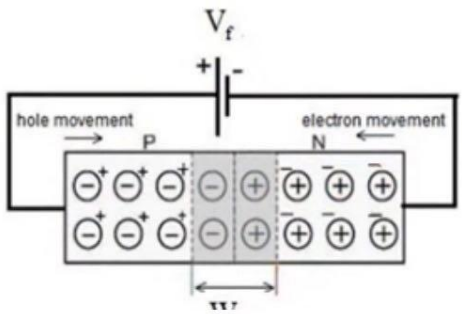
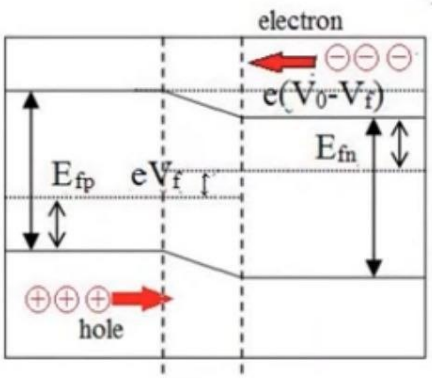
LECTURE NO.4

الانحياز الامامي والانحياز العكسي Forward and Reverse Biases of P-N Junction

عند تسليط مصدر فولتية (مصدر جهد مستمر) على طرفي (P-N Junction) تسمى P-N Junction) في حالة انحياز وستظهر لنا حالتين :

الحالة الاولى: اذا ربط P-Side الى الطرف الموجبة وربط N-Side الى الطرف السالب لمصدر الجهد في هذه الحالة سيكون الانحياز امامي والفجوات الموجودة في P-Side ستتنافر مع الطرف الموجب لمصدر الجهد والالكترونات الموجودة في N-Side ستتنافر مع الطرف السالب لمصدر الجهد وكلهما سيتجهان الى منطقة الاستنزاف يودي هذا ان منطقة الاستنزاف ستقل وسيمر تيار كهربائي كما موضح في الشكل





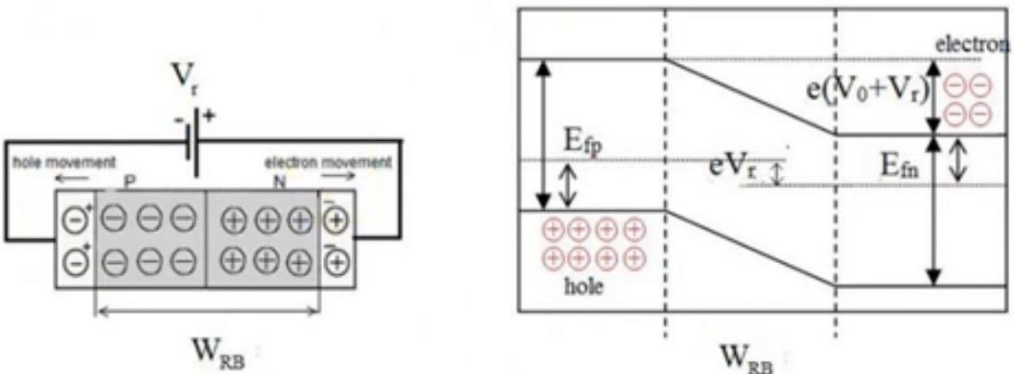
من خلال الشكل اعلاه نلاحظ مايلي

1) التيار سيمر من P-Side الى N-Side
2) حاجز الجهد سيقل الى (V_o-V_f) حيث V_f هي فولتية المسلطة في حالة الانحياز الامامي
3) و سيقل كل من عرض منطقة الاستنزاف وكمية الشحنات $|+Q|$ و $|-Q|$

$$W_{FB} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_o \varepsilon_r (V_o - V_f)}{e} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)}$$

$$E_{fn} = E_{fp} + eV_f$$

الحالة الثانية: اذا ربط P-Side الى الطرف السالب وربط N-Side الى الطرف الموجب لمصدر الجهد في هذه الحالة سيكون الانحياز عكسي والفجوات الموجودة في P-Side ستتجاذب مع الطرف السالب لمصدر الجهد والالكترونات الموجودة في N-Side ستتجاذب مع الطرف الموجب لمصدر الجهد وستزداد منطقة الاستنزاف كما موضح في الشكل ادناه



