين درجة الحرارة والجهد (VD) عند ثبات التيار (ID) .

$T_1 > T_0 > T_2$

$VD_1 < VD_0 < VD_2$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

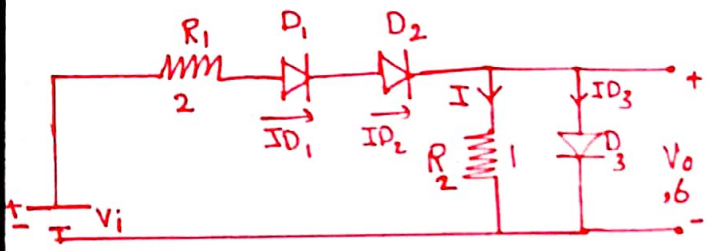
[علاقة عكسية] $BVR \propto \frac{1}{D.L}$ كما أن

↳ break down voltage : the max reverse voltage which the diode can with stand.

BV يتناسب عكسيا مع مستوى التشويب D.L

BV تعطى بالداتا شيت.

example :-



$V_T = 26\ mv$.

$Is_1 = 10^{-14}$

$Is_2 = 10^{-13}$

$Is_3 = 10^{-14}$

$n = 1$, Find ID_1 , ID_2 , ID_3

VD_1 , VD_2 , VD_3 , Vi , if. $V_o = ,6$

الحل :

↳ D_3 موازي ل (V_o) ، اذن لهم نفس الفولتية

$\boxed{VD_3 = ,6}$

$$ID_3 = Is_3\ e^{VD_3/nVT}$$

$$= (10^{-14})\ e^{,6/,026} \rightarrow \boxed{ID = 9.5 * 10^{-25}}$$

لأنهم توالي $ID_1 = ID_2 = ID$

تشعبوا على النود $ID = I + ID_3$

المقاومة (R_2) لها نفس جهد (D_3) و (V_o)

لأنهم متوازيين .

$$ID = I + ID_3$$

$$= \frac{VD3}{R_2} + 9.5 * 10^{-25}$$

$$ID = \frac{,6}{1} + 9.5 * 10^{-25}$$

$\boxed{ID =}$ $= ID_1 = ID_2$

$\boxed{I = ,6}$

$VD_2 = n V_T \ln \frac{ID_2}{Is_2}$.

تعويض مباشر

$VD_1 = n V_T \ln \frac{ID_1}{Is_1}$.

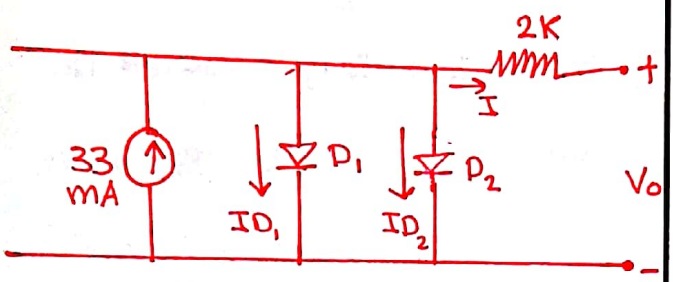
تعويض مباشر .

$0 = -V_i + 2(ID) + VD_1 + VD_2 + V_o$

تعويض مباشر

Scanned with CamScanner

example :-



$Is_1 = 10^{-14}$, $Is_2 = 10^{-13}$

Find ID_1 , ID_2 , I , VD_1 , VD_2 ?

الحل :

$VD_1 = VD_2 = VD$ (توازي)

$ID_1 = Is_1 \, e^{VD_1/nV_T}$ ÷

$ID_2 = Is_2 \, e^{VD_2/nV_T}$

نقسم المعادلتين

$Is_1 \, e^{VD/nV_T} \div Is_2 \, e^{VD/nV_T}$

$10^{-14} \, e^{VD/,026} \div 10^{-13} \, e^{VD/,026}$

$\frac{ID_1}{ID_2} = \frac{Is_1}{Is_2} \frac{e^{VD/nV_T}}{e^{VD/nV_T}}$

$\frac{ID_1}{ID_2} = \frac{10^{-14}}{10^{-13}}$

$\boxed{ID_1 = (,1)\, ID_2}$

$33 = ID_1 + ID_2$

تعويض عند النود

$33 = (,1)\, ID_2 + ID_2$

$\boxed{ID_2 = 30 \text{ mA}}$

$\boxed{ID_1 = 3 \text{ mA}}$

$VD_1 = VD_2 = VD$

$VD_1 = nV_T \, lin \, \frac{ID_1}{Is_1}$

$= ,026 \, lin \left(\frac{3 * 10^{-3}}{10^{-14}} \right)$

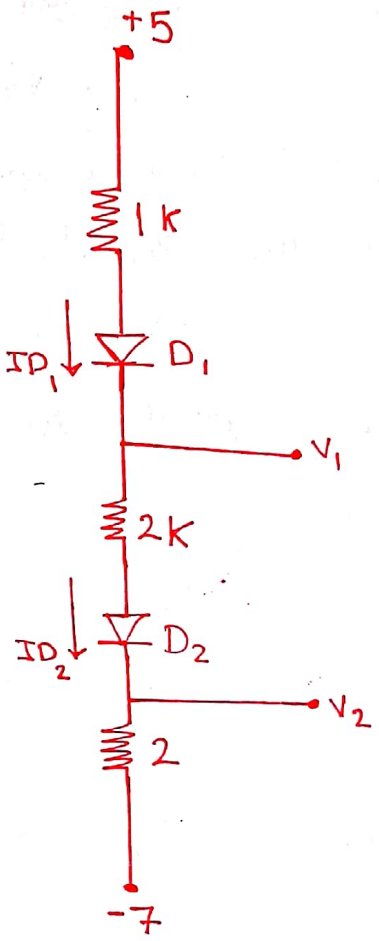
$\boxed{\begin{matrix} VD_1 = ,687 \\ VD_2 = ,687 \end{matrix}}$

$\boxed{I = \text{zero}}$ (لأنه عندها أدنى سيركت)

$V_O = VD_1 = VD_2 = ,687$

Scanned with CamScanner

example :-



$V\alpha_1 = ,3$

$V\alpha_2 = ,7$

find:

ID_1

ID_2

V_1

V_2

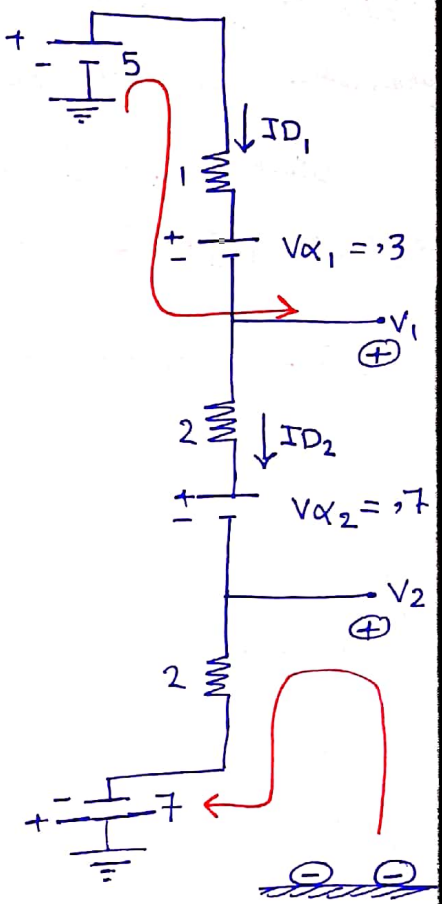
?

ما المقصود بـ (+5) والأفضل في هذه الأسئلة أن نرتب الرسمة مرة أخرى ، حيث أن (+5) يعني أن قطب البطارية الموجب بالوجه والقطب السالب على الأرض .

كذلك (-7) تعني أن القطب السالب بالوجه والموجب على الأرض .

سيوضح ذلك عند إعادة الرسمة.

↳



KVL :-

$$-5 + ID_1(1) + V\alpha_1 + ID_2(2) + V\alpha_2 + 2(ID_2) - 7 = 0$$

انتباه لأن $ID_1 = ID_2 = ID$ كلهم على التوالي ، كما أنه لا يوجد أي تفرع على التوازي

$$-5 + ID + ,3 + 2\,ID + ,7 + 2\,ID - 7 = 0$$

$$\boxed{ID = 2.2 \text{ mA}}$$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

الحل :- قبل البدء بحل الفرع الأول ، نجد قيمة V_A ، V_B .

كيف نجد فرق الجهد بين النقطتين A , B ؟

assume the diode (off).

off ⇒ open cct ⇒ ID = 0

by devesion :-

$$V_A = \frac{5 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5*3}{3+2} = 3$$

$$V_B = \frac{5 * R_4}{R_3 + R_4} = \frac{5*5}{5+5} = 2.5$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = 3 - 2.5 = ,5$$

[1] $V_{AB} < V_\alpha$

$,5 < ,6$

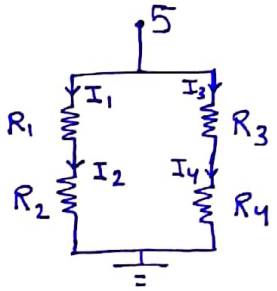
V_{AB} هي نفسها V_D

معلومة تم شرحها سابقاً أنه اذا كانت $V_D < V_\alpha$ ستكون أوبن سيركت (OFF)

∴ Diode is (OFF) ⇒ Open cct

ID = 0

$V_D = V_{AB} = ,5$



حتى نجد قيمة V_1 و V_2 نعمل KVL بالطريقة الأسهل علينا ، حيث عندهم القطب الموجب وعلى الأرض القطب السالب .

نعمل KVL كما موضح بالأسهم على الرسمة .

$$-5 + ID_1(1) + V\alpha_1 + V_1 = 0$$

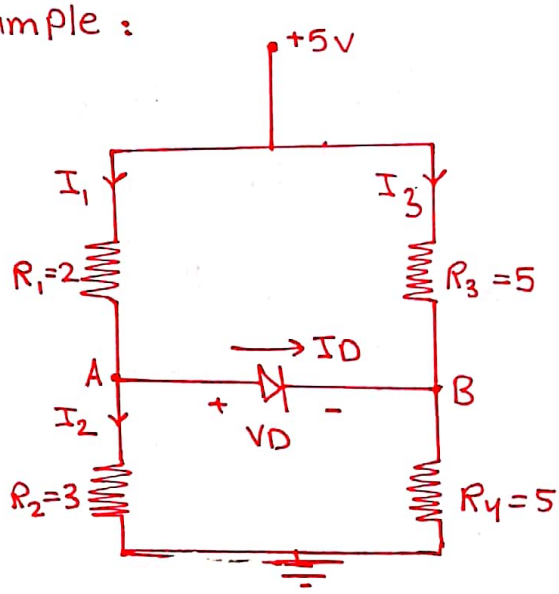
$$\boxed{V_1 = 2.1}$$

$$-V_2 + ID(2) - 7 = 0$$

$$\boxed{V_2 = -2.6}$$

$$\boxed{\begin{aligned} VD_1 &= V\alpha_1 = ,3 \\ VD_2 &= V\alpha_2 = ,7 \end{aligned}}$$

example :



Find ID , VD , VA , VB , I_1 , I_2 , I_3 , I_4 when the diode :

① (Si) diode , $V\alpha = ,6$ V .

② (Ge) diode , $V\alpha = ,3$ V .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

$I_1 = I_2$ (توالي)

$I_3 = I_4$ (توالي)

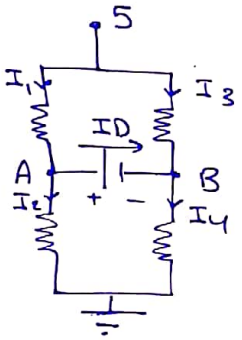
$$I_1 = I_2 = \frac{5}{R_1+R_2} = \frac{5}{5} = 1\ mA$$

$$I_3 = I_4 = \frac{5}{R_3+R_4} = \frac{5}{10} = ,5\ mA$$

[2] $V_{AB} < V_\alpha \Rightarrow V_D > V_\alpha$

$,5 > ,3$

$\therefore$ Diode is (ON).



* $I_1 = ID + I_2$ تفرعت عند النود

$$\frac{5-V_A}{R_1} = ID + \frac{V_A-0}{R_2} \quad \text{(1)}$$ (لانه عالارض)

* $I_3 = ID + I_4$ تفرعت عند النود

$$\frac{5-V_B}{R_3} = ID + \frac{V_B-0}{R_4} \quad \text{(2)}$$

* $V_D = V_A - V_B$

$V_\alpha = V_A - V_B$ --- (3)

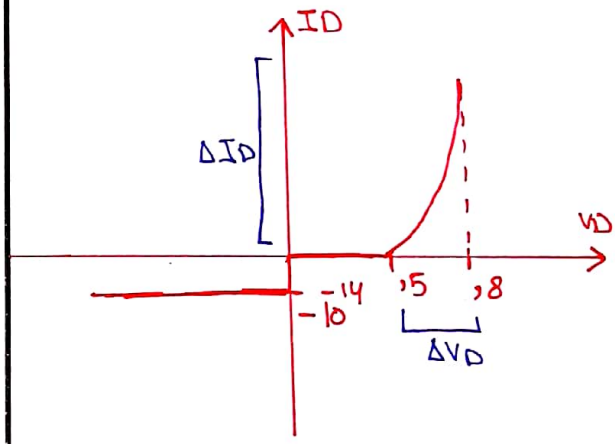
نحل المعادلات الثلاث لنجد V_A, V_B, ID

ثم نعوّض لنجد I_1, I_2, I_3, I_4

هذا المثال مهم

سؤال :-

For the following current voltage characteristics of a Pn-Junction.



Caculate the forward bias resistance (r_f) assumening that the $V_T = ,026$ and $n=1$

الحل :- $r_f = \frac{1}{slop} = \frac{1}{\frac{ID}{VD}} = \frac{\Delta VD}{\Delta ID}$

$$ID = I_S\, e^{\Delta VD/nV_T}$$

$$= 10^{-14}\, e^{,8-,5/,026}$$

$$\Delta ID = 10^{-14}\, e^{,3/,026}$$

$$ID = 1,02 * 10^{-9}$$

$$r_f = ,3/\ 1,02 * 10^{-9} = 294\ *$$

Scanned with CamScanner

* Chapter (2) *

* diode cct s *

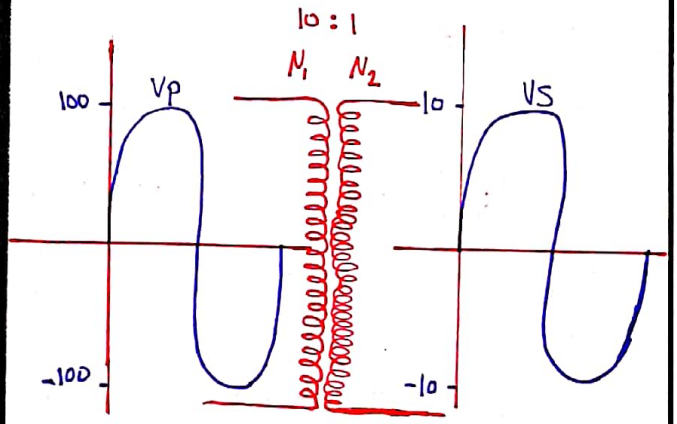
سنتحدث في هذا الفصل عن الدوائر الكهربائية التي تحتوي دايود واحد أو أكثر ، أي تطبيقات على الدايود .

مواضيع الشابتر :-

1. Rectifier.
2. transFormer.
3. Filter.
4. voltage regulator.
5. zinner.

* TransFormer: المحوّل

بدنا نعرف إنه الدايود بشتغل على فولتية قليلة فالترانسفورمر وظيفته إنه يغير الفولتية [يرفعها أو يقللها] ، فبستخدم الترانسفورمر هون لحتى نقلل الفولتية اللي داخلة على الدايود مشان لا يحترق ، وطبعاً بنقدر نعرف نسبة تحويل كمية الفولتية من خلال معرفة عدد اللفات .



كما موضّح في الشكل ، الفولتية قيمتها العظمى تساوي (100) ، دخّلناهم على ترانسفورمر نسبة عدد اللفات تساوي (10:1) ، فتصبح الفولتية الجديدة التي ستصل إلى الدايود تساوي (10) .

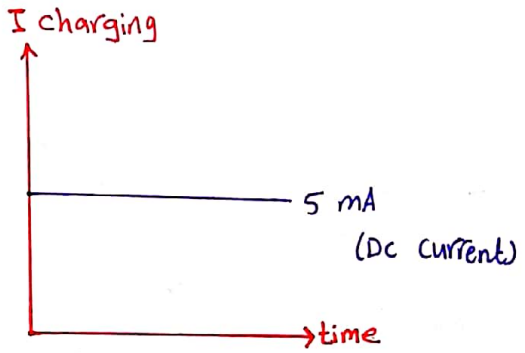
$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{10}$$

$$V_S = V_P\left(\frac{N_2}{N_1}\right) = 100\left(\frac{1}{10}\right)$$

$$\boxed{V_S = 10 \sin \omega_o t}.$$

$$\boxed{V_i = 100 \sin \omega_o t}$$

* لما نشحن التلفون ، بحدث عملية تحويل التيار من AC إلى DC ، عملية التحويل لها عدّة مراحل ، أهم مرحلة هي (Rectifier) . وأهم عنصر بالريكتيفاير هو الدايود لأنه [non lenier element] .



Scanned with CamScanner

* Rectifier : المعدّل

a circute uses diode(s) to convert A.c to D.c .

مهم معرفة الوظيفة الإفتكان .

* يستخدم دايود أو أكثر للتحويل من A.c إلى D.c .

Rectifier

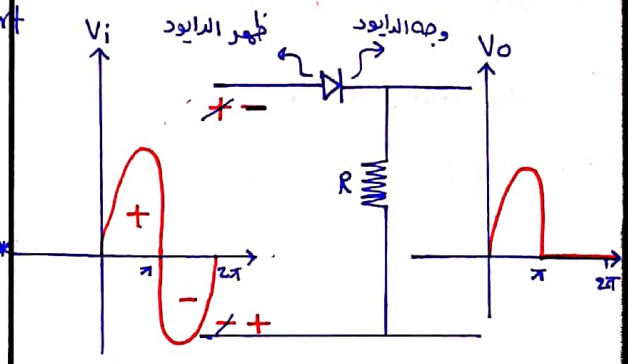
- يستخدم دايود واحد ← Single diode ← half wave rectifier
- يستخدم دايودين ← using center tap transformer ← Full wave rectifier
- يستخدم أربع دايودات ← bridge rectifier ← Full wave rectifier

أو ممكن بتقسيمة أخرى :

Rectifier

- HalF wave ← يستخدم دايود واحد
- Full wave ← دايودين / أربع دايودات

* half wave rectifier .[HWR]



لازم نركز مبنج بـ !! :

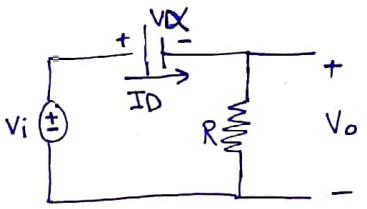
أول اشي بدنا ندرس الفترة الموجبة (+) بلي بتبدأ بالفترة من [π - ٥] .

هاي الفترة (AC) بدنا ندخلها على الريكتفاير حتى نحولها لـ (DC) .

الآن بدنا نحدد أقطاب الدايود زي ماتعلمنا [ظهر الدايود موجب ، ووجه الدايود سالب]

وهاي الفترة موجبة ، يعني الجزء العلوي موجب والسفلي سالب ، مثل ما مكتوب على الرسمة .

موجب مع موجب و سالب مع سالب ، يعني فورورد ، يمر تيار عبر الدايود اسمه (ID) .



$V_o = ID * R$ .....

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

$-V_i + V_\alpha + (I_D)(R) = 0$

$$I_D = \frac{V_i - V_\alpha}{R} \quad , \quad I_{D_{max}} = \frac{V_m}{R}$$

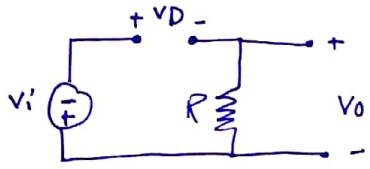
$$V_o = R * I_D = V_{ip} - V_\alpha$$

$$V_{o_{max}} = V_m = V_{i_{peak}} - V_\alpha$$

الآن بدنا نرسم (out put V) خلال الفترة $[0 \rightarrow \pi]$ ، قيمتها بناءً على الناتج في القانون المذكور أعلاه .

* الآن نسندرس الفترة السالبة (السفلية) التي تبدأ من $(\pi \rightarrow 2\pi)$ ، هنا نعكس الإشارات كما موضح على الرسمة ، فنضع في الأعلى سالب وفي الأسفل موجب .

لاحظ الإشارات مع أقطاب الدايود كيف أصبحت ، [موجب مع سالب ، وسالب مع موجب] ، يعني الدايود نوعه ريفيرس ، يعني تعوّض مكان الدايود أوبن سيركت ، وقيمة التيار $ID = 0$.



$V_o = I_D * R$

$= 0 * R$

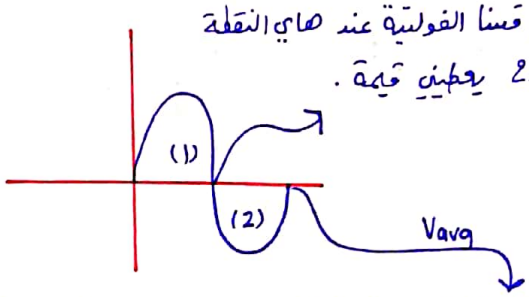
$V_o = 0$

لذلك (out put V) خلال الفترة $(\pi - 2\pi)$ تساوي صفر كما موضح على الرسمة .

مهم جداً أن تفهم هذه العملية كاملة، لأنه يوجد سؤال في الامتحان يطلب رسمة (V_{output})

^{+}HwR	⟵	نصف الموجة الموجب
^{-}HwR	⟵	نصف الموجة السالب
V_i	⟵ موجة داخل	input voltage .
V_o	⟵ موجة ناتجة	out put voltage .
V_{ip}	⟵ قمة الموجة الداخلة	Peak input .
V_{om}	⟵ قمة الموجة الناتجة	max outPut .
V_{avg}	⟵	V average

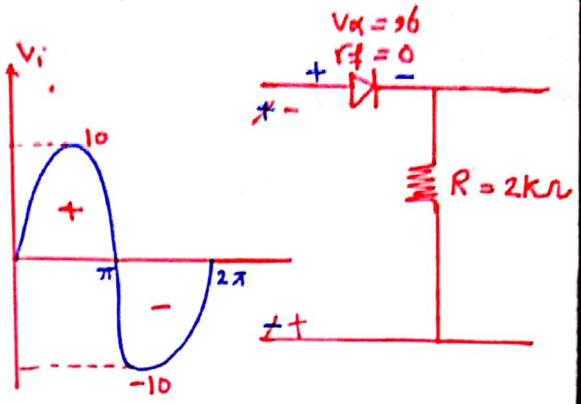
لو قسنا الفولتية عند هاي النقطة رح يعطيني قيمة .



لو قسنا الفولتية باستخدام فولتميتر عند هذه الفترة رح يكون الجواب صفر ، والسبب

Scanned with CamScanner

example :



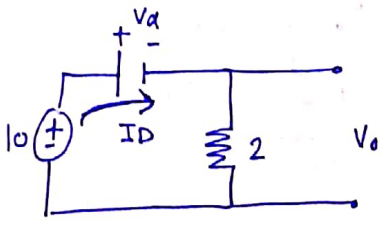
جد :-

ج/ الرسمة ، V_{DC} ، ID_m ، V_{om}

الحل :-

ج/ نحل بناءاً على الخطوات المشروحة ، يُفضل ما نحفظ حفظ ، لأنه ممكن في متاهات زيادة على الرسمة ، أو يكون قيمة rf غير الصفر ، إلخ ..

أولاً ، الفترة الموجبة (+Hc) نضع إشارة موجبة في الأعلى وسالبة في الأسفل كما سنضع على الرسمة ، ونحدد أقطاب الدايود ، [موجب مع موجب وسالب مع سالب] إذن هذا الدايود فورورد خلال هذه الفترة ، نعوّض مكان الدايود ببطارية (Vα) مقدارها (9b) ومقاومة (rf) مقدارها صفر .



أن الموجة (DC) ، فالفولتية هي عبارة عن (Average) ، يعني مساحة المنحنى العلوي ومساحة المنحنى السفلي ، وبما أنهما متساويتين ولكن مختلفتين بالإشارة ، فإن ناتجهم يساوي صفر

$$\frac{\text{مساحة المنطقة (1)} + \text{مساحة المنطقة (2)}}{2}$$

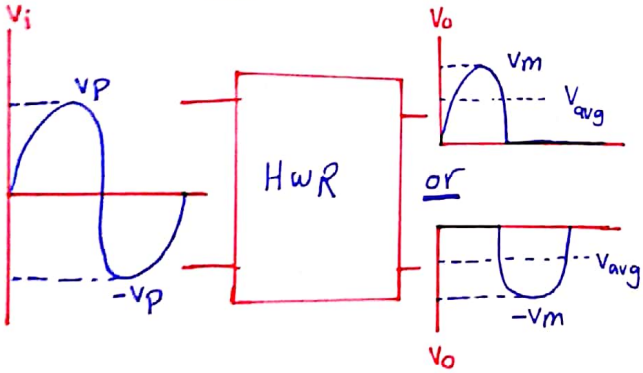
$$\frac{\text{عدد موجب} + \text{نفس العدد سالب}}{2} = \text{صفر}$$

* ليش اسمه [half wave rectifier] ؟

(1) convert half-cycle of AC input to DC.

(2) using single diode.

يعني ممكن نحوّل الفترة الموجبة أو الفترة السالبة.



$$V_{avg} = V_{DC} = \frac{V_m}{\pi}$$ [اذا كانت +ve Hc]

$$V_{avg} = V_{DC} = \frac{-V_m}{\pi}$$ [اذا كانت -ve Hc]

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

KVL:

$$-V_{ip} + V_\alpha + ID * R = 0$$

$$-10 + 0{,}6 + ID * 2 = 0$$

$$ID = \frac{10 - 0{,}6}{2}$$

$$\boxed{ID_m = 4{,}7 \ mA} \ \checkmark$$

$$-V_{ip} + V_\alpha + V_{om} = 0$$

$$V_m = -V_\alpha + V_{ip}$$

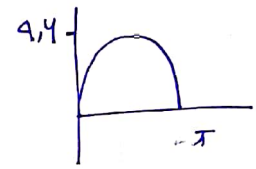
$$= -0{,}6 + 10$$

$$\boxed{V_m = 9{,}4 \ V}$$

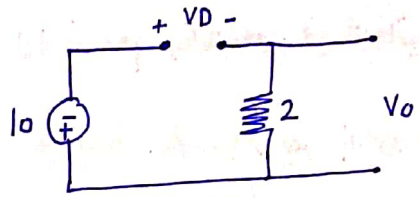
$$V_{DC} = V_{avg} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{9{,}4}{\pi}$$

$$\boxed{V_{DC} = \frac{9{,}4}{\pi}}$$

رسمة V_o خلال الفترة الأولى $(0 - \pi)$ تساوي $9{,}4$.



* الآن ندرس الفترة الثانية، السالبة $(-HC)$، تعكس الاشارات كما فصيّ الرسمة، في الأعلى سالب وفي الأسفل موجب، [موجب مع سالب وسالب مع موجب]، الدايود في هذه الفترة يصبح ريفيرس، نعوّضها كأنه أوبن سيركت وقيمة $\boxed{ID = 0}$.



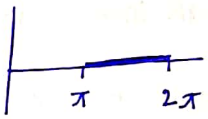
kvl:

V_{om} = جهد المقاومة المقابلة له = $ID * R$

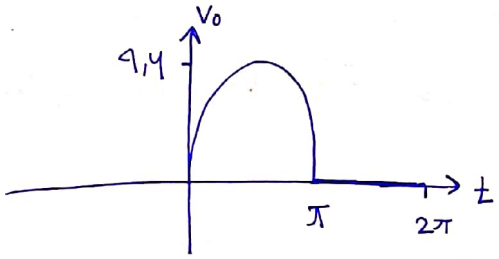
$= 0 * 2$

$$\boxed{V_{om} = 0}$$

V_{om}، خلال الفترة $(\pi - 2\pi)$ تساوي صفر

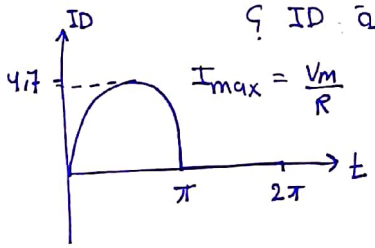


∴ الشكل النهائي لـ (V_o)



انتهى ...

لو طلب رسمة ID ؟

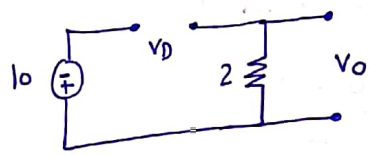


إعداد: نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

مثال توضيحي :-

لما نخلي الدايود reverse , off



نريد حساب الفولتية على الدايود (VD)

$$10 + VD + ID * R = 0$$

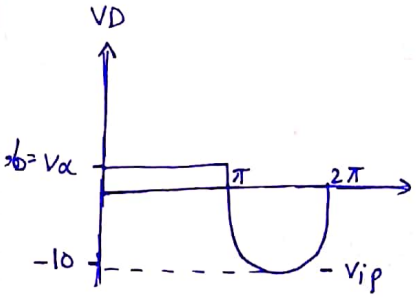
$$10 + VD + 0 = 0$$

$$\boxed{VD = -10}$$

$$\therefore VD = -V_{i\,Peak}$$

this diode is reverse by $V_{i\,Peak}$ ، $\therefore$ $\boxed{Piv = V_{ip} = 10}$ $\boxed{VD = -V_{ip} = -10}$

لو طلب رسمة VD ، بالنسبة للمثال الذي كُتب قبل شعشتين ؟



سهل جداً ، خلال الفترة الأولى كان الدايود فورورد فوخدنا مكانه V_α وهي تساوي (0) وخلال الفترة الثانية أصبح الدايود (off) فأصبحت قيمة (VD) تساوي ($-V_{ip}$) وقيمتها (-10) .

* لما نصمم ريكتيفاير في شغلتين مهمين :-

1 كم قيمة أعلى تيار يمر بالدايود لما يكون فورورد . واسمه (ID_{max}) .

2 كم قيمة الفولتية على الدايود لما يكون ريفيرس ، لأنه في فولتية معينة بيشتغل عليها ، في حال تعدّت الحد المطلوب سوف يخترق الدايود . واسمه (rev. voltage) .

* في رمز موجود بالداتا شيت اسمه (Piv) : (Peak inverse volt) والمقصود فيه

max reverse voltage acrrose the diode when it is off .

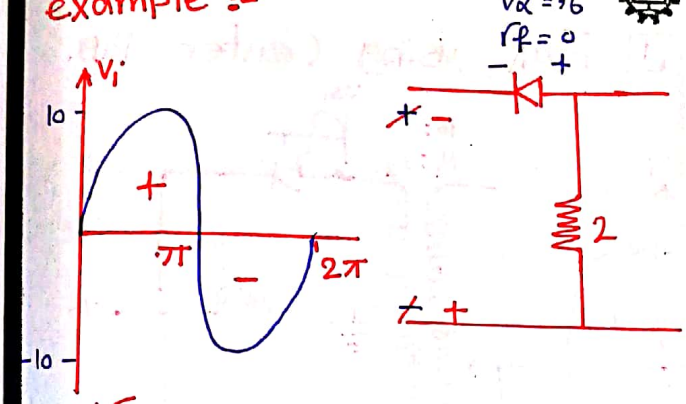
فلمّا أشوف $\boxed{Piv = 10}$ ، يعني الريكتيفاير لمّا يكون off ، أقصى فولتية على الدايود بتحملها هي عشرة ، اذا تعدّاها سيخترق الدايود .

$$\boxed{I_{D\,(max)} = \frac{V_{i\,Peak} - V_\alpha}{R}}$$

$$\boxed{Piv = V_{i\,Peak}}$$

Scanned with CamScanner

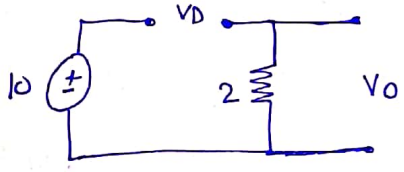
example :-



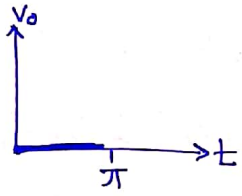
نشبه إلى اتجاه الدايود ، الحل نفسه لكن ، عكس .

الحل :-

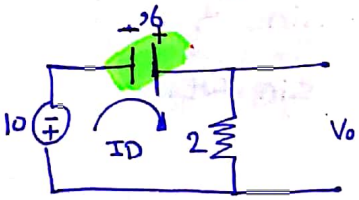
نحدد الاشارات كما تعلمنا ونحدد أقطاب الدايود فيصبح [موجب مع سالب وسالب مع موجب] ، إذن الدايود خلال الفترة (0-π) سيكون ريفيرس.



$VO = ID * R = 0$



وفي الفترة (π-2π) ، تغير الإشارات كما هو موضح على الرسمة ، فيصبح (موجب مع موجب وسالب مع سالب) يعني دايود فورورد ، نعوض مكانه Vα و rf .

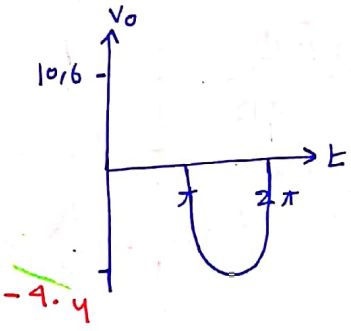


$10 - 0.6 + 2 * ID = 0$

$ID = -4.7$

$V_o = ID * R = -4.7 * 2$

$V_{o_m} = -9.4$



لو طلب ID_{max} و رسمة ID و PIV و رسمة VD ؟

$$I_{D_{max}} = \frac{V_{ip} - V_\alpha}{R} = \frac{-10 - 0.6}{2}$$

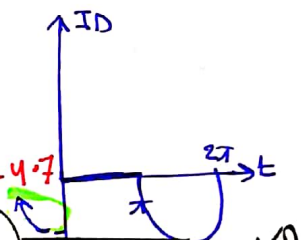
و هو التيار أعلى عندما يكون الدايود فورورد.

