

بسمه تعالی

**جزوه**

الکترونیک ۱

**دانشگاه**

علم و صنعت

**استاد**

دکتر ابریشمی فر

الذرات سبک : جنبه های اول

$$\rho_{Si} = 10^{-7} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\rho_{Ga} = 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\rho_{As} \Big|_T = 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$$

مواد نیم هادی :

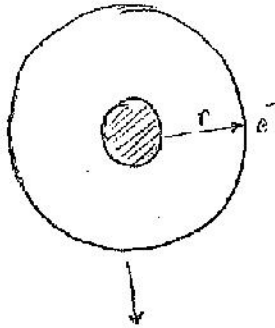
حالت اتز ← ماده کریستال

بازه توجه بر ماده ها ناخالصی است

چرا هدایت مواد نیم هادی به حرکت برده در است ؟

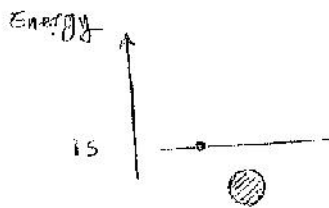
به دنبال آنی بر روی :

\* دلیل آنی بر روی از رفتار آنی بر روی در نیم هادی را توضیح دهید .   
 \* مقصد برای آنیم هیدروژن است و می تواند آن را آنیم دار کند .



$$W = \int_{\infty}^r F \cdot dr$$

برای آنی از اتم هیدروژن به بیرون بردن آن  
 همان انرژی دار

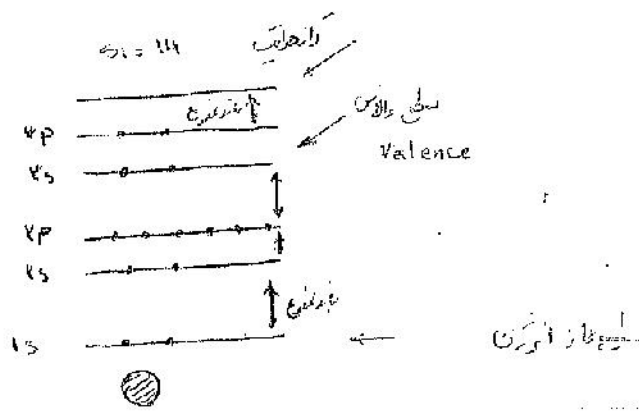


- ۱. لایه هدایت آنی بر روی
- ۲. لایه هدایت الکترونی

اتم هیدروژن دارای انرژی 15 eV است  
 اگر آنی به بیرون بردیم آنیم

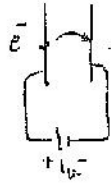
مواد نیم هادی ذاتی " Intrinsic " : به معنای آنی که می شود به آن اتمی آن گسیب نماند

- 17 eV ← Ge \*
- 11 eV ← Si \*
- 14 eV ← Ga, As \*

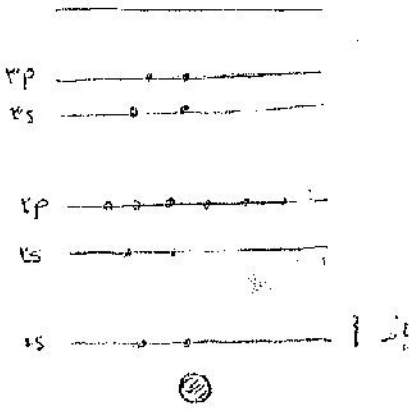


1 eV

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



تعداد انرژی نور در یک متر مربع  
 در یک ثانیه



تفاوت اینها بر پایه انرژی:

هر ماده:

1. دلی ترکیب که انرژی «حرکت + هدایت» است

2. نیمه ناهادی که در  $T = 0 \text{ K}$  مایه هسته

3. چنانچه  $FB = 0$  نیاز به انرژی کمتری برای آزاد سازی ناوید هدایت در قش قشر است  
 صورت های مختلف انرژی:

1. حرارت 2. اصطکاک 3. زلزله 4. تابش 5. حرکت

\* نیمه ناهادی که رایج ترین به عنوان سنسور به کار می رود

$$\text{GaAs} \rightarrow 10^7 / \text{cm}^3$$

$$\text{Si} \rightarrow 1.5 \times 10^{10} / \text{cm}^3$$

$$\text{Ge} \rightarrow 2.5 \times 10^{13} / \text{cm}^3$$

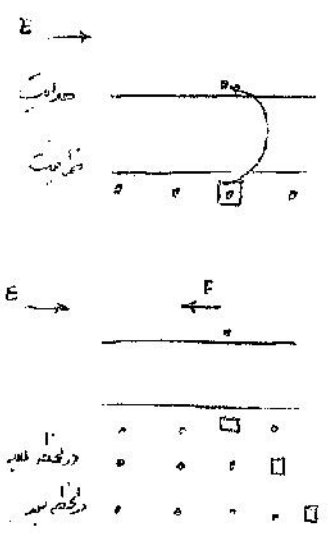
$$n_i \text{ تعداد } e^- \text{ کی لایه هدایت} \quad | \quad T = 300 \text{ K}$$

$$\text{GaAs} > \text{Si} > \text{Ge}$$

رایج ترین سنسور بیگ انرژی زیاد برای کاربرد است به  
 دلیل داشتن شیب نشان در

# الکترونیک «دکتور ابریشی فر»

پایه اول دروس نیمه هادی  
۲. نیمه هادی های غیر ذاتی



جمله نیمه هادی در حالت تعادل در واقع در حالت تعادل می باشد

پتانسیل نیمه هادی یکدست است در تمام طول

\* در تمام طول پتانسیل یکسان است و در نتیجه در تمام طول نیروی الکتریکی یکسان است  
\* در تمام طول در واقع جریان یکسان است و در نتیجه در تمام طول نیروی الکتریکی یکسان است

$$I = |I_e| + |I_{hole}|$$

+ است جهت که منفی

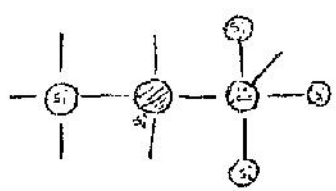
$$\rightarrow |I_e| \gg |I_{hole}|$$

n: تعداد اتم های دانه  
p: تعداد حفره  $\rightarrow n = p$  در نیمه هادی های تعادل

$$n_i \Big|_{T=300K} = 1.0 \times 10^{10} / cm^3 = p_i$$

برای تولید نیمه هادی از مواد پویا و غیر پویا استفاده می کنند. فرآیند تولید نیمه هادی غیر ذاتی "Doping" نام دارد.

\* به ازای هر  $10^7$  اتم Si یک اتم ناخالص اضافه می کنند  
نیمه هادی غیر ذاتی با اضافه شدن ناخالصی  
نیمه هادی غیر ذاتی نوع "n"



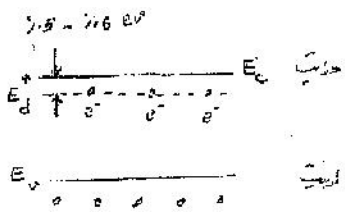
۱. در صورتی که اتم ناخالص به جای اتم سیلیسیم

۲. در صورتی که اتم ناخالص به جای اتم سیلیسیم

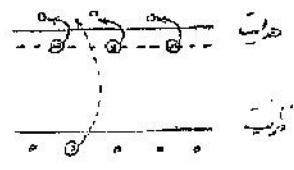
\* اگر اتم ناخالص به جای اتم سیلیسیم اتمی با سه الکترون در لایه ظرفیت بیرونی داشته باشد (مثلاً آلومینیم) در نتیجه در هر اتم سیلیسیم یک جای خالی (حفره) ایجاد می شود.

\* اگر اتم ناخالص به جای اتم سیلیسیم اتمی با پنج الکترون در لایه ظرفیت بیرونی داشته باشد (مثلاً آنتیمن) در نتیجه در هر اتم سیلیسیم یک جای اضافی (الکترون آزاد) ایجاد می شود.

بنابراین در نیمه هادی های نوع n، حامل های بار الکتریکی الکترون های آزاد هستند و در نیمه هادی های نوع p، حامل های بار الکتریکی حفره ها هستند.



