

بسم الله الرحمن الرحيم

مَكْتَبَةُ اسْأَلِ الْعَشِّيَّ

مسائل محلولة عن الثنائي

Solved Problems About The Diodes

أسامة عمر مسعود العشّي

الجميل - ليبيا

جميع الحقوق محفوظة ماعدا حقوق النشر

- 1- وصلة P-N مصنوعة من السليكون . كثافة الشوائب في طبقة P (10^{22} carrier/m³) ، وفي طبقة N (1.2×10^{21} carrier/m³) . أوجد :
- i. الجهد الحراري Thermal Voltage .
- ii. جهد الإعاقة عند درجة حرارة 25 °م .

كثافة الشوائب في الطبقة P هي N_A والتي تساوي 10^{22} carrier/m³ . بينما كثافة الشحنات في الطبقة N هي N_D والتي تساوي 1.2×10^{21} carrier/m³ . حسب هذه المعطيات فإن إيجاد المطلوب الأول سهل ومباشر من القانون :

$$V_T = KT/q$$

$$= 1.38 \times 10^{-23} \times (25+273) / 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 25.7 \text{ mV}$$

أما بالنسبة للطلب الثاني المتعلق بإيجاد جهد الإعاقة Barrier Potential فلأمر هو الآخر يسير :

$$V_0 = V_T \ln (N_A \cdot N_D / n_i^2)$$

$$= 25.7 \times 10^{-3} \ln (10^{22} \times 1.2 \times 10^{21} / (1.5 \times 10^{16})^2)$$

$$= 0.634 \text{ V} .$$

بالنسبة لكثافة الحاملات n_i الموضوع في الحل فهي كثافة تركيز الحاملات في المتر المكعب بالنسبة للسليكون (أي أنها قيمة ثابتة)

- 2- ثنائي مصنوع من السليكون ($I_s = 3 \times 10^{-13} \text{ A}$) .
- i. ارسم العلاقة بين I_D و V_D في حالة الانحياز الأمامي عندما تكون قيمة $V_T = 25$ mV و ($I_s = 3 \times 10^{-13}$) .
- ii. اعد رسم العلاقة عندما تكون قيمة $V_T = 28.6$ mV .
- iii. احسب قيمة جهد الانحياز العكسي في الحالتين الأولى والثانية والتي عندها تصبح قيمة تيار الانحياز العكسي (99%) من قيمة تيار الإشباع (I_S) .

حتى نرسم العلاقة بين V_D و I_D فيجب أن نجاء في البداية بالقانون الذي يحدد هذه العلاقة :

$$I_D = I_S (e^{V_D/V_T} - 1)$$

$$I_D = 3 \times 10^{-13} \times (e^{40V_D} - 1)$$

الآن أصبحت العلاقة محددة بين I_D وبين V_D ، وحتى نرسم هذه العلاقة سنضع جدول يضم كلاً من: V_D و I_D . سنقوم أولاً بفرض قيم الجهد V_D ابتداءً من الصفر ونحسب قيمة التيار بناءً على قيمة الجهد الموضوع ، ثم بعد ذلك نزيد قيمة الجهد V_D قليلاً عن الصفر ونحسب قيمة التيار المناظرة لهذه القيمة من المعادلة . ثم نكرر العملية مرات عديدة مع زيادة قيمة الجهد قليلاً في كل مرة .

ومن خلال الجدول يمكننا رسم هذه العلاقة يدوياً أو باستخدام برنامج الأكسل . وهذه بعض القيم كمثال لما تحدثنا عنه :

V_D (Volt)	I_D (Ampere)
0.05	1.91671683E-12
0.1	1.607944501E-11
0.2	8.939873961E-10
0.5	1.455495583E-4
0.6	7.946736639E-3
0.7	0.433877119
0.8	23.68888805

وبناءً على هذا الجدول سيكون منحنى العلاقة موضحاً في الشكل (1) وباللون الأحمر. أما بالنسبة للطلب الثاني فالأمر أصبح سهلاً الآن ، سنعيد العملية بنفس الخطوات السابقة اللهم إلا تغيير قيمة الجهد الحراري V_T من 25 مللي فولت إلى 28.6 مللي فولت . ونرسم العلاقة الموضحة في الشكل (1) وباللون الأزرق . سنستنتج من العلاقتين ما يلي :

- عند زيادة درجة الحرارة فإن جهد العتبة سوف يقل .
- كذلك فإن جهد الانهيار سوف يتغير تبعاً لذلك .
- من خلال الدراسات التي أجريت تبين أنه أثناء زيادة درجة الحرارة درجة مئوية واحدة فإن الجهد عموماً سيقبل بمقدار 2 مللي فولت .

ملاحظة هامة : أثناء زيادة درجة الحرارة فإن قيمة تيار التشبع I_S تتغير بسبب تأثيرها بدرجة الحرارة وتحسب قيمتها الجديدة من هذه العلاقة :

$$I_{S2} = I_{S1} (1 + 0.08)^{2\Delta T}$$

حيث $2\Delta T$ تمثل الفرق بين درجة الحرارة الأولى ودرجة الحرارة الجديدة بالنظام المئوي . و 0.08 تمثل ازدياد حاملات الشحنات في السليكون (أو الجرمانيوم) لكل درجة حرارة مئوية زائدة . واستخدمنا هذه النسبة كمثال هنا أي أنها ليست ثابتة عند هذه القيمة . أما بالنسبة للطلب الثالث والمتعلق بحساب قيمة جهد الثنائي V_D في الحالتين السابقتين فهذا ربما أسهل شيء في السؤال وطريقة حله هي :