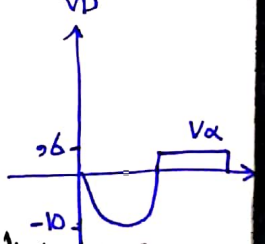
$VD = -V_{ip} = -10$

وهو أعلى فولتية على الدايود ما يكون ريفيرس.

$Piv = V_{ip} = 10$

this diode is reverse by 10 V .



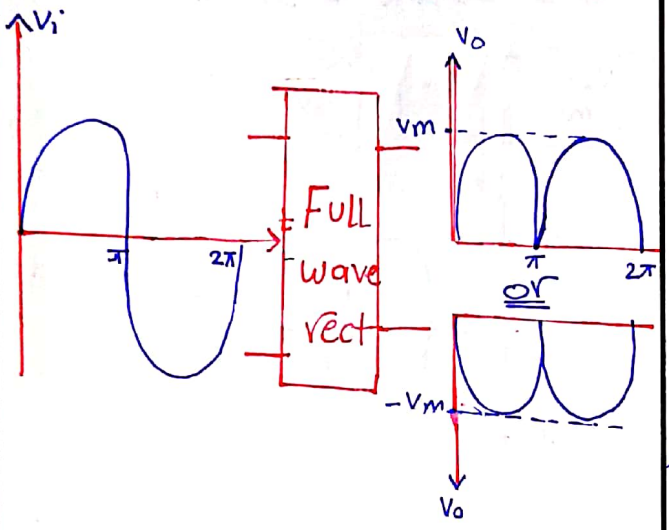


إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* Full - wave rectifier.

تختلف عن الـ Half-wave في أنها تحوّل موجة كاملة من Ac إلى DC . وليس نصف موجة .

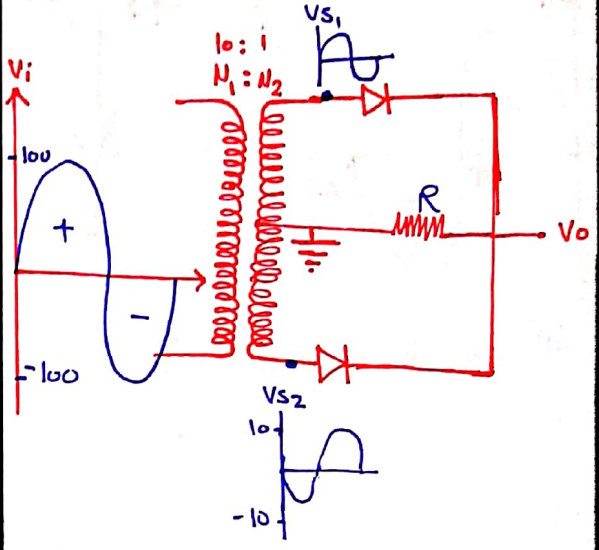


طبعاً (FWR) له تعيين بناءً على عدد الديودات المستخدمة :-

1. Full wave rectifier using_center tap transformer . [يستعمل دايودين]

2. Full wave Bridge rectifier [يستعمل أربع دايودات] .

1 FwR using center Tap.



كما نلاحظ أن هذا النوع يستخدم ترانسفورمر في تركيبته ، و دايودين ، حيث تدخل (V_i) إلى الترانسفورمر لتعطي (V_{s1}) و (V_{s2}) يدخل كلاهما إلى الديود القريب منه ليعطي (V_o) .

وهنا تظهر وظيفة center tap trans وهي إعطاء (2 signals) بينهم فرق طور كامل . [متساويين بالمقدار متعاكسين بالإشارة] لاحظ ذلك على الرسمة .

$$V_{S_2} = -V_{S_1} = \frac{N_2}{N_1} V_i$$

$$V_{S_2} = -V_{S_1} = \frac{1}{10} (100 \sin \omega t)$$

$$\therefore V_{S_2} = -10 \sin \omega t .$$

$$V_{S_1} = 10 \sin \omega t .$$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

بما أن الدايود العلوي فورورد ممكن انه يطلب (Idmax) ، وبما أن الدايود السفلي ريفيرس ممكن يطلب (Piv) .

المهم ، كل الأسئلة بفضل عدم حفظ القوانين وإنما الحل على KVL ، لأنه القوانين هنا سنعوّض مكان (rf) صفر ، فالأفضل الحل بصورة KVL .

$$-V_{S_1} + V_{\alpha_1} + ID_1 * R = 0$$

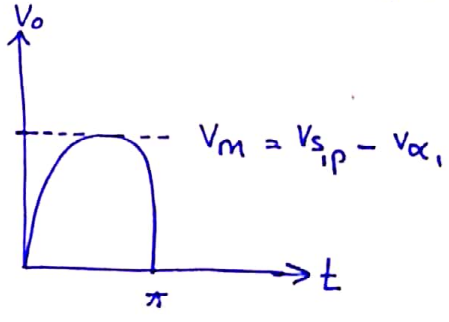
$$ID_1 = \frac{V_{S_1} - V_{\alpha_1}}{R}$$

$$V_o = V_{S_1} - V_{\alpha_1}$$

$$V_{o_m} = V_{S_{1PeaK}} - V_{\alpha_1}$$

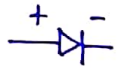
$$I_{D_m} = \frac{V_m}{R} = \frac{V_{sp} - V_{\alpha_1}}{R}$$

عند رسم V_o خلال هذه الفترة



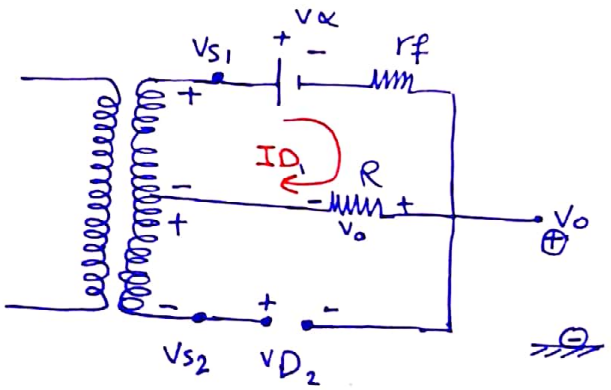
طبعاً جهد المقاومة R هو نفسه (V_o) لأنه متوازيين

2ر نشر2 العملية بالترتيب :-

أول اشي بدنا ندرس الموجة الموجبة (+ H.C) اللي فترتها $(0 - \pi)$ ، نضع الإشارات كما تعلمنا في الأعلى وفي الأسفل سالب ، ونحدد اشارات الدايود  ، نلاحظ أن الإشارة الموجبة للموجة الداخلة قريبة من القطب الموجب للدايود [موجب مع موجب وسالب مع سالب] .

اذن فإن هذا الدايود فورورد خلال هذه الفترة ، فنعوّض مكانه (V_α) و (r_f) بناءً على معطيات السؤال ، ونحل KVL لاستخراج القوانين .

ولو ركزنا قليلاً لوجدنا أن الدايود الآخر الموجود في الأسفل [موجب مع سالب وسالب مع موجب] فهو الفيدرس يعني نضع مكانه أوبن سيركيت .

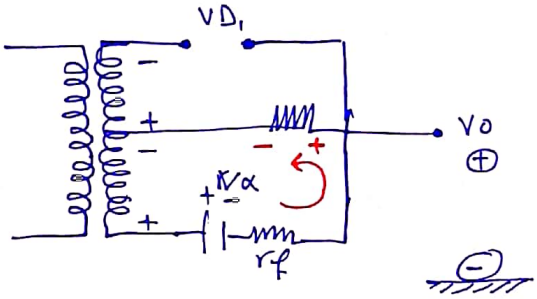


Scanned with CamScanner

الآن سندرس الموجة السالب (-Hc) التي تمتد ($\pi - 2\pi$).

نضع اشارات للموجة ، سالب فوق وموجب تحت ، نشبه إلى الاشارات مع أقطاب الدايود

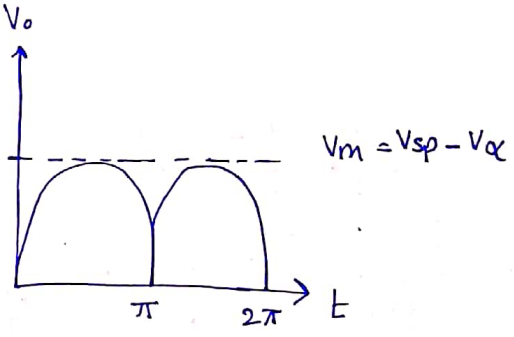
فيصبح الدايود العلوي ريفيرس والدايود السفلي فورورد.



نعمل (KVL) للدارة السفلية ، نفس خطوات المرحلة السابقة.

$$V_{2m} = V_{sp_2} - V\alpha_2$$

وتكون رسمة Vo للسؤال كامل:



والدايود السفلي (OFF) فأكيد بقدر أحسب VD أو PIV ، أيضاً من خلال (KVL).

$$V_{S_2} + V_o + V_{D_2} = 0$$

$$V_{D_2} = -V_o - V_{S_2}$$

$$= -(V_{S_1} - V_{\alpha_1}) - V_{S_2}$$

$$= (-V_{S_{1P}} + V_{\alpha}) - V_{S_{2P}}$$

↓

جبناها من KVL الجزء العلوي.

$$V_{S_{1P}} = V_{S_2P}$$

$$\therefore V_{D_2} = -(2V_{S_{1P}} - V_{\alpha})$$

$$P_{iv} = (2V_{SP} - V_{\alpha})$$

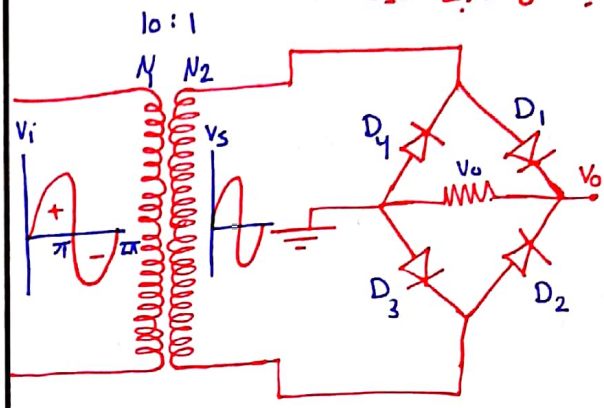
* أقطاب المقاومة (R) تحدد بناءاً على اتجاه (ID).

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* Full-wave bridge rectifier. (FwBR).

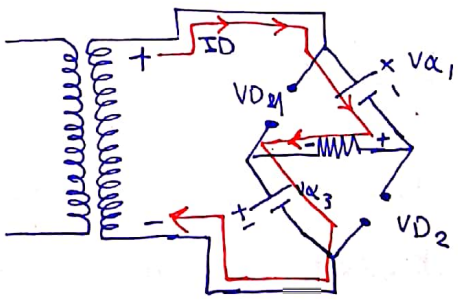
يستعمل أربع دايودات .



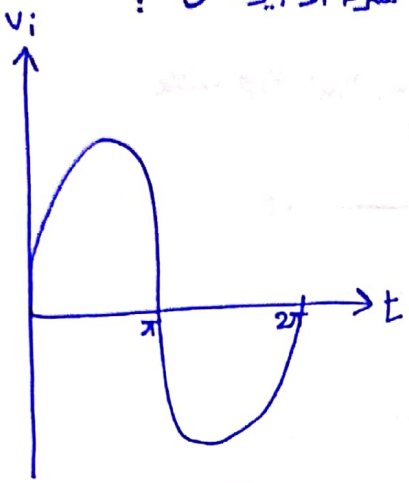
نوع الترانسفورمر عادية وليست centertap.

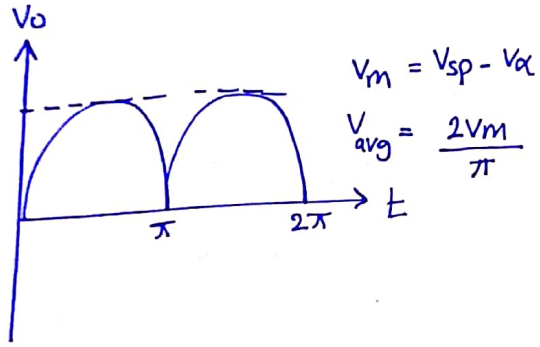
توضيح العملية !!

كالعادة بدنا ندرس الموجة الموجبة (HC) والتي تمتد $(0-\pi)$ ، نضع اشارة موجبة في الأعلى واشارة سالبة في الأسفل ، ونحدد أقطاب الديودات الأربعة ، الدايود الذي تكون قطبه الموجب قريب من الاشارة الموجبة والسلب قريب من الاشارة السالبة ، يصبح فورورد والذي أقطابه معاكسة للإشارتين ، يصبح ريفيرس .



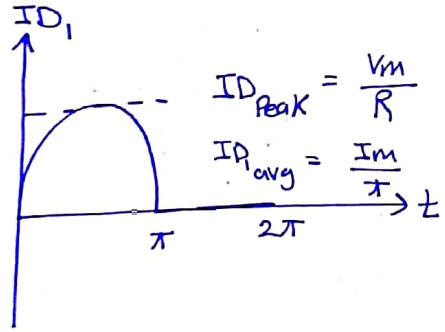
نرتب الأفكار للمرة الأخيرة !! :





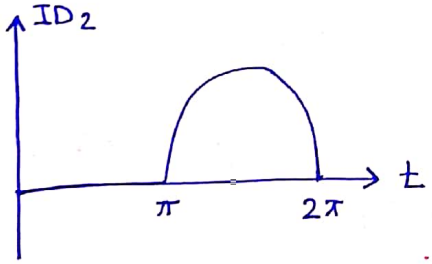
$V_m = V_{sp} - V_\alpha$

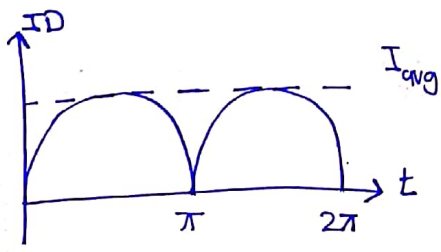
$V_{avg} = \frac{2V_m}{\pi}$



$ID_{Peak} = \frac{V_m}{R} = I_m$

$ID_{avg} = \frac{I_m}{\pi}$





لأنه (Full) .

$I_{avg} = \frac{2 I_m}{\pi}$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

نلاحظ أن الدايود (1) و (3) هما فورورد فنعوضهما بقيمة (V_α) المُعطاة في السؤال .

والدايود (2) و (4) هما ريفيرس فنعوضهما بأنهما أدبن سيركت .

سيتحرك التيار ID كما موضح على الرسمة مروراً بالدايودين (1)و(3) ونعمل KVL .

انتبه أن المقاومة (R) جهدها هو نفسه V_o لأنهم متوازيين .

وكان في السؤال مُعطى أن V_α هي نفسها للدايودات الأربعة .

$$ID = ID_1 = ID_3$$

$$V_o = ID * R$$

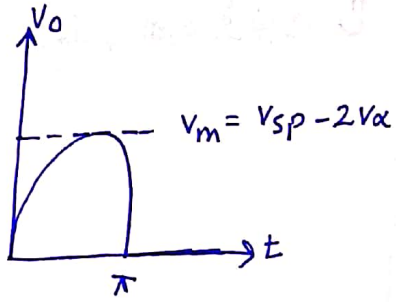
$$-V_s + V_\alpha + ID * R + V_\alpha = 0$$

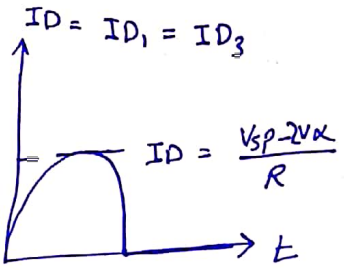
$$ID = \frac{V_s - 2V_\alpha}{R}$$

$$V_o = V_s - 2V_\alpha$$

$$V_m = V_{sp} - 2V_\alpha$$

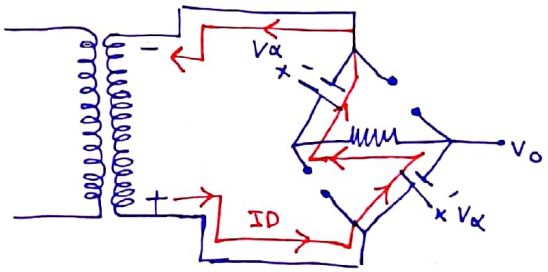
تُفضل ما نحفظ حفظ ، لأنه احتمال ما يعطيني V_α متماثلة لكل الدايودات ، فنعمل (KVL) أسهل شيء .





الآن ندرس الفترة السالبة ، تتغير الإشارات ، سالبة في الأعلى وموجبة في الأسفل .

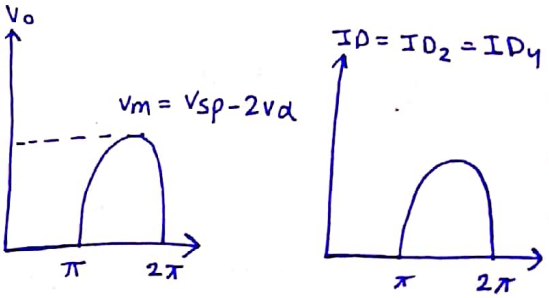
فيصبح كل من الدايود (1) و(3) ريفيرس وكل من (2) و(4) فورورد .



يمر تيار ID خلال الدايودين 2,4

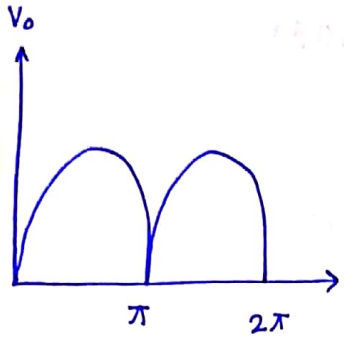
$$ID = ID_2 = ID_4$$

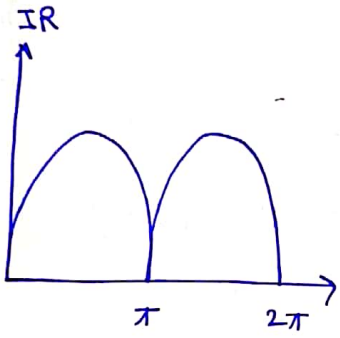
ونعمل KVL كما عملنا في الفترة السابقة .



Scanned with CamScanner

والناتج النهائي بعد إكمال (Full-cycle) :





عندما يطلب I, V_{avg} (H.c) ↓

$$V_{avg} = \frac{V_m}{\pi}$$

$$I_{D\,avg} = \frac{I_m}{\pi}$$

عندما يطلب I_D, V_{avg} (F.c) ↓

$$V_{avg} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$I_{D\,avg} = \frac{2I_m}{\pi}$$

عندما يطلب $I_{D\,max}$ ، كما تعلمنا نحسب التيار عندما يكون الدايود فورورد.

وعندما يطلب VD أو Piv ، نحسبه عند الديودات التي تكون (off) .

$$I_{D\,Peak} = \frac{V_m}{R}$$

لحساب Piv أو VD :

$D_2, D_4 \rightarrow$ off during (+H.c) .

$$-V_s - V_{D4} + V_\alpha = 0 \qquad \text{KVL}$$

$$V_{D4} = V_\alpha - V_{sp}$$

$$P_{iv} = V_{sp} - V_\alpha$$

لحساب ال (Power) :-

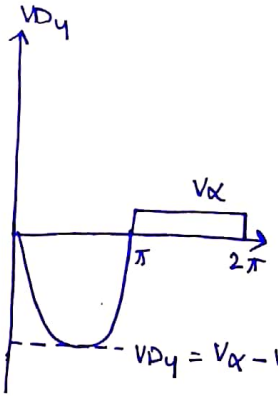
$$P = I * V$$

$$P = I_{avg} * V_D$$

انتبه I_{avg} وليس I_{D_m} ، $V_D = V_\alpha + I_D \cdot r_f$

$$P = I_{avg} * (V_\alpha + I_D * r_f)$$

لو طلب رسمة V_{D4} :



خلال (+H.c) يكون هذا الدايود (off) فنحسب قيمة VD كما Vip مع عكس الإشارة

وخلال (-Hc) يكون هذا الدايود فورورد فنعوضه مكانه V_α .

Scanned with CamScanner

Example: design a full wave rectifier (FWR) to deliver peak out put Voltage of (15) v , $V_m = 15$,use (Si) diode with $V_\alpha = ,7$ $r_f = 0$, a variable input is 120 v (rms) , $f = 60$ Hz , $R = ,5$ K-Ω

1 Draw the cct diagram and tran. ratio ($\frac{N_1}{N_2}$).

2 Draw V_o and caculate V_o avg.

3 Spicify diodes Piv , ID_{peak}.

using : ① FWBR

② FWR with C-T trans.

الحل :-

نرتب المعطيات ،

$V_o = 15$

$V_\alpha = ,7$

$r_f = 0$

$V_i = 120\sqrt{2}$ rms

$f = 50$

$R = ,5$

1 using FWBR.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_i}{V_s} = \frac{V_{ip}}{V_{sp}} = \frac{V_i(rms)}{V_s(rms)}$$

$V_{ip} = V_i(rms) \cdot \sqrt{2} = 120(\sqrt{2}) = 170$.

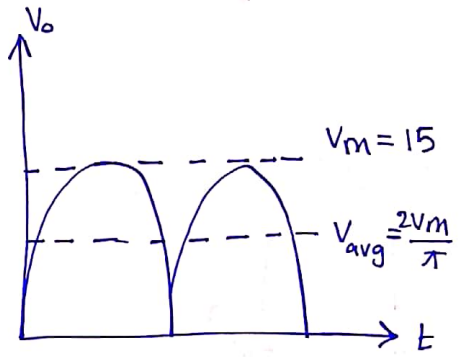
$V_{sp} = V_m + 2V_\alpha$

$= 15 + 2(,7)$

$V_{sp} = 16,4$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{170}{16.4} \simeq 10$$

2



$V_m = 15$

$V_{avg} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2(15)}{\pi} = \frac{30}{\pi}$.

3 $Piv = V_{sp} - V_\alpha$

$= 16.4 - ,7$

$Piv = 15,7$

$ID_p = I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{15}{,5} = 30$

* using FWR using C-T trans

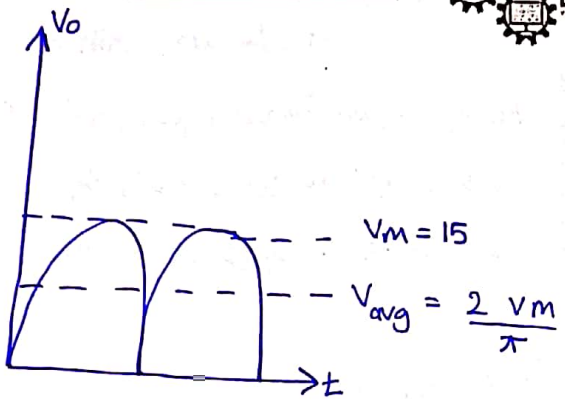
1 $V_m = V_{sp} - V_\alpha$

$V_{sp} = 15 + ,7 = 15,7$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_i}{V_s} = \frac{170}{15.7} \simeq 10$$

Scanned with CamScanner

2



$$V_{avg} = \frac{2(15)}{\pi} = \frac{30}{\pi} .$$

3

$$Piv = 2V_{sp} - V_{ac}$$
$$= 2(15.7) - .7$$
$$= 30,7$$

حلينا هذا السؤال بناءاً على القوانين التي كنا نستنتجها من (KVL) أثناء الشرح، والسبب أن r_f كانت قيمتها صفر، لكن لو كانت غير صفر، فيجب الانتباه والأفضل عمل KVL والحل عليها، وهو سهل جداً 😊.

* معلومات إضافية للاستفادة :

① كلما كانت Piv أعلى، كان الدايود سعره أغلى.

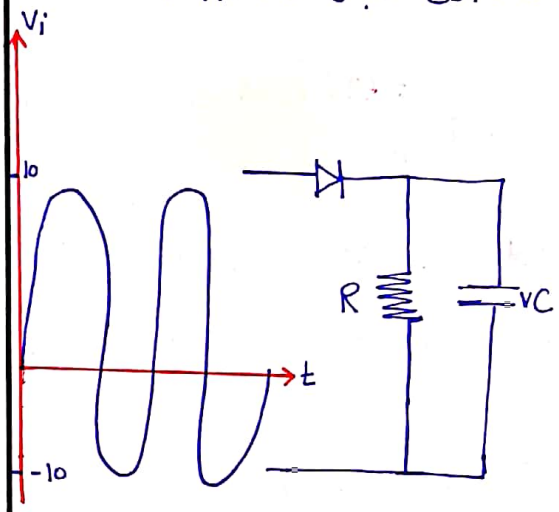
② لو شلنا الترانسفورمر من (FWBR) ما r_f يتأثر وr_f يشتغل الريكتيفاير عادي، لكن لو شلنا الترانسفورمر من (FWR with C-T)، ما r_f يشتغل.

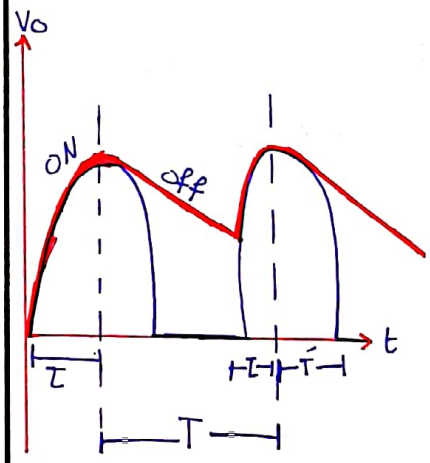
انتهى ...

* Filter *

الفلتر بشكل بسيط عبارة عن ريكتيفاير مركّب عليه مواسع موازي له.

وظيفته تقليل التموج في السيجنالز، فالمواسع بشحن ويفرّغ ويقلل الـ (ripple).





* الـ (ripple) هو (Ac) بس بجبروه (DC) لأغراض الديزاين.

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

ال (Ripple) يعتمد على :-

① قيمة الحواسح والمقاومة والتردد تبع Ac .

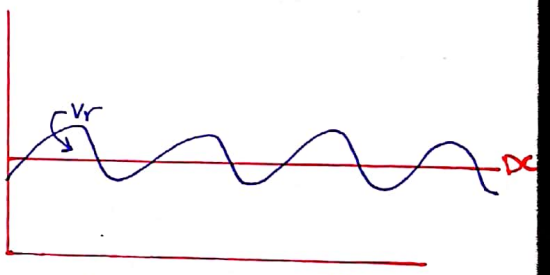
② زمن التفريغ ، كلما قل زمن الشحن والتفريغ ، يزداد ال (Ripple) .

$T' = T_{dis} = R \cdot C$

$T_{ch} = rf \cdot C$

$T = T_{ch} + T_{dis}$

if $(rf = 0) \Rightarrow T = T_{dis} = R \cdot C$



هذا النموذج يأتي من الشحن والتفريغ .

V_m = قمة الموجة

V_L = قاع الموجة

$V_r = V_m - V_L$

اشتقاقه لنتوصل لقانون [غير مطلوب]

$V_L = V_c$, when $t = T'$

$V_L = V_m \, e^{-T'/RC}$

$V_r = V_m - V_m \, e^{-T'/RC}$

$= V_m (1 - e^{T'/RC})$

$1 - e^{-t} = 1 - x$

$V_r = V_m \left(1 - \left(1 - \frac{T'}{RC}\right)\right)$

$V_r = V_m \frac{T'}{RC}$, $T' = T = \frac{1}{f}$

آلية الشحن والتفريغ بشكل سريع :-

عندما يكون الدايود (ON) ، الحواسح يشحن بزمن اسمه (T_{ch}) .

وعندما يكون الدايود (off) ، الحواسح يفرّغ بزمن اسمه (T_{dic}) أو T' .

الزمن الكلي للشحن والتفريغ (T) :-

$T = T_{ch} + T_{dis}$.

عندما تكون V_i تساوي مثلاً (10) ، يبدأ الحواسح بالشحن حتى يصل 10 فولت على الحواسح .

عندما تقل V_i وتنزل إلى (9) ، بتصير $V_i = 9$ ، $V_c = 10$ ، فيبدأ الحواسح يفرّغ .

لنفرض أن الحواسح استمر بالتفريغ إلى (7) فولت تصبح ($V_i = 9$) و ($V_c = 7$) ، يرجع الحواسح يشحن مرة أخرى .

وهكذا تستمر العملية بالشحن والتفريغ ، والهدف الأساسي هو التقليل من التموّج الموجود في الإشارة .

طبعاً كلما زدنا قيمة الحواسح ، يقلل ال (ripple) ويقترب من (DC) .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

$$V_r = \frac{V_m}{fCR}$$

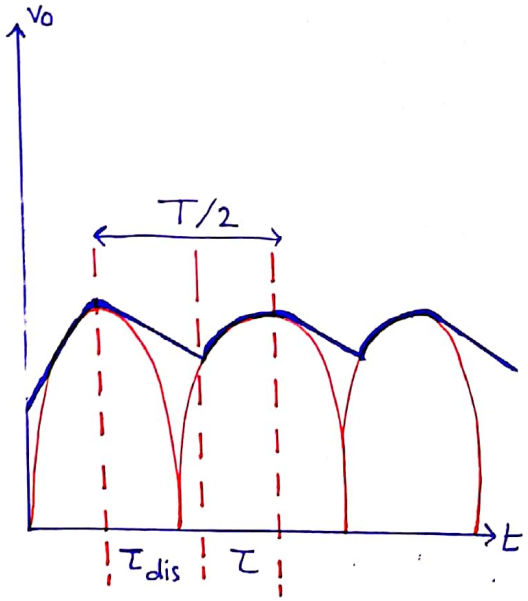
V_r : Peak to Peak value of V_r.
f : freq. of ac input signal.
C : filtering cap.
R : load resistance.

أثناء الشحن ، الدايود يكون (ON) يعني فورورد ، فيمر تيار اسمه (I_{D_m}) .

وأثناء التفريغ يكون الدايود (off) يعني أوبن سيركت ، $I_D = 0$.

اللي يحدد قيمة الموجة هو I_{Dm} .

هاد بالنسبة لـ (H.C) ، بس بال (F.W) ، ع يكون في اختلاف بسيط .



$$\frac{T}{2} = \tau_{dis} + \tau_{ch} \quad , \tau_{dis} = T'$$

if $r_f = 0 \rightarrow \tau_{ch} = r_f \cdot C = 0$

$$\frac{T}{2} = \tau_{dis}$$

$$V_r = \frac{V_m \cdot T'}{RC}$$

Full wave	half wave
$\frac{T}{2} = \tau_{dis}$	$T = \tau_{dis}$
$V_r = \frac{V_m \cdot T'}{RC}$	$V_r = \frac{V_m}{fRC}$

$$* \; V_{r_{(full)}} = \frac{V_m}{2fCR} \Rightarrow V_{r_{(full)}} = \frac{1}{2} V_{r_{(half)}}$$

حيث أن بال (H.W) يوجد وقت كبير للتفريغ ، بس (F.W) الوقت أقل .
وذلك واضح في الرسمات .

$$V_{r_{(full)}} = \frac{V_m}{2fCR}$$

$$V_{r_{(half)}} = \frac{V_m}{fCR}$$

$$C_{(half)} = 2C_{(full)}$$

Scanned with CamScanner

Example : design a FWBR to deliever a peak out voltage, $V_m = 10$, with ripple not exceed 10 %, $V_\alpha = .7$, the input is (120) rms, $f = 50$ HZ, $R = 100$.

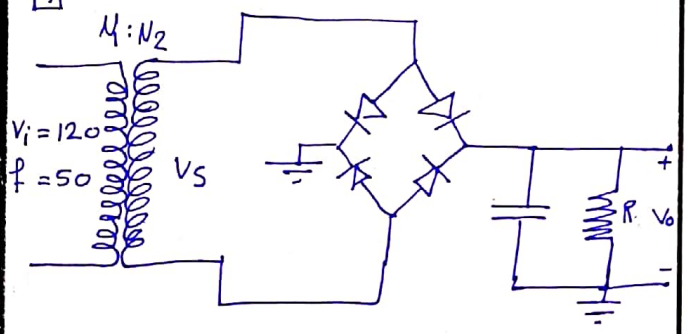
1 draw the circut diagram.

2 draw $V_o(t)$ indecating time and voltage level ?

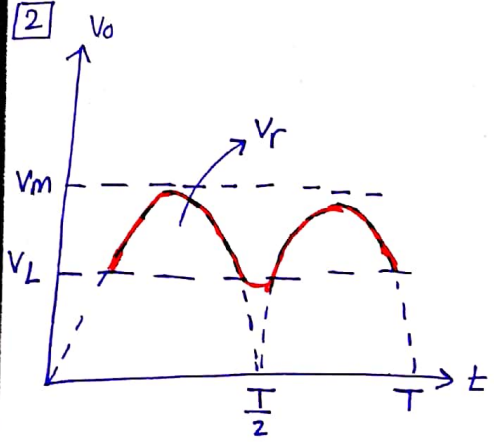
3 Caculate $\frac{N_1}{N_2}$, PiV, ID_{peak} and filtiring capactor ?

الحل :-

1



2



$V_r = V_m - V_L$

$= 10 - VL$

المقصود بـ (10%) :-

يعني 10٪ من (V_m)

$V_r = \frac{10}{100}(V_m)$

$= \frac{10}{100}(10)$

$\boxed{V_r = 1}$

$V_r = V_m - V_L$

$V_L = V_m - V_r$

$= 10 - 1$

$\boxed{VL = 9}$

3 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_i}{V_s} = \frac{V_i\,(rms)}{V_s\,(rms)} = \frac{V_{ip}}{V_{sp}}$

$V_{ip} = V_i(rms) = 120\sqrt{2} = 170$.