ملاحظة :زيادة منطقة الاستنزاف هذا يعني زيادة حاجز الجهد بمقدار الفولتية المسلطة

من خلال الشكل اعلاه نلاحظ مايلي

1) التيارالذي يمر من N-Side الى P-Sideجدا قليل يسمى هذا التيار بتيار التشبع العكسي (reverse saturation current) ويرمز له I_o
2) حاجز الجهد العكسي سيزداد (V_r+V_o) حيث V_r هي فولتية المسلطة في حالة الانحياز العكسي

3) و سيزداد كل من عرض منطقة الاستنزاف وكمية الشحنات $|+Q|$ و $|-Q|$

$$W_{RB} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_o\varepsilon_r(V_o + V_r)}{e}\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)}$$

$$E_{fn} = E_{fp} - eV_r$$

ملخص القوانين

$$W = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\varepsilon_r(V_0)}{e}\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)} \qquad E_{fn} = E_{fp}$$

$$W_{FB} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\varepsilon_r(V_0 - V_f)}{e}\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)} \qquad E_{fn} = E_{fp} + eV_f$$

$$W_{RB} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\varepsilon_r(V_0 + V_r)}{e}\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)} \qquad E_{fn} = E_{fp} - eV_r$$

خصائص التيار والفولتية للصمام الثنائي (volt & ampere characteristic of diode)

من خلال دراسته للانحياز الامامي والعكسي نستنتج ان (P-N Junction) تسمح بمرور التيار باتجاه واحد فقط من الجانب الموجب الى الجانب السالب بسبب حاجز الجهد يقل في الانحياز الامامي مما يودي الى مرور تيار كهربائي ومن الامثله على P-N Junction هو الدايود كما موضح في الشكل

وبشكل عام فان الفولتية المسلطة على طرفي الدايود (الصمام الثنائي) هي

$$V = \begin{cases} V_f & \text{الانحياز امامي} \\ -V_r & \text{الانحياز العكسي} \end{cases}$$

فان عرض منطقة الاستنزاف هو :

$$W = \sqrt{\frac{2\varepsilon_o\varepsilon_r(V_o - V)}{e}\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)}$$

لحساب التيار الكلي المار خلال الدايود هو

$$I = I_o\left(exp\left(\frac{V}{\eta V_T}\right) - 1\right)$$

I_o : هو تيار الاشباع العكسي قيمته تعطى بالسؤال

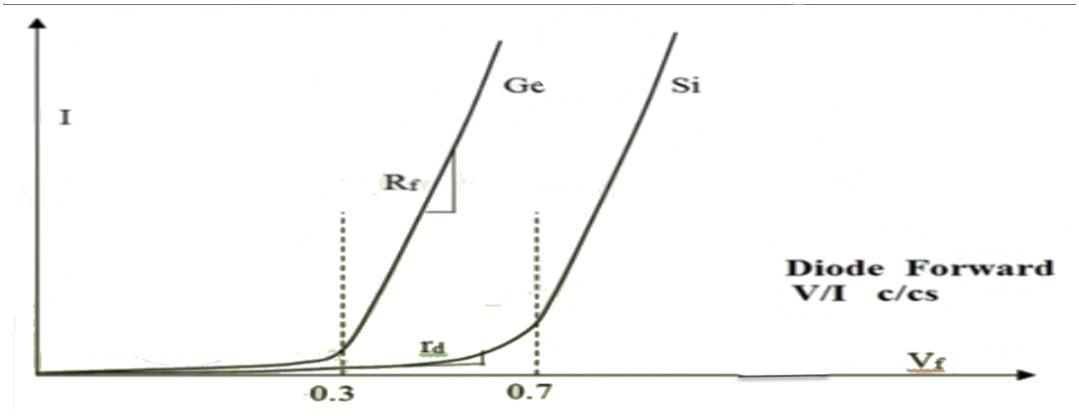
η : هو ثابت $\begin{cases} 1 & \text{للجرمانيوم} \\ 2 & \text{للسيلكون} \end{cases}$

$$V_T = \frac{KT}{e} = \frac{T}{11600}$$

في حالة الانحياز الامامي

$$V = +V_f \rightarrow \left(exp\left(\frac{V_f}{\eta V_T}\right)\right) > 1 \rightarrow I \cong I_o\left(exp\left(\frac{V_f}{\eta V_T}\right)\right)$$

وعلاقة بين الفوليته المسلطه في حالة الانحياز الامامي والتيار يوضح بشكل ادناه



من الشكل اعلاه حيث لدينا منطقتين

1. $V_f < V_D$ (منطقة الاشارة الصغيره)