الحالة الأولى :-

$$0.99I_S = I_S \times (e^{40V_D} - 1)$$

ومن خلال هذه المعادلة الأسية يمكننا حساب قيمة V_D :

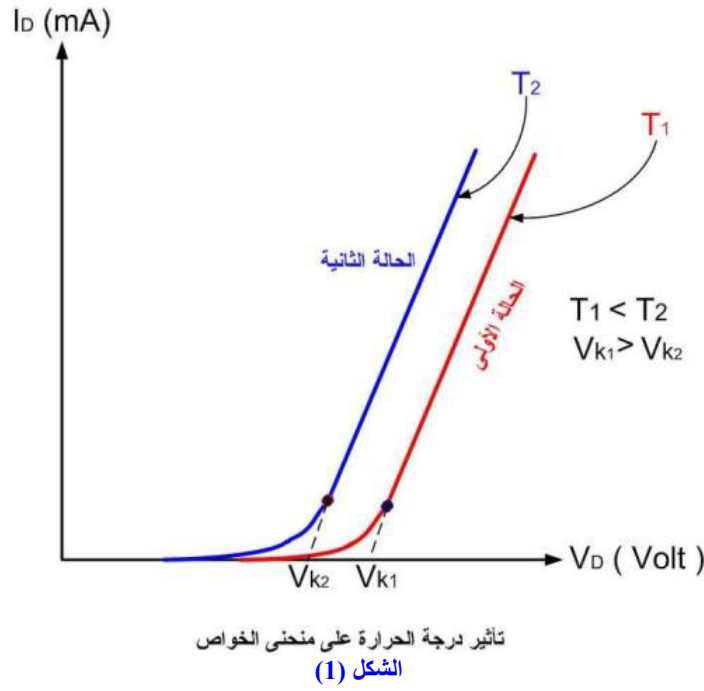
$$V_{D1} = 17.203 \text{ mV}$$

الحالة الثانية :-

$$0.99I_S = I_S \times (e^{34.965V_D} - 1)$$

إذاً سيكون جهد الثنائي هو :

$$V_{D2} = 19.68 \text{ mV}$$



-3

- i. احسب قيمة V_T عند درجة حرارة :-
 I - 25 °م . II - 100 °م . III - 50 °م .
 ii. إذا كان تيار الإشباع ($I_S = 3 \times 10^{-13} \text{ A}$) لثنائي عند درجة حرارة 25 °م . احسب
 التيار المار خلال الثنائي في حالة الانحياز الأمامي عندما يكون جهد الانحياز (0.6 V)
 وعند درجة حرارة :
 I - 25 °م . II - 50 °م .
 افرض أن الزيادة في تيار الإشباع ($I_S \propto Ni^2$) وأن حاملات الشحنات في السليكون النقي (Ni)
 تزداد بمعامل مقداره 8% لكل درجة حرارة زائدة .

الطلب الأول :-

$$V_{T1} = KT/q = 1.38E-23 \times (25+273) / 1.6E-19 = 25.7 \text{ mV}$$

$$V_{T2} = KT/q = 1.38E-23 \times (100+273) / 1.6E-19 = 32.17 \text{ mV}$$

$$V_{T3} = KT/q = 1.38E-23 \times (50+273) / 1.6E-19 = 27.85 \text{ mV}$$

الطلب الثاني :-

المطلوب منا هنا حساب التيار المار في الثنائي ضمن معطيات معينة هي :

$$I_S = 3E-13 \text{ A at } 25^\circ\text{C}, V_D = 0.6 \text{ V}$$

سنقوم في البداية بحساب I_D عند درجة حرارة 25 درجة مئوية :

$$I_D = I_S (\text{Exp}(V_D/V_T) - 1)$$

$$I_D = 3E-13 (\text{Exp}(0.6/25.7E-3) - 1) = 4.133 \text{ mA}$$

الآن سنقوم بحساب التيار المار في الثنائي ولكن عند درجة حرارة 50 °م :

$$I_D = I_S (\text{Exp}(V_D/V_T) - 1)$$

$$I_D = 3E-13 (\text{Exp}(0.6/27.85E-3) - 1)$$

- لكن مهلاً ، أما علمت أن تيار التشبع I_S هو أيضاً يتأثر بالحرارة ، أي أن قيمته لن تبقى كما هي.
- صحيح ، لقد تذكرت ذلك .
- ألا تذكر تلك العلاقة التي تحدد قيمة تيار التشبع بعد تغير درجة الحرارة .
- نسيته ، ذكرني بها ذكرك الله الشهادة .
- لقد تحدثنا عنها في السؤال السابق !! .
- أممم ، هذه هي إذاً :

$$I_{S2} = I_{S1} (1.08)^{2\Delta T}$$

- نعم، أحسنت ، ومن حسن الحظ أن نسبة ازدياد حاملات الشحنات هنا هي نفسها التي استخدمناها كمثال سابقاً (8 %) . الآن أصبحنا جاهزين لحساب قيمة تيار التشبع الجديدة:

$$I_{S2} = 3E-13 \times (1.08)^{2(50-25)}$$

$$I_{S2} = 1.407E-11 \text{ A}$$

الآن يمكننا إكمال العملية السابقة بطريقة صحيحة :