$V_m = V_{sp} - 2V_\alpha$

$V_{sp} = V_m + 2V_\alpha$

$\boxed{VSP = 11,4}$

$\frac{N_1}{N_2} = \frac{170}{11,4}$

$PiV = V_{sp} - V_\alpha$

$= 11,4 - ,4$

$= 10,7$

Scanned with CamScanner

$$I_{Dp} = \frac{V_m}{R} = \frac{10}{100} = 0.1$$

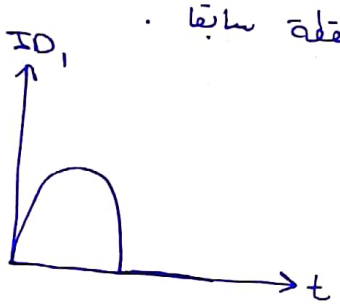
$$V_r = \frac{V_m}{2fCR}$$

$$C = \frac{V_m}{2f R . V_r} = \frac{10}{2(50)(100)(1)} = 10^{-3} F$$

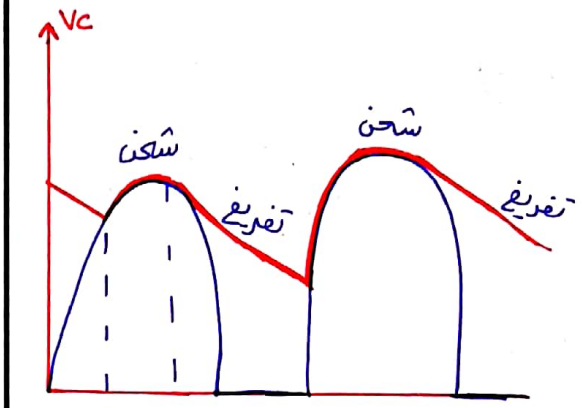
سؤال !!

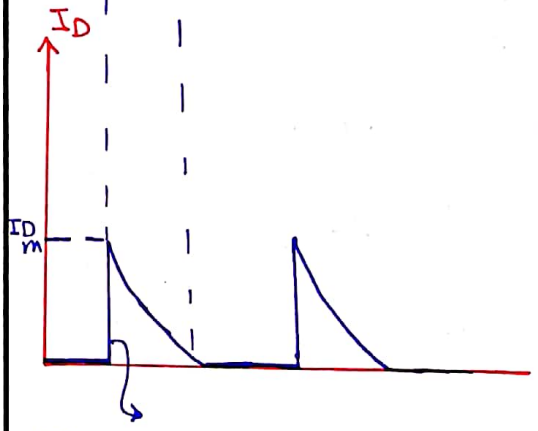
لو طلب في ورقة I_{D1} هل سيكون (HC) أم (FC) ؟

D_1 مرة سيكون فورورد ومرة سيكون ريفيرس
∴ مرة ستكون له قيمة I_{D1} ومرة صفر.
وتم شرح هذه النقطة سابقاً.



أعلى تيار يمر (I_{Dm}) عندما تكون قيمة C أقل ما يمكن . لاحظ الشكل.





التيار أعلى ما يمكن
والمواسع أقل ما يمكن

ملاحظات مهمة :

اذا كان مُعطى في السؤال :

the ripple most of 1V → Peak to Peak → $V_r = 1$

the ripple 1 Peak V → لازم أضرب بـ 2 → $V_r = 2$

the ripple 1(rms) V → لازم أضرب بـ $2\sqrt{2}$ → $V_r = 2\sqrt{2}$

لأنه لازم تكون Vr [قمة وقاع] ← Peak to Peak .

Scanned with CamScanner

تلخيص القوانين :-

* $E_c = E_v + E_g$.

* $\sigma = \frac{1}{\rho}$.

* $n_i = B \cdot T^{3/2} \cdot e^{-Eg/2kT}$

* $P_o = \frac{n_i^2}{Nd}$

* $n_o = \frac{n_i^2}{NA}$

* $J_n = e \cdot M_n \cdot n \cdot E$

* $J_p = \rho \cdot M_p \cdot P \cdot E$

* $I = J_n \cdot A$

* $\sigma = J_n + J_p$

* $J = \sigma \cdot E$

* $J = \frac{1}{\rho} \cdot E$

* $\sigma = e \cdot n \cdot M_n \pm e \cdot p \cdot M_p$

* $J_n = e \cdot D_n \cdot \frac{dn}{dx}$
* $J_p = e \cdot D_p \cdot \frac{dp}{dx}$

] مع الانتباه للإشارة بناءً على الاتجاه

* $V_{bi} = \frac{KT}{e} \ln \frac{Na \cdot Nd}{(ni)^2}$

* $\frac{KT}{e} = V_T$

* $I_{S_2} = I_{S_1} (2)^{\frac{\Delta T}{5}}$

* $C_j = \frac{C_{j_o}}{\sqrt{1 + \frac{V_R}{V_{bi}}}}$

* $I_D = I_S \cdot e^{V_D/nV_T}$ → V_D موجبة

* $I_D = -I_S$ → V_D سالبة

* $P_D = V_D * I_D$.

* HwR :-

$I_{Dm} = \frac{V_{ip} - V_\alpha}{R} = \frac{V_m}{R}$

$V_m = V_{ip} - V_\alpha$

$V_D = -V_{ip}$

$V_{avg} = \frac{V_m}{\pi}$

$P_{iv} = V_{ip}$.

* FwR using C.T .

$I_{Dm} = \frac{V_{sp} - V_\alpha}{R}$

$V_m = V_{sp} - V_\alpha$

$V_D = -(2V_{sp} - V_\alpha)$

$V_{avg} = \frac{2V_m}{\pi}$

$P_{iv} = 2V_{sp} - V_\alpha$

Scanned with CamScanner

* (Fw BR) :-

$$I_{D_m} = \frac{V_{sp} - 2V_\alpha}{R}$$

$$V_m = V_{sp} - 2V_\alpha .$$

$$V_D = V_\alpha - V_{sp}$$

$$PiV = V_{sp} - V_\alpha$$

$$P = I_{avg} * V_D = I_{avg}(V_\alpha + ID * r_f)$$

$$V_{avg} = \frac{2V_m}{\pi}$$

* Filter (Hw) :-

$$V_r = V_m - V_L$$

$$\tau_{ch} = r_f . C$$

$$T' = \tau_{dis} = R . C$$

$$T = \tau_{ch} + \tau_{dis} .$$

$$V_r = \frac{V_m}{fRC} = \frac{V_m T'}{RC}$$

* Filter (Fw) :-

$$V_r = \frac{V_m}{2RCf}$$

$$V_{r(half)} = 2V_{r(full)} .$$

$$C_{(half)} = 2C_{(full)} .$$

Scanned with CamScanner

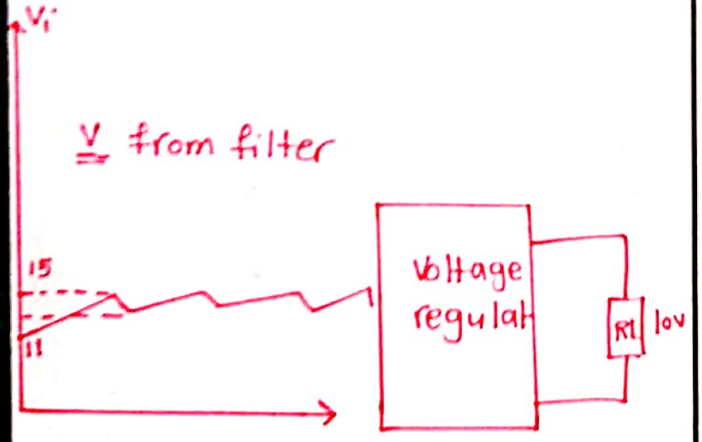
* voltage regulater :

electronic circuit used to maintain a certain voltage across a certain load and protect the load when (Vi) or (RL) is changed.

منظم الفولتية : وظيفته يثبّت فولتية معينة على ال (Load) ، ليحافظ على سلامة ال (Load) .

* منظم الفولتية يأتي بعد الفلتر ، فتأتي Vi من الفلتر لتدخل إلى (RL) وممكن نحكي إنها بطارية التلفون ، مشان أحمي هاي البطارية من الاحتراق في حال دخل عليها تيار عالي ، بركب voltage regulater

وظيفته إنه يضع فولتية معينة على البطارية وتبقى ثابتة ، ومهما دخل عليها فولتية أكبر منها ما تستقبل إلا بالمقدار المحدّد لها ، وبالتالي تم حماية هاي البطارية من الاحتراق .



بناءاً على الرسمة ، حتى أحمي (RL) واللي بنقصد فيها بطارية التلفون ، لازم أفصل بينها وبين الفلتر ، بإشي اسمه [منظم الفولتية]

على سبيل المثال ، ثبّتت الفولتية على البطارية (10) فولت ، دائماً سيدخل إلى البطارية (10) فولت مهما كانت قيمة (Vi) القادمة من الفلتر ، يعني سواء Vi كانت (11) أو (15) ، لا يقبل إلا (10) V . وسيعمل بشكل آمن وهو المطلوب .

* أبسط دائرة كهربائية بال (voltage reg) هي الزينر (zener diode) .

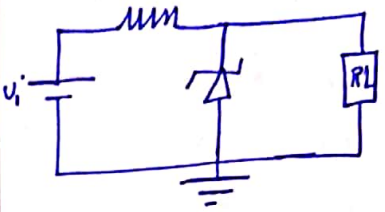
* من أسباب ال (damege) اللي بتصير :-

لنفرض أن محطة كهربائية بتوزع كهرباء على الجامعة كاملة [قاعات ، مختبرات ، إلخ...]

وأن القاعة (1) في قسم الكهرباء مخصص لها (200) أمبير موزعين على الأخواء ، الداتاشو ، وكانت الداتاشو بتحتاج فقط (20 m) أمبير ، في حال مر فيها أكثر من (20) mA سوف تحترق @@ .

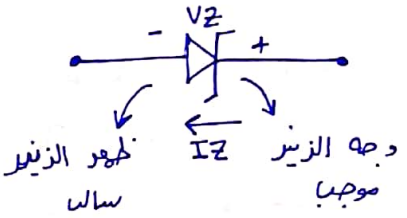
شو الاحتمالات التي سببت مرور أكثر من 20 mA ؟

Scanned with CamScanner

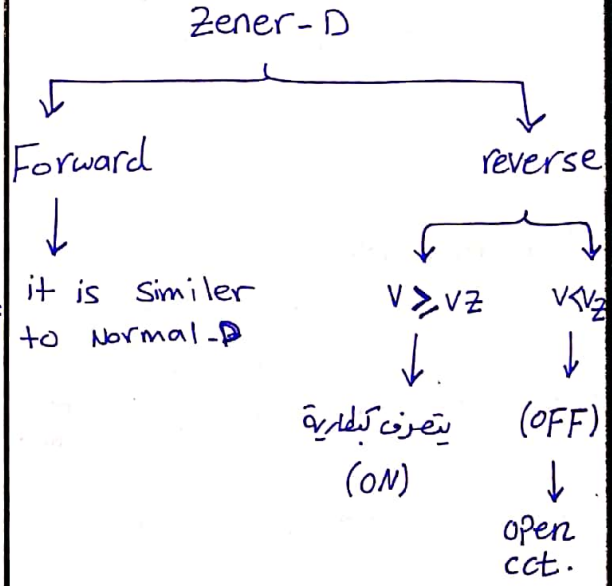


هاد الزينر دايود بحمي (RL) ، والمقاومة موجودة لحماية الزينر.

* أقطاب الزينر بدها تركيز لأنها غير عن أقطاب الدايود العادي.



* زي ما أخدنا أنه الدايود له حالتين إما فورورد إما ريفيرس ، كمان الزينر إله حالتين.



① الاحتمال الأول، أنه محطة الكهرباء زادت الفولتية من عندها ، فبصير إنه الجامعة بوصلها (220) بدل (200) ، فالبتالي قسم الكهرباء رح يوصله أكثر من ما بتتحمل ، وكذلك القاعة ، والداتا شو بصله أكثر منه ما بتتحمل فبتحترق.

هاد اسمه [Variable Vi] ، لكن (RL) للجامعة ثابتة.

② الاحتمال الثاني ، انه ما في أي مشاكل بالمحطة بس صار أوفر سيركت بكلية الرياضة ، عمل خلل بباقي مباني الجامعة ، فبتوزع التيار على باقي المباني وبالتالي يزداد التيار على القاعات وعلى الداتا شو وبينحرق.

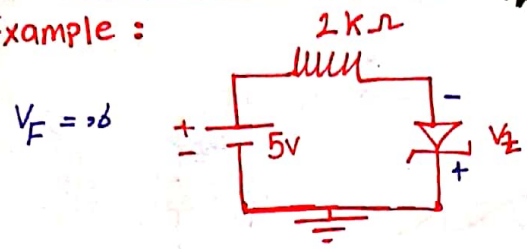
هاد اسمه [Variable RL] ، لكن (Vi fixed).

" هون بتكون فائدة (Voltage reg) ، إنه يثبت الفولتية على الأجهزة ، وما تحترق في حال حدث أحد الاحتمالين السابقين. "

* Zener diode can be used as a voltage regulater.

Scanned with CamScanner

Example :



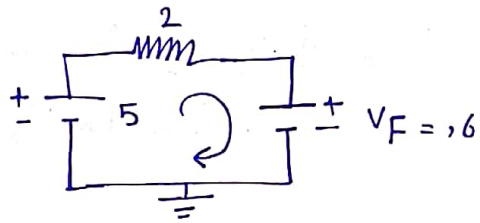
$V_F = 0.6$

الحل :

نحدد أقطاب الزينر ونقارنها مع أقطاب البطارية [موجب قريب عالسالب ، والسالب قريب عالموجب]

هاد بالزينر معناه فورورد عكس الدايود العادي .

اذا كان الزينر فورورد نعامله كالدايود العادي .



يعني موجب قريب على موجب وسالب قريب على سالب

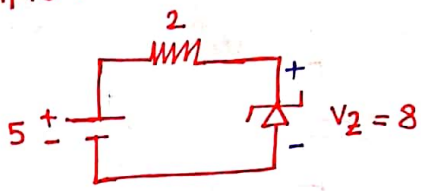
$$V_\alpha = V_F = 0.6$$

$$-5 + 2(ID) + 0.6 = 0$$

$$ID = \frac{5 - 0.6}{2} = 2.2 \text{ mA}$$

$$VD = V_\alpha = V_F = 0.6 \text{ V}$$

Example :



الحل :

نحدد أقطاب الزينر ، نقارنها مع أقطاب البطارية [موجب قريب على الموجب والسالب قريب على السالب]

هاد بالزينر معناه ريفيرس عكس الدايود العادي .

الآن بدنا نعرف هل هو (ON) أم (off)

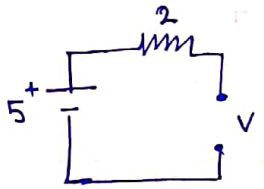
نقارن V بـ V_Z

$V_Z = 8$

$V = 5$

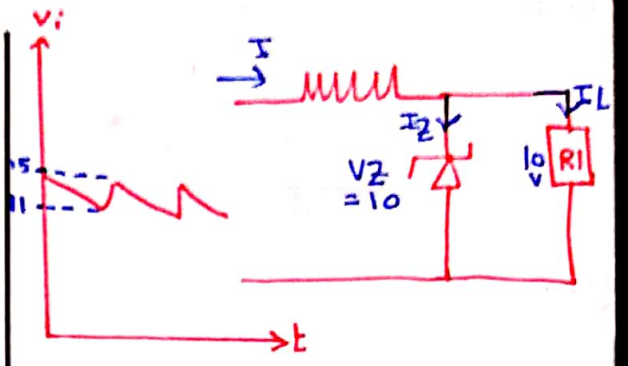
$V_Z > V \Rightarrow$ Z-D is (off)

$\Rightarrow$ open cct $\rightarrow I_Z = 0$



إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner



* لنفرض أن RL يشتغل فقط على (10) فولت ، نركّب زينر جهده (10) فولت ، ونُدخل عليه Vi

$\boxed{VZ = 10}$

كما في الرسمة يتراوح بين (11→15)

يعني : $VZ < V$

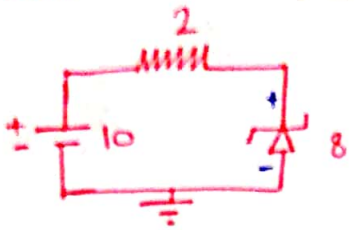
∴ الزينر يتحوّل إلى بطارية جهدها (VZ) وتيارها (IZ) .

* المقاومة اللي بنركبها لازم تكون قادرة على ضبط التيار، بحيث لا يتجاوز (I_{Zmax}) .

* عندما نقول أن الدايود العادي (ON) نقصد بذلك أنه موصول .

لكن عندما نقول أن الزينر دايود (ON) نقصد بذلك أنه يشتغل ويتصرف كبطارية جهدها (VZ) .

* Example :



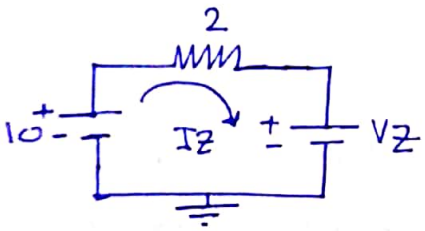
الحل : بعد تحديد أقطاب الزينر ومقارنتها بأقطاب البطارية [موجب مع موجب وسالب مع سالب] .

يبقى التقديس ، مطلوب نعرف هل هو ON أم (off) .

$VZ = 8$

$V = 10$

$V > VZ$ ⇒ يتصرف الزينر ⇒ تياره يتراوح بين I_{Zmax} و $I_{Z\,min}$ كبطارية جهدها VZ



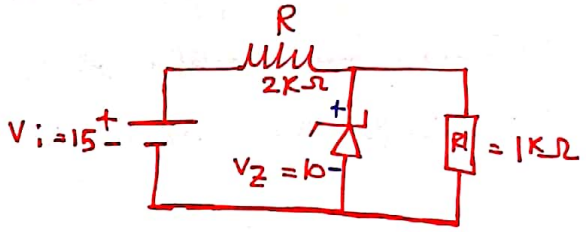
$-10 + 2(IZ) + 8 = 0$

$IZ = 1\ mA$.

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

Example:



find IL , I , VL , Pz ?

الحل:

في السؤال لم يعطين قيمة (V) لأقارنها مع (Vz) ، لذلك أنا لا أعلم اذا كان $(V > V_z)$ أو $(V < V_z)$.

نقارن أقطاب البطارية مع أقطاب الزنير [موجب مع موجب وسالب مع سالب] .

∴ الزنير (rev) لكن أي حالة من الحالتين؟

لأجد قيمة (V) ، سأستخدم قانون (Voltage div) لأعرف من خلاله فولتية (RL) فهي موازية للزنير وهي (V) .

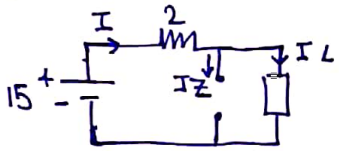
أفرض أن الزنير (off) ← open cct

$$V = \frac{V_i * RL}{R + RL} = \frac{15 * 1}{2 + 1} = 5$$

$V_Z = 10$

$V = 5$

since $V < V_Z$ ⟶ Z-D is (off) ⇒ open cct .



$I_Z = 0$

$$I_L = I = \frac{V_i}{R + RL} = \frac{15}{3} = 5 \text{ mA}$$

$P_Z = V_Z * I_Z = 0$

$V_L = V = 5$.

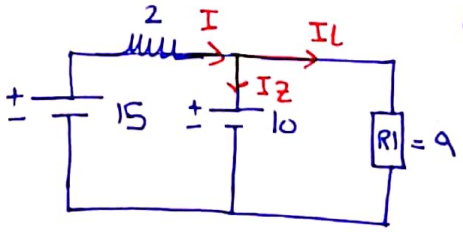
* find IL , I , VL , Pz if RL= 9 KΩ ?

الحل:

نفس خطوات الحل

$$V = \frac{V_i * RL}{RL + R} = \frac{15 * 9}{9 + 2} \simeq 13$$

$V = 13$
$V_Z = 10$
⇒ $V_Z < V$ ⇒ يتصرف كبطارية جهدها Vz ويمر خلالها تيار (IZ)



$$I_L = \frac{V_Z}{RL} = \frac{10}{9} = 1{,}1 \text{ (mA)} .$$

$I = I_Z + I_L$

$-15 + 2(I) + 10 = 0 \Rightarrow I = 2{,}5$

$2{,}5 = I_Z + 1{,}1 \Rightarrow I_Z = 1{,}4$

إعداد: نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

$P_Z = I_Z * V_Z$

$= 1,4 * 10$

$P_Z = 14$.

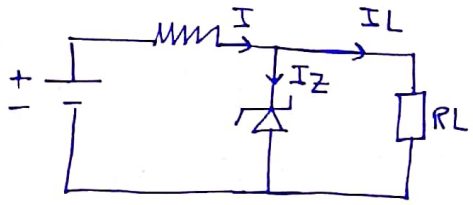
$V_L = V_Z = 10$.

بهذا المثال كانت قيمة (V_i) وقيمة (R_L) لاهما ثابتين .

يوجد حالتين :-

(١) V_i ثابت و (R_L) متغير .

(٢) R_l ثابت و (V_i) متغير .



عند زيادة قيمة (V_i) ستزداد (I) فكل الزيادة ستذهب إلى (I_Z) وتبقى (I_L) ثابتة .

وعندما تقل (V_i) ستقل (I) وكل النقصان ستذهب إلى (I_Z) وتبقى (I_L) ثابتة .

هذا يعني (V_i) متغيرة و (R_L) ثابتة

[fixed RL and Variable Vi]

* $V_i \uparrow$, $I \uparrow$, but I_L fixed

So $I \uparrow = I_Z \uparrow + I_L$ (fixed).

* $V_i \downarrow$, $I \downarrow$, but I_L fixed

So $I \downarrow = I_Z \downarrow + I_L$ (fixed).

عند زيادة (R_L) ستقل (I_L) لأن العلاقة بين التيار والمقاومة عكسية ، وعندما تقل (I_L) ستزداد (I_Z) مع بقاء (I) ثابتة.

عندما تقل (R_L) ستزداد (I_L) وتقل (I_Z) مع بقاء (I) ثابتة .

هذا يعني أن (R_L) متغير و (V_i) ثابتة .

[fixed Vi and Variable RL]

* $R_L \uparrow$, $I_L \downarrow$, but I fixed

$I_{fixed} = I_Z \uparrow + I_L \downarrow$

* $R_L \downarrow$, $I_L \uparrow$, but I fixed

$I_{fixed} = I_Z \downarrow + I_L \uparrow$.

هل الزينر سيستطيع حماية الـ (load) اذا تغيرت (V_i) من صفر إلى قيمة نهائية ؟

لا ، إنما المدى الذي يعمل فيه الزينر $[V_{i_{min}} - V_{i_{max}}]$ يعتمد على [خواص الزينر] Zener Parameter وهي : V_Z , $I_{Z_{max}}$, $I_{Z\,min}$

Scanned with CamScanner

Example: caculate the range of (V_i) over which Z-D is (ON), when Z-D has:

$P_{Z\,max} = 40$ mw.

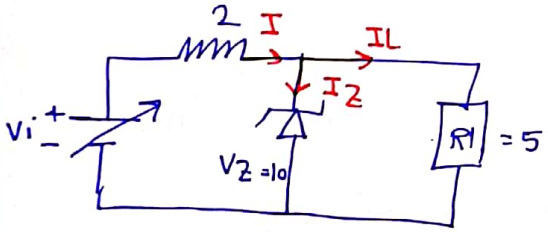
$V_Z = 10$ V.

$R = 2\ K\Omega$.

$R_L = 5\ K\Omega$.

الحل :-

تخيل الدسرة وتطبيق قوانين سيركت بسيطة.



KVL :- $-V_i + R(\ ) + V_Z = 0$

$$V_i = I(R) + V_Z$$

$$I = I_Z + I_L$$

$$P_{Z\,max} = V_Z * I_{Z\,max}$$

$40 = 10 * I_{Z\,max}$

$I_{Z\,max} = 4$ mA ✓

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L}$$

$$= \frac{10}{5}$$

$I_L = 2$ mA ✓ [ثابتة]

$I_{max} = I_{Z\,max} + I_{L\,fixed}$

$= 4 + 2$

$I_{max} = 6$ ✓

نعود إلى أول KVL :

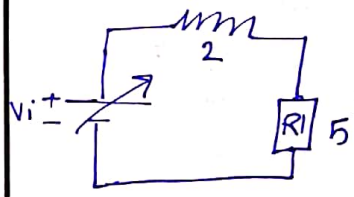
$V_{i\,max} = I_{max}(R) + V_Z$

$= 6(2) + 10$

$V_{i\,max} = 22$ ✓

الآن بدنا نحسب $V_{i\,min}$ عندما I_{min}، وعندما $I_{Z\,min}$.

بما أن السؤال لم يعطيني قيمة $I_{Z\,min}$ إذن ستكون صفر، يعني فتحنا (open cct)



$I_{min} = I_{Z\,min} + I_{L\,fixed}$

$= 0 + 2$

$I_{min} = 2$ ✓

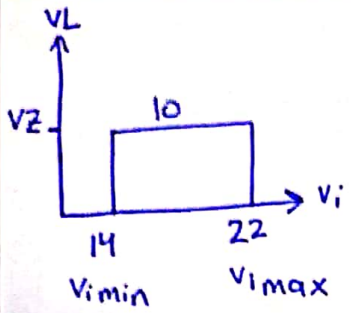
نعود إلى KVL :

$V_{i\,min} = I_{min} * R + V_Z$

$= 2(2) + 10$

$V_{i\,min} = 14$ ✓

Scanned with CamScanner

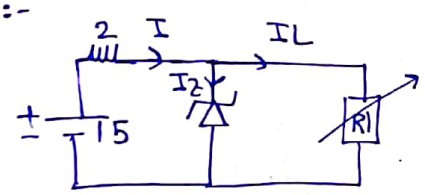


يعني الزنير سيعمل فقط ضمن رينج V_i (14-22) ، اذا دخل V_i أقل من 14 سيصبح الزنير (off)

واذا دخل V_i أكبر من 22 سيصبح over heating ويحترق.

Example: given Z-D with $V_Z = 10\ v$, $P_{Z_{max}} = 20\ mW$, $R = 2K\Omega$, $V_i = 15V$, caculate the range of RL ?

الحل :-



$P_{Z_{max}} = I_{Z_{max}} * V_Z$

$20 = I_{Z_{max}} * 10$

$I_{Z_{max}} = 2$ ✓

kVL:- $-15 + 2(I) + 10 = 0$

$I = 2.5$ ✓

$I_{fixed} = I_{Z_{max}} + I_{L_{min}}$

$2.5 = 2 + I_{L_{min}}$

$I_{L_{min}} = 0.5$ ✓

$RL_{max} = \frac{V_Z}{I_{L\,min}} = \frac{10}{0.5} = 20\Omega$ ✓

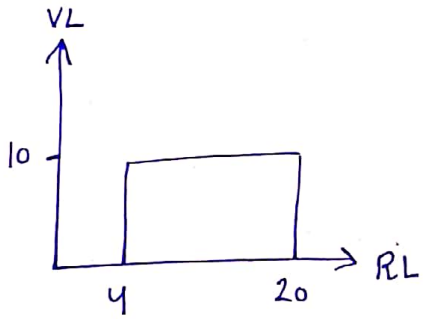
الآن نريد حساب RL_{min} عند $I_{L_{max}}$ عندما $I_{Z_{min}}$ ، وبما أنه غير مذكور في السؤال قيمة $I_{Z_{min}}$ ، فهي تساوي صفر يعني عند (Z-D off).

$I_{fixed} = I_{Z_{min}} + I_{L_{max}}$

$2.5 = 0 + I_{L_{max}}$

$I_{L_{max}} = 2.5$ ✓

$RL_{min} = \frac{V_Z}{I_{L_{max}}} = \frac{10}{2.5} = 4\Omega$ ✓



RL_{max} تقابلها $I_{L\,min}$ تقابلها $I_{Z_{max}}$

RL_{min} تقابلها $I_{L\,max}$ تقابلها $I_{Z_{min}}$

Scanned with CamScanner

Example: Specify the Z-D required to maintain (10)v accross a load when the load is changed from (5KΩ) → (10KΩ) and V_i changed from (16v) → (25v) find, $I_{Z\,min}$, $I_{Z\,max}$, $P_{Z\,max}$?

الحل :-

بهذا السؤال كل من (V_i) و (R_L) متغيرين، لذلك سنثبت إحداهما ونترك الأخرى كما هي.

فإما نثبت (R_L) أو (V_i) كالتالي :-

fixed V_i and Variable R_L :-

1. $V_i = 16$ →
   - $R_{L\,min} = 5$ نجد $\rightarrow I_{Z\,min} \rightarrow I_{L\,max}$
   - $R_{L\,max} = 10$ نجد $\rightarrow I_{Z\,max} \rightarrow I_{L\,min}$

2. $V_i = 25$ →
   - $R_{L\,min} = 5$ نجد $\rightarrow I_{Z\,min} \rightarrow I_{L\,max}$
   - $R_{L\,max} = 10$ نجد $\rightarrow I_{Z\,max} \rightarrow I_{L\,min}$

مثل ما حلينا المثالين السابقين تماماً ☺

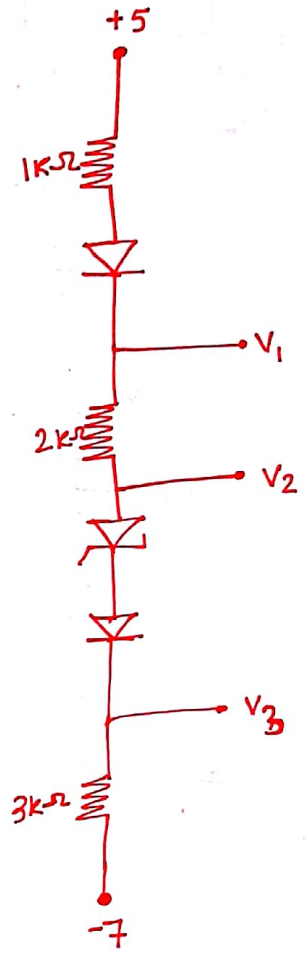
OR

fixed R_L and variable V_i :-

1. $R_L = 5$ →
   - $V_{i\,min} = 16 \rightarrow I_{Z\,min}$
   - $V_{i\,max} = 25 \rightarrow I_{Z\,max}$

2. $R_L = 10$ →
   - $V_{i\,min} = 16 \rightarrow I_{Z\,min}$
   - $V_{i\,max} = 25 \rightarrow I_{Z\,max}$

Example :



$V_Z = 5$
$V_f = 0.5$
$V_\alpha = 0.6$

find ID, I_Z, V_1, V_2, V_3 ?

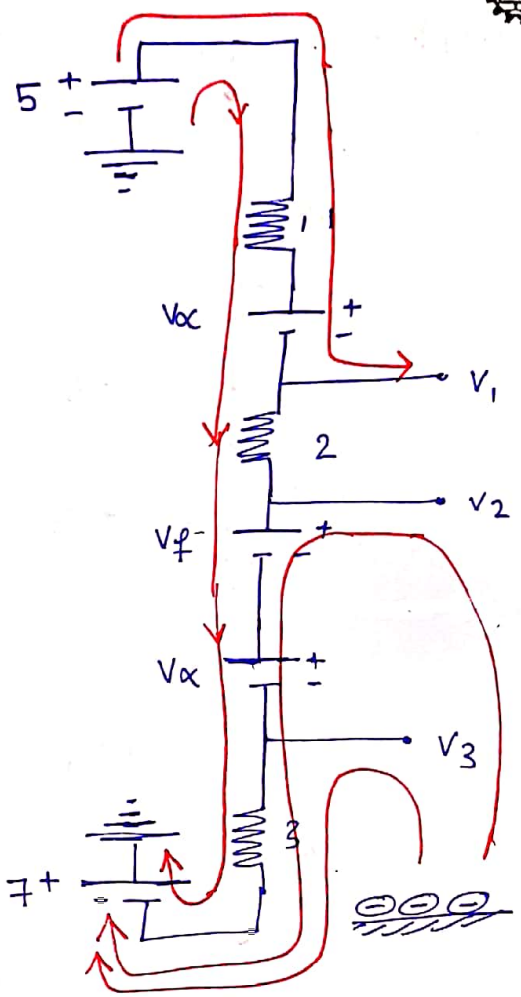
الحل :-

نُعيد الرسمة مع المتغيرات الجديدة، وكما تعلمنا سابقاً أن (+5) تعني أن القطب السالب على الأرض، وأن (-7) تعني أن القطب الموجب على الأرض كما سيوضع في الرسمة.

وكما نلاحظ أقطاب الديودات والزينر مع أقطاب البطاريات حتى نعرف ماذا تعتبرهم فورورد أم ريفيرس.

إعداد: نتالي الكايد

Scanned with CamScanner



نلاحظ أن الدايود الأول قطبه الموجب قريب على قطب البطارية الموجب وكذلك السالب قريب على السالب ، لذلك نعتبره فورورد ونضع مكانه Vx و بمقاومة Rf .

والدايود الثاني [زينر] القطب موجب له قريب على القطب السالب للبطارية ، والقطب السالب قريب على الموجب لهذا نعتبره فورورد ، وكما أخذنا سابقاً أن الزينر عندما يكون فورورد نعتبره أو نعامله كالدايود العادي ، أي نعوضه ببطارية (Vf) .

والدايود الثالث نفس الشيء يعبر فورورد فنضع مكانه Vx .