100 K



$E_f: E_{donor}$  انرژی دهنده

۱.  $E_f$  در  $E_c$  یعنی در منطقه انرژی هدایت شده اند  
 ۲.  $E_f$  در  $E_v$  یعنی تماماً در منطقه انرژی هدایت

$$10^{17} / \text{cm}^3 \times 10^{-7} = 10^{15} \text{ atom/cm}^3 = N_d$$

$$\text{میزان انرژی هدایت} = \frac{10^{15}}{4.5 \times 10^{10}} \approx 10^5$$

پسین ظاهر می‌کند یعنی  $n \approx p$  انرژی هدایت هم برابر هدایت می‌کند

دری آبی می‌زنند نوع N

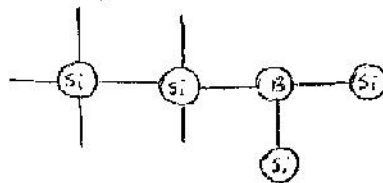
$$n \approx N_d \gg n_i \approx p \Rightarrow I \approx I_n$$

$$n \cdot p = n_i^2$$

برای هزینه‌های برابر کردن mass action

$n_i$  تابع دماست بنابراین  $n, p$  هم تابع دماست

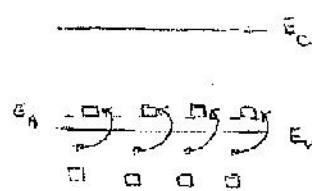
چون B



نیمه هادی غیر خنثی نوع P

۱. در  $K = 0$  عاقل است

۲. در  $K = 0.5$  رسانایی خوب دارد و در  $K = 1$  تابع دماست



A: Acceptor

$A^-$ : هستی پذیرنده شده

$A^{--}$ : تماماً پذیرنده شده

$$P \gg n$$

$$I \approx I_p$$

if  $A^{--}$  :  $P \approx N_A$

\* رسانایی نوع P از رسانایی نوع N خیلی کمتر است

دفعه دوم:

۱. جریان ناشی از drift: اینجوری که حرکت ناشرین خارج است

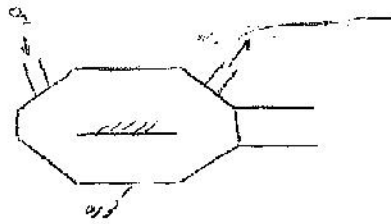
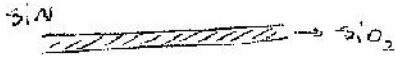
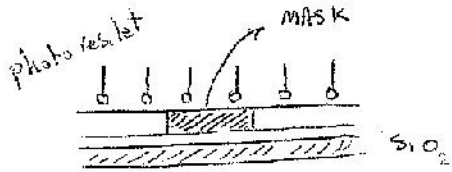
۲. جریان ناشی از Diffusion: اگر نگاهی به دریا کشیم در آنجا که حرکت ناشرین است

یعنی است که در جهت حرکت ناشرین است: در حالت اول:  $I_{diff} \propto E, n$

یعنی است که در جهت حرکت ناشرین است:  $I_{diff} \propto \frac{dn}{dx}$

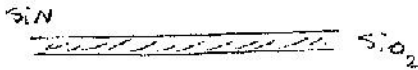
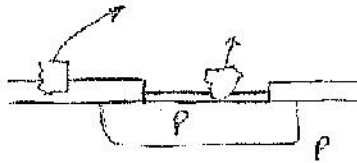
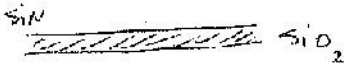
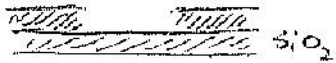
الکترودیف : درجه دوم

مصال p-n (درود نیس آردی)  
تزازیل تابل طرای :

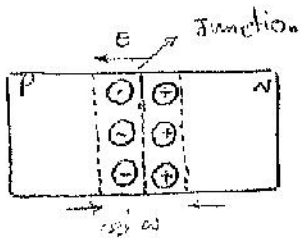


1. درین حالت

2. درین حالت



⇒

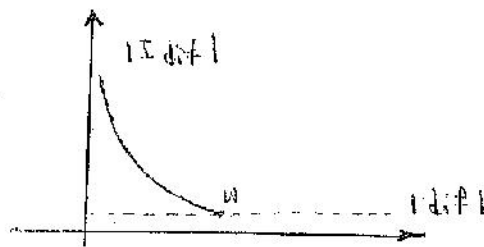


step-junction

T = 300 K

$$\frac{V_0}{T} = \frac{V_0}{300} = 4 = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{N_A N_D}{n^2 p} \right)$$

تزازیل تابل طرای



تزازیل تابل طرای

$$k = 4.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$10^{16} / \text{cm}^3 \leq N_A \leq 10^{19} / \text{cm}^3$$

$$10^{15} / \text{cm}^3 \leq N_D \leq 10^{17} / \text{cm}^3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 300 \text{ K} \rightarrow \frac{V_0}{T} = 4 \\ \frac{V_0}{T} = 4 \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} 76 \text{ Volt} \\ 2 \text{ Volt (Ge)} \end{array} \right.$$

$$\frac{V_0}{T} = 7.5 \text{ mV}$$

$$\frac{V_d}{L} = \frac{kT}{q}$$

$$\omega_{step} = \left( \frac{2 \epsilon |V_{tot}|}{q N} \right)^{1/2}$$

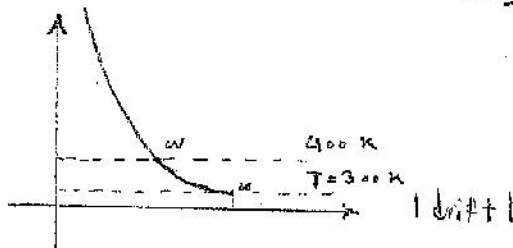
$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\epsilon_{rs} = 12 \text{ or } 14.9$$

$$N = \frac{N_A N_D}{N_A + N_D} = N_A \parallel N_D$$

$$|\bar{E}| = \frac{V_d}{L} \quad \mu_m = 1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\frac{V_d}{L} \begin{cases} \text{Si} \approx 7.6 \text{ V} \\ \text{Ge} \approx 7.2 \text{ V} \\ \text{Ga, As} \approx 1 \text{ V} \end{cases}$$



همه ندرت یکسان برسد پس  $V_{tot}$  کمتر شود  $\omega$  کمتر خواهد شد

۱. چون بخش ناهم از برای اثر است

۲. چون ناهم از برای است

۳. از ناهم در جهون همان شیب است

$$\frac{\partial V_d}{\partial T} < 0 \quad \frac{\partial \omega}{\partial T} < 0$$

$$\frac{\partial V_d}{\partial T} \approx -2 \frac{mV}{K}$$

در عرض این کسب نام بین جهون  $I_{dif}$  زیاد درجه  $I_{dif}$  کم شود درجه

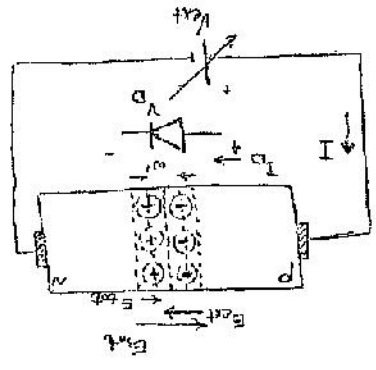
$$I_{dif} \propto \frac{\Delta}{\Delta X} \uparrow \infty$$



Temperatur  $T = 300\text{ K}$

$$I = I_0 \left[ \exp\left(\frac{qV_{ext}}{2kT}\right) - 1 \right] = I_0 \left[ \exp\left(\frac{qV_{ext}}{2kT}\right) - 1 \right]$$

...  $V_{ext} = V_{int} - V_{ext}$



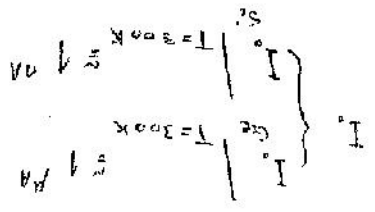
...  $I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$

$$I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$$

...  $V_{tot} = V_{ext} + V_{int}$

$$V_{tot} = V_{ext} + V_{int}$$

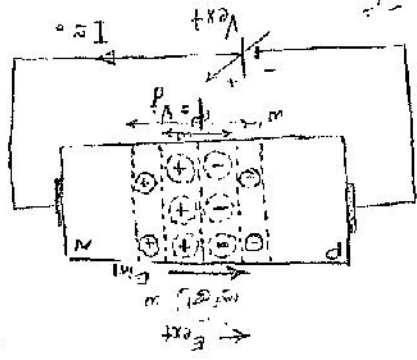
$$I = I_0 = I_s = I_0$$



...  $I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$

...  $I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$

$$I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$$



...  $I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$

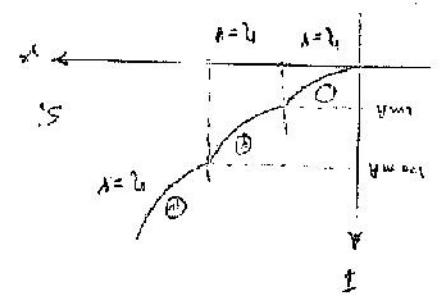
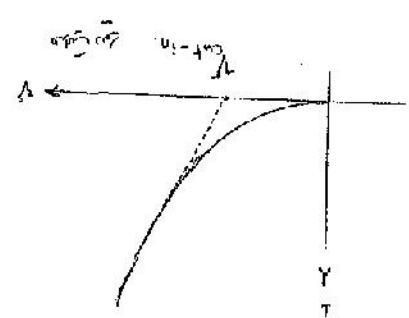
...  $I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$

...  $I_0(T) \neq I_0(T_0) \times R \frac{T_0}{T}$

Handwritten notes at the top left, possibly describing a process or condition.

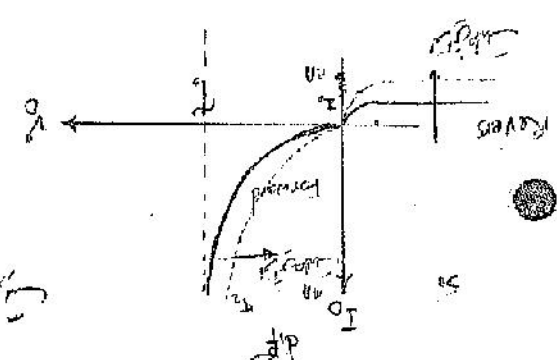
Handwritten notes below the top left.

Handwritten notes below the previous one.



Handwritten notes below the second graph.

Handwritten notes below the third graph.