$$I_D = I_S \times (\text{Exp}(V_D/V_T) - 1)$$

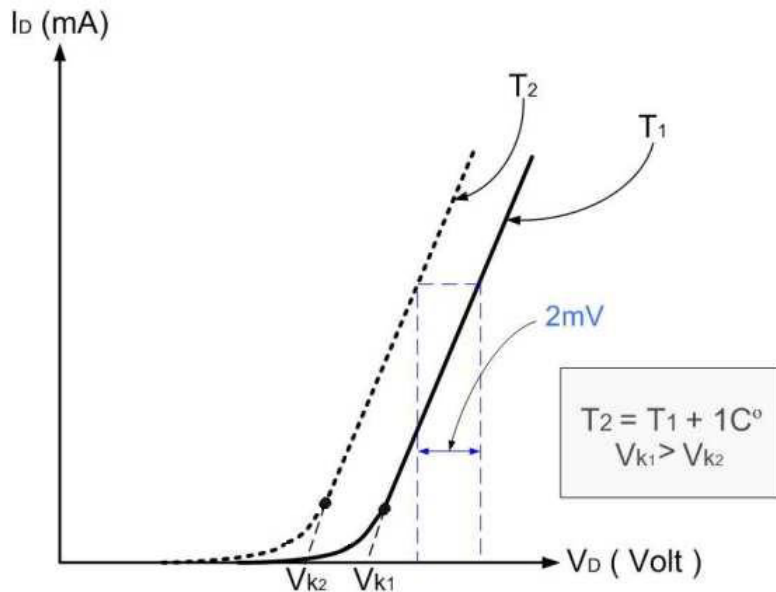
$$I_D = 1.407E-11 \times (\text{Exp}(0.6/27.85E-3) - 1)$$

$$I_D = 31.968 \text{ mV}$$

فيجب دائماً تذكر مثل هذه الحالات حتى لا تقع في الخطأ ...

4- ما مقدار جهد العتبة لثنائي مصنوع من السليكون عندما تكون درجة الحرارة الوصلة 100°C .

ألا تذكر أن جهد العتبة عند درجة حرارة 25 درجة مئوية يساوي 0.7 فولت ، وأيضاً أتذكر أن زيادة درجة الحرارة درجة مئوية واحدة سترجع منحنى الخصائص (عند محور الجهد) إلى الخلف بمقدار 2 مللي فولت كما في الشكل (2) .



تأثير درجة الحرارة على الجهد
الشكل (2)

الآن اعتقد أن طريقة الحل أصبحت واضحة :

كل درجة مئوية واحدة ستخفض الجهد بمقدار 2 مللي فولت ، وأن جهد العتبة يساوي 0.7 فولت عند درجة الحرارة 25° م . وبما أننا نريد أن نحسب جهد العتبة عند درجة الحرارة 100° م فيجب علينا أولاً أن نحدد الانخفاض الكلي للجهد ابتداءً من درجة الحرارة 25° م إلى 100° م ، ويكون حسابه كالتالي :

Each 1°C Increase will decrease the voltage by 2mV

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 100 - 25 = 75^\circ\text{C}$$

The decrease of voltage = $75 \times 2\text{mV} = 150 \text{ mV}$

أخيراً وبعد أن حصلنا على مقدار الجهد الذي سينخفض بسبب الحرارة ، بقي شيء بسيط وهو أن نطرح هذه القيمة من جهد العتبة عند درجة 25° م ، وعندها سنحصل على جهد العتبة عند درجة حرارة 100° م :

$$V_{K2} = 0.7 - 0.15 = 0.55 \text{ V} .$$

5- ثنائي سليكون ، تيار الإشباع فيه يساوي ($I_S = 5\text{nA}$) ، وتيار التسرب السطحي يساوي 10nA عندما تكون قيمة جهد الانحياز العكسي 15 فولت . احسب قيمة التيار العكسي الكلي عندما تتضاعف قيمة الجهد العكسي ، أي تصبح 30 فولت .

إن التيار في حالة الانحياز العكسي هو عبارة عن تياران الأول هو التيار الناتج عن مرور حاملات الشحنات الأقلية للوصلة أو الحازر والثاني هو تيار التسرب السطحي ، أي :

$$I_{\text{Rev}} = I_S + I_L$$

وفي الحالة الأولى، أي قبل أن يتضاعف جهد الانحياز العكسي فإن التيار العكسي الكلي هو :

$$I_{\text{Rev}} = I_S + I_L = 5 \text{ nA} + 10 \text{ nA} = 15 \text{ nA} .$$

وفي الحالة الثانية أي عندما يتضاعف جهد الانحياز العكسي (30 فوت) سيكون التيار الكلي :

$$I_{\text{Rev}} = I_S + 2 \times I_L = 5 \text{ nA} + 20 \text{ nA} = 25 \text{ nA} .$$

هذا يعني أن تيار التسرب السطحي يتناسب تناسباً طردياً مع جهد الانحياز العكسي ، أي أنه يتضاعف بنفس النسبة التي سيتضاعف بها جهد الانحياز العكسي .

6- الشكل (3) أدناه يبين دائرة ثنائي ومنحنى خواص الانحياز الأمامي معطى أيضاً .