تظهر عند الثنوات لا نجد أي تفرعات لذلك كل شيء موصول على التوالي ، فإن

$$I_Z = I_D = I$$

(KVL) :-

$$-5 + I(1) + V_x + 2(I) + V_f + V_x + 3(I) - 7 = 0$$

$$-5 + ,6 + ,5 + ,6 - 7 = -I - 2I - 3I$$

$$-10,3 = -6(I)$$

$$\boxed{I_D = I_Z = I = 1,72}$$

لإيجاد V_1 ، V_2 ، V_3 نعمل KVL أيضاً

$$-5 + 1(1,72) + ,6 + V_1 = 0$$

$$\boxed{V_1 = 2.68 \ V}$$

$$-V_2 + ,5 + ,6 + 3(1,72) - 7 = 0$$

$$\boxed{V_2 = -,74 \ V}$$

$$-V_3 + 3(1,72) - 7 = 0$$

$$\boxed{V_3 = -1,84 \ V}$$

لو طلب V_{13} كم يطلع ؟

$$V_{13} = V_1 - V_3$$

$$= 2.68 - -1,84$$

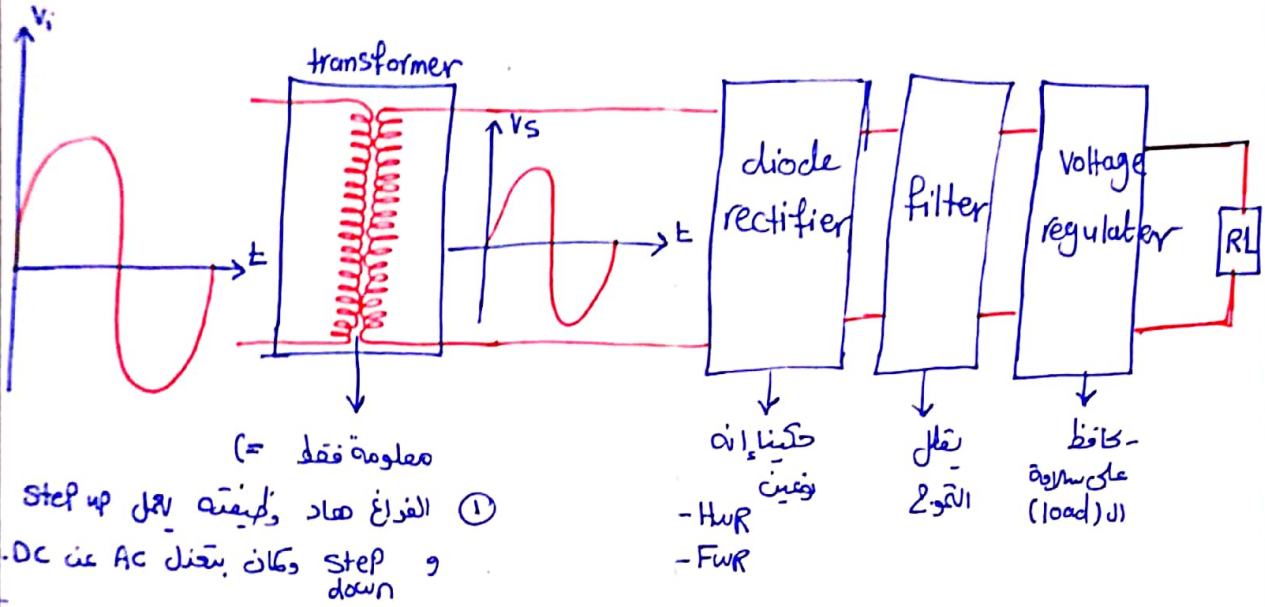
$$= 4.52 \ V$$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

بعد ما كملنا كل التطبيقات ، & نربط بينهم بمثال بسيط من حياتنا لحتى تكون فاهمين مو حافظين !! .

التلفون لما بشحنه ، مجرد ما دخل الشاحن بالكهرباء ، & تصير هي العمليات وأكيد في أشياء لسا ما درسناها ، لكن بشكل بسيط .



هاد كامل اسمه [electronic Power supply]

وكل من ترانسفورمر و ريكتيفاير وفلتر يعتبر دائرة من دوائره .

② وتفصل بين AC و DC

لتخلصنا من الـ spark .

$$\frac{V_S}{V_i} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$V_S = \frac{N_2}{N_1} * V_i$$

if $N_2 > N_1 \rightarrow$ رافعة

if $N_1 > N_2 \rightarrow$ خافضة

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

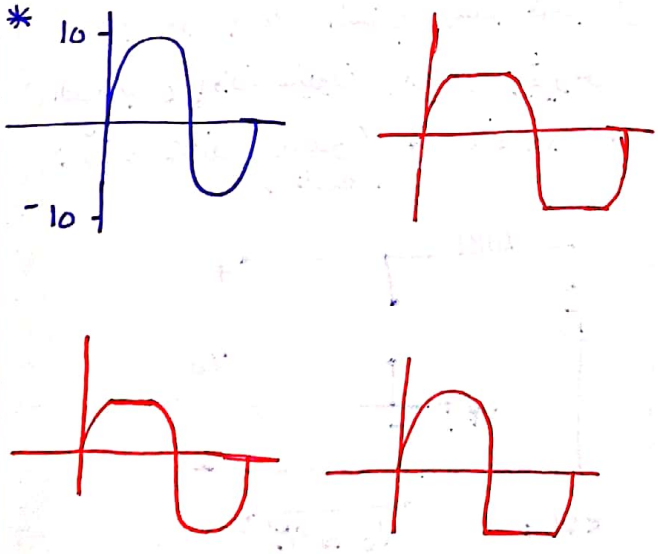
* Clipping :

a process of cutting a portion of the Ac input signal to a certain specified level.

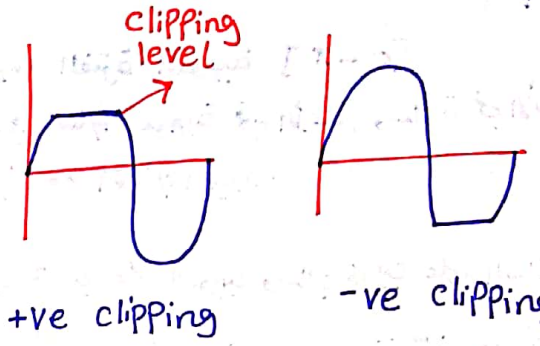
* the cct which performs clipping is called "clipper" and it contains diode(s) represent the main element in the cct.

يقوم بقطع السيجنال إمّا من جهة الموجب أو السالب ، ويعتمد نوع القطع (الموجب أو السالب) يعتمد على اتجاه الدايود .
اسهل شيء لتعرفه ، أنه ركتيفاير ومعه بطارية .

*



أمثلة على القطع الذي يحصل الإشارة وهناك أشكال أخرى بالتأكيد بناءاً على السؤال ومعطياته .

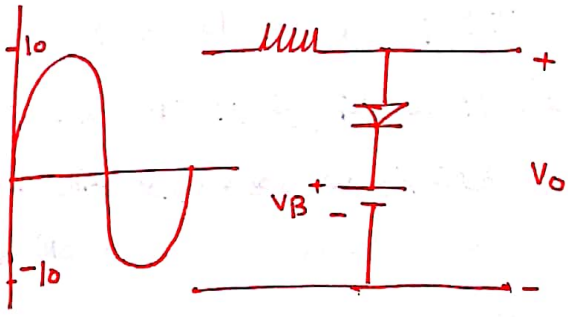


+ve clipping -ve clipping

* the type of clipping (+ve) or (-ve) depends on diode direction .

* clipping level depends on value and polarity of DC source .

example :- Draw V_o for the indicated input , given $V_\alpha = 16$, $r_f = 0$, $V_\beta = 3V$.



إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

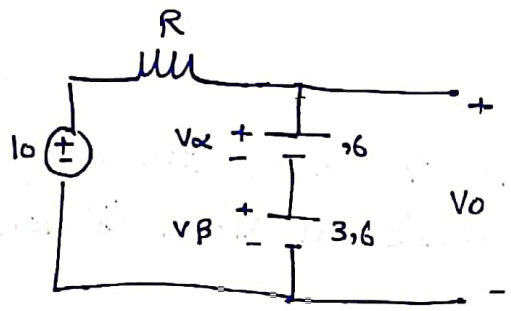
الحل :

ندرس الفترة الموجبة $[0-\pi]$

ونضع اشارة موجبة في الأعلى وسالبة في الأسفل وتقارنها مع أقطاب الدايود .

موجب قريب على الموجب وسالب قريب على السالب .

إذن سيكون الدايود فورورد ، فنعوّضه مكانه V_α و V_β .



KVL :-

$$-V_i + R * ID + V_\alpha + V_\beta = 0$$

$$ID = \frac{V_i - (V_\alpha + V_\beta)}{R}$$

$$\boxed{ID = \frac{V_i - 4}{R}}$$

for $V_i > 4$, Diode → ON

اذا عوضنا مكان (V_i) قيم أعلى من (4) ستكون قيمة (ID) موجبة ، يعني يمر تيار خلال الدايود فهو (ON) .

$$-V_o + V_\alpha + V_\beta = 0$$

$$V_o = V_\alpha + V_\beta$$

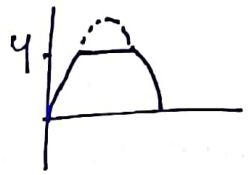
$$\boxed{V_o = 4\ V}$$

for $V_i < 4$, Diode → off .

$$-V_i + \cancel{ID * R} + V_o = 0$$

$$\boxed{V_o = V_i}$$

بتصير رسمة (V_o) خلال هاي الفترة

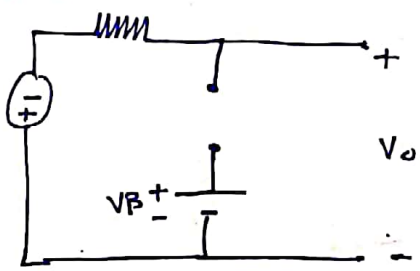


[نفس رسمة V_i عندما تكون القيم أقل من 4 ، ومقطوعة عند الأربعة لكل القيم الأعلى من 4] .

الآن ندرس الفترة السالبة $[\pi - 2\pi]$

ونضع إشارة سالبة في الأعلى وموجبة في الأسفل ونقارنهم مع أقطاب الدايود .

موجب قريب على السالب وسالب قريب على الموجب ، إذن سيكون الدايود بيفيرس فنعوّضه مكانه (open ckt) و $ID = 0$.



KVL :- $\boxed{V_o = -V_i}$

يعني رسمة V_o خلال هاي الفترة هي نفس رسمة V_i .

Scanned with CamScanner

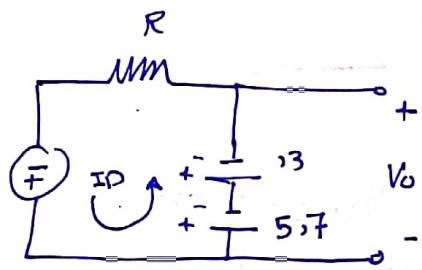
KVL :-

$$V_i = V_o$$

رسمة (V_o) خلال هاي الفترة رح تكون نفس رسمة (V_i) .

الآن ندرس الفترة السالبة $[\pi - 2\pi]$ ، نضع اشارة سالبة في الأعلى وموجبة في الأسفل ونقارنها مع أقطاب الدايود ،

موجب قريب على الموجب وسالب قريب على السالب فيكون الدايود خلال هاي الفترة فورورد ونعوّضه مكانه (V_α) و (V_β) .



KVL :-

$$-V_i + V_\alpha + V_\beta + ID * R = 0$$

$$ID = \frac{V_i - (V_\alpha + V_\beta)}{R} = \frac{V_i - 6}{R}$$

تعميم $V_i < -6$

for $V_i > 6$, Diode (ON)

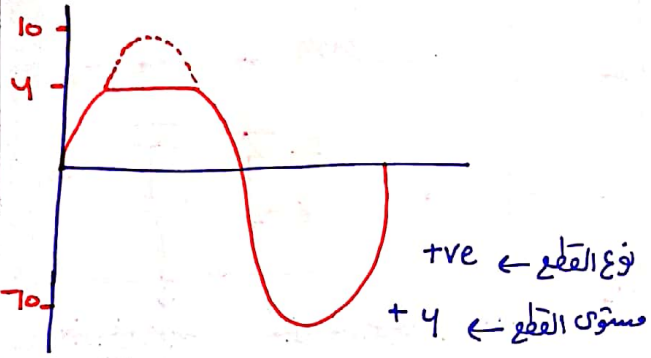
$$-V_o - V_\alpha + V_\beta = 0$$

$$V_o = -(V_\alpha + V_\beta)$$

$$V_o = -6$$

شكون رسمة (V_o) عند هاي الفترة مقطوعة عند (-6) بالنسبة للقيم الأعلى من -6 .

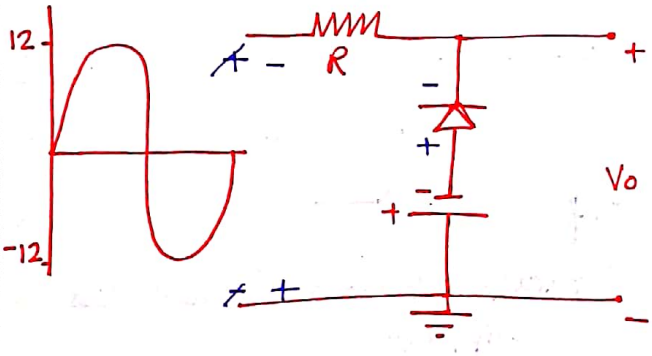
فالرسمة النهائي :-



Example :

$V_\alpha = 3$

$V_\beta = 5,7$

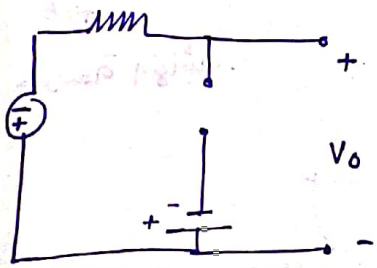


الحل :

نتبع نفس الخطوات في المثال السابق

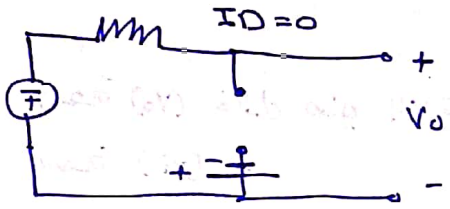
ندرس الفترة الموجبة $[0 - \pi]$ ، نضع اشارة موجبة في الأعلى وسالبة في الأسفل ونقارنها مع أقطاب الدايود .

سالب قريب على الموجب وموجب قريب على السالب ، يعني أن الدايود رح يشتغل خلال هذه الفترة فنعوضه مكانه أوبن سيركيت ، $ID = 0$.



Scanned with CamScanner

for $V_i < 6$ (نفسها $V_i > -6$) , Diode (off) .

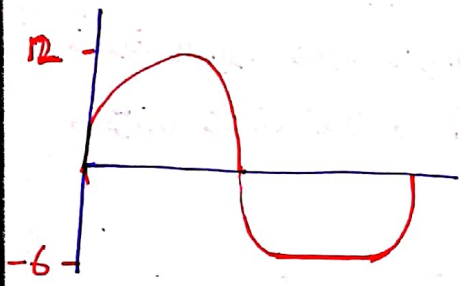


KVL :-

$$V_o = -V_i$$

ستكون رسمة (V_o) خلال هاي الفترة عكس رسمة V_i عندما تكون القيم أقل من 6 .

الرسمة النهائية :-

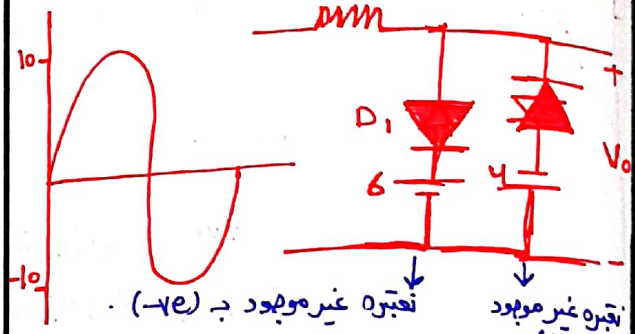


- type of Clipping ⟶ -ve .
- Clipping level ⟶ -6 .

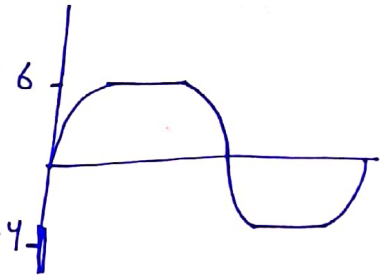
ملاحظات :-

- القطع يكون بمقدار V_α عند $r_f = 0$ و $V_B = 0$.
- القطع يكون بمقدار $ID * r_f + V_\alpha + V_B$.
- لو كانت V_α و r_f و V_B = صفر اذن القطع يكون عند الصفر .
- مستوى القطع يعتمد على اتجاه الدايود وتبيّن ذلك من خلال المثاليين .

Example : $V_{\alpha_1} = V_{\alpha_2} = 0$

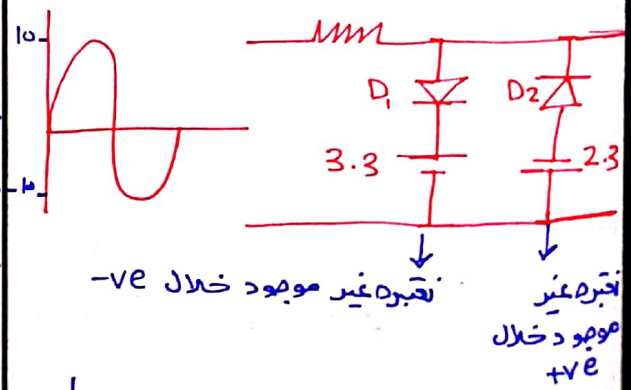


الحل كما قبل دايماً وتكون الرسمة النهائية .

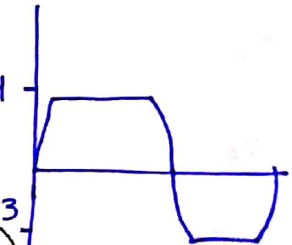


هذا اسمه [Parallel-based Clipper] لأنه يقطع من الموجب والسالب .

Example : $V_{\alpha_1} = V_{\alpha_2} = 0.7$



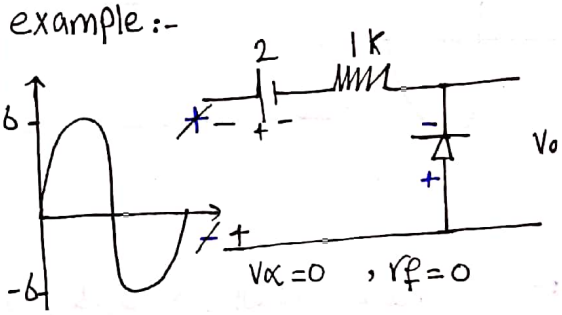
والرسمة النهائية .



Scanned with CamScanner

كل ماتم شرحه كان Parallel clipper والآن سنشرح series clipper

example :-



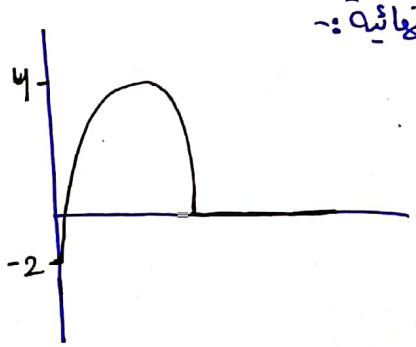
الحل :-

نضع الإشارات كما تعلمنا ونقارنها مع أقطاب الدايود ، فعند القيمة الموجبة [موجب قريب على السالب والسالب قريب على الموجب] لذلك الدايود يكون ريفيرس نهمل KVL فتصبح

$V_o = V_i - 2$

وخلال القيمة السالبة ، نعكس الإشارات كما على الرسمة ونقارنها مع أقطاب الدايود [الموجب قريب على الموجب والسالب قريب على السالب] ، لذلك الدايود يكون فورورد فتعوضه كمانه بـ Vx و Vf وكلاهما يساوي صفر ، $V_o = 0$

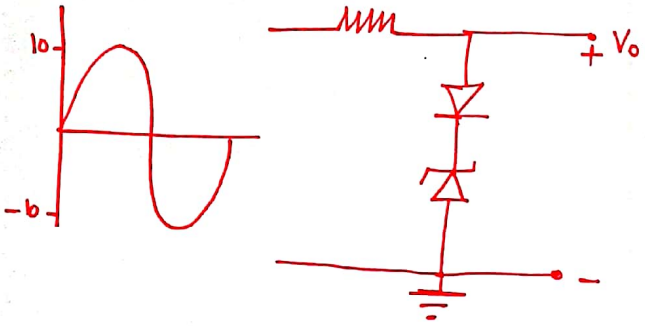
والرسمة النهائية :-



Example :

$V_x = 3$

$V_z = 5.7$



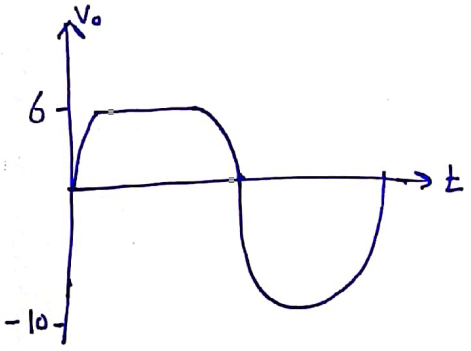
الحل :-

نضع الإشارات كما تعلمنا ونقارنها مع أقطاب الدايود والزينر ، فيكون الدايود فورورد وتعوضه كمانه (V_x) ، ويكون الزينر ريفيرس وجهده (V_z) فتكون $V_o = V_x + V_z$.

وخلال القيمة السالبة يكون الدايود العادي ريفيرس والزينر فورورد فيكون كلاهما (off) .

وتكون $\boxed{V_o = V_i}$.

والرسمة النهائية :-

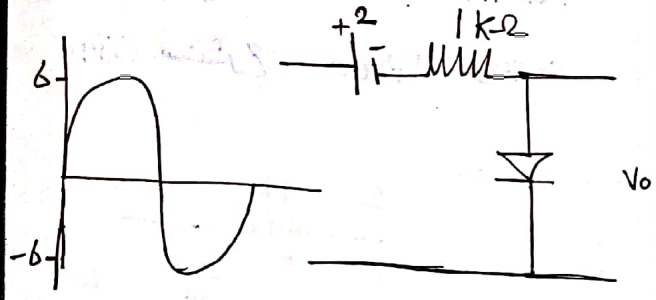


هنا الزينر يُستخدم كـ (constant voltage source) يعني بدل ما استخدم (DC-source) بستخدم زينر .

بحيث [V_z = فولتية البطارية] .

Scanned with CamScanner

Example :-



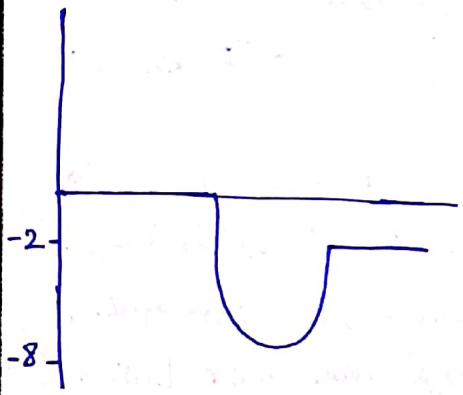
الحل :- نفس طريقة حل المثال السابق

لكن حالات الدايود معكوسة

فعلى الفترة الموجبة يكون فورورد وفي

الفترة السالبة يكون ريفيرس .

والرسمة النهائية :-



Scanned with CamScanner

* clamper :

Changing the D.C level of the A.C input signal to a certain specified level.

وظيفته تغيير مستوى الإشارة وذلك برفعها للأعلى أو بخفضها للأسفل [تشفيت الإشارة] .

* type of clamping : +ve , -ve

* the type of clamping depends on the diode direction.

* the clamping level and DC level depends on value and Polarity of DC source connected with diode (if any).

* the main difference between Clipper and clamper is the capacitor. *

الفرق بين الكليبر والكلامبر ؟

الكليبر كما درسنا يقطع الموجة ويغير شكلها ، أمّا الكلامبر لا يغير بشكل الموجة ولكن يعمل لها فيزحها للأعلى أو ينزلها للأسفل (Shift).

كيف كنا نحسب Vavg وهي نفسها VDC ؟

كنا نجمع الجزء العلوي والسفلي ونقسم على 2 ، مثلاً لو في موجة تتراوح بين +10 ، -10 ، فإن DC avg = $\frac{10+-10}{2}$.

$= 0$

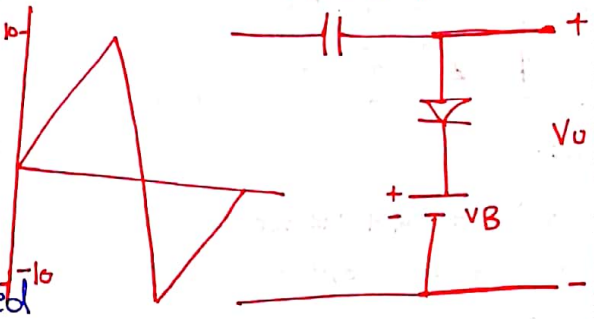
∴

the D.C level of $V_i = \frac{(+V)+(-V)}{2}$

example :-

$V_\alpha = 0.6$

$V_B = 3.4$



الحل :-

لاحظ أن شكل الكلامبر نفس الكليبر لكن مختلف إله مواصفات .

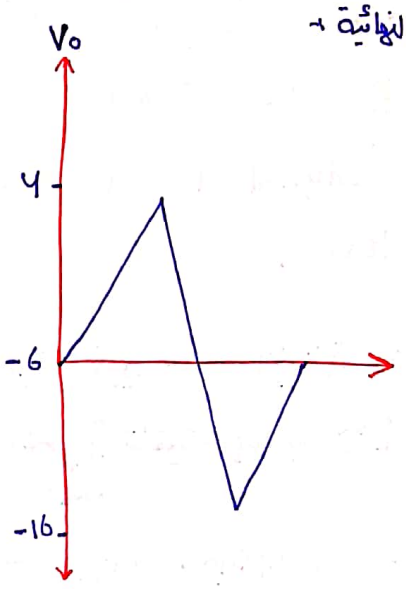
نبدأ الحل بالجزء الذي يجعل الدايود فورورد ، نستبدل البطارية بقيمة (V_{ipeak}) .

ونعوض مكان الدايود (V_α) ، نجد قيمة (V_o) وحسب قولتية المواصفات ، آخذين بعين الاعتبار الأقطاب .

ثم ندرس الجزء الذي يجعل الدايود ريفيرس ونعوض مكان الدايود [أو بن سيركت] ونستبدل

Scanned with CamScanner

رسمة (Vo) النهائية :-



المسافة بين -10 و +10 في Vi هي (20) ، يجب أن تبقى المسافة نفسها لذلك المسافة بين 4 و -16 هي أيضاً 20 والمركز هو (-6) .

بين (4 ← -6) = 10

بين (-6 ← -16) = 10

تم تشفيت السيجنال للأسفل بناءً على اتجاه الدايود .

* اذا كان اتجاه الدايود للأسفل كما في المثال ينتج (-ve Clamping) واذا كان للأعلى ينتج (+ve Clamping) .

[مش حفظ لا]

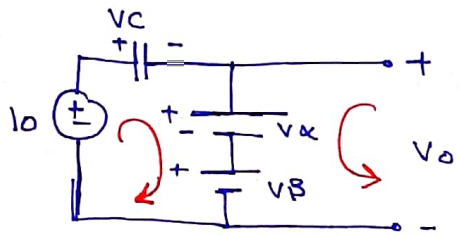
* في حال كانت Vα=0 ولا توجد VB ،

the diode will shift the AC signal up to zero level or it will be shifted down to zero level.

ونحسب قيمة Vo باستخدام (Vc) فولتية المواسع التي حسبناها في الجزء الأول من الحل.

أي الجزأين الذي يجعل الدايود فورورد ؟

نضع إشارات ونحدد أقطاب الدايود ونختبر ، نلاحظ أن الجزء الموجب هو الذي يجعل الدايود فورورد [موجب قريب على الموجب والسالب قريب السالب] .



KVL :-

$-10 + V_C + V_\alpha + V_\beta = 0$

$-10 + V_C + 6 + 3{,}4 = 0$

$\boxed{V_C = 6}$

KVL :-

$-V_o + V_\alpha + V_\beta = 0$

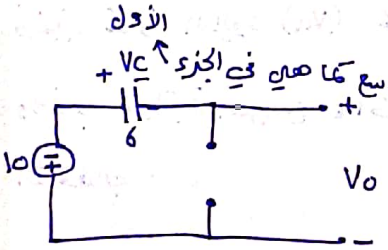
$V_o = 6 + 3{,}4$

$\boxed{V_o = 4}$ *

أقطاب المواسع نحددها بالاعتماد على اتجاه التيار .

الآن ندرس الجزء الذي يجعل الدايود ريفيرس وهو الجزء السالب .

نأخذ أقطاب المواسع كما هي في الجزء الأول



KVL :-

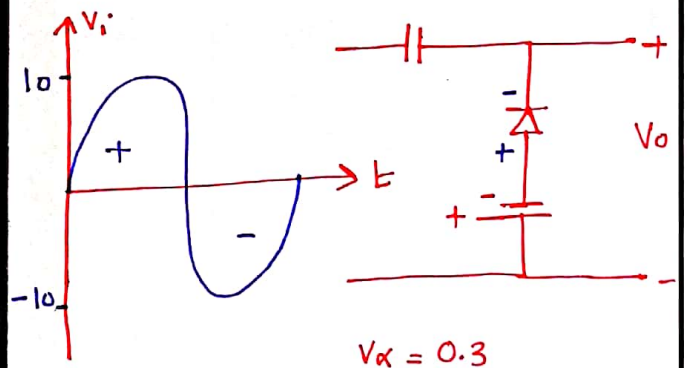
$10 + V_C + V_o = 0$

$\boxed{V_O = -16\ V}$ *

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

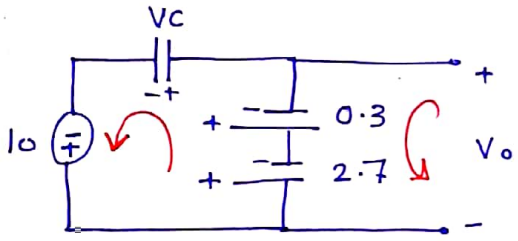
Example :-



Caculate Vo and draw it ?

الحل :-

الجزء الذي يجعل الدايود فورورد هو الجزء السالب.



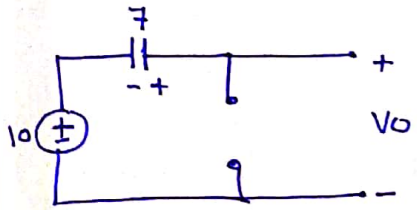
$-10 + Vc + 0.3 + 2.7 = 0$

$\boxed{Vc = 7}$

$-Vo - 0.3 - 2.7 = 0$

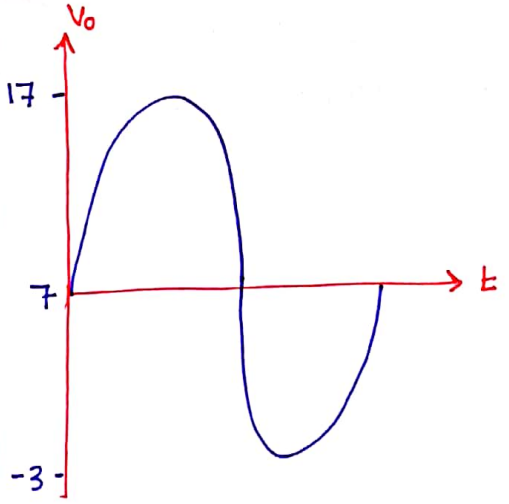
$\boxed{Vo = -3}$

الجزء الذي يجعل الدايود ريفيرس هو الجزء الموجب.



$-10 + -7 + Vo = 0$

$\boxed{Vo = 17}$



طول الفترة يبقي ثابت = 20

بين 7 ← 17 = 10

بين -3 ← 7 = 10

تم تشفيت السيجنال للأعلى بناءً على اتجاه الدايود .

لا تنسى أن أقطاب المواسع تكون حسب اتجاهك بالتيار .

وأن الأقطاب تبقى كما هي في الدائرة التالية .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* Multiple diode circuit *

Circuits contains more than one diode , diodes can be on or off. ,so analysis can be complicated , in these ccts you have to gusse the state of diode , but remember (on) diode has $I_D > 0$. and (off) diode has $V_D < 0$ or $V_D < V_\gamma$.

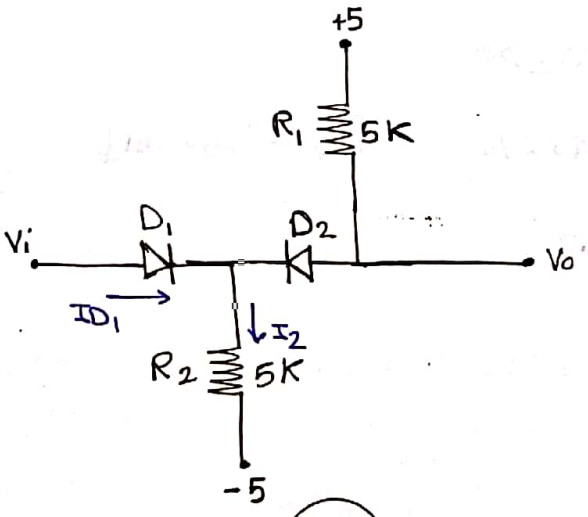
في هذا الدرس لا يوجد طريقة حل معينة ، حيث علينا أن نفترض الديودات إما ON وإما off ، وحل السؤال وحساب قيمة ID و VD إلخ

تذكر دائماً أن الدايود (ON) يكون تيار ه موجب .

والدايود (off) يكون $V_D < 0$ أو $V_D < V_\gamma$.

ومع حل الاسئلة تصبح متمرّس وتحدد الديودات بشكل صحيح من أول مرة .

example:- For the cct ,shown in the figure , the diodes have $V_\gamma = 0.7$, $V_f = 0$, caculate I_{D_1} , I_{D_2} , V_{D_1} , V_{D_2} ,VA and Vo , for $V_i = 4$, $V_i = 1$.