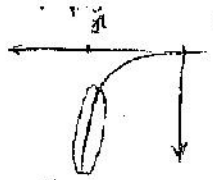
Handwritten notes below the fourth graph.

$$I = I_0 \exp\left(\frac{t_0 V_{ext}}{\tau}\right) - I_0$$

Large handwritten notes at the bottom left, possibly a derivation or explanation.

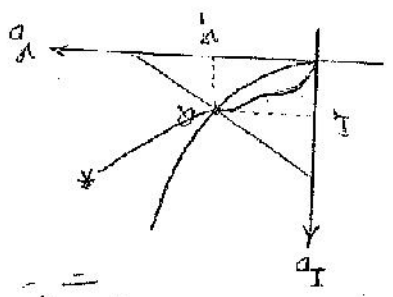
$$I = I_0 \left[ \exp\left(\frac{t_0 V_{ext}}{\tau}\right) - 1 \right]$$

τ = 30 ns



$I_{if} = 2012 \Omega$   
 $\frac{V_{if}}{I_{if}} = 1 M \Omega$   
 $\frac{V_{if}}{I_{if}} = 1 M \Omega$

Handwritten notes in German, partially illegible.



$$I_D + R I_D = 1$$

Handwritten notes in German, including the word "ausgewählte" and "I\_D".

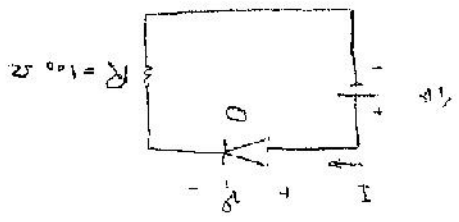
$$V_{if} = 1 V$$

$$V_{if} = 1 V, \quad V_{if} = 1 V, \quad V_{if} = 1 V, \quad V_{if} = 1 V$$

$$\Rightarrow V_{if} = \frac{R I_D}{1 - V_{if} + R I_D} \left[ 1 - \frac{V_{if}}{R I_D} \right]$$

$$V = V_{if} + R I_D \left( \exp\left(\frac{q V_{if}}{k T}\right) - 1 \right) = 1$$

$$I_D = 1 \mu A, \quad \eta = 1, \quad T = 300 K$$

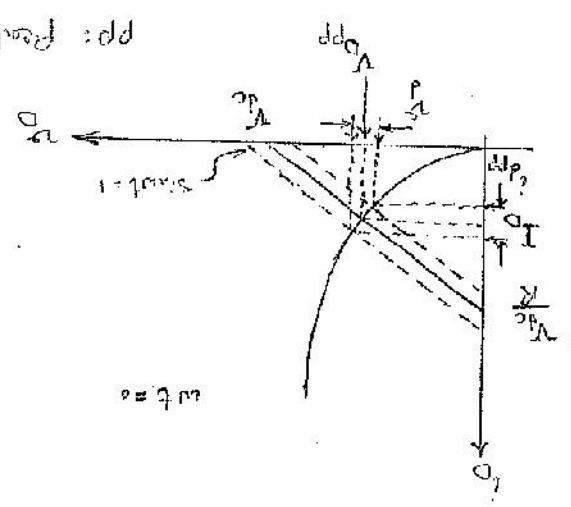


Handwritten notes in German at the bottom of the page.

$$r_D = \frac{dV_D}{dI_D} = \frac{\left( \frac{q}{4} \right) I_0 \exp\left( \frac{qV_D}{4kT} \right)}{I_0 \exp\left( \frac{qV_D}{4kT} \right) - 1} \approx \frac{\left( \frac{q}{4} \right) I_0 \exp\left( \frac{qV_D}{4kT} \right)}{I_0 \exp\left( \frac{qV_D}{4kT} \right)} = \frac{q}{4}$$

$$r_D = \frac{dV_D}{dI_D} = \frac{V_D}{I_D} = \frac{V_D}{I_0 \exp\left( \frac{qV_D}{4kT} \right)}$$

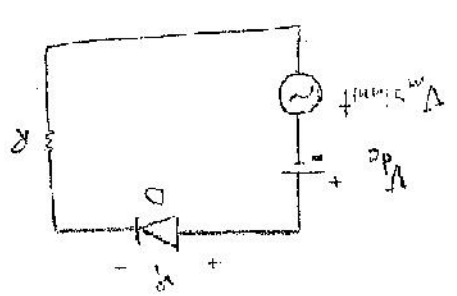
pp: Peak-to-Peak



$I_D = I_0 \exp\left( \frac{qV_D}{4kT} \right)$   
 $V_D = \frac{4kT}{q} \ln\left( \frac{I_D}{I_0} \right)$

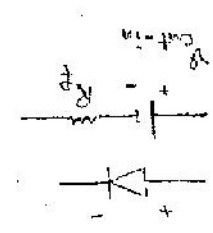
and:  $V_D = V_{DC} + V_{AC}$

Product of AC and DC signals  
 DC signal is constant

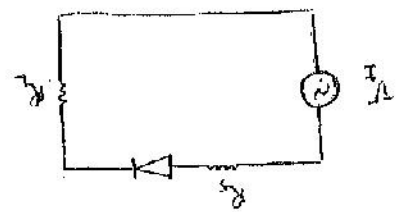
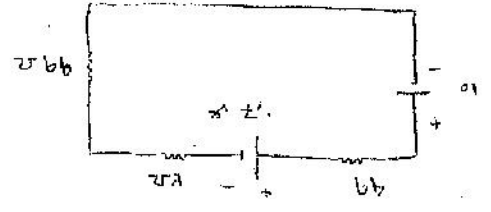
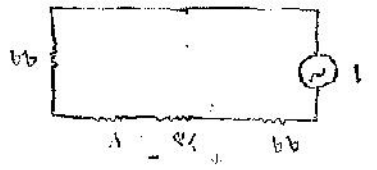


$$V_{DC} + V_{AC} = V_{th} + R I_{Dc}$$

AC signal is constant



AC signal is constant



$$P = (R + R_0) \times \frac{V_0^2}{R_0^2}$$

$$P = \frac{V_0^2}{R_0} \times \frac{1}{1 + \frac{R}{R_0}}$$

$$I_{DQ} = 20 \text{ mA}$$

$$V_0 = 15 \text{ V}$$

$$V_{\text{sat-in}} = 17 \text{ V}, T = 30 \text{ ns}$$

$$R_0 = 20 \text{ k}\Omega, R_L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$V_0 = 10 + 1 \text{ sin} \omega t$$

Seção de carga resistiva de  
 saída de 100 mA e 15 V  
 de tensão de saída de 100 mA e 15 V  
 de tensão de saída de 100 mA e 15 V

$$\frac{P}{V} \leq 1 \Rightarrow \frac{V^2}{R} \leq 1 \Rightarrow R \geq V^2$$

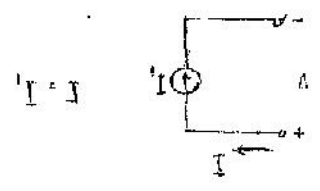
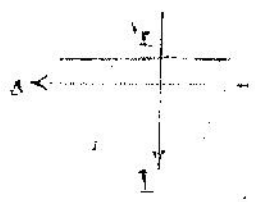
$$I_{DQ} = I_0 \left[ 1 + \frac{R_0}{R} \right]$$

$$I_D + I_0 = I_0 \exp\left(\frac{V_0 + v_i}{V_0 + v_i}\right) = I_0 \exp\left(\frac{V_0}{V_0 + v_i}\right) \exp\left(\frac{v_i}{V_0 + v_i}\right)$$

$$I_D = I_0 \left[ \exp\left(\frac{v_i}{V_0 + v_i}\right) - 1 \right] \approx I_0 \exp\left(\frac{v_i}{V_0}\right)$$

Handwritten notes at the top left.

Handwritten notes below the first diagram.

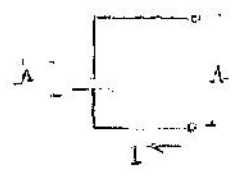
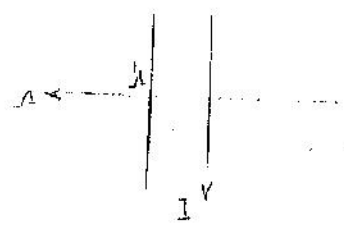


Handwritten notes below the second diagram.

Handwritten notes below the third diagram.

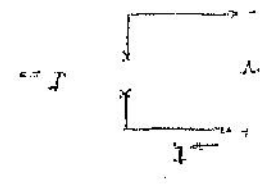
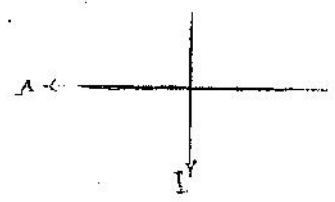
Handwritten notes below the fourth diagram.

Handwritten notes below the fifth diagram.

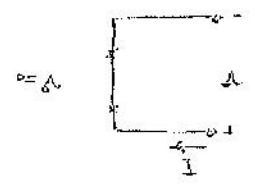
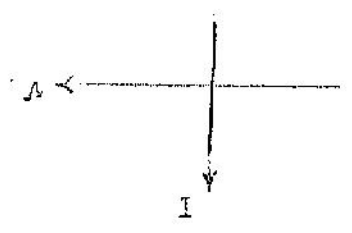


Handwritten notes below the sixth diagram.

Handwritten notes below the seventh diagram.