باستعمال خط الحمل حدد ما يلي :

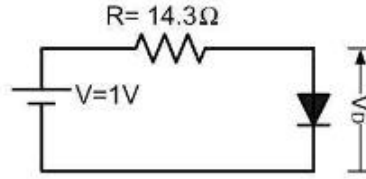
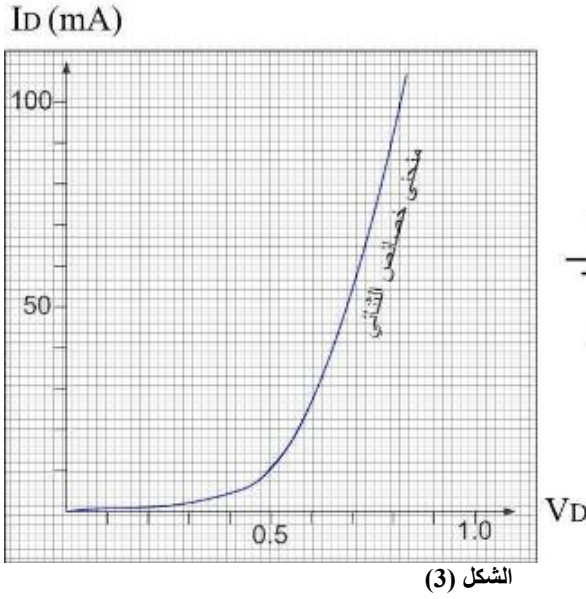
i. التيار في الدائرة .

ii. الجهد عبر الثنائي .

iii. الجهد عبر المقاومة R .

iv. قدرة الثنائي .

علماً بأن الثنائي مصنوع من السليكون .



في البداية يجب أن نحصل على معادلة الحلقة لأن الحل سيعتمد عليها كلياً ، اتجاه هذه الحلقة افتراضياً وليكن باتجاه عقارب الساعة كما في الشكل (4) . وعلى هذا فإن معادلة الحلقة ستكون كالتالي :

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

وبعدها سنعوّض بالقيم المعلومة في الدائرة :

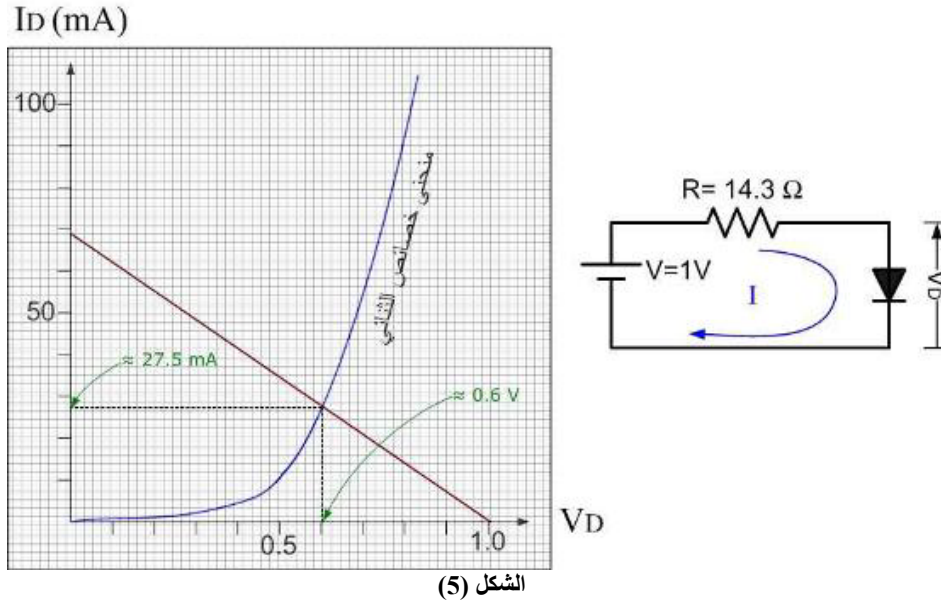
$$1V = 14.3 I_D + V_D$$

الآن أصبح لدينا معادلة بمجهولين هما I_D و V_D . وحتى نحصل على الجهد والتيار عند نقطة العمل Operating Point فسنعوّض بأحد المتغيرين بصفر ونوجد قيمة الآخر ، و ثم نعيد العملية بالعكس أي نعوض المتغير الآخر بصفر ونوجد قيمة الأول ، وذلك وفق التالي :

$$\text{When } I_D = 0 \rightarrow V_D = 1V$$

$$\text{When } V_D = 0 \rightarrow I_D = 1/14.3 = 69.93 \text{ mA}$$

هذه القيم المستحصلة سنعوّض بها في المخطط المجاور للدائرة التي في الشكل (4) والذي يمثل خصائص هذا الثنائي ، وبعد تحديدنا لهاتين النقطتين على المحورين فسنمد خطاً مستقيماً بينهما ، والنقطة التي يتقاطع فيها هذا الخط المستقيم مع منحنى خصائص الثنائي تمثل نقطة العمل للثنائي والتي من خلالها سنحصل على الجهد والتيار عبر الثنائي . العملية موضحة في الشكل (5) أدناه :



إذا سنعوض بقيم I_{DQ} و V_{DQ} بمعادلة الحلقة حتى نحصل على الجهد على طرفي المقاومة R :
بما أن :

$$V_{DQ} = 0.6 \text{ V} \text{ \& } I_{DQ} = 27.5 \text{ mA}$$

فإن :

$$V_R = 1 - 0.6 = 0.4 \text{ V}$$

$$P = V_D \times I_D = 0.6 \times 27.5 \times 10^{-3} = 16.5 \text{ mW}$$

الآن يمكننا أن نقول أن :