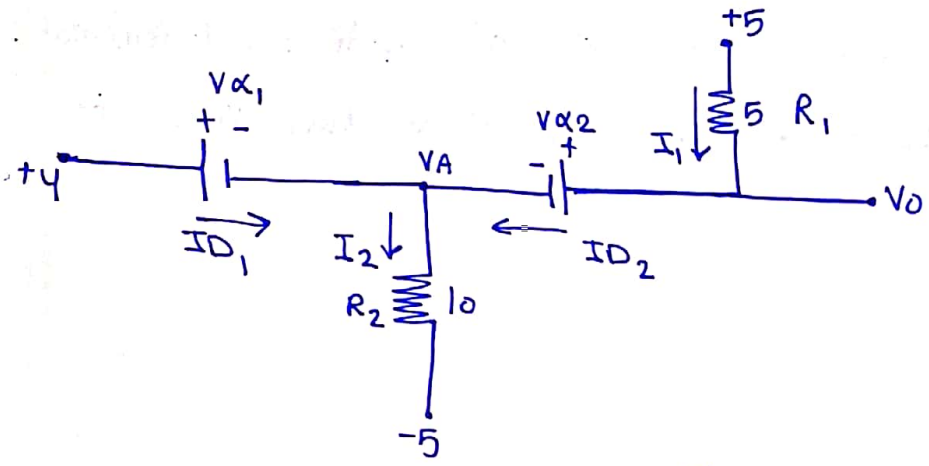


Scanned with CamScanner

الحل :-

① assume D_1 and D_2 are (ON)

نفرض كتجربة واذا كان الفرض خاطئ نعيد الفرض



باقي الحل عبارة عن KVL ومهارات بسيطة :

$$-4 + V\alpha_1 - V\alpha_2 + V_O = 0 \Rightarrow V_O = 4$$

$$I_1 = \frac{V - V_O}{R_1} = \frac{5-4}{5} = 0.8 \text{ mA} = I_{D_2}$$

$$-4 + V\alpha_1 + V_A = 0 \Rightarrow V_A = 4 - V\alpha_1 = 3.3$$

$$-V_A + I_2 \cdot R_2 - 5 = 0 \Rightarrow I_2 = \frac{V_A + 5}{R_2} = 0.83 \text{ mA}$$

$$I_{D_1} + I_{D_2} = I_2$$

$$\therefore I_{D_2} = I_2 - I_{D_2} = 0.83 - 0.8 = 0.03 \text{ mA}$$

Since I_{D_1} and $I_{D_2} > 0$

$\therefore D_1$ and $D_2 \Rightarrow$ ON [اذن فرضنا صحيح]

$$V_{D_1} = V_{D_2} = V\alpha = 0.7$$

Scanned with CamScanner

② Assume $D_1 \rightarrow$ off , $D_2 \rightarrow$ ON

$$I_1 = ID_2 = I_2 = \frac{5+5-V\alpha}{15} = \frac{9.3}{15} = 0.62 \text{ mA}.$$

$$-VA + I_2 \cdot R_2 - 5 = 0$$

$$VA = I_2 \cdot R_2 - 5 = 0.62 * 10 - 5 = 1.2$$

$$-1 + VD_1 + 1.2 = 0$$

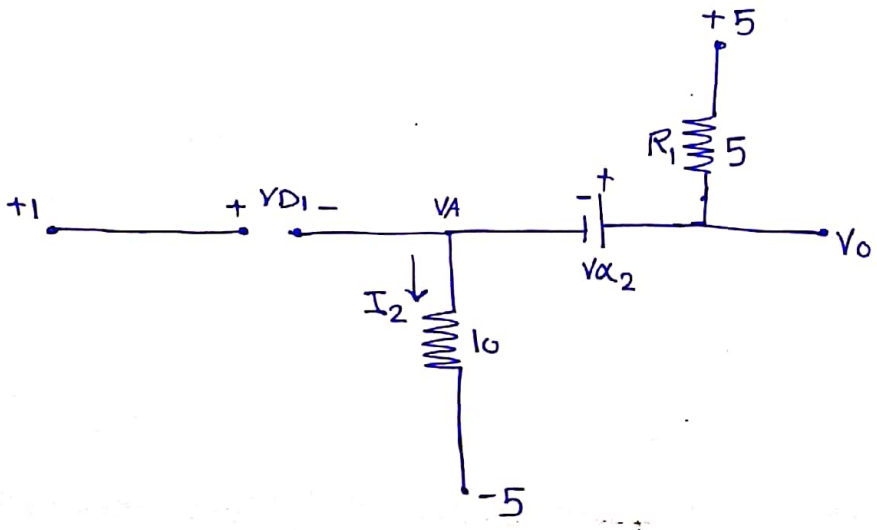
$$VD_1 = 1 - 1.2 = -0.2$$

∴ D_1 is really (off) , $ID_1 = 0$ [اذن فرضنا صحيح]

$$V_o = 5 - I_1 \cdot R_1 = 5 - 0.62 * 5 = 1.9 \text{ V}$$

Since $ID_2 > 0$ ∴ D_2 is really (ON). [فرضنا صحيح]

$$VD_2 = V\alpha = 0.7$$



هذا الموضوع لا يحتاج شرح بقدر ما يحتاج حل اسئلة وتمرين ، ليكون فرضنا صحيح أغلب الأحيان .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* Bipolar Junction transistor [BJT].

BJT is three terminal electronic devic E, B, C.

E : Emitter.

B : Base .

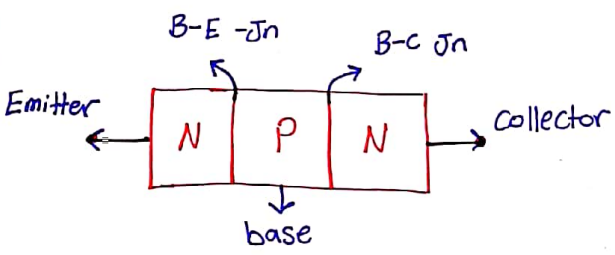
C : collector.

✓ هو أحد أنواع الترانسيستورات transistors .

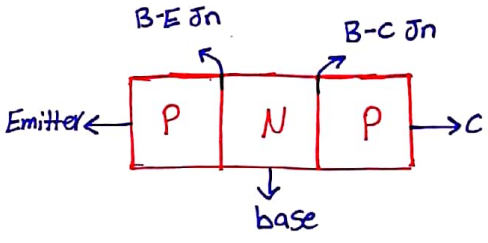
✓ هو عبارة عن جهاز إلكتروني يتكون من (2PN-JN) :

* النوع الأول فيه قطعتين N-type محاطة أو مغلفة بقطعة من P-type . ← NPN

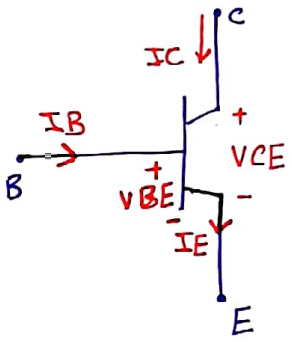
* النوع الثاني فيه قطعتين P-type محاطة أو مغلفة بقطعة من N-type . ← PNP

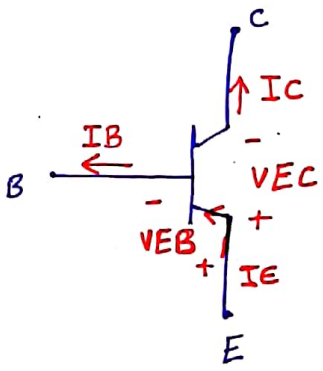


NPN transistor



PNP transistor





* لاحظ أن السهم الموجود عند الأميتر خارج منه في (NPN) ، أما في (PNP) فالسهم داخل على الأميتر ، هذا السهم يمثل [Conventional direction for emitter currant] أي ، التيار الاصطلاحي لتيار الإميتر ، وهو نفسه اتجاه حركة الهولات وعكس اتجاه حركة الالكترونات .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* زي ما ذكرنا إنه بتكون من (2-Jn) ، الأول Emitter base والتاني collecter base

، صحيح انه الإميتر والكوليكتر إلهم نفس التايب فكلاهما N-type أو P-type .

لكن في اختلافات بين كل من الإميتر والكوليكتر والbase :-

(1) المساحة (Area).

(2) التركيز (concentration of carrier).

بسبب هذه الاختلافات ، ما بقدر أعتبر أنه الكوليكتر هو إميتر أو base ...

* تلخيص الشرح باللغة الإنجليزية :-

* it can be NPN or PNP .

* it contains two P-N Junctions :

① B-E Jn : base - Emitter Junction.

② B-C Jn : base - collecter Junction.

* the arrow direction in the emitter, represents the conventional direction of the emitter current, which is is the direction of hole movement.

in NPN : it is out of emitter.

in PNP : it is in emitter.

* E, B, C are different in area and carrier concentration.

* Normally, the doping concentration in E, B, C are 10^{19}, 10^{17}, 10^{15} respectively, so even though both ends either P or N, the BJT isn't reversable device.

Scanned with CamScanner

* the base is thin and has low doping level compared to emitter, to minimize number of carriers lost by recombination in base region.

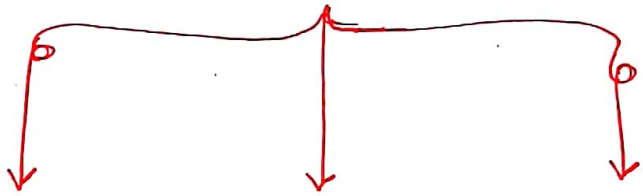
تفسير هذه النقطة :-

على سبيل المثال، في (NPN) تنتقل حاملات الأكثرية (maj. carrier) من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز الأقل، فتنتقل الإلكترونات من الإميتر إلى الكوليكتر مروراً بال (base)، فتفقد جزء منها بشكل واضح.

وحتى نقلل من الخسارة في الحاملات، يجب أن تكون مساحة ال (base) أقل من مساحة الإميتر، ويجب أن يكون تركيز حاملات الأكثرية فيه أقل من تركيزها في الإميتر.

BJT

له ثلاث حالات سندرسها



Forword Active mode (FAM)

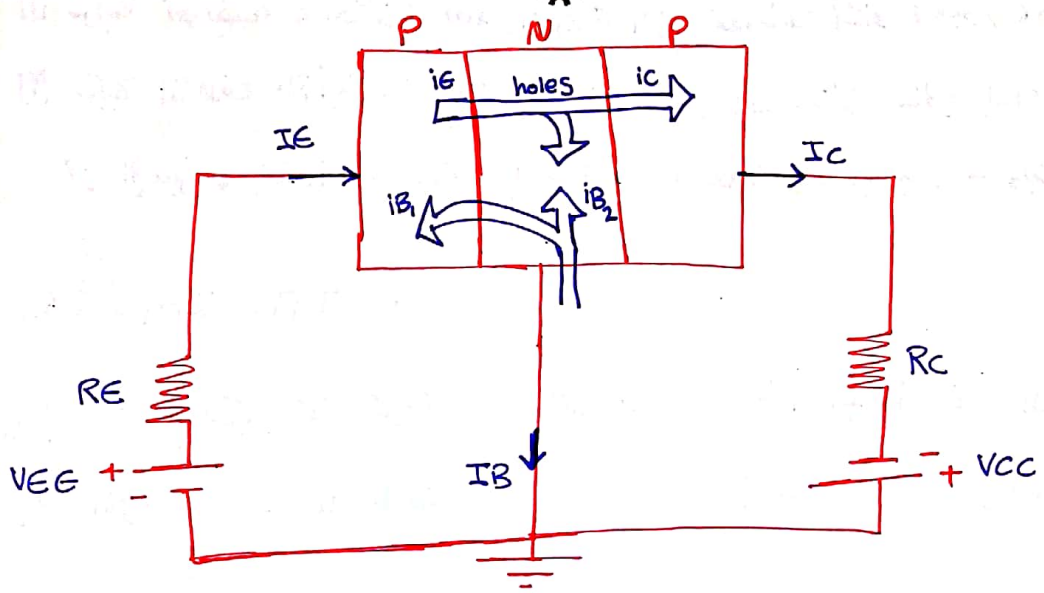
saturation (sat)

Cut-off mode

1 Forword Active mode.

in this mode, the B-E Jn must be Forword and B-C Jn must be reverse.

Scanned with CamScanner



توضيح العملية يلي تصير 😊

لنفرض بدنا ندرس (BJT) من نوع (PNP) ، بنعرف من مادة الفيرس انه حاملات الأكثرية في P هي الهولات ، وحاملات الأكثرية في N هي الالكترونات.

في حالة FAM قلنا لازم تكون جهة E-B Jn فورورد ، إذن نشبك بطارية خارجية بحيث يكون قطبها الموجب قريب على الأميتر بما أنه (P) فهو موجب [موجب قريب على موجب]

وقلنا أيضاً انه جهة C-BJn لازم تكون ريفيرس ، إذن نشبك بطارية خارجية. بحيث يكون قطبها السالب قريب على الكوليكتر بما أنه (P) فهو موجب [موجب قريب على السالب] .

المهم ، عند الأميتر ، بما أنه موجب قريب على الموجب سيحدث تنافر بين قطب البطارية وبين الهولات [حاملات الأكثرية] فتنجبر على مرور ال (base) حتى تذهب للكوليكتر الذي يحمل فولتية سالبة [تنجذب له] .

أثناء مرورها بال (base) تفقد جزء من هولاتها ، والسبب أنه حاملات الأكثرية في ال (base) هي إلكترونات بما انها (N) ، فهي تتعرض إلى مجال كهربائي كبير موجود على الكوليكتر يؤدي إلى فقدانها .

الآن بظهر دور ال (base) ، فبجهز مركبتين (2 components) هما :-

Scanned with CamScanner

1 مركبة تعويضية ، تعوّضنا بعد الهولات التي فقدناها أثناء العبور ، وبنسميها (I_{B_2}).

2 مركبة اختلاف التراكيز ، احنا بنعرف انه تركيز الالكترونات عالي بال(base) لكنه قليل في الإميتر ، فتبدأ الالكترونات بالتحرك من ال(base) إلى الإميتر ، وبنسميها (I_{B_1}).

$$I_B = I_{B_1} + I_{B_2}$$

* تتبع أسهم الحركة كما شرحتها ، ستلاحظ أن تيار الإميتر عَبَرَ ال(base) وصولاً إلى الكوليكتير ، ليكمل طريقه خارجاً منها وداخلاً مرة أخرى إلى الإميتر.

[انظر إلى الرسمة] .

القوانين مع تلخيص الشرح :- " لازم تقرأه لأنه بيجيبي منه أسئلة concept ".

* Since B-E Jn is F.W. biased, I_E is given by $i_E = i_{E_0} e^{V_{EB}/V_T}$, where V_{EB} is the voltage between E and B, with E is (+ve) with respect to base.

* the collector current (I_C) is the major component of I_E and is given by: $I_C = \alpha I_E = I_S e^{V_{EB}/V_T}$.

wher α is current gain in common base cct.

$I_B = I_{B_1} + I_{B_2}$, where I_{B_1} : deffusion components, electrons flow from base to emitter.

I_{B_2} : compensation components, compensate holes lost in recombination in base.

* I_{B_1} and I_{B_2} relate exponentionaly with V_{EB},

$$I_B = I_{B_0} e^{V_{EB}/V_T} = \frac{I_S}{\beta} e^{V_{EB}/V_T}.$$

Scanned with CamScanner

where β is the common-Emitter current-gain of the PNP devic

* Current relation in FAM :-

$I_E = I_C + I_B$ التيار الخارج = التيار الداخل

$I_C = \beta I_B$

$I_E = (1+\beta) I_B$

$I_C = \frac{\beta}{1+\beta} I_E = \alpha I_E$.

$\frac{\beta}{\beta+1} = \alpha$

where α is current-gain in C.B ccts and it is close to (1).

* Summery of BJT operation in FAM :-

in F.W. biased B-E Jn, the maj. carrier are forced to cross the Junction and be in base region, the reverse biase B-C Jn will collect the maj. carrier from base due to an electric field on collecter, very small component will be lost in base by recombination.

as long as B-E Jn → Fw and B-C Jn → rev, the emitter will continue emitting maj. carriers and collector collect them, creating a current flowing: conventionaly out of E in NPN and in E for PNP.

تأكيد ما/ع يطلب منك شرح العملية، بس لازم تفهم شو اللي بصير حتى تحل وأنت فاهم مش حافظ ن. / نفس العملية/ع بتصير لو كان NPN بكن-حدث اختلاف باتجاه الحركة وو...

Scanned with CamScanner

2 Saturation Mode :- in this mode B-E Jn is forword , B-C Jn is Forword , the BJT behaves as a closed switch with $I_C > 0$ and $V_{CE} < V_{CE(sat)}$ or $V_{CE} < 0$ for ideal BJT.

يعني أن (BJT) يكون في حالة (Sat) إذا كانت B-E Jn فورورد ، وأيضاً B-C Jn فورورد .

بهذه الحالة يمر تيار I_C ، وتكون فرق الجهد بين الاميتر والكوليكتر (V_{CE}) أقل من $V_{CE(sat)}$ ⇐ وهي معطى من السؤال .

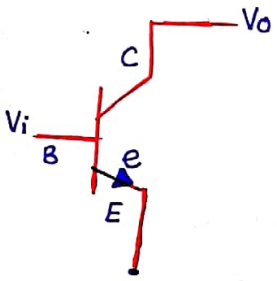
3 cut-off mode :- the BJT will be in this mode when B-E Jn is reverse , and B-C Jn is reverse . the BJT will behaves as an open switch with $I_C = 0$, $V_{CE} > 0$ depends on cct .

4 Inverse-F-A-M :- this mode , B-E Jn is reverse and B-C Jn is Forward .

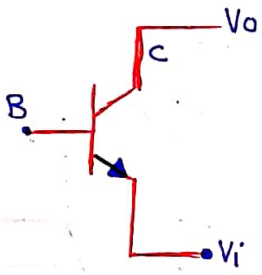
Scanned with CamScanner

* BJT configrations (connections) :-

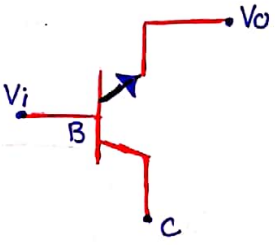
Since BJT is three-terminals device, so it can be connected in one of the following config.



common Emitter cct
(C.E)



common Base cct
(C.B)



common collecter
(C.C)

* الدائرة الأولى هي الأكثر استخداماً ، تُستعمل كأمبليفير (Amplifier) ، حيث أنها تكبّر التيار والفولتية ولها مميزات أفضل من الدوائر الأخرى .

* معلومات عن الدوائر الثلاث :

V_i تدخل إلى الـ (Base) و V_o تأخذها من الأميتر	V_i تدخل إلى الإميتر و V_o تأخذها من الكوليكتر	V_i تدخل إلى الـ (base) و V_o تأخذها من الكوليكتر

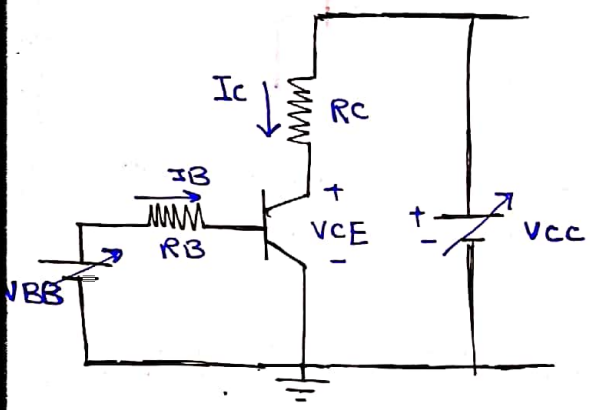
إعداد : نتالي الكايد

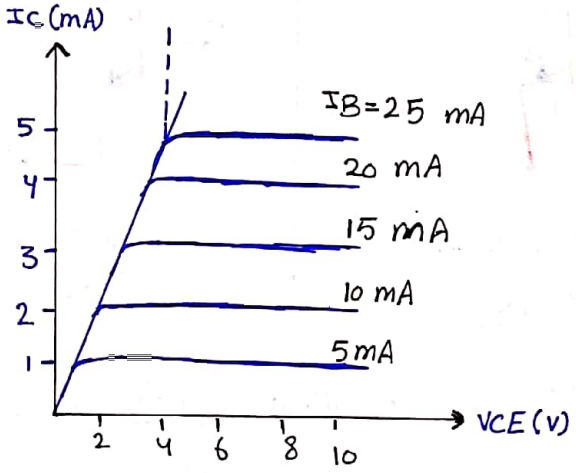
Scanned with CamScanner

* Current - Voltage Characteristics :-

it is a plot of transistor current versus transistor voltage for the output loop.

For the common-Emitter cct configration shown in Figure below, with NPN BJT.





for this configration, it is a plot of collector current (Ic) versus collector-Emitter (VCE) for constant value of
↓
voltage

base current (IB), normally it is given in data sheet of each BJT.

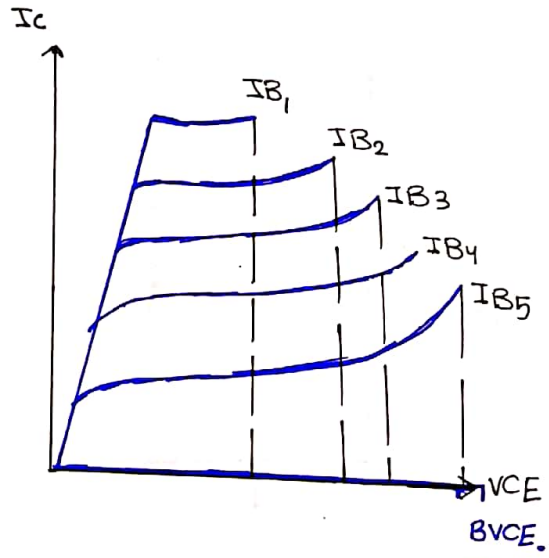
بكل بساطة هو رسم بياني يمثل العلاقة بين كل من: تيار الكوليكتر (Ic) والجهد بين الإميتر والكوليكتر (VCE)، ليعطي قيم وأرقام ثابتة تمثل تيار ال (IB) (base) وهذا الرسم يمثل هوية ال (BJT).

Scanned with CamScanner

* Break down voltage :-

we can't increase the value of VCE indefinitly , at a certain value , the BJT will be break down , this is given in data sheet as $BVCE_o$ measured at IB=0 , as IB level increase , $[BV_1 < BV_2 < BV_3]$ break down happen earlier .

يوجد معلومة موجودة في الداتا شيت تُسمى ($BVCE_o$) ولها قيمة ، يعني أنه عندما تصل الفولتية VCE إلى هذا المقدار سيحصل (Break down) ، عند هذه القيمة تكون [IB=0] ، لذلك ما يقدر أزيد قيمة VCE بشكل مستمر وغير مدروس .



* $BVCE_o$ تُعطى بالداتا شيت وتعتمد على (Phesycal structer) .

لاحظ أنه قيمة VCE أعلى ما يمكن وأن (IB=0) .

لاحظ أيضاً أن IB_1 حدث فيه (break down) قبل IB_2

و IB_2 قبل IB_3 وهكذا ...

سؤال :- لو خلينا بتثبيت (IB=10) وبدأنا بتغيير VCE ، هل يمكن الاستمرار بزيادة VCE إلى اللانهاية ؟ لا ، لأنه عند نقطة معينة من VCE ، الترانسيستور راح يصير فيه (break down) .

* كلما زاد مستوى IB ، البريك داون يصبح أبكر [IB level ↑ ⇒ break down will happen early]

Scanned with CamScanner

* $BVCE_o$ is inversally proposhinal with IB.

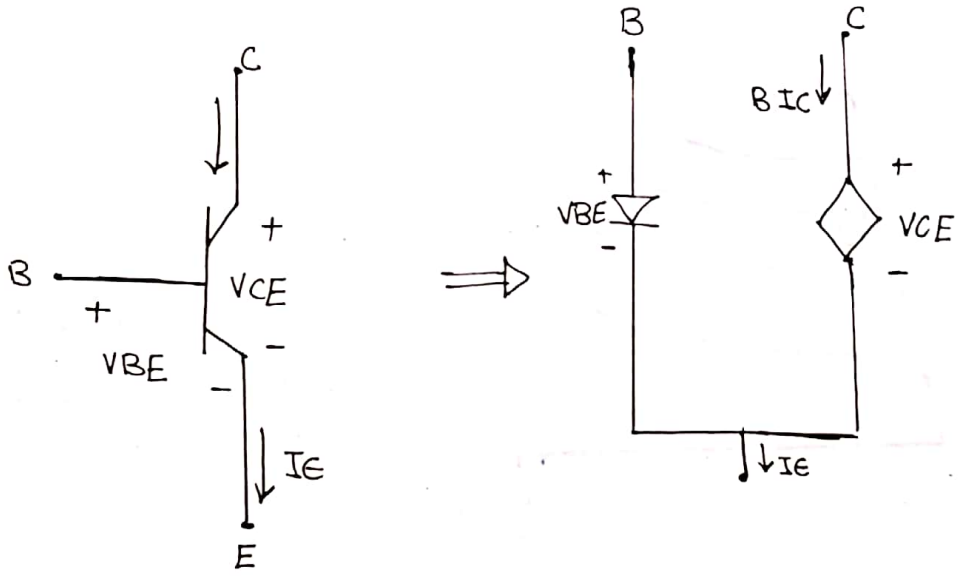
* ليش بصير (break down) ؟

عندما تزداد (VCE) ، تزداد (VCB) وبما أن (collector base) هي ريفيرس ، فكلما زادت (reverse voltage) يؤدي إلى حدوث انهيار .

---

* D.C analysis of BJT CCt *

when the BJT in (FAM) , it can be represented by the D.C shown.



لاحظ أن الترانسيستور (NPN) واحنا مشغلينه بحالة (FAM) ، احنا بنعرف انه بهاي الحالة بكون (Base emitter) حالته فورورد ، لذلك رح نضع دايود بين الإميتر والbase كما موضح على الرسمة ، وهذا الدايود (ON) يعني فورورد والفولتية على الدايود اسمها (VBE) ، وبنعرف كمان أن $IC=\beta IB$ ، إذن فإن علاقة الإميتر بتيار الكوليكتر تيار

هي [independent current source] .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* يوجد عدة خطوات نتبعها لحل كل اسئلة BJT :-

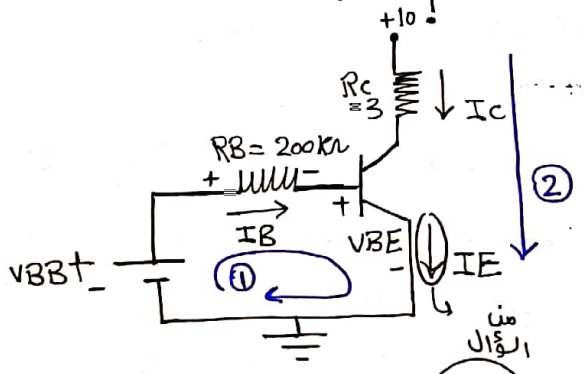
NPN

1. افرض أنه BJT بحالة (FAM) .
2. اعمل KVL
3. أوجد IB
4. أوجد Ic
5. أوجد VCE
6. تأكد اذا BJT بعده في حالة FAM أم لا [يكون ذلك بالخطوات التالية] :-
7. اذا IB موجبة فإن (Base emitter Jn) ⇐ فورورد .
8. قارن VCE مع VBE ، فإذا كانت VBE < VCE ، فيكون base collector Jn بحالة الريفيرس .

بعد تحقق هاذان الشرطان ، فإن الترانسيستور بحالة (FAM) .

9. أما اذا كان VCE < VBE ، فيكون الترانسيستور بحالة (sat uration) .
10. وفي حال كان IB<0 ، فإن (base emitter Jn) بحالة ريفيرس ، لأنه لا يوجد تيار سالب فيصبح الدايود (off) ، IB=0 .

example :- for the cct shown, the BJT has $V_{CE(sat)} = 0.3$, $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.6$, caculate IB , Ic , IE , VCE and Power dissipation PD on the transistor when VBB= 4V , VBB = 8 V , VBB = 0.5 V ?



الحل يبدأ باللون رقم (1)
ثم اللون رقم (2)

من السؤال

Scanned with CamScanner

الحل :- أول شيء نحدد اتجاهات التيارات على الرسمة كما تم تحديدها في المسألة السابقة ، ثم :

① For $V_{BB} = 4\ v$

Assume BJT in Forward Active Mode

write KVL for B-E loop :

$$-V_{BB} + I_B * R_B + V_{BE} = 0$$

$$\therefore I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{4 - 0.6}{200} = ,017\ mA$$

$$\therefore I_C = \beta I_B = (100)(,017) = 1.7\ mA$$

$$\therefore I_E = I_B + I_C = 1.7 + ,017 = 1.717\ mA$$

then find V_{CE} : (KVL)

$$-10 + I_C * R_C + V_{CE} = 0$$

$$\therefore V_{CE} = 10 - (1.7)(3) = 4.9\ v .$$

Since $I_B > 0$ ⇒ B-E Jn Forword

since $V_{CE} > V_{BE}$ ⇒ B-C Jn reverse.

So the BJT ⇒ in F.A.M .

$P_D = I_C * V_{CE} + I_B * V_{BE}$, but $I_C \gg I_B$ (أكبر بكثير) and $V_{CE} \gg V_{BE}$

$$\therefore P_D = I_C * V_{CE} = (1.7)(4.9) = 8.33\ mW .$$

ملاحظة مهمة :- في السؤال يكون محدد اتجاه تيار الإميتر فقط أو الكوليكتر فقط هنا أعرف ما نوع الـ BJT أهو NPN أم PNP ، وأنا أخرج باقي التيارات بناءً على اتجاه التيار الموجود .

Scanned with CamScanner

② For $V_{BB} = 8\ V$

Assume the BJT in FAM.

write KVL for B-E loop :

$-8 + I_B * R_B + V_{BE} = 0$

$I_B = \frac{8 - 0.6}{200} = ,037\ mA$

$\therefore I_C = \beta I_B = 100 * ,037 = 3,7$

$V_{CE} = 10 - I_C * R_C$ (KVL)

$V_{CE} = 10 - (3.7)(3) = -1,11\ V$

Since $I_B > 0 \Rightarrow$ B-E Jn is Forword.

Since $V_{CE} < V_{BE} \Rightarrow$ B-C Jn is Forword.

So the BJT in saturation mode.

So $V_{CE} = V_{CE(sat)} = 0.3$ [given in data sheet].

$I_C = I_{C(sat)} = \frac{10 - V_{CE(sat)}}{R_C} = \frac{10 - 0.3}{3} = 3.233\ mA.$

$I_E = I_{C(sat)} + I_B = 3.233 + 0,017 = 3.25\ mA.$

$P_D = I_C * V_{CE} + I_B * V_{BE}$, Since $V_{CE} < V_{BE}$ and $I_C \gg I_B$

$\therefore P_D = 3.233 * 0.3 + 0.017 * 0.7 = 0.9818\ mW.$

مهم جداً :

من العلاقات التي من خلالها نعرف إنه الترانسيستور بال (saturation) :-

(1) $(I_C)(V_{CE}) \gg (I_B)(V_{BE})$

(2) $\frac{I_C}{I_B} < \beta$, $\boxed{\frac{I_{C(sat)}}{I_B} = \beta_{forced}}$

Scanned with CamScanner

في حال طلب أحسن β_{forced} :-

$$\beta_{forced} = \frac{I_{c(sat)}}{I_B} = \frac{3.233}{0.037} = 87.4$$

③ For $V_{BB} = 0.5\ V$

Assume the BJT in FAM.

$$-V_{BB} + I_B * R_B + V_{BE} = 0$$

$$-0.5 + I_B * R_B + 0.6 = 0$$

$$I_B = \frac{0.5 - 0.6}{R_B}$$

$\therefore I_B < 0$

$\therefore$ B-E jn is reverse

$\therefore$ BJT is off

$I_C = 0$, $I_B = 0$, $I_E = 0$

$$V_{CE} = 10 - I_C * R_C$$
$$= 10 - 0$$
$$= 10\ V$$

$P_D = 0$

Scanned with CamScanner

* D.C Load Line and Q-point :-

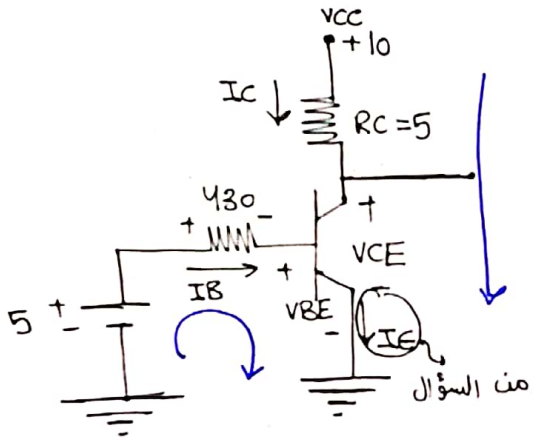
D.C.L.L is a straight line drawn on transistor characteristic (Ic vs VCE), represents the relation between (Ic and VCE) For the BJT in the cct .

لن يتغير أي شيء على الحل ، فقط سيزيد فرع واحد على السؤال يطلب فيه رسمة (D.C.L.L)

Example:- For the cct shown , the BJT has VBE = 0.7 v and β = 100

① caculate IB, Ic , VCE and PD ?

② Draw D.C.L.L , indicate it's slope and Q-point position?



الحل :- ① بعد تحديد اتجاهات التيارات على الرسمة

✓ Assume the BJT in FAM

✓ KVL:-

$-5 + I_B * (430) + V_{BE} = 0$

$-5 + I_B * 430 + 0.7 = 0$

$I_B = 0.01 \text{ mA}$

$I_C = \beta I_B = (100)(0.01) = 1 \text{ mA}$

Scanned with CamScanner

KVL:-

$-10 + 5(I_C) + V_{CE} = 0$

$V_{CE} = 5\,V$.

$P_D = I_C * V_{CE} + I_B * V_{BE}$, Since $V_{CE} \gg V_{BE}$ and $I_C \gg I_B$

$P_D = I_C * V_{CE}$

$= 1 * 5$

$= 5$ mw .

② $I_C = I_{CQ} = 1\,mA$

$V_{CE} = V_{CEQ} = 5\,V$

∴ Q-pt (V_{CEQ}, I_{CQ})

Q-pt $(5 , 1)$

حتى نرسم (D.C.L.L) - يجب تكوين معادلة خط مستقيم مع الانتباه أن محور السينات يمثل V_{CE} ، ومحور الصادات يمثل I_C .

لذلك نعمل KVL خارجي بحيث يحتوي I_C و V_{CE} .