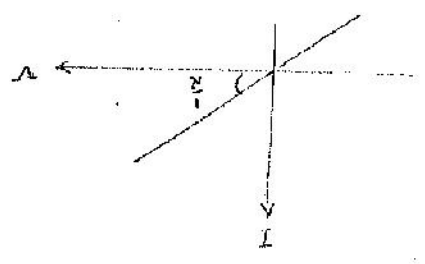


Handwritten notes below the eighth diagram.

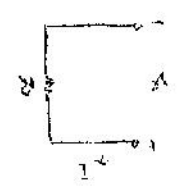


Handwritten notes below the ninth diagram.

Handwritten notes below the tenth diagram.



$I = \frac{1}{R} V$



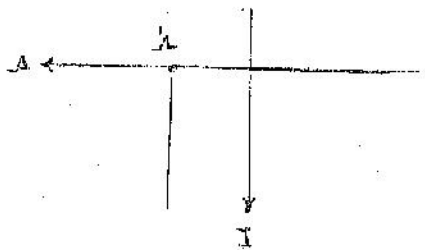
Handwritten notes below the eleventh diagram.

Handwritten notes below the twelfth diagram.

Handwritten notes below the thirteenth diagram.

Handwritten notes at the bottom left.





$H^2 = 0$  →  $\lambda > \lambda$   $\mu$

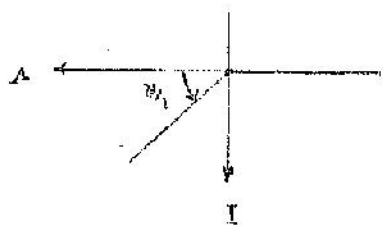


$\lambda < \lambda$   $\mu$



$\lambda < \lambda$   $\mu$

Handwritten notes in German, partially illegible.



$H^2 = 0$  →  $\lambda > \lambda$   $\mu$



$\lambda < \lambda$   $\mu$

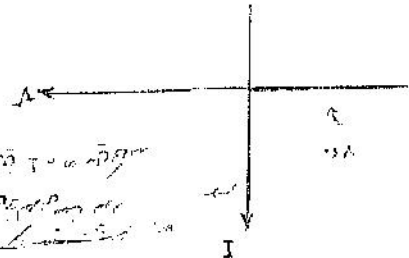
Handwritten notes in German, partially illegible.



$\lambda < \lambda$   $\mu$

Handwritten notes in German, partially illegible.

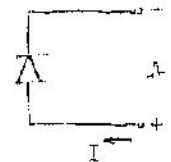
Handwritten notes in German, partially illegible.



$\lambda < \lambda$   $\mu$



$\lambda < \lambda$   $\mu$

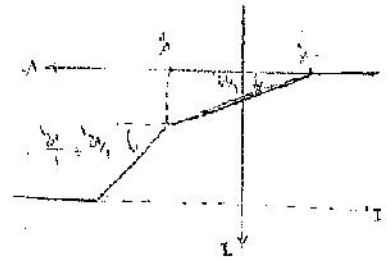
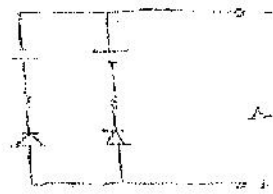


Handwritten notes in German, partially illegible.

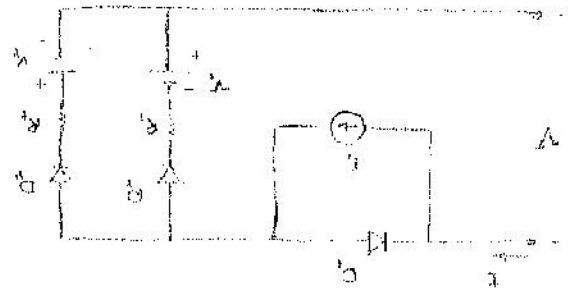
$\lambda < \lambda$   $\mu$



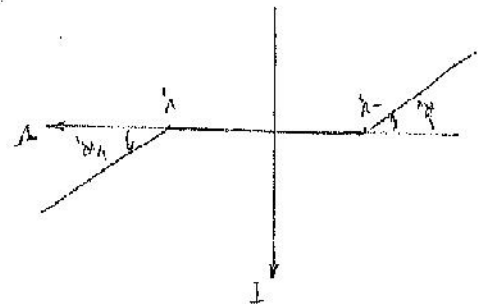
Handwritten notes in Hindi, likely describing circuit analysis or component characteristics.



Handwritten notes in Hindi, possibly related to the circuit diagram above.



Handwritten notes in Hindi, likely describing the circuit or its analysis.



Handwritten notes in Hindi, possibly related to the graph above.

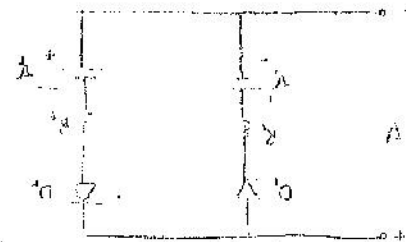


Handwritten notes in Hindi, likely describing the circuit or its analysis.



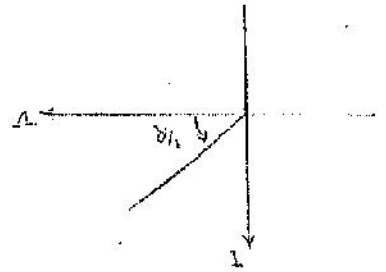
Handwritten notes in Hindi, possibly related to the circuit above.

Handwritten notes in Hindi, likely describing the circuit or its analysis.





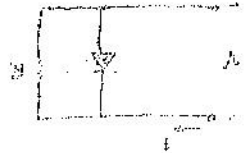
Handwritten notes in Urdu script, likely describing the characteristics of a diode in forward bias.



Handwritten text below the graph, possibly indicating the condition for forward bias.



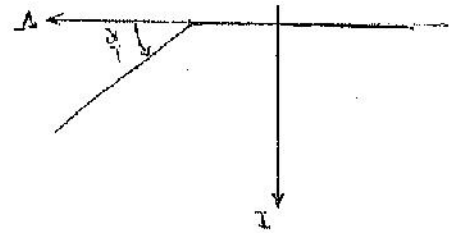
Handwritten text below the reverse bias diagram.



Handwritten text in Urdu script.

Handwritten text in Urdu script.

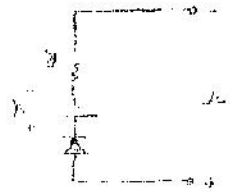
Handwritten notes in Urdu script, possibly describing the reverse bias characteristics of a diode.



Handwritten text below the reverse bias graph.



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



Handwritten text in Urdu script.

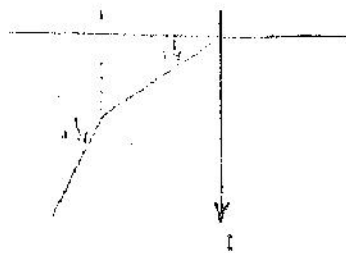
Handwritten text in Urdu script.

Handwritten text in Urdu script.

Handwritten notes in Urdu script, possibly summarizing the diode's behavior.

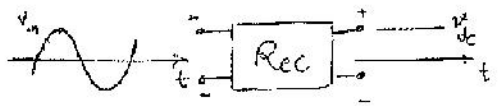


A



*Handwritten text, possibly a note or label, located below the diagrams.*

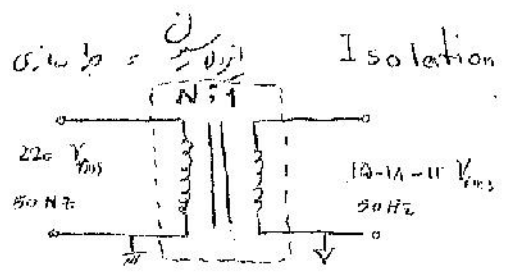
ایستو نازک (Rectifiers)



هدف: از یک موج سینوسی ورودی یک ولتاژ dc بیرون آوردن  
 مناسب برای مدارهای الکترونیکی  
 در این حالت است که در این نوع مدار

ولتاژ ریشه مربعی  $V_m = 240 \sqrt{2}$  volt / 50 Hz

ولتاژ مؤثر  $V = V_{rms} = 240$  volt



\* ترانس خازری جدا کننده ولتاژ است

$\equiv \sum 1$

میانگین

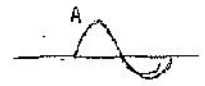
$\equiv \sum ac + V_{dc}$

میانگین dc است که برابر با صفر است

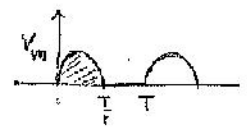
$\% \delta = \frac{\text{میانگین } (\sum ac)}{\text{میانگین } (\sum V_{dc})} \times 100$  در صورتی که در مدارها

$$f_T(t) \triangleq f_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T f_T(t) dt$$

1. A sin wt  $f_1 = 0$

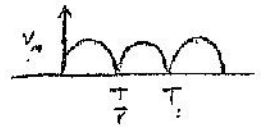


2. موج نصف (half wave)



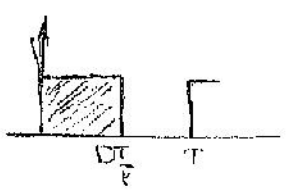
$$f_{2dc} = \frac{V_m}{\pi}$$

3. موج کامل (Full wave)