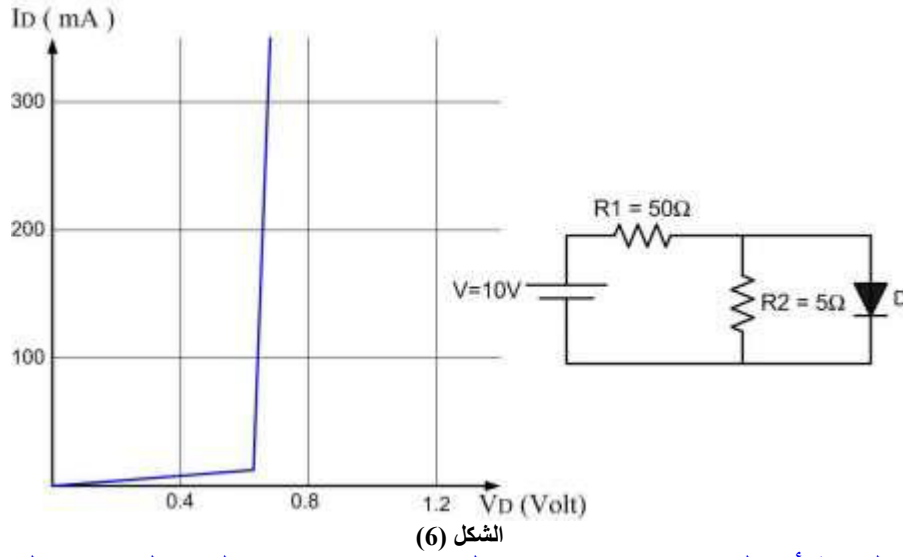
- التيار في الدائرة يساوي التيار في الثنائي يساوي 27.5 مللي أمبير .
- الجهد عبر الثنائي يساوي 0.6 فولت .
- الجهد عبر المقاومة R يساوي 0.4 فولت .
- قدرة الثنائي تساوي 16.5 مللي وات .

وحتى نتأكد من أن التيار المار في الدائرة يساوي تقريباً 27.5 مللي أمبير ، فسنقوم بإيجاده من جهة أخرى وذلك عن طريق المقاومة R (التيار سيكون نفسه لأن الدائرة دائرة توالي) وباستخدام قانون أوم :

$$I_R = V_R / R_R = 0.4 / 14.3 = 27.9 \text{ mA}$$

وهي تقريباً نفس القيمة السابقة ، وهذا يعني أن الحل صحيحاً .

7- في الدائرة أدناه أوجد التيار المار خلال الثنائي علماً أن منحنى الانحياز الأمامي معطى في الرسم المجاور .



قد يتبادر لنا في البداية أن الدائرة معقدة بعض الشيء إذ تحتوي على حلقتين وعلى عدة مجاهيل مما يصعب عملية الحل بعض الشيء .
بالعكس ، فحل هذه المسألة بسيط جداً ولا يحتاج للتعامل مع الحلقات في الحل .
كيف ذلك ؟

هاك الحل : كلنا يعلم أن الحل يعتمد على التيار I_D والجهد V_D وتعويضهما بمخطط منحنى الخصائص . . . الخ . وحتى نحصل عليهما فسوف نعوض بأحدهما في الدائرة بصفر ونوجد قيمة الآخر ، ثم نكرر العملية بالعكس لإيجاد قيمة الآخر . ويتم التعويض بصفر من خلال الدائرة مباشرة ، فمثلاً التيار عند تعويضه بصفر في الدائرة فهو يعني أن الدائرة في حالة فتح Open Circuit ، وعند تعويض الجهد بصفر فهذا يعني أن الدائرة في حالة غلق Short Circuit .
فعند تعويض التيار I_D بصفر فهذا يعني أنه لن يمر تيار في الثنائي (أي أن الدائرة مفتوحة) ،
الآن سنوجد قيمة الجهد V_D الذي من الطبيعي سيكون نفس جهد المقاومة R_2 ، جهد المقاومة R_2 يمكننا ببساطة إيجاده عن طريق استخدام طريقة مجزئ الجهد كالتالي :

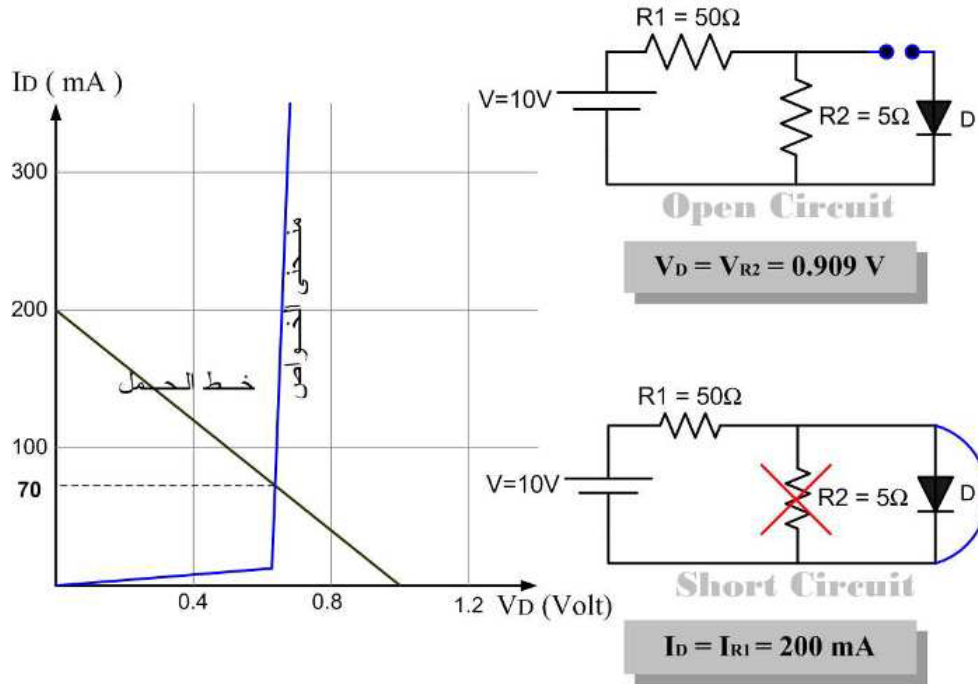
$$V_D = V_{R_2} = V \times R_2 / (R_1 + R_2) = 10 \times 5 / 55 = 0.909 \text{ V}$$