V_D =0.3→ Ge

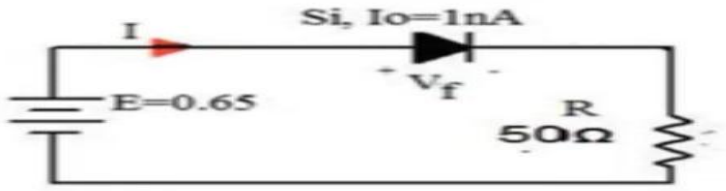
V_D =0.7→ Si

rd:الدايود مقاومة

$$I = I_o\left(exp\left(\frac{V_f}{\eta V_T}\right)\right)$$

rd=$\frac{\eta V_T}{I}$

مثال :احسب مقاومة الدايود عند درجة حرارة (300k) للدائرة التالية



الحل : نلاحظ ان الدايود في حالة انحياز امامي وان $V_f < V_D$ نستخدم KVL

E=$V_f + IR$

E=V_f +$I_o\left(exp\left(\frac{V_f}{\eta V_T}\right)\right)$

$\eta V_T = \eta \frac{T}{11600} \rightarrow 2 * \frac{300}{11600}$=0.0517

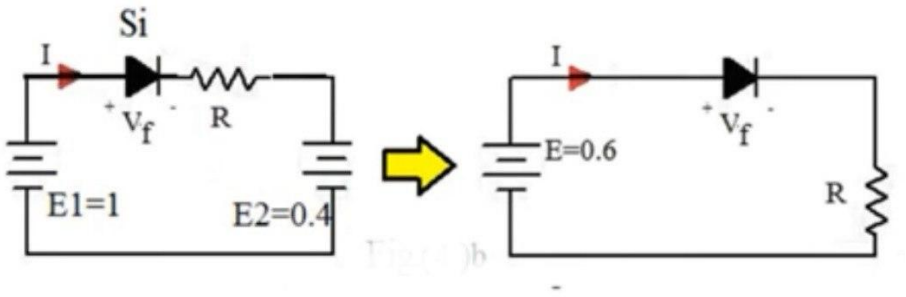
0.65=$V_f + 50 * 10^{-9} *$ exp ($\frac{V_f}{0.0517}$)=0.6384

$E = V_f + IR$

I=$\frac{E-V_f}{R} \rightarrow \frac{0.65-0.6384}{50}$=1MA

$rd=\frac{\eta V_T}{I} \rightarrow \frac{0.0517}{10^{-3}}=51.7\Omega$

مثال



الحل بما انه E1>E2 اذن الدايود في حالة انحياز امامي ثم نجد الفولتية المصدر المكافئة

E_{eq}=E1-E2→ 0.6 v

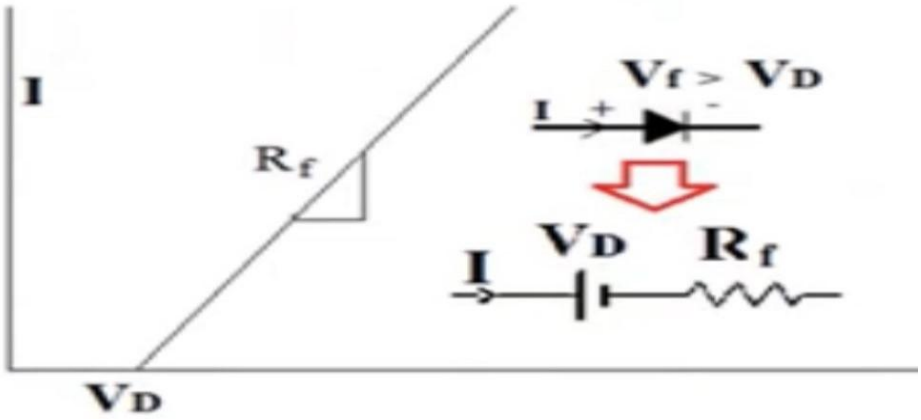
نقارن مابين $V_{D\&}E_{eq}$ لمعرفة منطقة الاشاره نلاحظ

$E_{eq}<V_D \rightarrow E=V_f+IR \rightarrow 0.6=V_f+I_o\left(exp\left(\frac{V_f}{\eta V_T}\right)\right)R$

H.W : تكملة الحل

2. $V_f > V_D$ (منطقة الاشارة الكبييره)