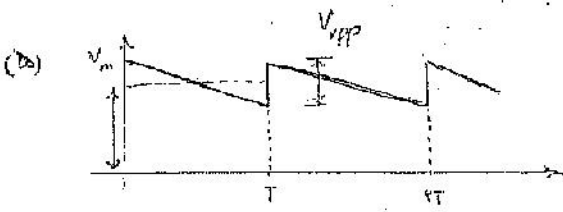


$$f_{3dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

4)



$$f_4 = \frac{DV \times \frac{V}{4}}{T} = \frac{DV}{T}$$



ripple.  $V_{PP}$  (Peak-to-Peak)

PP  
Peak-to-Peak

$$f_{dc} = V_m - \frac{V_{PP}}{T}$$

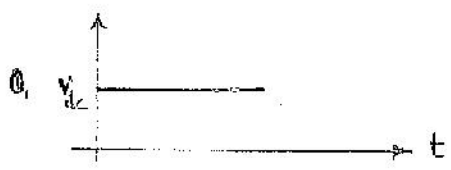
$$f_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f_T^2(t) dt}$$

root mean square

\* مقدار (rms) کی بجائے  $f_{dc}$  کی مقدار کو دیکھنا بہتر ہے کیونکہ یہ قدرتی طور پر ہوتی ہے

اگر  $f_T(t)$  کو  $f_{dc}$  کے ساتھ ساتھ دیکھنا بہتر ہے کیونکہ یہ قدرتی طور پر ہوتی ہے

مقدار کی بجائے



$$f_{rms} = V_{dc}$$



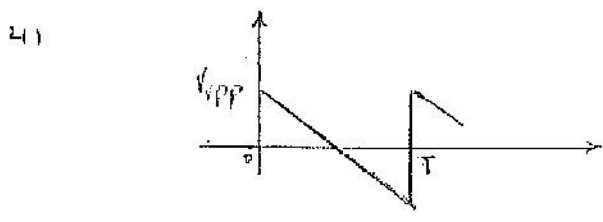
$$f_{rms} = \frac{A}{\sqrt{2}}$$



$$f_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$



$$f_{rms} = \frac{V_m}{2}$$

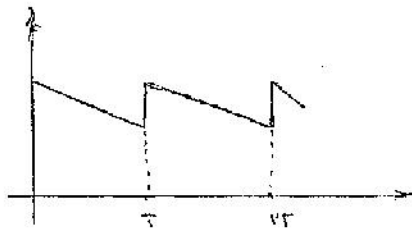


$$f_{rms} = \frac{V_{PP}}{\sqrt{3}}$$

$$f_T(t) = f_{dc} + f_{ac}$$

$$f_{rms}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T (f_{dc} + f_{ac})^2 dt = f_{dc}^2 + 0 + f_{ac}^2$$

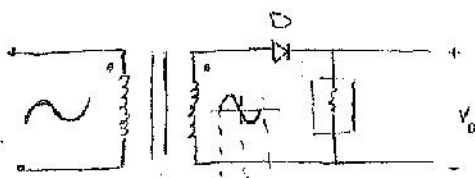
(b)



$$\frac{P}{P_{rms}} = \sqrt{\left(v_m - \frac{V_{RPP}}{r}\right)^2 + \left(\frac{V_{RPP}}{r\sqrt{r}}\right)^2}$$

$$v_T(t) = A \sin \omega t + A \sin 2\omega t$$

$$F_{rms} = \sqrt{\left(\frac{A}{\sqrt{r}}\right)^2 + \left(\frac{A}{\sqrt{r}}\right)^2} = A$$



$$v_m \frac{R_L}{r} = dc + \sum ac$$

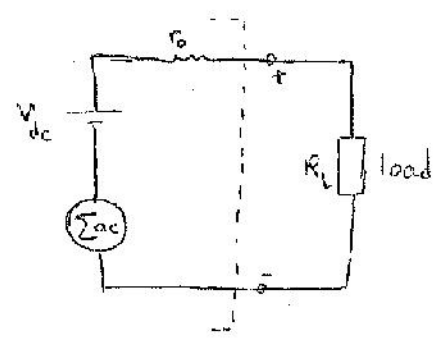
تیرینا سرچ

$$\begin{aligned} \text{تیرینا سرچ} = \gamma &= \frac{P_{ac rms}}{dc P_{dc}} \times 100 = \frac{\sqrt{P_{rms}^2 - P_{dc}^2}}{P_{dc}} \times 100 = \frac{\sqrt{\left(\frac{v_m}{r}\right)^2 - \left(\frac{v_m}{r}\right)^2}}{\frac{v_m}{r}} \times 100 \\ &= \frac{v_m \sqrt{\frac{r}{r} - \frac{1}{r}}}{\frac{v_m}{r}} \approx 14\% \end{aligned}$$

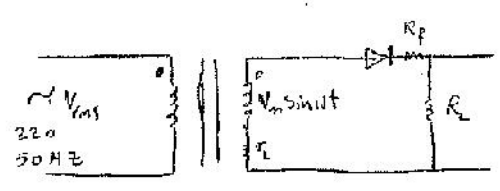
# Regulation: $\%R$ (توسعه مدار)

$\%R = \frac{V_{no\ load} - V_{full\ load}}{V_{full\ load}} \times 100$

$\%R = 100 \times \frac{V_{dc0}(NL) - V_{dc0}(FL)}{V_{dc0}(FL)} \propto r_o$



$\Rightarrow \%R = \frac{V_{dc} - \frac{V_{dc} \times R_L}{R_L + r_o}}{\frac{V_{dc} \times R_L}{R_L + r_o}} \times 100 = \frac{r_o}{R_L} \times 100$



$\%R = \frac{r_o + R_f}{R_L} \times 100$

$\% \eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100$

$P_o = V_{dc0} \times I_{dc0} = \frac{V_m}{\pi} \times \frac{V_m}{R_L} \quad (r_o = R_f = 0)$

$P_i = V_{rms} \times I_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{V_m}{R_L}$

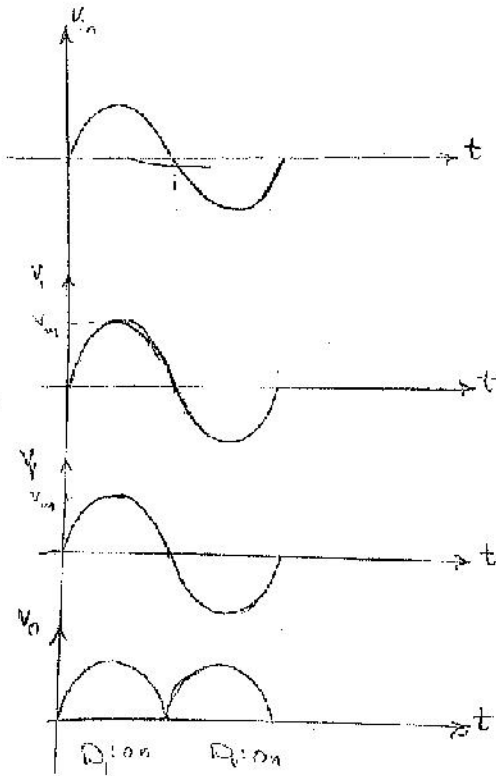
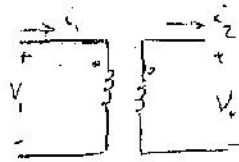
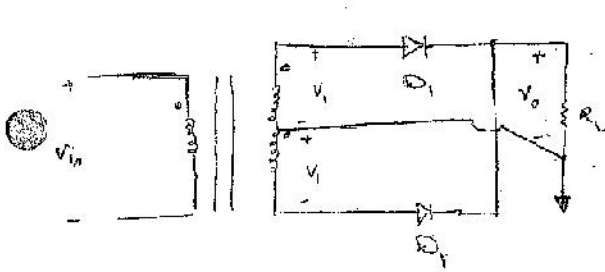
$\Rightarrow \% \eta = \frac{\frac{V_m^2}{\pi^2 R_L}}{\frac{V_m^2}{\sqrt{2} R_L}} \times 100 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times 100 = \% \eta_o$

توسعه مدار

توسعه مدار

توسعه مدار

- 1- توسه مدار
- 2- Bridge Diode



$$\% \text{eff} = \frac{F_{dc} (rms) (ac)}{F_{dc0}} \times 100$$

$$V_{dc0} = \frac{V_m}{\pi}$$

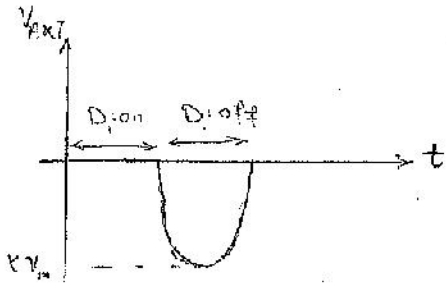
$$V_{dc rms} = \sqrt{V_{dc rms}^2 - V_{dc}^2} = \sqrt{\left(\frac{V_m}{\pi}\right)^2 - \left(\frac{V_m}{\pi}\right)^2} = V_m \sqrt{\frac{1}{\pi^2} - \frac{1}{\pi^2}}$$

$$\Rightarrow V_{dc rms} \approx 0.78 V_m$$

$$\Rightarrow \% \text{eff} = \frac{0.78 V_m}{\frac{V_m}{\pi}} \times 100 \approx 78.5\% \text{ EV}$$

$$\% \eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100 = \frac{\frac{V_m}{\pi} \times \frac{V_m}{\pi} \times \frac{1}{R_L}}{\frac{V_m}{\pi} \times \frac{V_m}{\pi} \times \frac{1}{R_L}} \times 100 = \frac{P_o}{P_i} \times 100 = 78.5\% \Rightarrow$$