الآن سنعمل على إيجاد قيمة I_D وذلك بتعويض V_D بصفر (الدائرة ستكون مغلقة) . بما أن الدائرة أصبحت في حالة Short Circuit من جهة الثنائي فإن المقاومة R_2 لن يكون لها أي تأثير في الدائرة (سنعتبرها في هذه الحالة وكأنها غير موجودة) . وعندها سيكون التيار I_D هو نفس تيار المقاومة R_1 . وعند طريق قانون أوم يمكننا حسابه مباشرة :

$$I_D = I_{R_1} = V / R_1 = 10 / 50 = 200 \text{ mA}$$

وبعد أن حصلنا على قيمتي V_D و I_D فسنعوضهما في منحنى الخصائص ونصل خطأ مستقيماً بينهما ، ونوجد قيمة تيار الثنائي عند تقاطع خط الحمل مع منحنى الخصائص والذي يساوي تقريباً 70 مللي أمبير .

والشكل (7) يوضح بإيجاز جميع مراحل هذه العملية :



الشكل (7)

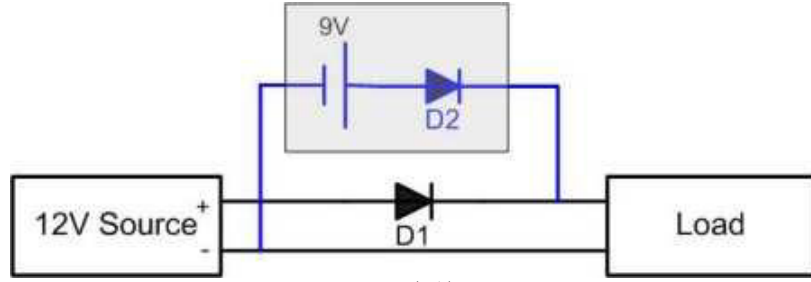
8- الجدول أدناه يعطي قيم تيار الانحياز الأمامي I_F وتيار الانحياز العكسي I_R لبعض أنواع الثنائيات . احسب مقاومة كل نوع من أنواع الثنائيات في حالة الانحياز الأمامي R_F وفي حالة الانحياز العكسي R_R .

Diode	I_F	I_R
1N914	10mA at 1V	25nA at 20V
1N4001	1A at 1.1V	10 μ A at 50V
1N1185	10A at 0.95 V	4.6 mA at 100V

الحل عبارة عن تطبيق مباشر لقانون أوم :

Diode	R_F	R_R
1N914	$R_F = 1/10E-3 = 100\Omega$	$R_R = 20/25E-9 = 800M\Omega$
1N4001	$R_F = 1.1/1 = 1.1\Omega$	$R_R = 50/10E-9 = 5\Omega$
1N1185	$R_F = 0.95/10 = 95m\Omega$	$R_R = 100/4.6E-3 = 21.73K\Omega$

9- بعض الأنظمة مثل أجهزة الحماية من السرقة Burglar alarms والحاسبات Computers تتطلب استخدام بطارية في حالة انقطاع التغذية الرئيسية . صف كيف تعمل الدائرة المرسومة في الشكل أدناه .



الشكل (7)

كما هو مذكور فإن هذه الأنظمة تستخدم في أجهزة الحماية من السرقة وفي الحاسبات التي تتطلب استخدام بطارية في حالة انقطاع التغذية الرئيسية . حيث يعمل الثنائي D_1 كمفتاح في حالة وصل (انحياز أمامي) ، أي أن الجهد 12 فولت سوف يمر عبره إلى الحمل (دائرة الحماية من السرقة) ، وفي هذه الحالة لن يستطيع الثنائي D_2 أن يمرر الجهد 9 فولت . لماذا ؟؟
بالطبع هذا الذي نريده ، لأن مصدر الجهد 9 فولت والثنائي D_2 هو عبارة عن دائرة تغذية احتياطية تعمل في حالة تعطل أو فصل مصدر التغذية 12 فولت (حتى تتم السرقة بسهولة كما يُخيل إلى السارق) .

والإجابة على السؤال الذي ذكرناه قبل قليل هي :

لو أمعنا جيداً في الدائرة فسنعرف السبب . الجانب الموجب للثنائي الثاني موصل بالبطارية 9 فولت ، والجانب السالب للثنائي موصل بالقطب الموجب للبطارية 12 فولت (لأن الثنائي الأول يعمل في حالة انحياز أمامي) . وهذا يعني أن جهد الكاثود أكبر من جهد الأنود، وعندما يكون الثنائي في هذه الحالة فإنه يكون في حالة انحياز عكسي . أي لن يوصل.
أما لو حاول السارق أن يفصل البطارية 12 فولت عن الحمل فإن الثنائي الأول لن يعمل ، ويصبح جهد الأنود في الثنائي الثاني أكبر من جهد الكاثود (الثنائي سيكون في حالة انحياز أمامي) ، أي أن دائرة الحمل لن تتوقف عن العمل في حالة فصل المصدر 12 فولت . وسيكشف أمر السارق !
فإذا كان هذا الجهاز خاص بحماية السيارات من السرقة فيمكن اعتبار المصدر 12 فولت هو بطارية السيارة ، والمصدر 9 فولت هو مصدر احتياطي خاص بجهاز الحماية من السرقة يكون مخبأً في مكان ما في السيارة أو بداخل دائرة الحماية من السرقة نفسها .
وأخيراً يمكننا تلخيص كلما ذكرناه في هذه السطور :