$-V_{CC} + I_C * R_C + V_{CE} = 0$

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

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

(محور الصادات ، الميل ، محور السينات)

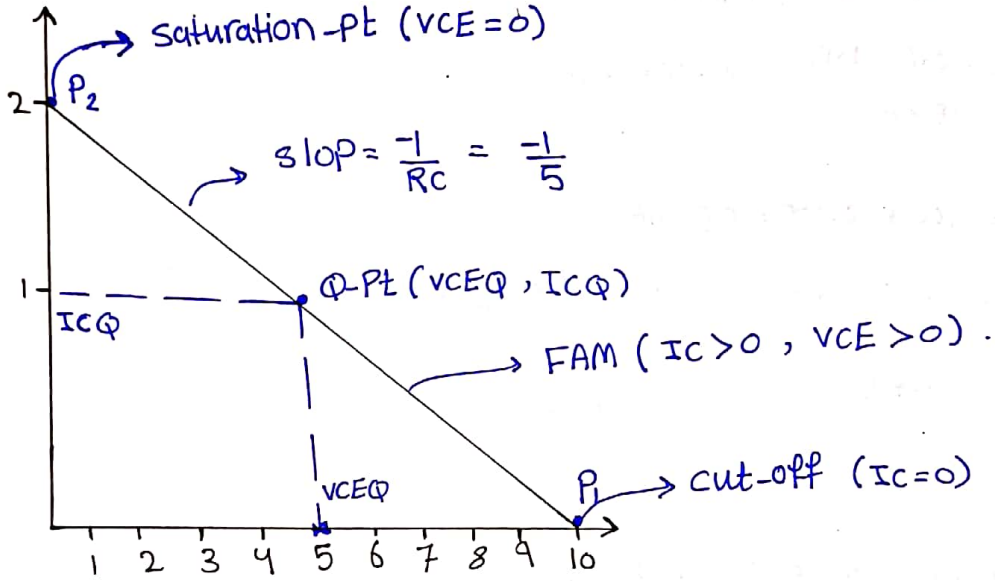
$Slop = 1/R_C$

عند $I_C = 0 \Rightarrow 0 = \frac{10 - V_{CE}}{5} \Rightarrow V_{CE} = 10 \Rightarrow P_1 (10 , 0)$

عند $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = \frac{10 - 0}{5} \Rightarrow I_C = 2 \Rightarrow P_2 (0 , 2)$

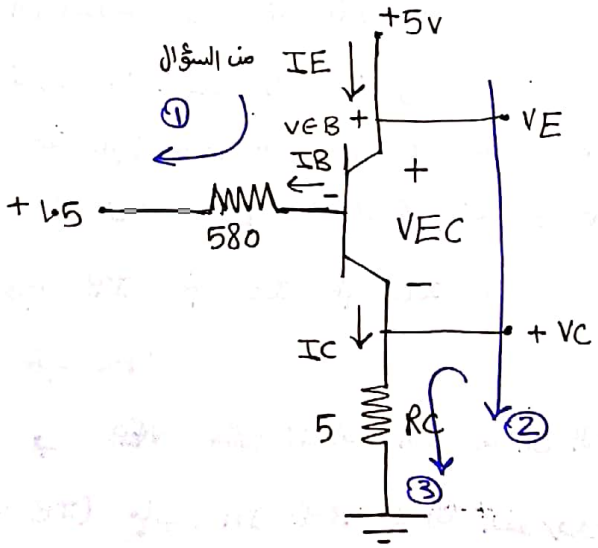
Scanned with CamScanner

بما إنه أوجدت نقطتين ، فذلك يتيح خط مستقيم يمثل D.C.L.L .



Example :- For the cct shown, the BJT has $\beta=100$, $V_{EB}=0.6$

Calculate I_B , I_C , I_E , V_{CE} and P_D ?



اتجاه تيار الاميتر مُعطى من السؤال ، بناءاً عليه نحدد باقي الاتجاهات فنلاحظ أن الـBJT نوعه PNP ، حتى ما تنسى إن اتجاه التيار دائماً مُتجه للطرف شارة الموجبة .

Scanned with CamScanner

Assume the BJT in FAM.

KVL:-

$-5 + VEB + IB * RB + 1.5 = 0$

$IB = \frac{5 - 0.6 - 1.5}{580} = 0.005\ mA$.

$Ic = \beta IB = 100 * 0.005 = 0.5\ mA$

$Vc = Ic * RC = 0.5 * 5 = 2.5\ v$. [KVL] .

$-5 + VEC + Ic * RC = 0$ [KVL]

$VEC = 2.5\ v$

Since $IB > 0$ ⇒ B-E Jn is forword.

Since $VEC > VEB$ ⇒ B-C Jn is reverse.

∴ BJT in FAM.

إذن يوجد خطوات لحل BJT عندما يكون PNP :-

① افرض أن الترانسيستور في حالة FAM .

② حدد اتجاه التيارات بناءً على اتجاه الإميتر

في (NPN) ⇐ IE يكون خارج من الاميتر ، Ic و IB داخلين .

في (PNP) ⇐ IE يكون داخل إلى الاميتر ، IC و IB خارجين .

③ نعمل KVL ونجد IB ثم Ic ثم IE .

④ نعمل KVL ونجد VEC

⑤ نقارن VEC بـ VEB حتى نتأكد اذا ما زال الترانسيستور في FAM .

← اذا كانت (IB>0) فإن B-E Jn - حالة الفورورد .

← اذا كانت (VEC>VEB) فإن B-C Jn - حالة الريفيرس .

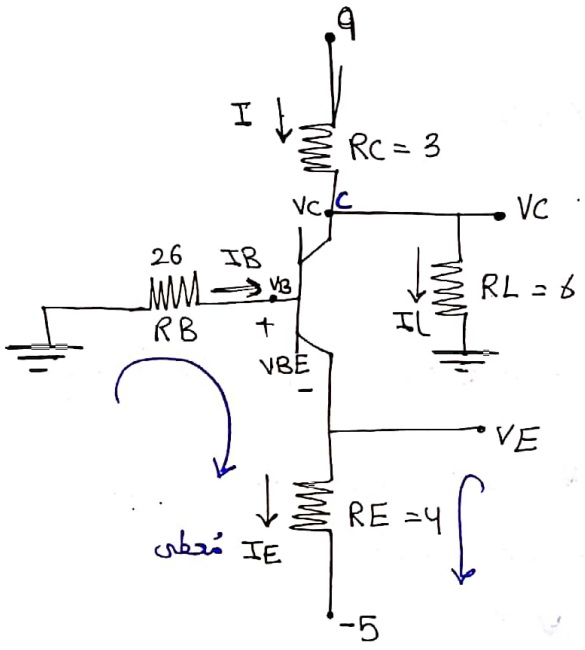
اذا تحقق الشرطان فإن (PNP Jn) لا زال بحالة FAM .

Scanned with CamScanner

* Example :- For the cct shown in figure , the BJT Parameters are : $V_{BE} = 0.7$, $\beta = 100$

① find I_B , I_C , I_E , V_C , V_E , V_B , V_{CE} ?

② write D.c.l.l equation , find its slop and draw D.c.l.l indicating Q-pt position ?



الحل :- IE اتجاهه معطى من السؤال ، قمنا بتحديد باقي التيارات بناءً عليه

① دنوع الـ BJT هو NPN .

Assume BJT in FAM .

KVL:- $(26)(I_B) + V_{BE} + I_E(R_E) - 5 = 0$

$I_E = (\beta+1) I_B$ نعوض مكان

$(26)(I_B) + 0.7 + (100+1) I_B (4) - 5 = 0$

$\therefore I_B = \frac{4.3}{430} = .01 \text{ mA}$

$\therefore I_C = \beta I_B = 1 \text{ mA}$

$\therefore I_E = (\beta+1) I_B = 1.01 \text{ mA}$

Scanned with CamScanner

KVL:-

$-9 + I(R_C) + V_{CE} + I_E(R_E) - 5 = 0$

$\therefore V_{CE} = 14 - (I)R_C - (I_E)(R_E)$

$= 9.96 - 3I$

to find I, we must write KVL at node ©

$I = I_C + I_L$ التقاء التيارات عند النود

$\frac{9-V_C}{3} = 1 + \frac{V_C}{6}$

$18 - 2V_C = 6 + V_C$

$\therefore V_C = 4$

$\therefore I = 1.67$

$\therefore I_L = 0.67$

$\therefore V_{CE} = 9.96 - (1.67) * 3 = 4.96$ نعود للمعادلة في الأعلى ونعوض قيمة I

$\therefore P_D = (I_C)(V_{CE}) + (I_B)(V_{BE})$

Since $I_C \gg I_B$ and $V_{CE} \gg V_{BE}$

$\therefore P_D = (I_C)(V_{CE})$

$= 4.96$ mw

KVL :- V_E لإيجاد قيمة

$-V_E + I_E * R_E - 5 = 0$

$V_E = I_E * R_E - 5 = -0.96$

$I_B * R_B + V_B = 0 \Rightarrow V_B = -I_B * R_B$

$= -0.26$ V .

② انشبه إلى الرسمة في السؤال، R_L و R_C متوازيتين لذلك نحول المقاومتين مع V_{CC} إلى ثيفينين (thevinen).

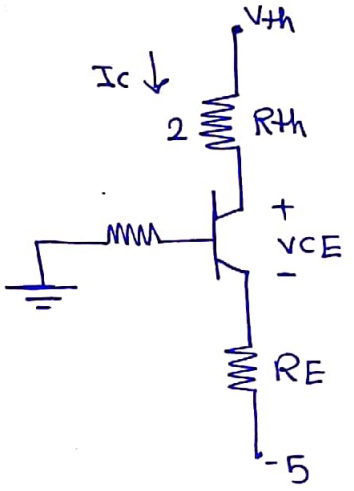
$R_{th} = R_C // R_L = 3 // 6 = 2$

$V_{th} = \frac{V_{CC} * R_L}{R_C + R_L} = \frac{9 * 6}{9} = 6$

إعداد: نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

يصبح شكل السيركت كالتالي :



∴ VCE , Ic لتكتب معادلة تتضمن خارجي Kvl الآن نعمل

$$-V_{th} + I_C * R_{th} + V_{CE} + I_E * R_E - 5 = 0$$

نجعل IE بدلالة Ic حيث أن :

$$I_E = \frac{\beta+1}{\beta}(I_C)$$

$$\therefore V_{CE} = 11 - I_C\left(R_{th} + \frac{\beta+1}{\beta} R_E\right). \quad \text{D.C.L.L}$$

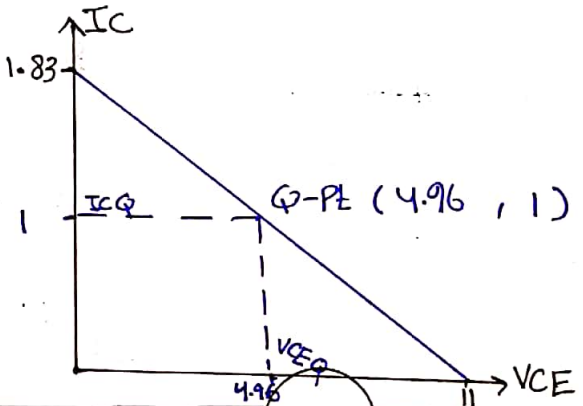
$$\therefore \text{Slop} = \frac{-1}{R_{th} + \frac{\beta+1}{\beta} R_E} \simeq \frac{1}{R_{th} + R_E}$$

Q-Pt : $V_{CEQ} = V_{CE} = 4.96$

$I_{CQ} = I_C = 1$

عند $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = 11 \Rightarrow (11, 0)$

عند $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = 1.83 \Rightarrow (0, 1.83)$



Scanned with CamScanner

* BJT Biasing *

when the BJT is required to be used as an amplifier, it must be biased in FAM and apply the signal to be amplified , normally it is required to seperate AC from DC ,two baising ccts are used :-

① Signal base resistor biasing .
② Voltage divider biasing cct.

المقصود بال (biasing) هو أن نعطي (DC voltage) لل (BJT) كي يشتغل في مود معيّن ، يوجد ٢ من (biasing cct) :-

I Signal base resistor biasing :

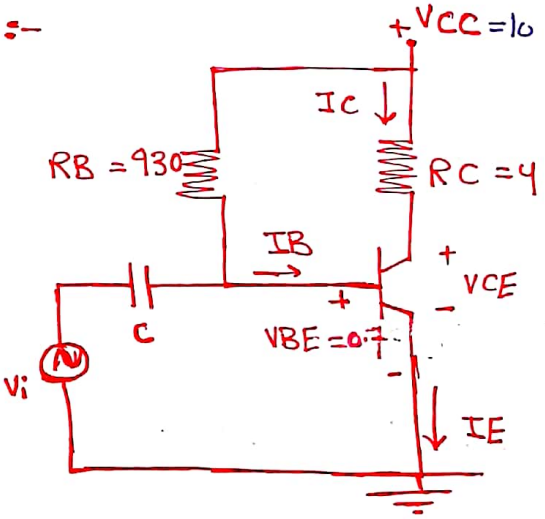
يحتوي على :

C : يستخدم ليعزل AC عن DC (is used to isolate DC from AC)

RB : يتحكم بتيار ال (base) (control the base current IB)

RC : يتحكم بالفولتية بين الاميتر والكولكتر (control the C-E voltage VCE) لضمان عمل الترانسيستور بشكل آمن

example :-



إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

from the cct , caculate :-

1. IB , IC , VCE when β is varied from 100 → 200 .
2. Δ Ic % and ΔVCE % coresponding to change in β .

الحل :-

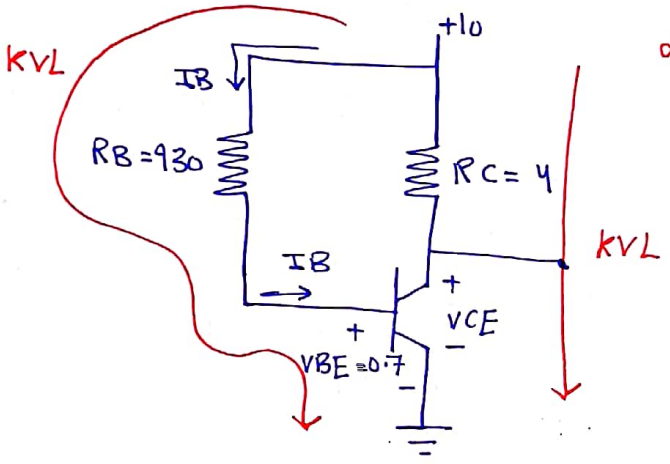
1. for D.C analysis , C → open cct

أي نعوض مكان المواسعات بدارة مفتوحة فتصبح الرسمة كالتالي

لماذا ؟

لأنه Xc (reactance) تصبح قيمته ∞

و $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ ، فإن قيمة المواسع تساوي صفر



حل بنفس الخطوات التي كتبتها سابقاً

KVL:-

$-10 + IB * RB + VBE = 0$

$IB = \frac{Vcc - VBE}{RB} = \frac{10 - 0.7}{930} = 0.01\ mA$

* for β = 100

∴ $Ic = \beta\ IB = (100)(0.01) = 1\ mA$

$-Vcc + Rc * Ic + VCE = 0$

∴ $VCE = 10 - (1)(4) = 6$

* for β = 200

∴ $Ic = \beta\ IB = (200)(0.01) = 2\ mA$

$VCE = 10 - (2)(4) = 2$

∴ VCE = 2

Scanned with CamScanner

1. $\Delta IC\% = \frac{IC_2 - IC_1}{IC_1} * 100\% = \frac{2-1}{1} * 100\% = 100\%$

$\Delta VCE\% = \frac{VCE_2 - VCE_1}{VCE_1} * 100\% = \frac{2-6}{6} * 100\% = -66.6\%$

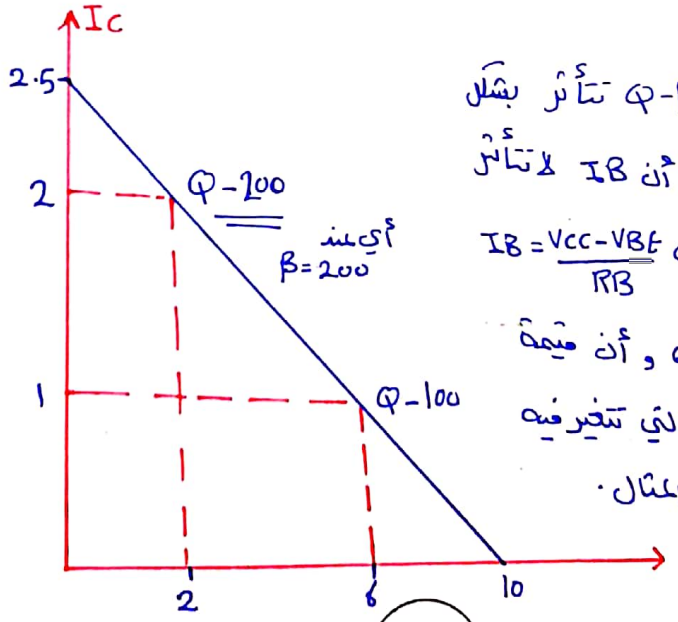
ماذا تلاحظ ؟

لاحظ أنه عندما تغيرت قيمة β من 100 إلى 200 (100%) ، تغيرت قيمة Ic بنسبة (100%) ، وقلّت قيمة VCE بنسبة (66.6) ، هذا يعني أن Q-Pt التي تشمل (VCE , IC) حسّاسة جداً وتتأثر بقيمة β ويعني أيضاً أن الدارة قدرتها على baising خجيبة ، وهذا لا يناسب تصميم الأمبليفير لأنه قد تحدث تقطيع بالإشارة

نفس الكلام لكن بالإنجليزي عشان الامتحان 😊

for this cct , when β is increased by 100% , IC is increase by 100% and VCE decreases by 66% , which indicates: the Q-Pt is very sensitive to β variation or this cct has poor baise stability.

* Q-Pt is changed dramaticaly with β- variation.
* this isn't desired in amplifier design which may cause distion in AC output signal.



واضح من الرسمة أن Q-Pt تتأثر بشكل واضح بقيمة β ، لاحظ أن IB لا تتأثر بقيمة β ، حيث في القانون $IB = \frac{Vcc - VBE}{RB}$ لا يوجد أي علاقة بينهما ، و أن قيمة Ic تتأثر بنفس المقدار التي تتغير فيه قيمة β كما واضح في حل المثال.

Scanned with CamScanner

2 Voltage-divider biasing CCE .

* الدارة هُنا تختلف عن الدارة السابقة أننا نستعمل مقاومتين R_1 و R_2 بدل RB ونضع مقاومة عند الإميتر RE .

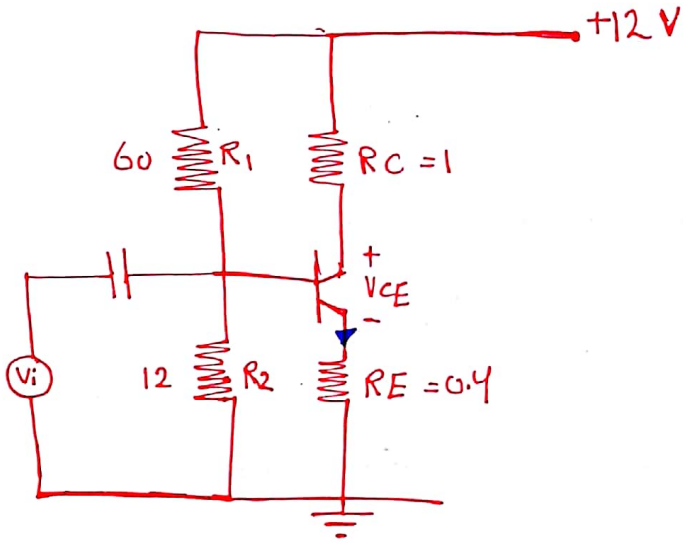
كل من R_1 و R_2 تعملان كـ (voltage devider) ويشغّلون الترانسيستور بـ (FAM) .

* المواسع يعتبر (open-cct) بالنسبة لـ (DC) خلت يعبر تيار DC ، أما بالنسبة لـ (AC) فيعتبر (short-cct) لذلك سيعبر تيار (AC) لـ bias وتتكبّت بواسطة الأمبليفير .

example :- for the cct shown , the BJT has VBE = 0.7

1 caculate IB , IC , IE , VCE , when β is changed from (100→200)

2 caculate ΔIc% and ΔVCE% when β varies from (100→200)



الحل :-

* لتحليل هذه الدارة ، علينا تحويلها إلى دارة ثيفينين المكافئة ، حيث Vth هي الفولتية بين base والأرض .

$$V_{th} = \frac{V_{cc} * R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{th} = R_1 // R_2$$

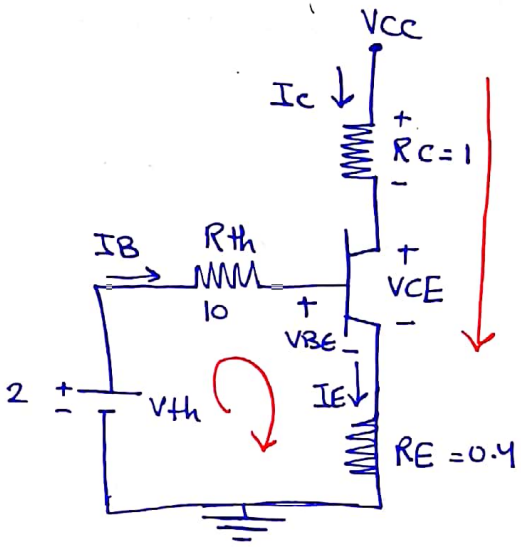
إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

$$V_{th} = \frac{12 * 12}{12+60} = 2$$

$$R_{th} = 60 // 2 = 10$$

تصبح الرسمة كالتالي



1

KVL:-

$$-2 + R_{th}(I_B) + V_{BE} + I_E(R_E) = 0$$

but $I_E = (\beta+1) I_B = (100+1) I_B$

$$-2 + 10(I_B) + 0.7 + 101(I_B)(0.4) = 0$$

$$I_B = \frac{2 - 0.7}{10 + 101 * 0.4} = 25.8 \ \mu A$$

$$\therefore I_C = \beta I_B = 100 * .025\,8 = 2.5\,8 \ mA$$

$$\therefore I_E = (\beta+1) I_B = 2.6$$

KVL:-

$$-V_{CC} + I_C * R_C + V_{CE} + I_E * R_E = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C * R_C - I_E * R_E$$

$$= 12 - 2.58 * 1 - 2.6 * 0.4$$

$$V_{CE} = 8.38 \ V$$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

for $\beta = 200$ نفس خطوات اكل

$$I_B = \frac{2 - 0.7}{10 + 201 * 4} = \frac{1.3}{90.4} = 0.0144$$

$$I_C = \beta I_B = 200 * 0.0144 = 2.88$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 2.89$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E * R_E - I_C * R_C$$

$$= 12 - 2.88 * 1 - 2.89 * 0.4$$

$$= 7.96$$

$$\Delta I_C \% = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{C1}} * 100\% = \frac{2.88 - 2.58}{2.58} * 100\% = 11\%$$

$$\Delta V_{CE}\% = \frac{V_{CE2} - V_{CE1}}{V_{CE1}} * 100\% = \frac{7.96 - 8.38}{8.38} * 100\% = -5\%$$

* للحظ أن قيمة β تغيرت بنسبة 100% لكن I_C تغيرت بنسبة 11% فقط و V_{CE} قلّت بنسبة 5% ، مما يشير إلى أن Q-Pt لا تعتمد كثيراً على β في هذه الدائرة عكس ذلك في الدارة السابقة .

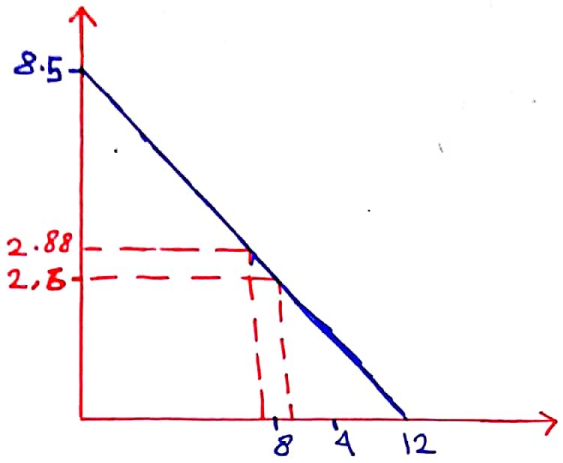
* فالدائرة الثانية أكثر استقراراً من الدائرة الأولى ، فقيمة I_C لم تتأثر كثيراً بقيمة β والسبب في ذلك أنّ وجود (RE) عمل تثبيت لـ Q-Pt خيد التغير في β .

* نحاول قد الإمكان الحفاظ على موقع Q-Pt ثابت ، لأنه اذا تغير موقعها ممكن يسبب قطع (تشويه) في السيجنال .

* لاحظ أننا نستعمل قيم متوسطة من المقاومات ليست صغيرة جداً ولا كبيرة جداً .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner



* this cct has a very good biase stability.
* RE is used to stabilise Q-Pt against β-variation.

Scanned with CamScanner

* Bias stable condition *

Consider the voltage devider cct discussed later and expression of $I_B = \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_{th} + (\beta+1)R_E}$

Since $I_C = \beta I_B$, $\therefore$ $I_C = \frac{\beta (V_{th} - V_{BE})}{R_{th} + (\beta+1)R_E}$

if $R_{th} \ll (\beta+1)R_E$ and $\beta \gg 1$, then $I_C \simeq \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_E}$

this mean that I_C will be independent on β , if this condition is satisfied ($R_{th} \ll (\beta+1)R_E$ and $\beta \gg 1$), then Q-pt will be independent on β and the cct will be biase-stable , so :-

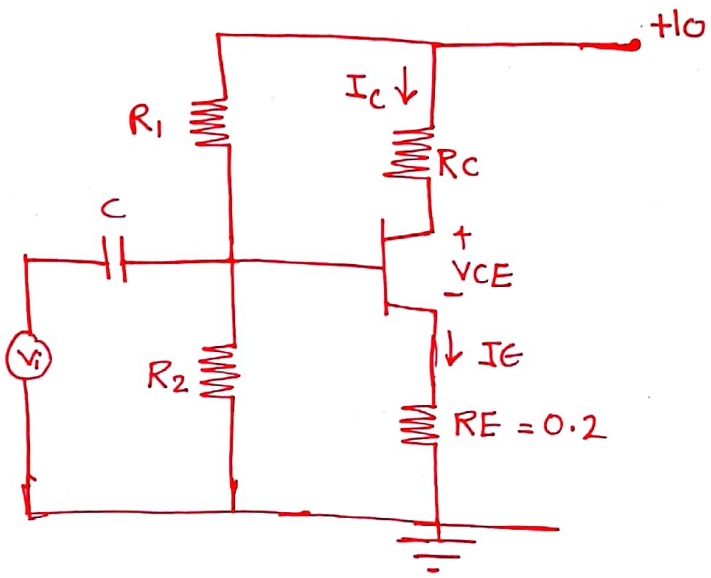
① for voltage_divider cct , when $R_{th} \ll 0.1\,(\beta+1)R_E$, the cct is bias-stable .

② for design a bias-stable cct choose $R_{th} = 0.1(\beta+1)R_E$

ليش؟! كتبنا أن R_{th} أقل بكثير ، فاتفق العلماء على أن "أقل بكثير" تساوي (0.1) .

Scanned with CamScanner

example:- design a bias-stable cct to have $I_{CQ} = 1mA$, $V_{CEQ} = 5V$, use a BJT with $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.7$, $R_E = 0.2$, $V_{CC} = 10$, find R_1 , R_2 , R_C ?



الحل :- KVL for E-C loop

$$-10 + I_C * R_C + V_{CE} + I_E * R_E = 0$$

$$I_C * R_C = 10 - V_{CE} - I_E * R_E$$

$$I_E = \left(\frac{\beta+1}{\beta}\right) I_C = 1.01 \text{ mA}$$

$$R_C = \frac{10 - 5 - 1.01 * 0.2}{I_C} = 4.798 \text{ k}\Omega .$$

to find R_1 and R_2 $\Rightarrow$ thevinen-equation cct .

$$R_{th} = R_1 // R_2$$

$$V_{th} = \frac{V_{CC} * R_2}{R_1 + R_2}$$

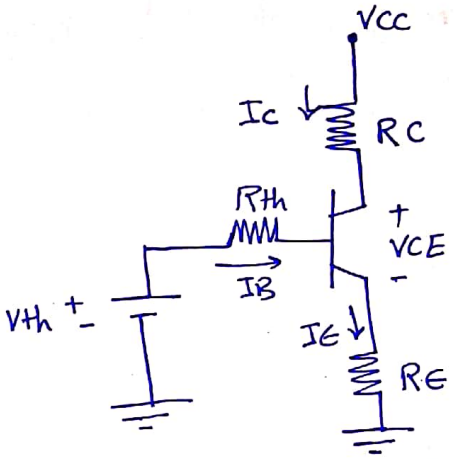
Scanned with CamScanner

for a bias stable, choose

$R_{th} = 0.1(\beta+1)R_E$

$= 0.1(101)(0.2)$

$= 2.02\ K\Omega$



R_1 نضرب طرفي المعادلة بـ

$$R_1 \cdot V_{th} = \frac{V_{cc} * R_2}{R_2 + R_1} * R_1 \rightarrow R_{th}$$

$$\therefore R_1 = \frac{V_{cc}}{V_{th}} * R_{th}$$

and $V_{th} = I_B * R_{th} + V_{BE} + I_E * R_E$ (KVL)

and $I_B = \frac{I_C}{\beta} = 0.01\ mA$

$\therefore V_{th} = 0.01 * 2.02 + 0.7 + 1.01 * 0.2 = 0.922.$

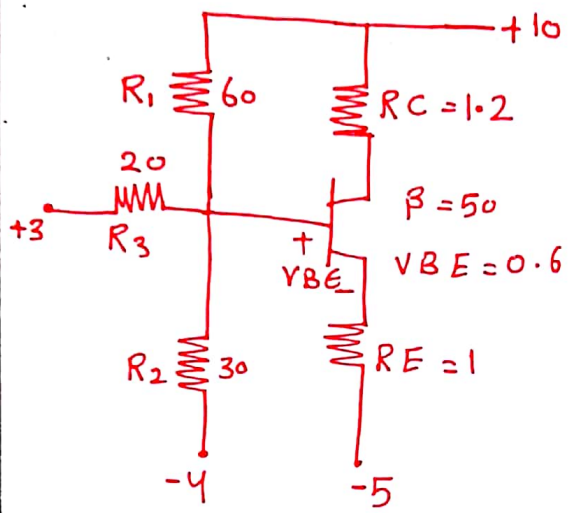
$\therefore R_1 = \frac{10}{0.922} * 2.02 = 21.9\ K\Omega.$

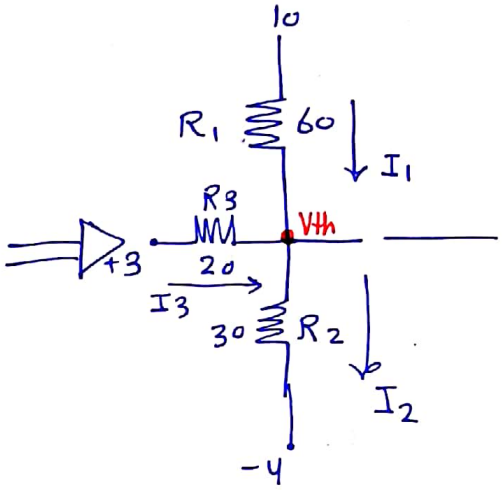
but $R_{th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$

$\therefore R_2 = \frac{R_1 * R_{th}}{R_1 - R_{th}} = \frac{21.9 * 2.02}{21.9 - 2.02} = 2.225\ K\Omega.$

Scanned with CamScanner

example:- for the cct shown, find Rth, Vth, ICQ, VCEQ and write D.C.L.L equation and slop ?





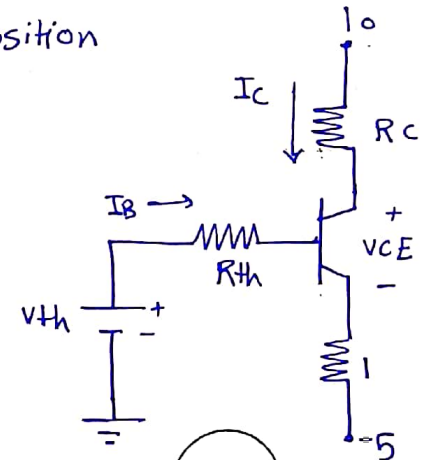
الحل :- Kcl :

$$I_2 = I_1 + I_3$$

$$\frac{Vth + 4}{30} = \frac{10 - Vth}{60} + \frac{3 - Vth}{20}$$

$$\therefore Vth = \frac{11}{6} = 1.83$$

كما يمكن ايجاد Vth من خلال
طريقة superposition .



إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

$R_{th} = R_1 // R_2 // R_3 = 10$

KVL :-

$-V_{th} + I_B * R_{th} + V_{BE} + I_E * R_E - 5 = 0$

but $I_E = (\beta+1) I_B$

$\therefore I_B = \dfrac{V_{th} + 5 - V_{BE}}{R_{th} + (\beta+1) R_E}$

$= \dfrac{1.83 + 5 - 0.6}{10 + 51 * 1}$

$I_B = 0.102 \text{ mA}$

$\therefore I_C = \beta (I_B) = 50 * 0.102 = 5.1$

$\therefore I_E = (\beta+1) I_B = 51 * 0.102 = 5.202$

to find V_{CE}, KVL for E-C loop.

$-V_{CC} + I_C * R_C + V_{CE} + I_E * R_E - 5 = 0$

$\therefore V_{CE} = 10 + 5 - 5.1 * 1.2 - 5.202 * 1 = 3.678.$

since $I_B > 0$ and $V_{CE} > V_{BE}$ $\therefore$ BJT in FAM.

D.C.L.L :- $-V_{CC} + I_C * R_C + V_{CE} + I_E * R_E - 5 = 0$

but $I_E = \left(\dfrac{\beta+1}{\beta}\right) I_C$

$\therefore V_{CE} = 15 - I_C * R_C - \dfrac{\beta+1}{\beta} R_E * I_C$

$\therefore V_{CE} = 15 - I_C \left(R_C + \dfrac{\beta+1}{\beta} * R_E \right)$

إعداد : نتالي الكايد

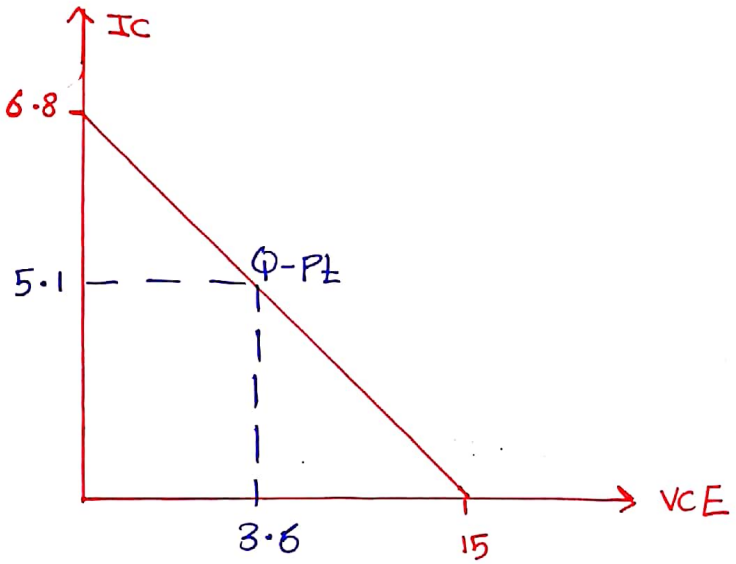
Scanned with CamScanner

$$Slop = \frac{-1}{Rc + \frac{\beta+1}{\beta} RE}$$

بالتعويض في المعادلة

عند $Ic=0 \longrightarrow VcE = 15 \longrightarrow P_1\ (15\ ,0)$

عند $VCE=0 \longrightarrow Ic = 6.8 \longrightarrow P_2\ (0\ ,6.8)$



وما
أوتيتم
من
العلم
إلا
قليلا

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

* Multistage Circuits *

these ccts contain more than one transistor, which can be of the same type [PNP] or [NPN] or two types [PNP and NPN], these can be connected as "cascade connection" or "cascode connection".