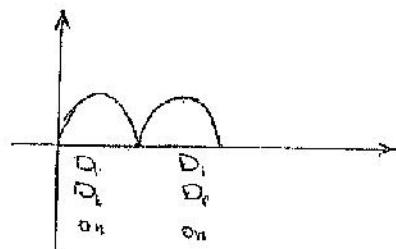
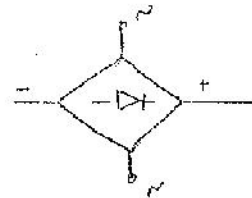
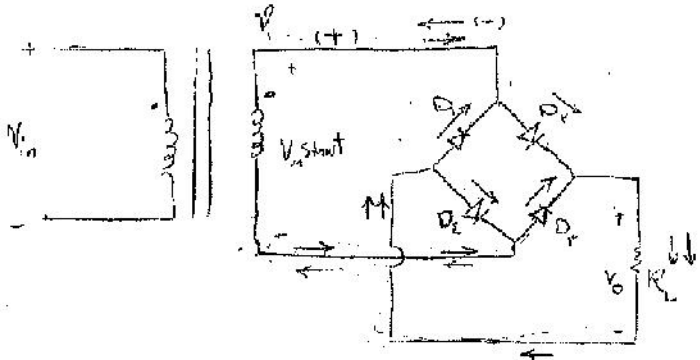
Peak Inverse Voltage = PIV



$$\frac{V_{avg}}{V_m} = 100 \Rightarrow V_{avg} = \frac{R}{V} \times 100 = 150$$

$$PIV = 2 \times 150 = 300 \frac{100}{2}$$

↑ اگر فرض کنیم  $V_{avg} = 150$  و  $PIV = 300$  باشد



\* اگر فرض کنیم  $V_{avg} = 150$  و  $PIV = 300$  باشد  
 \* اگر فرض کنیم  $V_{avg} = 150$  و  $PIV = 300$  باشد

\* اگر فرض کنیم  $V_{avg} = 150$  و  $PIV = 300$  باشد

$$\frac{F_{o,ac}}{F_{o,dc}} = 100 \text{ و } \frac{F_{o,ac}}{F_{o,dc}} = 100$$



$$R_L = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1000 \mu\text{F}$$

$$f = 100 \text{ Hz}$$

کمیسیون و صاف کردن

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 1000 \times 10^{-6}} = \frac{1}{\pi} \Omega \approx 115 \Omega$$

چون  $X_C$  خیلی کمتر از  $R_L$  است بنابراین سلفی  $R_L$  در  $dc$  است و  $X_C$  فقط در  $ac$  ظاهر می شود و در  $dc$  نادیده گرفته می شود

$R_L$  ولتاژ نسبت به  $V_{avg}$  و  $V_{avg}$  را تعیین می کند





$$i(t) = \frac{V_m}{R_L} \sqrt{1 + R_L^2 \omega^2 C^2} \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\varphi = \tan^{-1}(\omega R_L C)$$

$$i(\omega t) \Big|_{\omega t = \alpha_1} = 0 \Rightarrow \sin(\alpha_1 + \varphi) = 0 \Rightarrow \alpha_1 = \pi - \varphi$$

$$0, \pi : \text{off} \Rightarrow \alpha_1 \leq \omega t \leq \pi + \alpha_1$$

$$v_o(\omega t) = K e^{-\frac{t-t_0}{R_L C}} \Rightarrow v_o(\omega t) = \underbrace{V_m \sin \alpha_1}_{V_m \sin \alpha_1} \exp\left(-\frac{\omega t - (\omega t_0)}{\omega R_L C}\right) = V_m \sin \alpha_1 \exp\left(-\frac{\omega t - \alpha_1}{\omega R_L C}\right)$$

$$v_o(\pi + \alpha_1) = V_m \sin \alpha_1 \exp\left(-\frac{\pi + \alpha_1 - \alpha_1}{\omega R_L C}\right) = V_m \sin \alpha_1$$

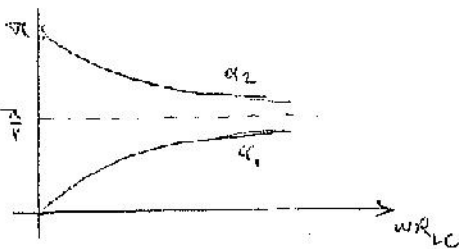
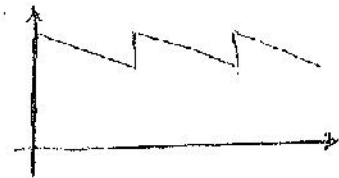
$$\Rightarrow \sin \alpha_1 \exp\left(-\frac{\pi + \alpha_1 - \alpha_1}{\omega R_L C}\right) = \sin \alpha_1$$

$$\boxed{R_L C \gg T}$$

$$\omega R_L C \rightarrow \infty \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$$

به این معنی که در هر دوره از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی فقط یک بار به صفر می‌رسد و در هر دوره از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی فقط یک بار به صفر می‌رسد.

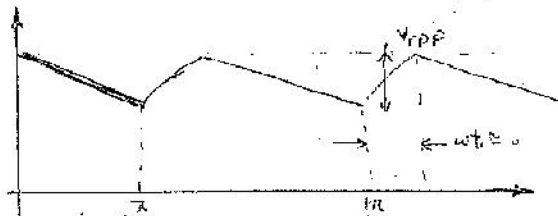
این معنی است که در هر دوره از ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی فقط یک بار به صفر می‌رسد.



$$i_{\text{peak}} = V_m C \omega$$

به اشتباه است  
 $\omega R_L C \rightarrow \infty$

\* c از این بزرگتر است تا این معنی



$\gamma = 100 \times \frac{V_{dc \text{ rms}}}{V_{dc}}$   
 $\gamma = \frac{V_{pp}}{V_{dc}}$

$C V_{pp} = I_{dc} \cdot \frac{T}{4}$

$\Rightarrow C V_{pp} = \frac{V_{dc}}{R} \cdot \frac{1}{4f} \Rightarrow V_{dc} = 4fRC V_{pp}$

$\Rightarrow \gamma = \frac{\frac{V_{pp}}{V_{dc}}}{4fRC V_{pp}} \times 100 = \frac{1}{4fRC} \times 100 = \frac{100}{4fRC}$

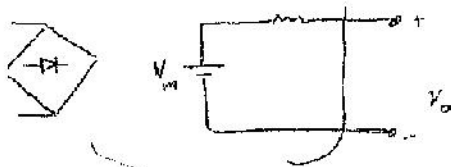
این فرمول برای محاسبه ضریب ریپل استفاده می‌شود.

نوعی از فیلتر است.

$C V_{pp} = I_{dc} \cdot \frac{1}{4f} \Rightarrow V_{pp} = \frac{I_{dc}}{4fC}$

این فرمول برای محاسبه ولتاژ ریپل استفاده می‌شود.

$V_{dc} = V_m - \frac{1}{4} V_{pp} = V_m - \frac{I_{dc}}{4fC}$



$\Rightarrow R_o = 100 \times \frac{1}{4fCR_L}$



~~SECRET~~

SECRET



\* اگر توابع فرکانس را در خروجی  $R_L$  در نظر بگیریم، در خروجی نیز در دست در آن است.   
 باید در نظر داشته باشیم که در خروجی هم به صورت  $R_L$  در نظر بگیریم.

\*  $X_C \ll R_L$  و  $X_L \ll R_L$  است.

در خروجی  $R_L$  است.  $X_C \ll R_L$  و  $X_L \ll R_L$  است.  $R_L$  را ضریب

اینه: ضریب  $R_L$  از قبل لا  $R_L$  است. اینها را در نظر بگیریم.

$$V_{oac}(\omega) = \frac{[R_L \parallel X_C]}{[R_L \parallel X_L + X_C]} \times \frac{\epsilon V_m}{\sqrt{2} R} = \frac{1}{L(\omega)} \times \frac{\epsilon V_m}{\sqrt{2} R}$$

$$|X_L| \gg R_L, |X_C| \ll R_L$$

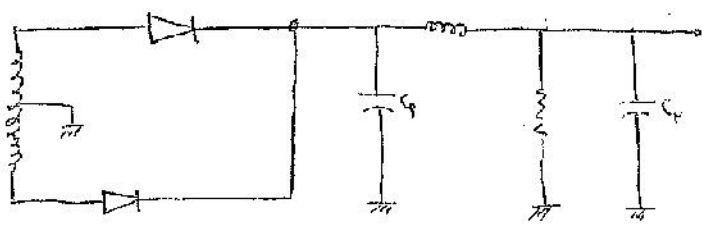
$$|L| = \frac{\frac{\epsilon V_m}{\sqrt{2} R}}{\epsilon \omega^2 \left( \frac{V_m}{\pi} \right) L C} = \frac{1}{\sqrt{2} L C \omega^2}$$

ضریب فرکانس را در نظر بگیریم.

$$V_{odc} = \frac{V_m}{\pi} = 0.318 V_m$$

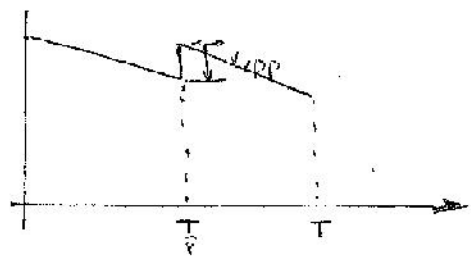
توجه داشته باشید که این است. در نظر  $dc$  فرکانس است. برای این

شکل از زمان  $\pi$  است.