فان العلاقة بين التيار والفولتية كما موضح ادناه

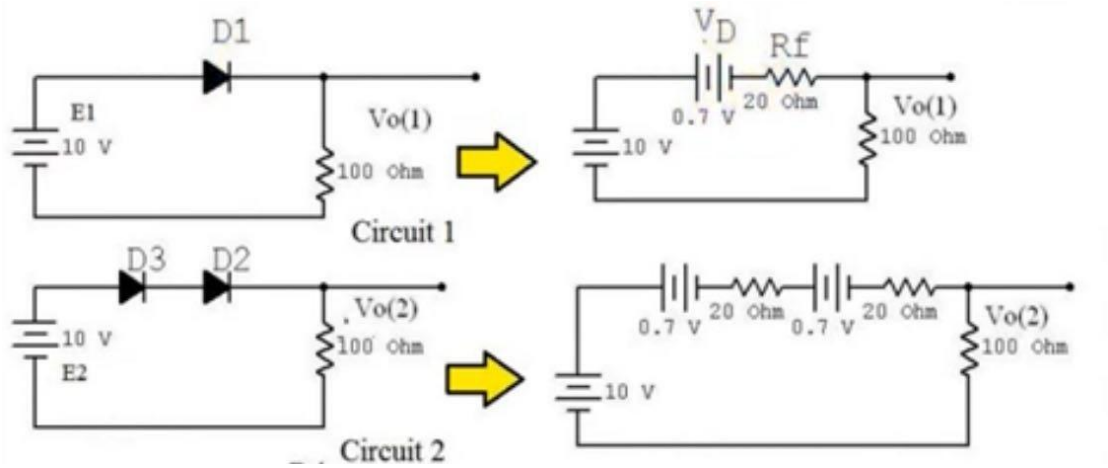


$V_f = V_D + IR_f$

R_f : هي مقاومة عند الانحياز الامامي (ميل الخط) اذا لم تعطى بالسؤال نفرضها صفر

الدائرة المكافئة للدايود عند منطقة الاشارة الكبيرة($V_f > V_D$)هي مصدر فولتية مع فولتية الدايود مربوطة على التوالي مع المقاومة R_f

مثال اوجد فولتية الخرج (V_o) للدوائر الاتية اذا علمت سيلكون دايود مع $R_f = 20\Omega$



cct1:E1>0.7

V=10-0.7=9.3v

$V_o = V*R/(R_f+R) \rightarrow \frac{9.3*100}{20+100}$

cct2: E2>0.7

V=10-1.4=8.4v

$V_o = V*R/(R_f+R) \rightarrow \frac{8.4*100}{20+100}$

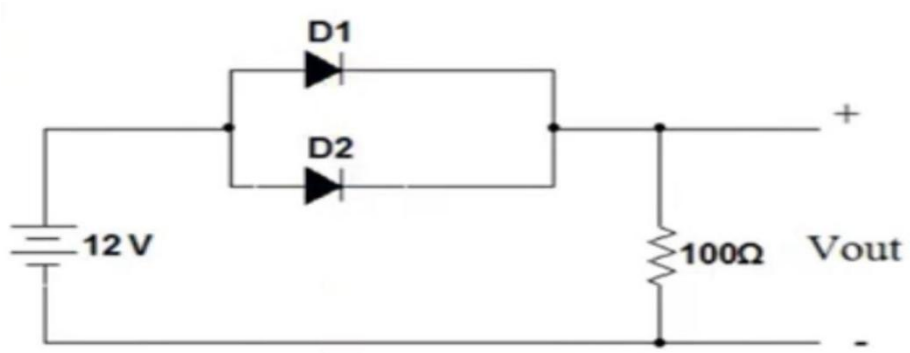
ملاحظة : اذا كان لدينا دايودين متماثلتين مربوطين على التوازي في انحياز امامي اشارة كبيرة اي $V_f > V_D$ فان الدائرة المكافئة للدايود هي فولتية تساوي الى فولتية الدايود(V_D) ومقاومة مكافئة هي ($R_f / 2$)

ملاحظة : اذا كان لدينا دايودين مربوطين على التوازي في انحياز امامي اشارة كبيرة اي $V_f > V_D$ فان الدائرة المكافئة للدايود هي

($R_{eq} = R_{f1} \| R_{f2}$ ومقاومة مكافئة هي)V=($\frac{V_{D1}}{R_{f1}} + \frac{V_{D2}}{R_{f2}}$)*$R_{eq}$