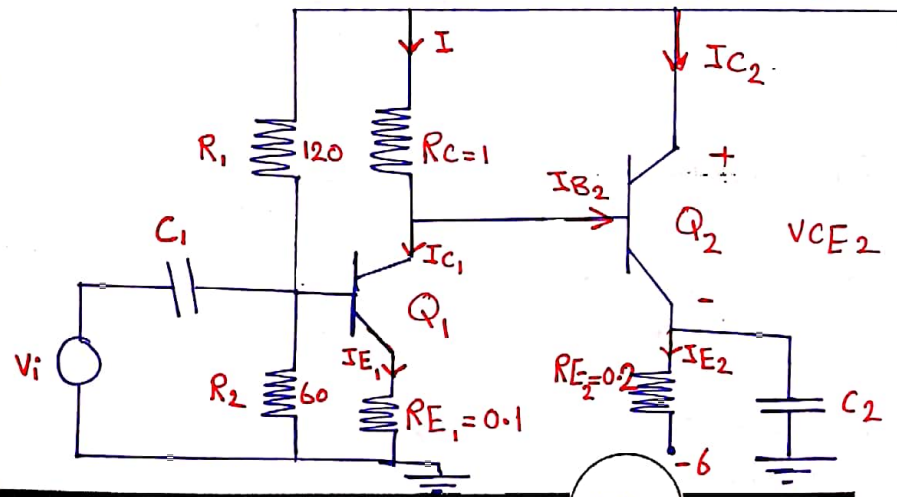
بشكل بسيط هي عبارة عن دوائر كهربائية تحتوي ترانسيستورين إما من نوع NPN أو PNP ، أو واحد PNP والثاني NPN ، يمكن توصيلهم بشكل in series [واحد فوق الثاني] فيسمى حينها (cascade connection).

أو توصيلهم in Parallel فيسمّى حينها (cascade connection).

I Cascade multistage :-

example :- consider the cct shown Q_1, Q_2 are identical, BJTs with $\beta = 100$ v, $V_{BE} = 0.6$ v, $V_{CE(sat)} = 0.3$ v,

caculate : I_{B_1}, I_{C_1}, V_{CE_1}, P_{D_1}, I_{B_2}, I_{C_2}, V_{CE_2}, P_{D_2} ?



إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

طريقة الحل بسيطة جداً ولا تختلف عن الدروس السابقة ، فقط مهارات السيركت لا .

Solution :-

For DC analysis , all caps are open .

رسمة الدارة ستكون في الصفحة التالية

$R_{th} = R_1 // R_2 = 120 // 60 = 40\ k\Omega$.

$V_{th} = \frac{V_{cc} * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 * 60}{60 + 120} = 3.33\ V$.

$-V_{th} + I_{B_1} * R_{th} + V_{BE} + \underbrace{(\beta+1) I_{B_1}}_{I_{E_1}} * R_{E_1} = 0$

$\therefore I_{B_1} = \frac{V_{th} - V_{BE}}{R_{th} + (\beta+1) R_{E_1}} = \frac{3.33 - 0.6}{40 + 101 * 0.1} = 0.0525\ mA$.

$I_{C_1} = \beta I_{B_1} = 100 * 0.0525 = 5.25\ mA$.

$I_{E_1} = (\beta+1) I_{B_1} = 5.3\ mA$.

$-10 + I \cdot R_C + V_{CE_1} + I_{E_1} * R_{E_1} = 0$

$V_{CE_1} = 10 - IR_C - 5.3 * 0.1 \Longrightarrow \boxed{V_{CE_1} = 9.47 - I \cdot R_C}$

to find I , we must write KCL at node C_1 :-

$I = I_{C_1} + I_{B_2}$

$-V_{C_1} + V_{BE} + (\beta+1) I_{B_2} * R_{E_2} - 6 = 0$

$\therefore I_{B_2} = \frac{(V_{C_1} + 6) - V_{BE}}{(\beta+1) R_{E_2}} = \frac{V_{C_1} + 5.3}{20.2}$

$\frac{10 - V_{C_1}}{R_C} = 5.25 + \frac{V_{C_1} + 5.3}{20.2}$ ---- *

Scanned with CamScanner

for $R_C = 1\ k\Omega$

Solving equation (*) gives $\Rightarrow V_{C_1} = 4.27\ V$.

$I_{B_2} = 0.47\ mA$

$I = 5.724\ mA$

$V_{CE_1} = 9.47 - 5.724 * 1 = 3.746\ V$.

$I_{C_2} = \beta * I_{B_2} = 100 * 0.47 = 47\ mA$.

$I_{E_2} = (\beta+1) I_{B_2} = 47,8\ mA$.

$-10 + V_{CE_2} + I_{E_2} * R_{E_2} - 6 = 0$

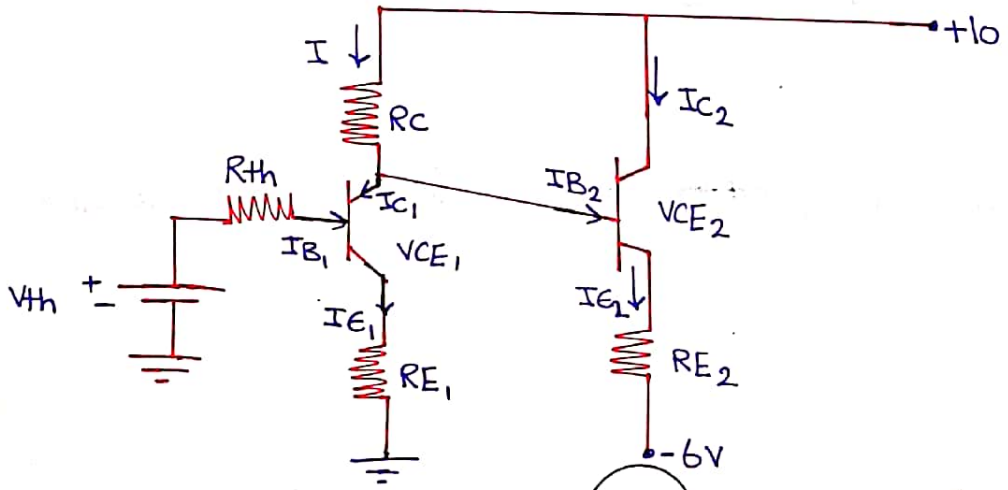
$\therefore V_{CE_2} = 16 - 47,8 * 0.2 = 6.44$.

Since $I_{B_1} > 0$ and $V_{CE_1} > V_{BE}$ and $I_{B_2} > 0$ and $V_{CE_2} > V_{BE}$

$\therefore$ Both BJTs are F.A.M.

$P_{D_1} = I_{C_1} * V_{CE_1} = 5.25 * 3.746 = 19.66\ mw$.

$P_{D_2} = I_{C_2} * V_{CE_2} = 47 * 6.44 = 302.68\ mw$.



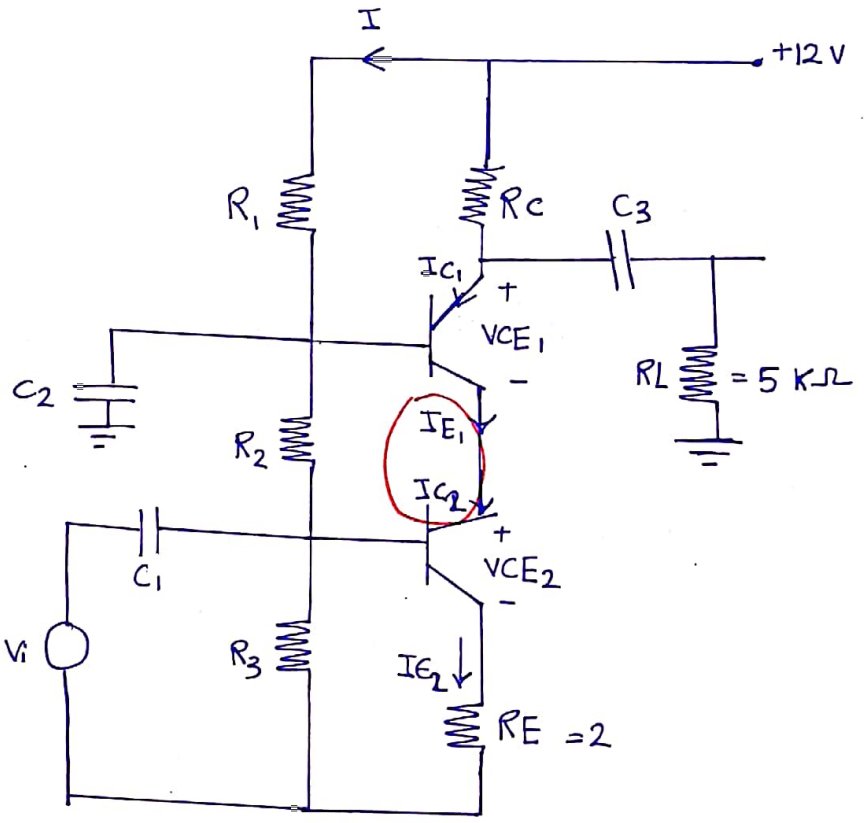
إعداد: نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

[2] Cascode connection :-

in which two transistor are used one on the top of other.

example :- design the cct shown in figure to have the following specifications :- $V_{CE_1} = V_{CE_2} = 3V$, $I_{C_1} = I_{C_2} = 1mA$, the current $I = 0.1\ mA$, given BJTs with $V_{BE} = 0.7$.



solution :-

to Performe D.C analysis or design for this cct assume

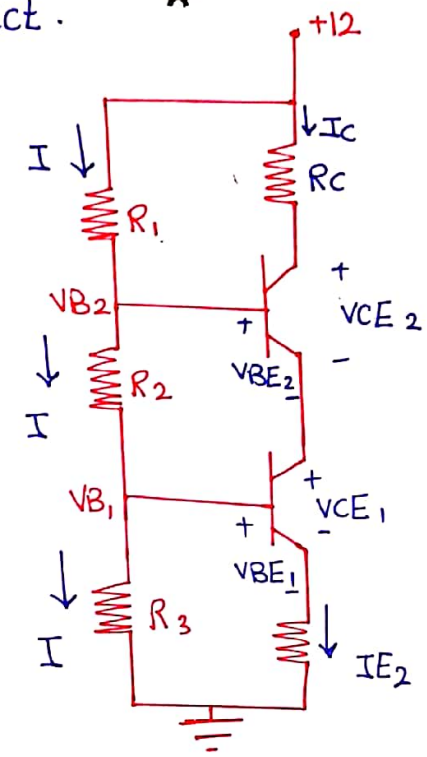
$$I_C = I_E$$

لاحظ ذلك على الرسمة

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

All caps are open cct.



KVL for C-E loop :-

$$-12 + I_{C_1} * R_C + V_{CE_1} + V_{CE_2} + I_{C_2} * R_E = 0$$

$$\therefore I_{C_1} * R_C = 12 - 3 - 3 - 1*2 = 4\ V$$

$$\therefore R_C = \frac{4V}{1mA} = 4\ K\Omega .$$

$$R_3 = \frac{V_{B1}}{I} \quad , \quad -V_{B_1} + V_{BE_1} + I_{E_2} * R_E = 0$$

$$V_{B_1} = V_{BE} + I_C * R_E = 0.7 + 1*2 = 2.7$$

$$\therefore R_3 = \frac{2.7}{0.1} = 27\ K\Omega .$$

$$R_2 = \frac{V_{B_2} - V_{B_1}}{I} .$$

KVL :-

$$-V_{B_2} + V_{BE_2} + V_{CE_1} + I_E * R_E = 0$$

$$\therefore V_{B_2} = 0.7 + 3 + 1*2 = 5.7$$

$$\therefore R_2 = (5.7 - 2.7)/0.1 = 30$$

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{B2}}{I} = \frac{12 - 5.7}{0.1} = 63\ K\Omega .$$

to check the answer, you must check that :

$$\frac{V_{CC}}{I} = R_{total} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$\frac{12}{0.1} = 63 + 30 + 27$$

$120 = 120$ ∴ the answer is correct.

ممكن ما يعطيني قيمة I مباشرة ، ممكن يكيلي I تساوي (Ic %10) حيث Ic=1

فبصير كالتالي : $I = 1 * 10\% = 0.1$

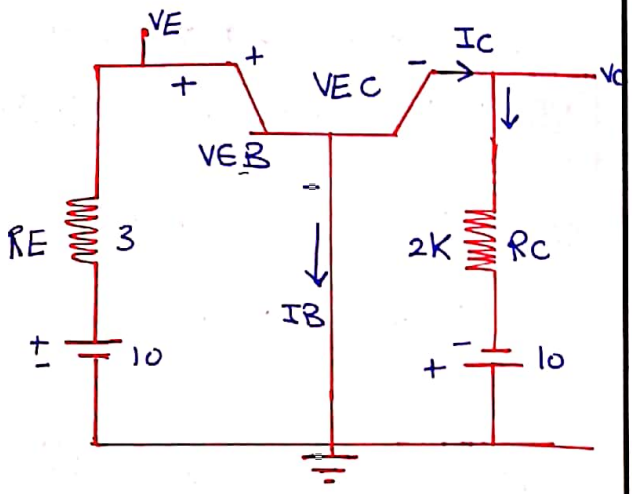
أو ممكن يكون بدّه $120 = R_1+R_2+R_3$ ، فأول اشي لازم نوجد قيمة I ،

$$I = \frac{V_{CC}}{R_{total}} \Leftarrow I = \frac{12}{120} = 0.1 .$$

Scanned with CamScanner

أمثلة إضافية مهمة على (DC cct analysis)

Example :- given $\alpha = 0.99$, find V_E, I_E, I_B, I_C, V_{EC}, V_C, $V_{EB} = 0.7$,



KVL for B-E loop :-

$-10 + I_E * R_E + V_{EB} = 0$

$\therefore I_E = \frac{10 - 0.7}{3\,k} = 3.1\ mA$.

$I_C = \alpha I_E = 0.99 * 3.1 = 3.069$

$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99$

$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{3.1}{99+1} = 0.031\ mA.$

$-10 + I_E * R_E + V_{EC} + I_C * R_C - 10 = 0$

$\therefore V_{EC} = 20 - 3.1 * 3 - 3.069 * 2$

$V_{EC} = 4.562$

since $V_{EC} > V_{EB}$ ∴ R-C Jn is reverse.

and since $I_B > 0$ ∴ B-E Jn is Fw.

∴ BJT in F.A.M .

$-V_E + V_{EB} = 0 \Rightarrow V_E = V_{EB} = 0.7$

$-V_C + I_C * R_C - 10 = 0$

$V_C = I_C * R_C - 10 = -3.862.$

$\therefore V_{EC} = V_E - V_C = 0.7 + 3.862$

4.562

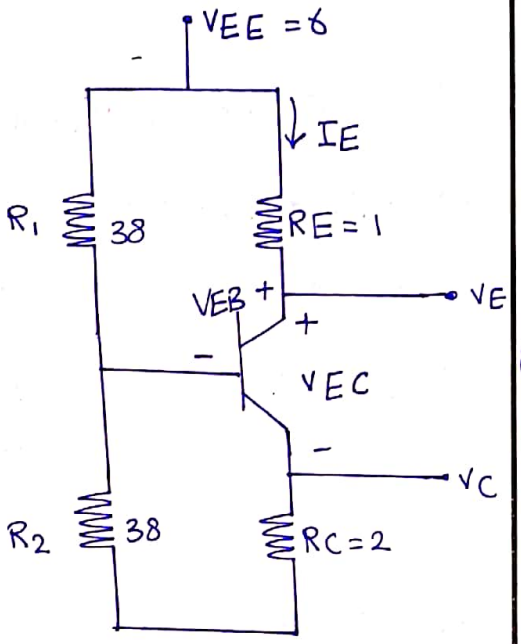
$P_D = I_C * V_{EC}$.

Scanned with CamScanner

Example:- for the cct shown, the BJT has $\beta = 100$, $V_{EB} = 0.6$

① calculate I_E , I_B , I_C , V_C , V_E , V_{EC} , PD ?

② is the cct bias-stable ?



Solution :-

① $R_{th} = R_1 // R_2 = 38 // 38 = 19\ K\Omega$.

$$V_{th} = \frac{V_{EE} \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 * 38}{76} = 3$$

KVL for E-B loop :

$$-6 + I_E * R_E + V_{EB} + I_B * R_{th} + V_{th} = 0$$

, but $I_E = (\beta+1) I_B$

$$\therefore I_B = \frac{6 - 3 - 0.6}{(\beta+1) R_E + R_{th}} = \frac{2.4}{120}$$

$\therefore I_B = 0.02$

$I_C = \beta \cdot I_B = 2\ mA$

$I_E = (\beta+1) I_B = 2.02$

$V_E = 6 - I_E * R_E = 6 - 2.02 = 3.98$

$V_C = I_C * R_C = 2 * 1.2 = 2.4$

$V_{EC} = V_E - V_C = 3.98 - 2.4 = 1.58$

Since $I_B > 0$, $V_{EC} > V_{EB}$

$\therefore$ BJT in F.A.M.

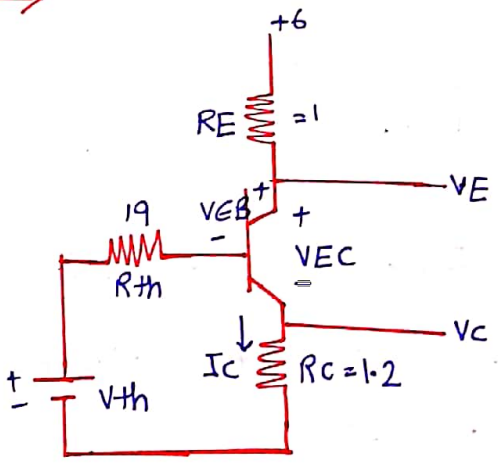
② for biase stable condition cheak for " $R_{th} \overset{?}{\leq} 0.1(\beta+1)R_E$ "

$38 // 38 \overset{?}{\leq} 0.1(101) * 1$

$19 \overset{!?}{\leq} 10.1$

since $19 \not\leq 10.1\ K\Omega$ $\therefore$ the cct isn't bias-stable.

نصبح الرسمة كالتالي



Scanned with CamScanner

* Field-Effect-transistor [FET]

it is a three terminal device, gate ,source and drain, the current between drain and source is controlled via an electric feild applied prependicular on drain-source region created by applaying a D.C voltage on the gate.

وهو [BJT]
أخذنا في الشابتر السابق↑ نوع من أنواع الترانسيستورات ، وفي هذا الشابتر سنأخذ نوع آخر وهو [FET] .

* هو نوع من أنواع الترانسيستورات ، له ثلاثة أطراف ، طَرَف اسمه (drain) وثاني اسمه (source) وآخر اسمه (gate) .

* عند مقارنة (BJT) بالـ (FET) ، يكون ال (drain) مقابل الكوليكتر ، ويكون ال (source) مقابل الإميتر ، ويكون ال (gate) مقابل ال (baise)

* مبدأ عمله يختلف عند مبدأ عمل (BJT) . حيث أن التيار الذي يمر بين ال drain و السورس يعتمد على تأثير مجال كهربائي ، هذا المجال يأتي من فولتية نضعها على ال (gate) ، تولّد مجال كهربائي عمودي على (drain source rgn)

* بماذا يختلف (FET) عن (BJT) ؟

(١) يعتبر (FET) ← (unipolar device) يعني أنه فيه حاملات التيار من نوع واحد فقط إما الكترونات وإما هولات .

(٢) يوجد نوعين من (FET) { n-channel ← P-channel ←

(٣) دائماً التيار الخاص بـ (gate) = Ig = 0 فيصبح تيار (drain) = تيار (source) .

(٤) n-channel ⇐ حاملات التيار هي الكترونات.
P-channel ⇐ حاملات التيار هي هولات.

(٥) حجم (FET) أصغر من حجم (BJT) واستخدامه أكثر بكثير وخاصة في صناعة الدوائر الكهربائية المتكاملة ، مثل الآلات الحاسبة واللابتوب ، إلخ ...

* هيد تلخيص النقاط بالإنجليزي مشان الامتحان

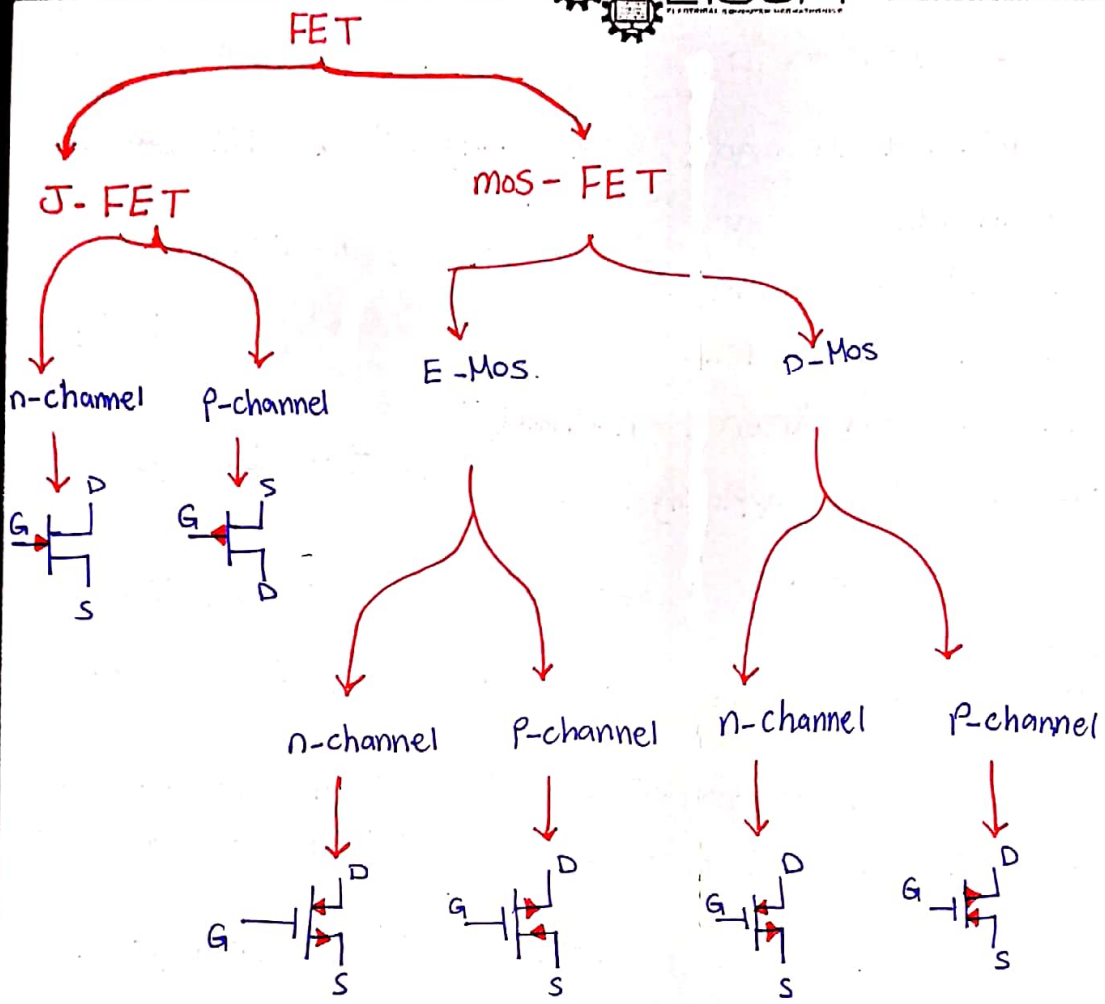
* FET is unipolar device, only one type of carier consisting current eather electron in n-channel devices or holes in P-channel devices.

* ID = IS and IG=0 in all types of fet.

* is small size.

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner



* الـ (FET) بشكل عام ينقسم إلى قسمين ، النوع الأول اسمه (MOSFET) والنوع الثاني اسمه (JFET) ، الفرق بينهم كالتالي :

← بالموسفيت تكون (G) معزولة أو مفصولة عن (D) و (S) ، لاحظ ذلك على الرسمة .

← أما (JFET) تكون (G) و (S) و (D) كلهم متصلين مع بعضهم بنفس الـ Junction .

← الموسفيت يتفرع لنوعين هما : E-Mos ، D-Mos ، بالنسبة لـ E-Mos عبارة عن channel مُحدث (electronic channel) يعني أن channel تنتج حينما نضع فولتية على (gate) فتنتج (electronic channel) بين (D) و (S) .

أمّا (DMos) عبارة عن (phesycal channel) ، أي أنه يوجد اتصال مادي بين (D) و (S) ، حتى لو كانت VG=0 سوف يمر تيار بين (D) و (S) .

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

من (S) إلى (D) ويكون اتجاه التيار الاصطلاحي من (S) إلى (D) و حيث (P) تعني موجب (positive).

تلخيص الكلام :-

the main defference between MosFET and JFET is :

in mosfet , the gate is isolated from drain and source by a layer of oxide , while in JFET , all terminals are meeting in a Junction.

the diffrence between D-Mos [deplesion Mos] and E-Mos [enhancement mos] is :

in E-Mos , the channel is electronic due to applaying DC Voltage on gate , while in D-Mos , the channel is Physical channel.

*the E-Mos is called "normaly off" device , because when $V_G=0$, there is no channel , $I_D=0$

* ما الفرق بين D-Mos و E-Mos ؟

① E-Mos ← electronic channel

D-Mos ← Phesycal channel

② كلاهما يحتوي n-channel و P-channel

* ما الفرق بين n-channel و P-channel ؟

n-channel ⇐ سهم خارج من (S) وداخل على (D) وهو يمثل التيار الاصطلاحي [ID] .

P-channel ⇐ سهم داخل إلى (S) وخارج من (D) وهو يمثل التيار الاصطلاحي [ID] .

ليش ؟ !!

في n-channel حاملات التيار هي الكترونات لأن (n) ترمز إلى (negative) يعني سالب والالكترونات سالبة ، فتتحرك الالكترونات من (S) إلى (D) تحت تأثير مجال كهربائي فالتيار عكس اتجاه الالكترونات فيصبح من (D) إلى (S) .

وفي P-ch يحدث العكس حيث تتحرك الهولات

Scanned with CamScanner

يتم صناعة الموسفيت كالتالي :-

نأخذ رقاقة من (semic) من نوع P-type ونحفرها من جهة اليمين ونقصفها بذرات خماسية متبرعة (dopped N-type) ، وكذلك نحفر جهة اليسار ثم نقصفها بذرات خماسية أيضاً .

ثم نربط سلك من الألمنيوم وهو يمثل (D) ونربط أيضاً من الجهة الأخرى وهو يمثل (S) ، صلك حمار كل من (S) و (D) من نوع (N-type material) .

والمسافة بينهما تسمى (channel) وفوق هذه الطبقة نضع طبقة من الأوكسايد ، والأوكسايد هو عازل ، ثم نضع طبقة من المعدن وعادةً ما يكون ألمنيوم وهكذا تكون قد تكونت (G) .

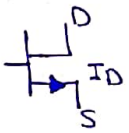
مبدأ عمله ، انه اذا ما في فولتية عليه إذن ما في (channel) . واذا حطينا فولتية موجبة (G) ، ع ، يصير واحد من هالشغلتين:

(1) الفولتية الموجبة تقوم بسحب كل الالكترونات للمنطقة البعيدة وتركزها تحت الأوكسايد.

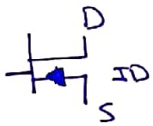
(2) الفولتية الموجبة تقوم بطرد جميع الهولات فتبقى الإلكترونات .

*D-Mos is called "normall on", because even when $V_{GS}=0$, it is (on) and $I_D>0$.

* in n-channel :- the carriers are electrons, and since ē has negtive charge, So it is called N-Channel, ID is out of source.



* in p-channel :- the carriers are holes and their charge is Positive, So they are called P-channel, ID is inward source.



* في هذا الشابتر سندرس فقط الموسفيت ، سنعيد تعريفه بشكل سريع وآلية صناعته .

MosFET :- is a metal oxide semic Field-effect transistor, the gate is isolated from drain and source by a layer of oxide, their are 2 types :- E Mos , DMos.

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

the conventional direction is from D → S , ID with direction out of source , so the arrow direction is out of (S) which is the conventional direction of ID , IG is always zero .

Not any value of VGS will create a channel , to create a channel , VGS must (+ve) and greater than a certain value (vtn) , which is called (thershold voltage) and is (+ve) also , and given in data sheet , so VGS > Vtn.

والنتيجة واحدة ، أنه سينتج (N-electronic channel) تحت الـ (gate) .

* هل ممكن أي فولتية على الـ (gate) تسبب [VGS] (Channel) ؟

لا ، يجب أن تكون قيمة موجبة وأكبر من (VTN) .

قيمة تُعطى بالداتا شيت .

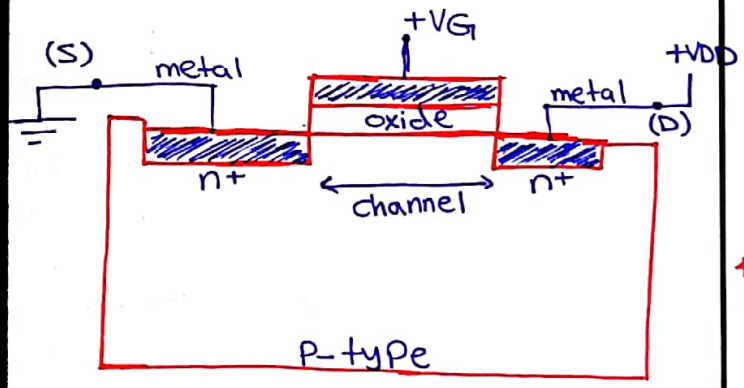
تلخيص الكلام :-

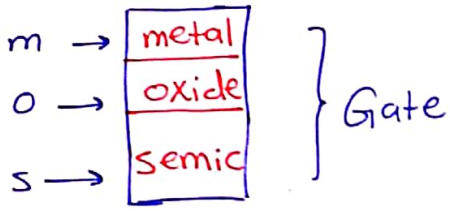
the drain and source are hevilly dopped (n^+-type) , when a Possitive (VG) is applied , it will collect all electrons from far side and create electronic channel between (S) and (D).

when ^+VDD is applied on drain, this will attract electrons and force electrons to move from (S) to (D).

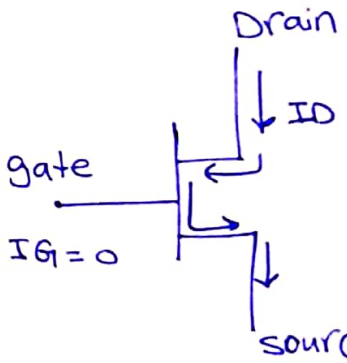
Scanned with CamScanner

(9)

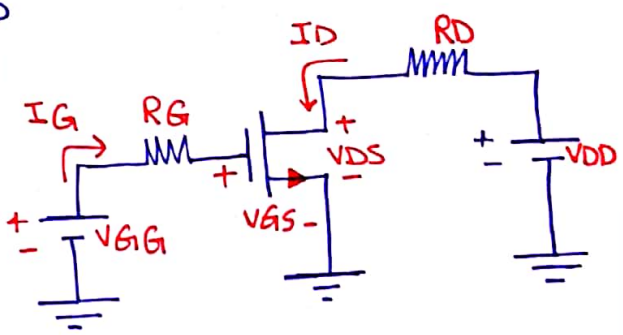




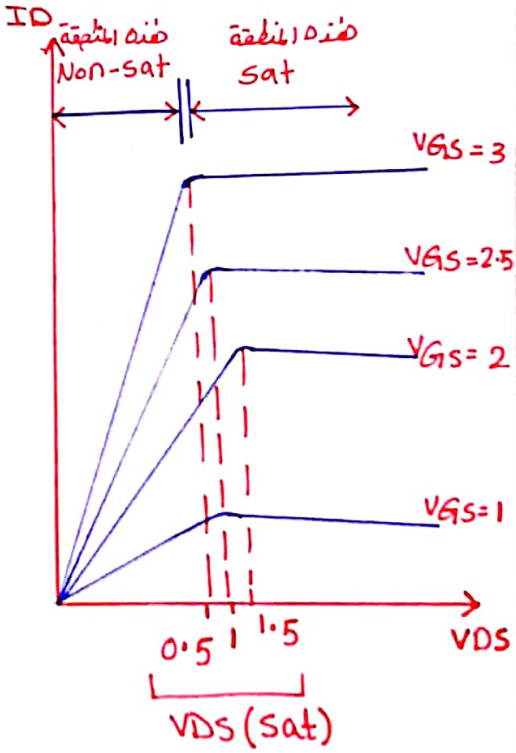
" Gate structure "



* MosFET I-V characteristic



بالداتا شيت VTN = 1



يوضح هذا الرسم ، العلاقة بين التيار الاضطلاحي للموسفيت (ID) وبين الفولتية بين الدرين والسورس (VDS) ، نلاحظ أن العلاقة مقسومة لقسمين ، قسم اسمه (Non saturation) والآخر اسمه (saturation)

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

والذي يفصل بينهما هو قيمة الفولتية VDS(sat)
فلو أن قيمة VDS أقل من VDS (sat) فنحن
بحالة (Non sat region).
وفي حال أن قيمة VDS أكبر من VDS (sat)
فنحن بحالة (sat region).

ما الفرق بين (sat rgn) و (Non-sat rgn) ؟
كما نلاحظ على الرسمة فإن العلاقة خطية
بين (VDS و ID) أي كل تزداد VDS تزداد
معها ID فالعلاقة (Lenier) إلى أن تصل إلى
قولتية قيمتها (VDS sat) و عند هذه النقطة
تتغير العلاقة بين ID , VDS فتصبح ID
شبه ثابتة بغض النظر عن قيمة VDS.

1 saturation region :-

in this region, ID is independent on vds, in this region, $VDS > VDS(sat)$ and ID is given by : $ID = Kn(VGS - VTN)^2$, where VTn is threshold voltage, and given Kn : conduction parameter

$$Kn = \frac{w\,\mu n\,Cox}{2L} = K'n\frac{w}{2L}$$

where w and L are width and length of channel.