- في الوضع الاعتيادي :

$D_1 \rightarrow \text{ON} \rightarrow \text{Short Circuit} .$

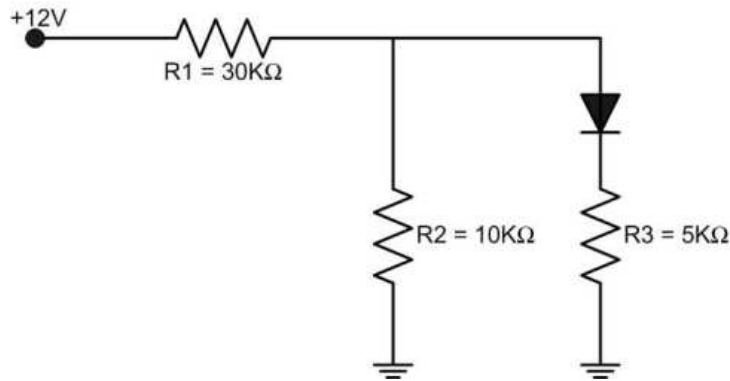
$D_2 \rightarrow \text{OFF} \rightarrow \text{Open Circuit} .$

- في حالة انقطاع المصدر 12 فولت :

$D_1 \rightarrow \text{OFF} \rightarrow \text{Open Circuit}$

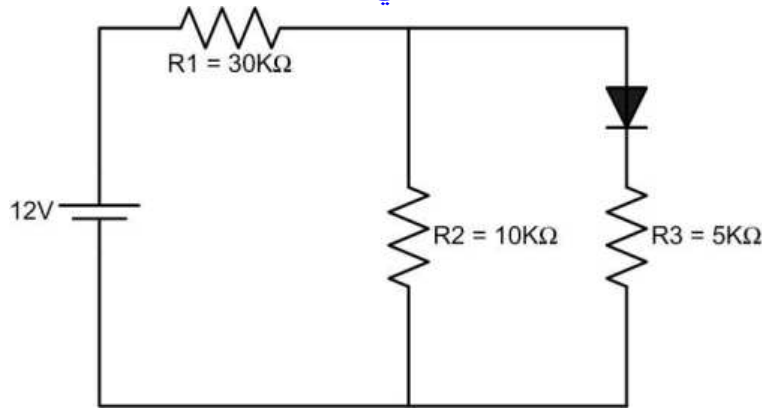
$D_2 \rightarrow \text{ON} \rightarrow \text{Short Circuit}$

10- في الشكل أدناه احسب التيار المار في المقاومة 5 كيلو أوم عندما يكون الدايمود في حالة انحياز أمامي . استخدم التقريب الأول في الحل وافرض أن الثنائي مصنوع من السليكون.



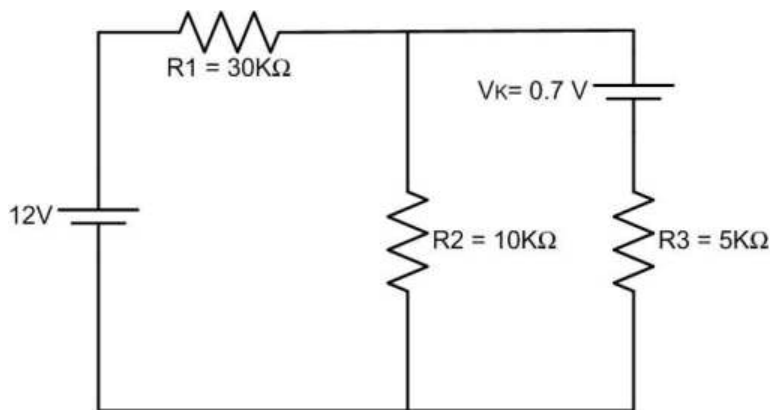
الشكل (8)

عزيزي الطالب لاترتاب من شكل هذه الدائرة فهي دائرة بسيطة يمكننا أن نختزلها إلى هذا الشكل :



الشكل (9)

وبما أنه مطلوب منا استخدام التقريب الأول في الحل فأيضاً سنعيد اختزال الدائرة السابقة إلى الشكل التالي :



الشكل (10)

الآن يمكننا وببساطة إيجاد قيمة التيار المار في المقاومة R_3 ، وذلك باستخدام إحدى طرق تحليل الدوائر الكهربائية . أنا سأستخدم نظرية التراكيب Superposition Theorem لأن الدائرة تحتوي على مصدري جهد :