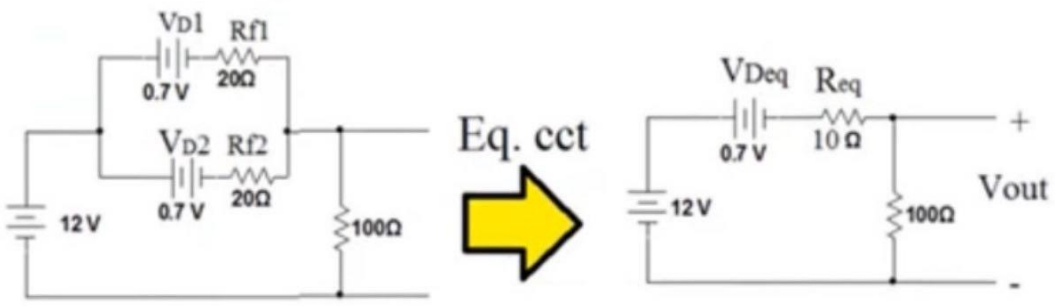
مثال اوجد اوجد فولتية الخرج (V_o) لدائرة الاتية

1. اذا كان D1 &D2 سيلكون مع $R_{f=20\Omega}$
2. اذا كان D1 &D2 جرمانيوم مع $R_{f=10\Omega}$
3. اذا كان D1 سيلكون مع $R_{f=20\Omega}$ & D2 جرمانيوم مع $R_{f=10\Omega}$



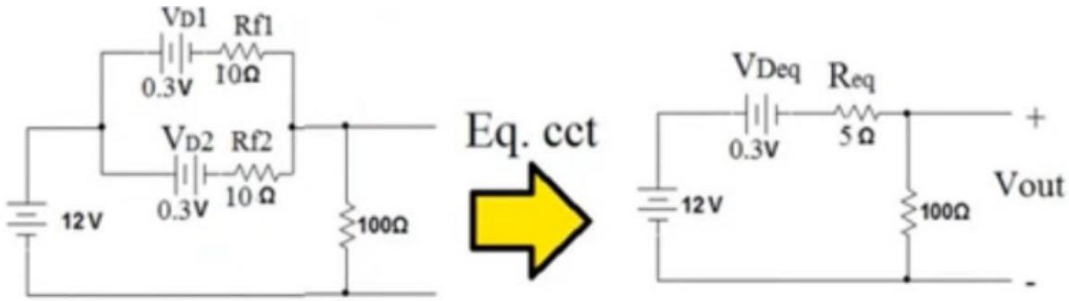
الحل :

1)



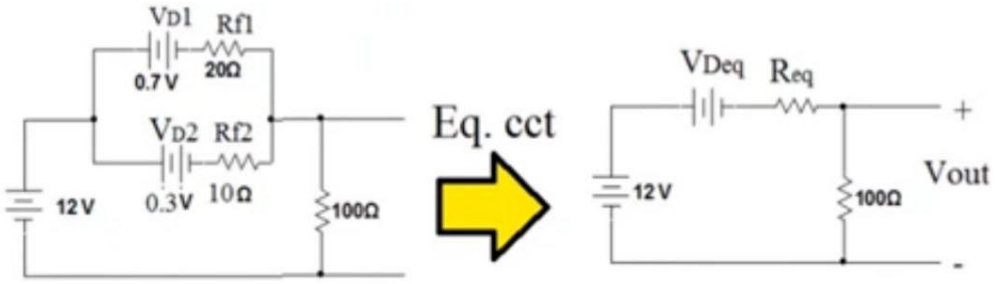
$V_o = \frac{(12-0.7)*100}{100+10} =$

2.



$$V_o = \frac{(12-0.3)*100}{100+5}$$

3.



$$R_{eq} = \frac{R_{f1}*R_{f2}}{R_{f1}+R_{f2}} = \frac{200}{30} = \frac{20}{3} = 6.667\Omega$$

$$V_{Deq} = \left(\frac{V_{D1}}{R_{f1}} + \frac{V_{D2}}{R_{f2}}\right) * \text{Req} \rightarrow \left(\frac{0.7}{20} + \frac{0.3}{10}\right) * \frac{20}{3} = 0.4334v$$

$$V_o = \frac{(12-0.4334)*100}{100+6.667}$$