μn : electron mobility.

Cox : gate-oxide-capacitance

K'n : Process Parameter.

$$Vds(sat) = VGS - VTN$$

نقطة الامتحان :

in this region, the mosfet is used as an amplifier.

2 non saturation region.

in this region, $VDS < VDS(sat)$ and ID is given by :

$$ID = Kn\left[2(VGS - VTN)VDS - VDS^2\right]$$

, the mosfet is used as a Voltage-controlled resistance

$$R_{mos} = \frac{1}{2Kn(VGS - VTn)}$$, since V_{TN} is constant and Kn is constant, so $R_{mos} \propto \frac{1}{VGS}$.

R_{mos} is controlled via changing VGS, this application is used in communication electronics.

Scanned with CamScanner

for small VDS , VDS' terms is

n , So

$$I_D \simeq 2k(V_{GS}-V_{TN})V_{DS}$$

$$\frac{I_D}{V_{DS}} = \frac{1}{R} = 2k(V_{GS}-V_{TN})$$

So , $$R_{mos} = \frac{1}{2K_n(V_{GS}-V_{TN})}$$

* D.C ccts analysis *

اتبع هذه الخطوات لحل أسئلة تحليل الدوائر :-

١- اذا في مواسعات ، نجعلهم open cct

٢- نفرض أن الموسفيت في حالة (sat rgn)

٣- نحسب VGS ونعوضها في معادلة ID .

٤- نحسب VDS .

٥- نتأكد من قيمة VDS ونقارنها مع $V_{DS_{sat}}$

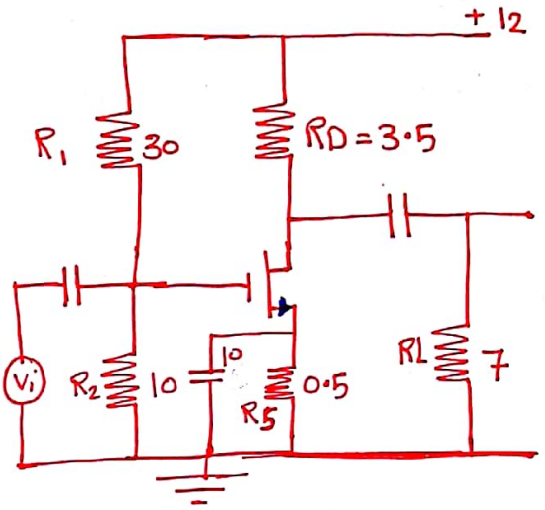
وعلى أساسه نقرر أن الموسفيت بأي rgn يعمل .

Example :- for the cct shown, the transistor parameters are:

$K_n = 1\ mA/V^2$, $V_{TN} = 2$, $\lambda = 0$

① caculate VGSQ , ID , VDS , VD and PD ?

② draw D.C.L.L indicating slop and Q-pt ?



Solution :-

1

-all caps are open cct.

-assume the transistor in sat region.

$V_{GS} = V_G - V_S$, $V_S = I_D * R_S$

$V_G = \frac{12*10}{10+30}$, $V_S = 0.5 * I_D$

$V_{GS} = 3 - 0.5 * I_D$

ID نعوض في معادلة

$I_D = K_n(V_{GS}-V_{TN})^2$

$I_D = \frac{3-V_{GS}}{0.5} = 1(V_{GS}-2)^2$

$3 - V_{GS} = 0.5(V_{GS}^2 - 4V_{GS} + 4)$

$\therefore V_{GS} = -(-1) \mp \frac{\sqrt{(-1)^2 + -4*(0.5)(+1)}}{2*0.5}$

Scanned with CamScanner

$VGS = \frac{1 \mp \sqrt{3}}{1} = 1 \mp 1.732$

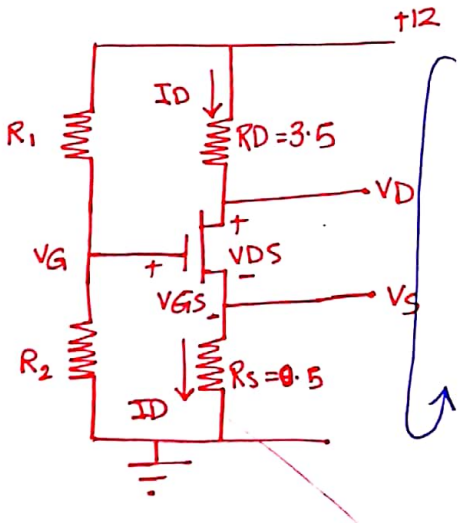
ما قمنا به هو تحليل عبارة تربيعية، فاستخدمنا قانون المميز = $b^2 - 4ac$ ثم قانون $س = \frac{-b \mp \sqrt{\text{المميز}}}{2a}$.

either $VGS = 2.732$ ✓ or $VGS = -0.73$ ✗

VGS must be +ve and > VTN

نختار قيمة (VGS) الموجبة والأكبر من VTN حتى يعمل الموسفيت .

$\therefore ID = 0.536\ mA$



حتى نحسب قيمة VDS نعمل KVL :

$-12 + ID * RD + VDS + ID * RS = 0$

$\therefore VDS = 12 - 0.536(3.5+0.5) = 9.856$

$VDS(sat) = VGS - VTN = 0.732$

since $VDS > VDS(sat)$ ∴ mosfet in saturation region.

$VS = ID * RS = 0.536 * 0.5 = 0.268$

$VD = 12 - ID * RD = 10,124$.

$PD = ID * VDS = 5.283\ mW$.

2

D.C.L.L :-

write KVL for D-S loop.

$-12 + ID * RC + VDS + ID * RS = 0$

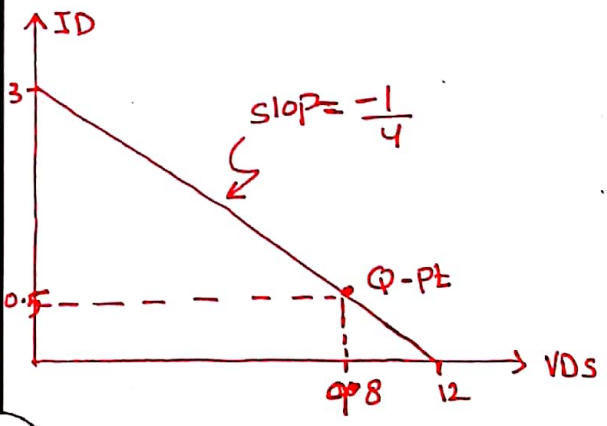
$\therefore VDS = 12 - ID(RD+RS)$

يجب أن نضع VDS و ID لأنه VDS هي محور السينات و ID هي محور الصادات .

the slop is $= \frac{-1}{RD+RS}$

for $ID = 0 \rightarrow VDS = 12 \rightarrow P_1(12,0)$

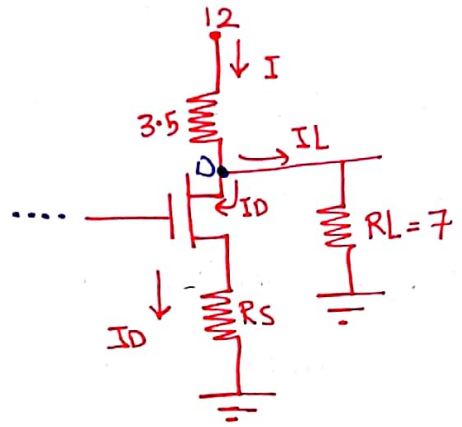
for $VDS = 0 \rightarrow ID = 3 \rightarrow P_2(3,0)$



Scanned with CamScanner

3 فرع جديد

Recalculate VDS when RL and RD are diret coupled ↴



VGS, ID will not affected

VGS = 2.732 , ID = 0.536

لن تتغير قيمة VGS , ID لأن هذا التغير لن يؤثر بأي شيئ على VGS وID على حساب حساب

$VDS = 12 - I*DR - ID*RS = VD - VS$

KCL at node D :

$I = ID + IL$

$\frac{12-VD}{3.5} = 0.536 + \frac{VD}{7}$

$24 - 2VD = 3.752 + VD \Rightarrow VD = 6.75$

$\therefore VDS = 6.75 - 0.536*0.5 = 6.482$

$VDS = VD - VS = 6.75 - ID*RS$ (هنا لا يعتد الطلاب)

Example :- given a mosFET with $\acute{k}n = 100$, $VTN = 1$, $\frac{W}{L} = 20$, design the cct to have $ID@ = 1$, $VDS = 6$.

① caculate (RD, RS, Rg) ?

الرسمة في الصفحة التالية

$ID = Kn(VGS - VTN)^2$

$Kn = \acute{k}n \frac{W}{2L} = 100\left(\frac{20}{2}\right) = 1$

$VGS = VTN \mp \sqrt{\frac{ID}{Kn}} = 1 \mp \sqrt{1}$

$\therefore$ VGS is either 2V ✓ or 0V ✗

- يجب أن تكون موجبة وأكبر من VTN .

$VGS = VG - VS \Rightarrow VS = VG - VGS$

$\therefore VS = IG * Rg - VGS$

$-2 = 0 - VGS$

$\boxed{VGS = 2}$

$-VS + ID*RS - 5 = 0$

$ID*RS = 5 + VS = 5 - 2 = 3$

$\therefore RS = \frac{3}{1} = 3$

$VDS = VD - VS$

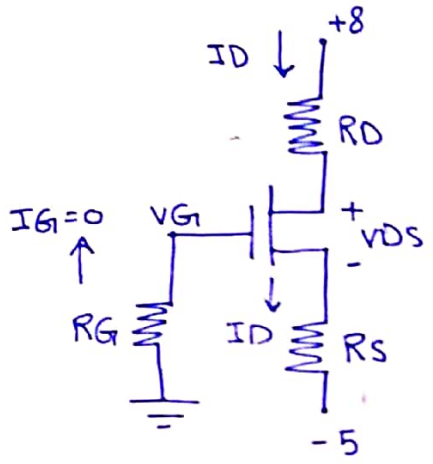
$VD = VDS + VS = 6 - 2 = 4$

$RD = \frac{8 - VD}{ID} = \frac{8-4}{1} = 4$

Scanned with CamScanner

Rg can be any value, because IGRG = 0

معلومة :- نستخدم (Rg) كحماية لل (gate) من (Static charge).



2 caculate D.C.L.L equation and determine slop ?

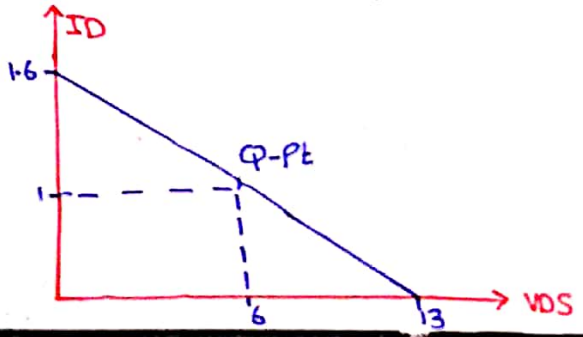
$-8 + ID*RD + VDS + ID*RS - 5 = 0$

$VDS = 13 - ID(RD + RS)$

$\therefore slop = \frac{-1}{RD + RS}$

for $ID = 0 \rightarrow VDS = 13 \rightarrow P_1 = (13, 0)$

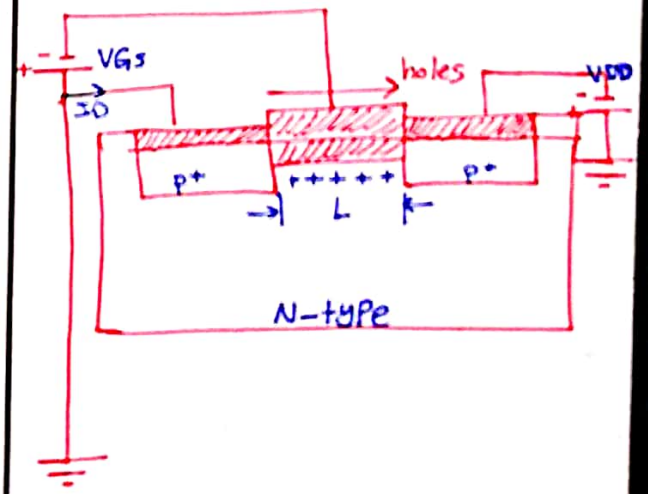
for $VDS = 0 \rightarrow ID = \frac{13}{4} = 1.6 \rightarrow P_2 = (0, 1.6)$



* P-Channel mosfet *

due to baising (-ve VGS), holes will be pulled under gate region, creating electron channel with holes and since (D and S) are (P^+), so when -ve VDD is applied on drain, holes will rhave from (S)→(D) causing a current ID directed conventionally from (S)→(D).

الموسفيت هنا ستغير فبدل أن يكون n-ch سيصبح (P-channel)، سيحدث عدة تغييرات بسيطة، يكون بناء الموسفيت كالتالي [لاحظ الفروقات بينه وبين n-channel]



إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

① saturation region :-

$VSD > VSD(sat)$,

$$ID = KP(VSG + VTP)$$
$$VSD(sat) = VSG + VTP$$

② non saturation region :-

$$ID = KP[2(VSG+VTP)VSD - VSD^2]$$

where V_{TP} is given and it is negative.

$$KP = \frac{\mu_P * Cox * W}{2L} = \bar{K}P \frac{W}{2L}$$

الرجاء الانتباه إلى الرموز كيف انعكست فبدل VGS أصبحت VSG وهكذا --- عملنا هذه الطريقة لنتعامل مع أرقام موجبة بدل السالبة لأنه أسهل علينا .

مثال توضيحي :-

$VGS = -2 \xrightarrow{\text{تغير}} VSG = 2$

$VDS = -5 \xrightarrow{\text{تغير}} VSD = 5$

ملاحظات مهمة :-

* عندما نقول N-channel يعني حاملات التيار إلكترونات وشحنتها سالبة لذلك هي (n) .

* عندما نقول P-channel يعني حاملات التيار هولات وشحنتها موجبة لذلك هي (P) .

* عندما تكون VGS سالبة - [يمكننا القول VSG موجبة] ، هذه الفولتية ستسحب كل الهولات من المنطقة البعيدة وتضعها تحت الـ (gate) فينتج (electronic channel) .

وهناك تفسير آخر يقول أن الفولتية ستدفع الالكترونات بعيداً ، وعلى الحالتين النتيجة واحدة وسينتج تيار مبتدئ من (s) إلى (D) .

* قيمة (VGS) في P-channel يجب أن تكون سالبة وقيمتها أقل من VTP أو قيمة VSG موجبة وأكبر من VTP .

* طريقة حل الاسئلة نفس حل اسئلة n-cha لكن الإشارات تختلف .

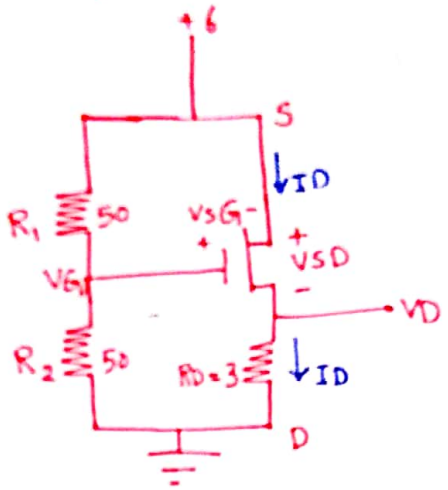
* يوجد منطقتين للعمل كما موجود في n-channel :

saturation region / non sat region

إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

example :- given $K_P = 0.2$, $V_{TP} = -1$, calculate V_{SG} , I_D , V_D , V_{SD} ?



Solution :-

assume the mosfet in sat region.

$$I_D = K_P (V_{SG} + V_{TP})^2$$

$$V_{SG} = V_S - V_G = 6 - \frac{6 * 50}{100} = 3$$

$$\therefore I_D = 0.2 (3 + -1)^2 = 0.8$$

$$-6 + V_{SD} + I_D * R_D = 0$$

$$\therefore V_{SD} = 6 - 0.8 * 3 = 3.6$$

$$V_D = I_D * R_D = 0.8 * 3 = 2.4$$

$$P_D = I_D * V_{SD} = 0.8 * 3.6 = 2.88$$

$$V_{SD(sat)} = V_{SG} - V_{TP} = 3 - 1 = 2$$

Since $V_{SD} > V_{SD(sat)}$

∴ mosfet in sat region.

D.C.L.L and slop :-

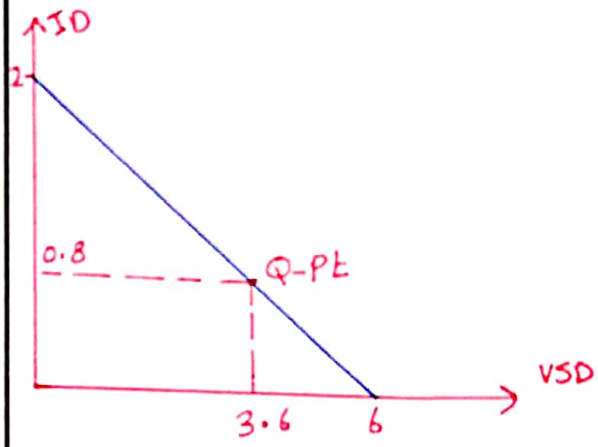
$$-6 + V_{SD} + I_D * R_D = 0$$

$$\therefore V_{SD} = 6 - I_D * R_D$$

$$\therefore \text{slop} = \frac{-1}{R_D}.$$

for $I_D = 0 \rightarrow V_{SD} = 6 \rightarrow P_1(6,0)$

for $V_{SD} = 0 \rightarrow I_D = 2 \rightarrow P_2(0,2)$



Scanned with CamScanner

* Multitransistors Circuit .

CCTs contain more than one transistor at least two transistors , can be of the same type or different types , they can be connected in two forms:

① Cascade Configration :

this is series connection as for the following cct ⤵

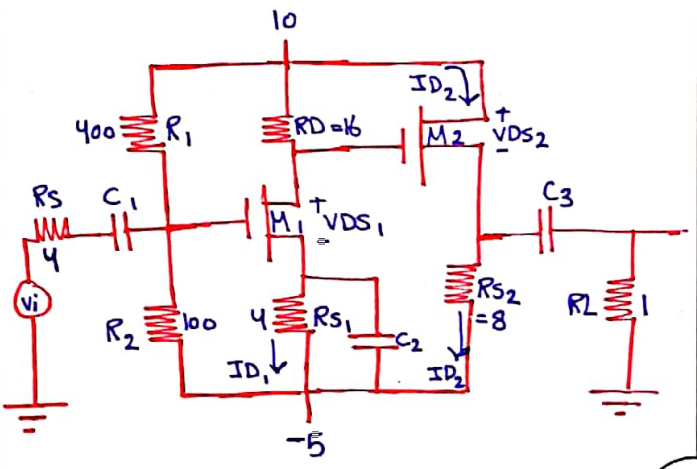
example :- for the cct shown,

M_1 Parameters :- $K_{n_1} = 0.5$

$V_{Tn_1} = 1$,

M_2 Parameters : $K_{n_2} = 0.25$

$V_{Tn_2} = 1$, Caculate V_{GS_1} , I_{D_1} , V_{GS_2} , I_{D_2} , V_{DS_2} ?



Solution :-

for DC analysis , all caps are open cct .

assume both mosfets in saturation region.

$$I_{D_1} = K_{n_1}(V_{GS_1} - V_{TN_1})^2$$

$$V_{GS_1} = V_{G_1} - V_{S_1}$$

$$V_{G_1} = \frac{10 * 100}{400 + 100} + \frac{-5 * 400}{500} = -2 \quad \text{---- ①}$$

$$-V_{S_1} + I_{D_1} * R_{S_1} - 5 = 0$$

$$V_{S_1} = 4 I_{D_1} - 5$$

$$\therefore V_{GS_1} = -2 + 5 - 4 I_{D_1}$$
$$= 3 - 4 I_{D_1}$$

$$\therefore I_{D_1} = \frac{3 - V_{GS_1}}{4} \quad \text{---- ②}$$

$$V_{G_1} = \frac{(10+5) R_2}{R_1 + R_2} + (-5) = -2$$

$$\therefore \frac{3 - V_{GS_1}}{4} = 0.5(V_{GS_1}^2 - 2V_{GS_1} + 1)$$

$$3 - V_{GS_1} = 2 V_{GS_1}^2 - 4 V_{GS_1} + 2$$

$$2 V_{GS_1}^2 - 3 V_{GS} - 1 = 1$$

$$\therefore$$

Scanned with CamScanner

$$\therefore V_{GS_1} = \frac{-(-3) \mp \sqrt{(-3)^2 + 4*2*1}}{4}$$

$$V_{GS_1} = \frac{3 \mp \sqrt{7}}{4} = +1.78 \checkmark$$

$$\text{or} \quad -0.28 \times$$

$$\therefore I_{D_1} = \frac{3 - 1.78}{4} = 0.305$$

$$-10 + I R_D + V_{DS} + I_{D_1} * R_{S_1} - 5 = 0$$

$$I = I_{D_1} + \cancel{I_{G_2}}^{0} \Rightarrow I = I_{D_1} = 0.305$$

$$V_{DS_1} = 10 + 5 - I_{D_1}(R_D + R_{S_1})$$

$$= 15 - 0.305 * 20 = 9.9.$$

$$V_{DS_1(sat)} = V_{GS_1} - V_{TN_1} = 0.78$$

Since $V_{DS_1} > V_{DS_1(sat)}$

$\therefore M_1$ is in sat Reg.

for M_2 :-

assume M_2 in sat region.

$$I_{D_2} = K_{n_2}(V_{GS_2} - V_{TN_2})^2$$

$$V_{GS_2} = V_{G_2} - V_{S_2}$$

$$V_{S_2} = I_{D_2} * R_{S_2} - 5 = 8 I_{D_2} - 5$$

$$\therefore V_{G_2} = V_{D_1} = 10 - I_{D_1} * R_D$$

$$= 10 - 0.305 * 16 = 5.12$$

$$\therefore V_{GS_2} = 5.12 + 5 - 8 I_{D_2} = 10.12 - 8 I_{D_2}$$

$$I_{D_2} = \frac{10.12 - V_{GS_2}}{8} \quad \text{---- (4)}$$

$$\frac{10.12 - V_{GS_2}}{8} = 0.25(V_{GS_2}^2 - 2V_{GS_2} + 1)$$

$$10.12 - V_{GS_2} = 2V_{GS_2}^2 - 4V_{GS_2} + 2$$

$$2V_{GS_2}^2 - 3V_{GS_2} - 8.12 = 0 \quad \text{-- (5)}$$

$$\therefore V_{GS_2} = \frac{-(-3) \mp \sqrt{(-3)^2 + 4*2*8.12}}{2*2}$$

$$= \frac{9 \mp \sqrt{73.96}}{4}$$

$$V_{GS_2} = 4.4 \checkmark \quad \text{or} \quad 0.1 \times$$

$$\therefore I_{D_2} = \frac{10.12 - 4.4}{8} = 0.715$$

$$V_{DS_2} = 15 - I_{D_2} * R_{S_2} = 9.28$$

$$V_{DS_2(sat)} = V_{GS_2} - V_{TN} = 3.4$$

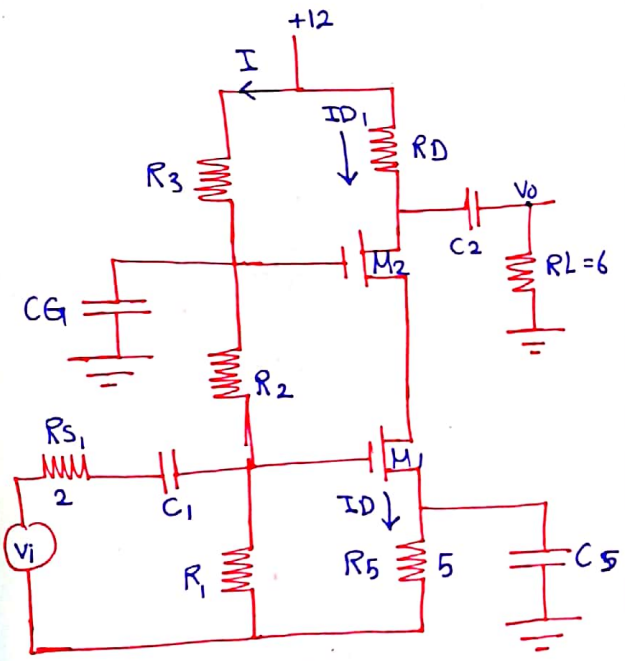
$\therefore M_2$ in sat region.

Scanned with CamScanner

2 cascode configration

this cct contains common source and common gates, it is used for high frequency responce.

example :- given M_1 and M_2 are identical with $K_{n1} = K_{n2} = 1$, $V_{TN1} = V_{TN2} = 1$, design the cct to have $I_{DQ} = 1$, $V_{DS1} = 3$, $V_{DS2} = 2$, let $R_1 + R_2 + R_3 = 120$.



Solution :-

for D.c analysis, all caps are open cct.

for $R_T = 120$, $I = \frac{12}{120} = 0.10$

$R_1 = \frac{V_{G1}}{I}$, $R_2 = \frac{V_{G2} - V_{G1}}{I}$, $R_3 = \frac{12 - V_{G2}}{I}$

$-V_{G1} + V_{GS1} + I_D * R_S = 0$

$V_{GS1} = V_{G1} - V_{S1} \Rightarrow V_{G1} = V_{GS1} + V_{S1}$

$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1}$

$V_{S1} = I_D * R_S = 1 * 5 = 5$

$V_{GS1} = V_{TN} \mp \sqrt{\frac{I_D}{K_n}} = 1 \mp \sqrt{1}$

$= 2$ or 0

2 ✓ 0 ✗

$\therefore V_{G1} = 2 + 5 = 7$, $V_{GS1} = V_{GS2} = 2$

$\therefore R_1 = \frac{7}{0.1} = 70$

$-V_{G2} + V_{GS2} + V_{DS1} + V_{DS1} + I_D * R_S = 0$

$V_{G2} = 2 + 3 + 1 * 5 = 10$

$\therefore R_2 = \frac{10 - 7}{0.1} = 30$

$\therefore R_3 = \frac{12 - 10}{0.1} = 20$

$-12 + I_D * R_D + V_{DS2} + V_{DS1} + I_D * R_S = 0$

$\therefore R_D = \frac{12 - 2 - 3 - 5*1}{1} = 2$

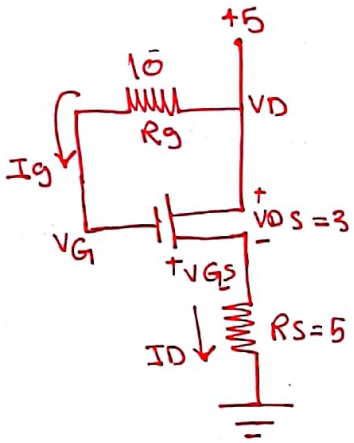
إعداد : نتالي الكايد

Scanned with CamScanner

example:- for the cct shown, the mosfet has $\acute{K}n=100$, $V_{TN}=1$, $V_{DS}=3$, caculate :

① $\frac{W}{L}$ of the transistor.

② I_D , V_S , P_D .



Solution :-

assume the mosfet in sat region

$I_D = K_n(V_{GS}-V_{TN})^2$

for this connection

$V_D = V_G$ because $I_G = 0$

$\therefore V_{DS} = V_{GS} = 3$

$-5 + V_{DS} + I_D * R_S = 0$

$I_D = \frac{5-V_{DS}}{R_S} = \frac{5-3}{5} = 0.4$

$0.4 = K_n(3-1)^2 = 4K_n$

$K_n = \frac{0.4}{4} = 0.1$

$\acute{K}n = 100\ \mu A/V^2 = 0.1\ m\ A/V^2$

$\therefore K_n = \acute{K}n \frac{W}{2L} \Rightarrow \frac{W}{L} = \frac{2K_n}{\acute{K}n}$

$= \frac{2*0.1}{0.1} = 2$

$V_S = I_D * R_S = 0.4 * 5 = 2$

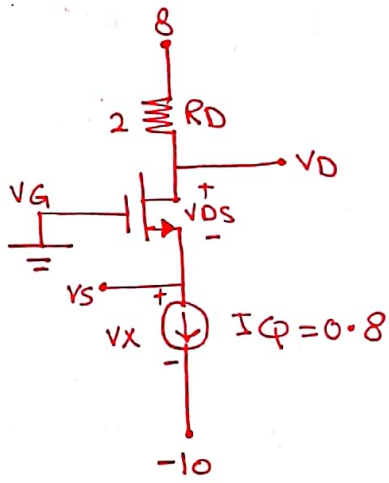
$P_D = I_D * V_{DS} = 0.4 * 3 = 1.2$

---

example :-

$K_n = 0.2$, given $V_{TN}=1$,

caculate V_S , V_D , V_{DS} , P_D ?



Solution :-

$I_D = K_n(V_{GS}-V_{TN})^2$

$I_D = I_Q$

$\therefore V_{GS} = V_{TN} \mp \sqrt{\frac{I_D}{K_n}}$

$= 1 \mp \sqrt{\frac{0.8}{0.2}} = 3$ ✓ or -1 ✗

Scanned with CamScanner

$V_{GS} = V_G - V_S$

but $V_G = 0$

$\therefore V_S = -V_{GS} = -3$

$-8 + I_D * R_D + V_D = 0$

$V_D = 8 - I_D * R_D$

$= 8 - 0.8 * 2$

$= 6.4$

$V_{DS} = V_D - V_S$

$= 6.4 - (-3) = 9.4$

$V_{DS(sat)} = V_{GS} - V_{TN} = 3 - 1 = 2$

∴ MosFET in saturation region

$P_D = I_D * V_{DS}$

$= 0.8 * 4.4$

$= 7.52$.

* تلخيص القوانين :-

n-channel :-

$I_D = K_n (V_{GS} - V_{TN})^2$

$K_n = \frac{w \mu_n C_{ox}}{2L} = K_n' \frac{w}{2L}$

$V_{DS(sat)} = V_{GS} - V_{TN}$

Sat rgn

$I_D = K_n [2(V_{GS} - V_{TN}) V_{DS} - V_{DS}^2]$

$R_{mos} = \frac{1}{2K_n (V_{GS} - V_{TN})}$

non sat rgn

p- channel :-

$I_D = K_P (V_{SG} + V_{TP})^2$

$V_{SD(sat)} = V_{SG} + V_{TP}$

Sat rgn

$I_D = K_P [2(V_{SG} + V_{TP}) V_{SD} - V_{SD}^2]$

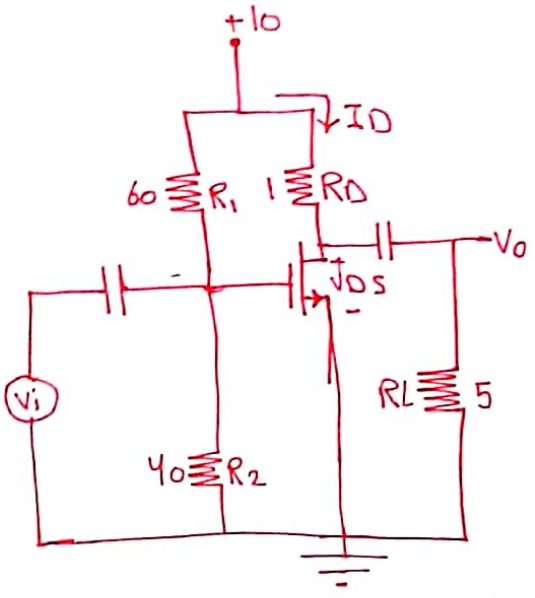
$K_P = \frac{\mu_P C_{ox} w}{2L} = K_P' \frac{w}{2L}$

non Sat rgn

Scanned with CamScanner

Example :- for the cct shown, the mosfet parameters are:

$K_n = 1$, $V_{TN} = 2$



① caculate V_{GSQ}, I_{DQ}, V_{DSQ}, and PD ?

② recaculate V_{GSQ}, I_{DQ}, V_{DS} . when $R_D = 2.2$?

Solution :-

① for D.C analysis, all caps are open cct,

assume the mosfet in saturation region, so :

$$V_{GS} = V_G - V_S = \frac{10 * R_2}{R_1 + R_2} - 0 = \frac{400}{100} = 4$$

, then $I_D = K_n (V_{GS} - V_{TN})^2$

$$I_D = 1 (4-2)^2 = 4 .$$

$-10 + I_D * R_D + V_{DS} = 0$

$\therefore V_{DS} = 10 - 4 * 1 = 6$

$V_{DS(sat)} = V_{GS} - V_{TN} = 4-2 = 2$

Since $V_{DS} > V_{DS(sat)}$

$\therefore$ mosfet in saturation reg.

$P_D = I_D * V_{DS} = 4 * 6 = 24 .$

② for $R_D = 2.2$, assume mosfet in sat region .

$V_{GS} = V_G - V_S = 4$

$I_D = 1 (4-2)^2 = 4$

$V_{DS} = 10 - I_D * R_D$

$= 10 - 4 * 2.2$

$V_{DS} = 1.2$

$V_{DS(sat)} = V_{GS} - V_{TN} = 2$

since $V_{DS} < V_{DS(sat)}$

$\therefore$ mosfet in non-sat-rgn.

so, we must use:

$$I_D = K_n [2(V_{GS} - V_{TN}) V_{DS} - V_{DS}^2]$$

V_{GS} is not changed, $V_{GS} = 4$

Scanned with CamScanner

So, we shall write

$$ID = \frac{10 - VDS}{RD} = Kn\left[2(VGS - VTN)VDS - VDS^2\right]$$

$$\therefore \frac{10 - VDS}{RD} = 1\left[2(4-2)VDS - VDS^2\right]$$

$$10 - VDS = 2.2\left[4VDS - VDS^2\right]$$

$$10 - VDS = 8.8\ VDS - 2.2\ VDS^2$$

$$\therefore VDS = \frac{-(-9.8) \mp \sqrt{(-9.8)^2 - 4*2.2*10}}{2*2.2}$$

$$VDS = 2.87 \quad \text{or} \quad 1.583$$

X ✓

$VDS < VDS_{(sat)}$ لأنه بمنطقة (non-sat) تكون

then

$$ID = \frac{10 - 1.583}{2.2} = 3.826$$

or from ↓

$$IO = 1\left[2(4-2)\,1.583 - (1.583)^2\right]$$

$$= 3.826 \ .$$

then Q-pt = (1.583 , 3.826).

انتهى ...

" وما أوتيتم من العلم إلا قليلاً "

Scanned with CamScanner