؟  $\pi$  است  $\textcircled{R}$  ؟

توجه داشته باشید که در نظر  $dc$  فرکانس است. در نظر  $dc$  فرکانس است.



$$v(t) = V_{dc} - \frac{V_{pp}}{\pi} \left( \sin \omega t - \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \dots \right)$$

$$V_m = \frac{1}{2} V_{pp} = R_L I_{dc}$$

$$V_{\text{ode}} (\text{rms}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_{\text{pp}}}{\sqrt{L C_p \omega}}$$

$$V_{\text{ode}} = R_L I_{\text{ode}}$$

$$V_{\text{pp}} = \frac{I_{\text{dc}}}{\sqrt{2} C_p}$$

$$\Rightarrow V_{\text{ode}} = \sqrt{2} C_p R_L V_{\text{pp}}$$

$$\Rightarrow \gamma_{\text{clc}} = \frac{V_{\text{pp}}}{\sqrt{2} \sqrt{L C_p \omega} \cdot R_L \cdot \sqrt{2} C_p V_{\text{pp}}} = \frac{1}{\sqrt{2} \sqrt{L C_p \omega} \cdot R_L \cdot \sqrt{2} C_p}$$

$R_L$  بسیار بزرگ است به این سبب شکل نوزاد است:



20

Vertical text on the right edge of the page, possibly a page number or reference code.



Trans - Resistor

ترازستور

BJT

FET

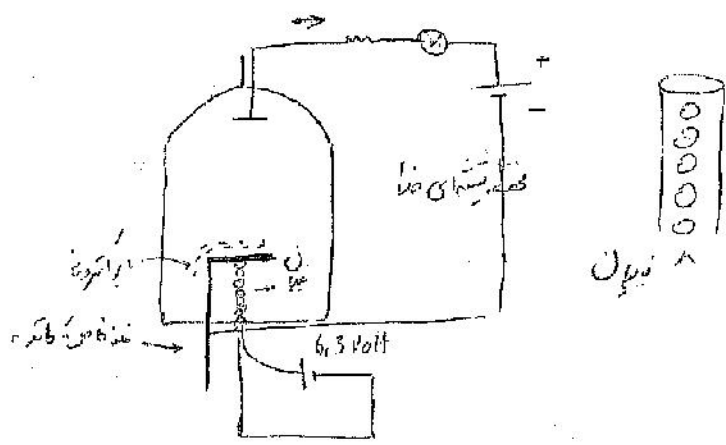
MosFET

ترازستور و ترانزیستور را با هم مقایسه کنید و تفاوت آن‌ها را بیان کنید.

لااب آترونی :

۱- ابر

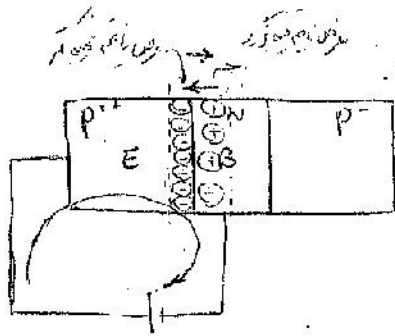
۲- ترانزیستور



نیون



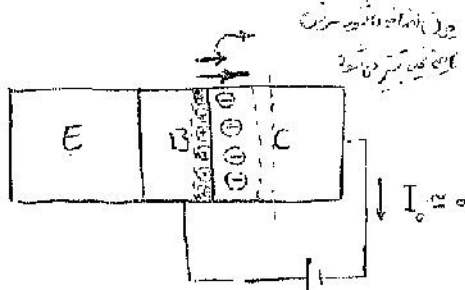




در جهت خروجی از بیس میسر می شود

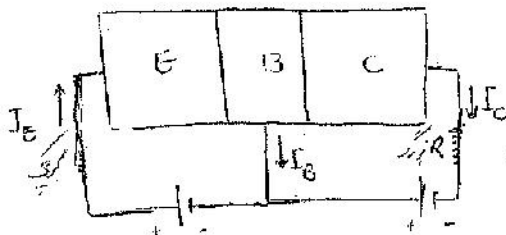
$$I_E = I_{Ep} + I_{En} \approx I_{Cp}$$

در این حالت در Emitter خروجی داریم



در جهت خروجی از بیس میسر می شود

در جهت خروجی



بازن خروجی Base میسر می شود

در این حالت EB Forward و خروجی از BC میسر می شود

در این حالت در Emitter خروجی داریم

در این حالت در Emitter خروجی داریم و در Base میسر می شود

در این حالت در Base میسر می شود

$$I_E = I_B + I_C$$

در این حالت

در این حالت در Emitter خروجی داریم و در Base میسر می شود

در این حالت در Emitter خروجی داریم و در Base میسر می شود

در این حالت در Emitter خروجی داریم و در Base میسر می شود

در این منطقه، چون  $V_{BE} > 0$  و  $V_{BC} < 0$  است، دیود  $BE$  رو به جلو و دیود  $BC$  رو به عقب است.

$EB = \text{Forward}$

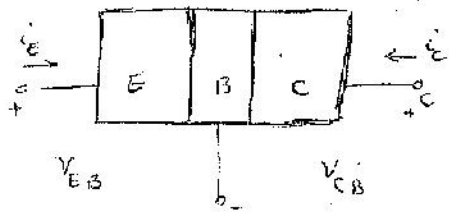
$BC = \text{Reverse}$

active Region

\* در این حالت، دیود  $BE$  رو به جلو است و دیود  $BC$  رو به عقب است. در این حالت،  $V_{BE} > 0$  و  $V_{BC} < 0$  است. در این حالت،  $I_C \approx I_E$  و  $I_B \approx 0$  است.

توجه کنید.





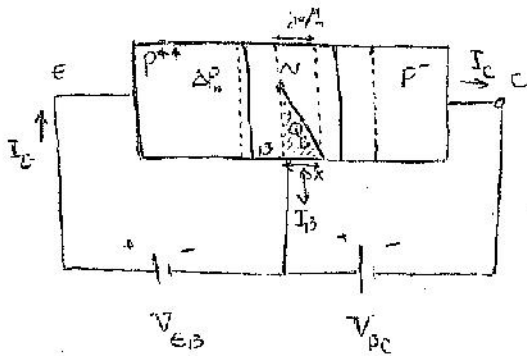
$$i_c = -\alpha i_e + I_c \left( \exp\left[\frac{V_{CB}}{V_D}\right] - 1 \right)$$



Handwritten mark or scribble



تراز توی در وسط



نقال

پایه توی راست وسط توی چپ توی پ+ و پ-

انتقال دین در توی چپ و توی پ- انتقال توی

$$f: BE \quad R: BC$$

چون توی توی در n توی است تا توی چپ

توی توی در n توی است تا توی چپ

$$Q_B = I_B \tau_{BF}$$



توی توی توی

توی توی توی

$$I_E \propto \frac{\Delta p_n}{\Delta x}$$

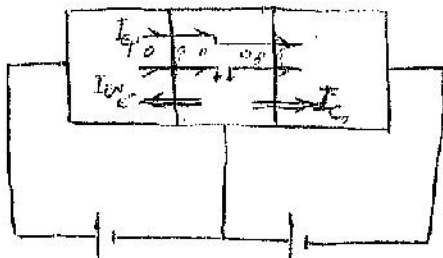
چون توی توی توی توی توی توی

$$I_E \approx I_C$$

چون توی توی توی توی توی توی

توی توی توی توی توی توی توی توی توی توی

توی توی توی توی توی توی توی توی توی توی



$$I_E = I_{En} + I_{Ep} \rightarrow I_{En} \approx I_{Ep}$$

$$I_C = \alpha I_{Ep} + I_{C0} \rightarrow I_C \approx \alpha I_E + I_{C0}$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$0.99 \leq \alpha \leq 0.999$$

$$I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_C = \alpha(I_B + I_C) + I_C \Rightarrow (1-\alpha)I_C = \alpha I_B + I_C$$

$$\Rightarrow I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \frac{1}{1-\alpha} I_C$$

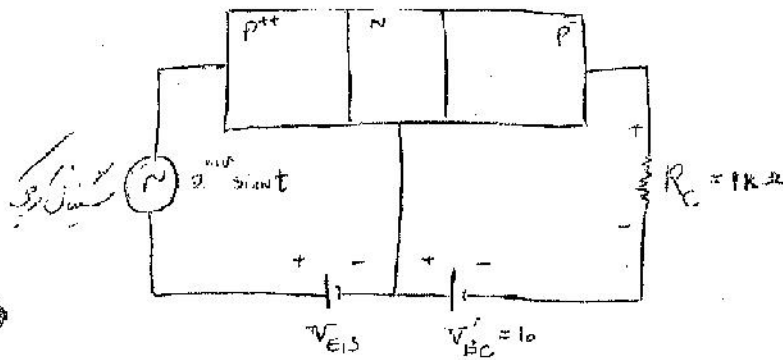
$\beta \approx \frac{\alpha}{1-\alpha}$   
 $\beta + 1 \approx \frac{1}{1-\alpha}$

$$\Rightarrow I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{C0}$$

در این معادله  $I_{C0}$  جریان بیس است که در حالت بیس باز می باشد.  $I_B$  جریان بیس است که در حالت بیس بسته می باشد.  $I_C$  جریان کلکتور است.

انتخاب کنترل ایتم

- $\beta \leq 100 \rightarrow BC107$
- $100 \leq \beta \leq 200 \rightarrow BC107A$
- $200 \leq \beta \leq 300 \rightarrow BC107B$
- $\beta \geq 300 \rightarrow BC107C$



در این مدار  $V_{BE} = 0.7V$

$$I_{E_{dc}} = 4.4 \text{ mA}$$

$$\alpha = 1$$

$$\alpha_{dc} = \alpha_{ac} = 0.999$$

$$V_T = 24 \text{ mV}$$

$$I_C \approx 0$$

در این مدار

$$I_E = 4.4 \text{ mA}$$

$$I_C = \alpha_{dc} I_E = 4.39 \text{ mA}$$

$$I_B = I_E - I_C = 1 \mu\text{A}$$

$$V_{BC} = 10 - V_{RC} = 10 - R_C I_C = 1.2 \text{ Volt}$$

در این مدار  $V_{BE} = 0.7V$

$$V_{BE} = 0.7V = \frac{2V_T}{I_E} + 10 - 1000 I_C$$

$$\Rightarrow I_{E_{ac}} = I_{C_{ac}} = \frac{V}{10} = 1 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow I_C = \alpha_{ac} I_E = 0.999 \text{ mA}$$

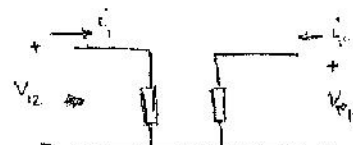
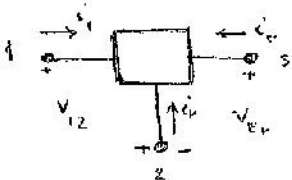
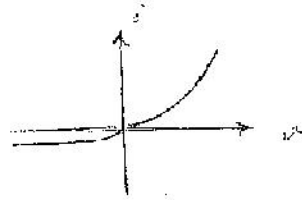
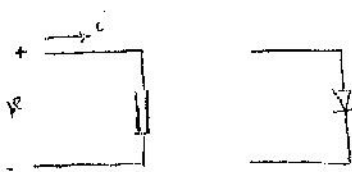
$$V_{RC} = R_C I_C = 1 \text{ mA Volt}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{1 \text{ mA}}{1 \mu\text{A}} = 1000$$

f: B-E  
R: B-C

تعریف مشخصات

آرایش های مختلف ترانزیستور



سی:  $i_1 = f(v_{12}) \mid \begin{cases} i_c = cte \\ v_{32} = cte \end{cases}$

سی:  $i_3 = f(v_{32}) \mid \begin{cases} i_c = cte \\ v_{12} = cte \end{cases}$

② کلکتور، Base، E، C در آنجا می باشد که مشترک در هر دو است

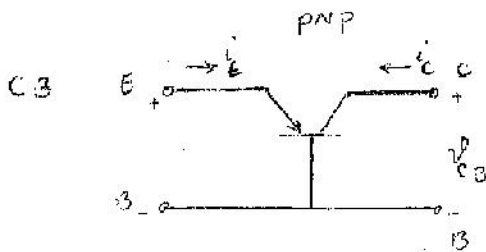
سهام به مشترک شود

\* بیس مشترک (CB) → Common Base

\* امیتر مشترک (CE) → Common Emitter

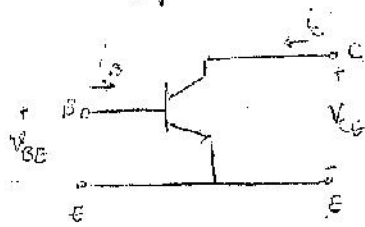
\* کلکتور مشترک (CC) → Common Collector

آرایش های مختلف



سی:  $i_c = f(v_{32}) \mid \begin{cases} i_E = cte \\ v_{12} = cte \end{cases}$

CE

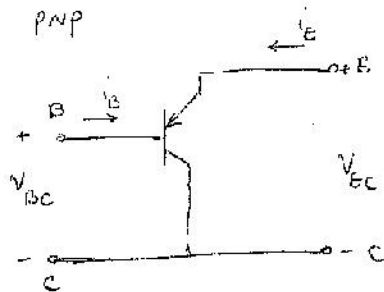


$$i_C = f(V_{CE}) \Big|_{i_B = \text{cte}} \\ V_{BE} = \text{cte}$$

هر دو ورودی و خروجی یک ولتاژ است و ولتاژ خروجی برعکس ولتاژ ورودی است.

این یک تقویت کننده ولتاژ است.

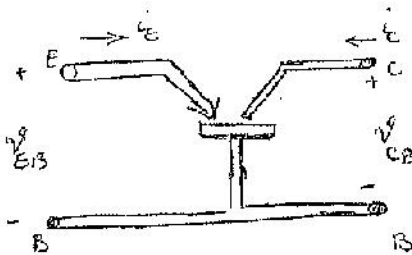
EC



$$i_E = f(V_{EC}) \Big|_{i_B = \text{cte}} \\ V_{BC} = \text{cte}$$

CB

تقویت کننده ولتاژ



دردی

فولت

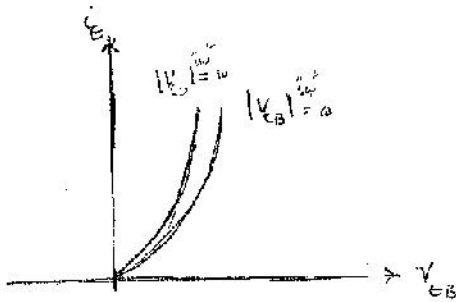
$$i_E = f(V_{EB}) \Big|_{V_{CB} = \text{cte}}$$

اگر ولتاژ ورودی و خروجی یکسان باشد و ولتاژ ورودی ثابت باشد

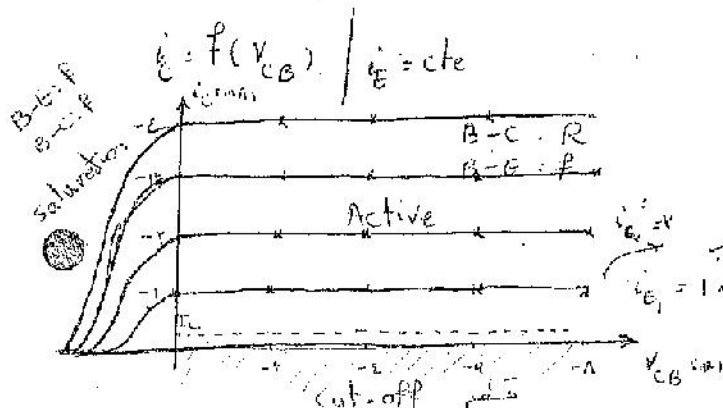
در تمام ولتاژها ولتاژ خروجی یکسان است

در تمام ولتاژها ولتاژ خروجی یکسان است

در تمام ولتاژها ولتاژ خروجی یکسان است



در تمام ولتاژها  $\alpha \approx 1$



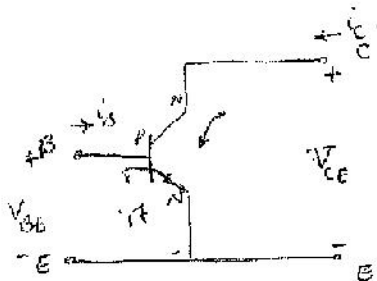
Active - تقویت کننده ولتاژ

cut-off - قطع

saturation - اشباع

این یک تقویت کننده ولتاژ است

مشخصه‌های خروجی ترانزیستور



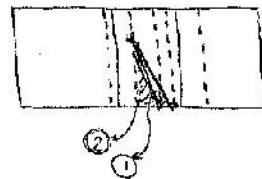
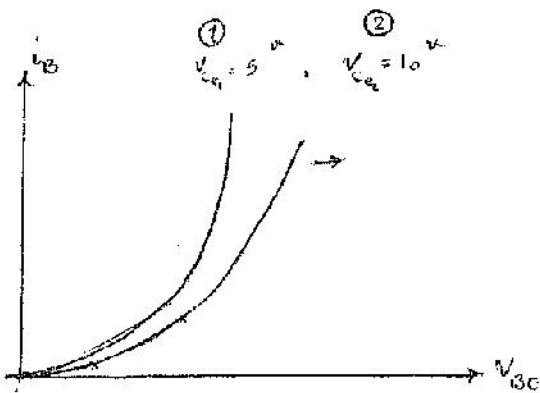
در حالت فعال

$$i_B = f(v_{CE}) \quad | \quad v_{CE} = cte$$

در حالت اشباع

$$i_C = f(v_{CE}) \quad | \quad i_B = cte$$

- \* تعیین راه کاری
- \* تعیین نقطه کاری
- \* تعیین بار و مشخصات ترانزیستور
- \* تعیین بار خروجی و ولتاژ خروجی



\* در حالت اشباع، ولتاژ خروجی کم است و توان خروجی کم است. در حالت فعال، ولتاژ خروجی زیاد است و توان خروجی زیاد است.

\* مشخصه‌های خروجی ترانزیستور را می‌توان از نمودار مشخصه‌های خروجی ترانزیستور بدست آورد.

$I_B = 5 \mu A - 25 \mu A$

برای مشخصه‌های خروجی ترانزیستور در حالت فعال، باید مشخصه‌های خروجی ترانزیستور را در حالت فعال رسم کرد.