- عند فصل المصدر 0.7 فولت (دائرة قصر) فسيكون تيار المقاومة R_5 كالتالي :

$$R_T = 33.33K\Omega$$

$$I_{R1} = 12/33.33E+3 = 0.36 \text{ mA}$$

$$V_{R3} = 12 - 0.36E-3 \times 30E+3 = 1.2 \text{ V}$$

$$I_{R5} = 1.2/5E+3 = 0.24 \text{ mA}$$

- عند فصل المصدر 12 فولت (دائرة قصر) فسيكون تيار المقاومة R_5 كالتالي :

$$R_T = 12.5K\Omega$$

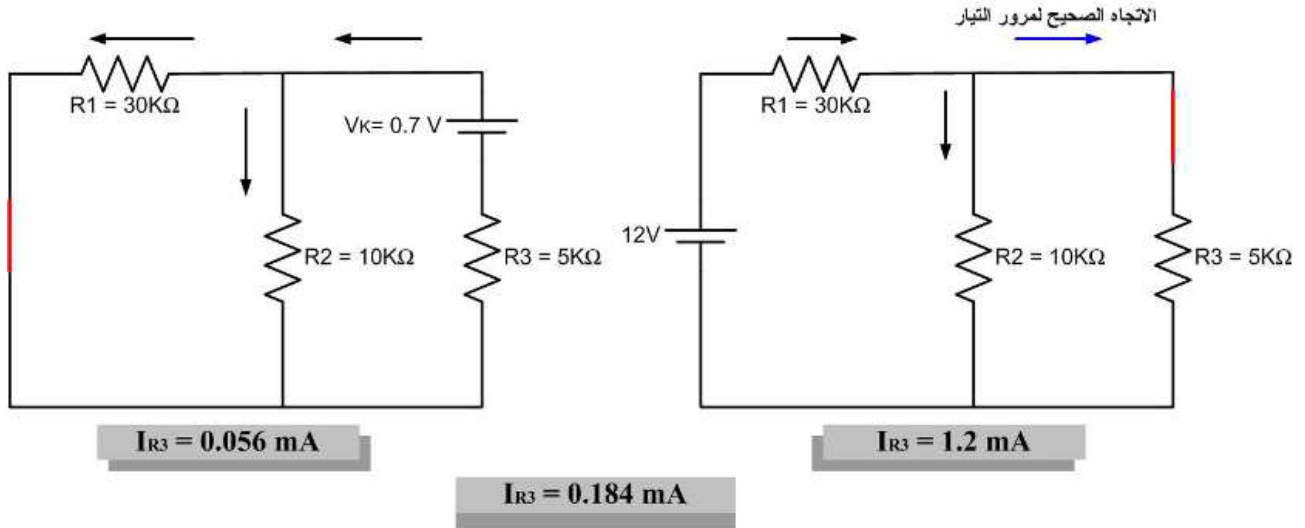
$$I_{R5} = 0.7/12.5E+3 = 0.056 \text{ mA}$$

الآن سنطرح 0.056 مللي أمبير من القيمة 0.24 مللي أمبير لأن الاتجاه الأصلي للتيار هو اتجاه القيمة الأكبر 0.24 مللي أمبير .

إذاً قيمة التيار عبر المقاومة R_5 يساوي :

$$I_{R5} = 0.24E-3 - 0.056E-3 = 0.184 \text{ mA}$$

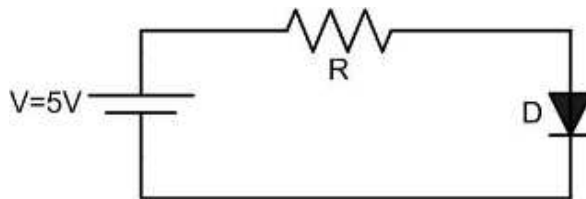
الشكل (11) يلخص استخدام طريقة التراكيب في حل هذه المسألة :



الشكل (11)

11- افرض أن الثنائي في الدائرة أدناه يتطلب 1mA كأقل قيمة للتيار لكي يبقى الثنائي فوق العتبة لخصائص الثنائي :

- ما هي قيمة المقاومة R لكي يمر تيار مقداره 5mA في الثنائي .
- على فرض أن قيمة R هي نفس القيمة المحسوبة في المطلوب الأول ، فما هي أقل قيمة للجهد V والتي تبقى الداود فوق نقطة العتبة . افرض أن الثنائي مصنوع من السليكون.



الشكل (9)

الطلب الأول :-

يمكننا حساب قيمة المقاومة R في الدائرة بطريقة الحلقة كالتالي :

$$R = (V - V_K) / I_D = (5 - 0.7) / 5E-3 = 860 \Omega$$

خطوة الحل هذه واضحة ولا تحتاج إلى إيضاح أكثر .

الطلب الثاني :-

مطلوب منا هنا حساب قيمة أقل قيمة لمصدر الجهد والتي تبقى الثنائي فوق نقطة العتبة . على فرض أن قيمة المقاومة هي نفسها التي حصلنا عليها في الطلب الأول ، وأقل قيمة تيار يتطلبها الثنائي لكي يبقى فوق العتبة هي 1 مللي أمبير .

الأمر بسيط ، سنستخدم نفس معادلة الحلقة في استخدمناها في الطلب الأول :

$$R = (V - V_K) / I_D$$

ولكننا سنعدها قليلاً :

$$(V - 0.7) / 860 \geq 1 \text{ mA}$$

إننا استخدمنا علامة أكبر من أو يساوي لأن القيمة 1 مللي أمبير هي أقل قيمة لتيار الثنائي التي ستبقى فوق جهد العتبة .

في هذه المعادلة سنرى مجهول واحد وهو V ، سنقوم بحسابه الآن :

$$(V - 0.7) / 860 = 1E-3$$

$$V \geq 1.56 \text{ V}$$

إذا فأقل قيمة لجهد المصدر التي ستبقى الثنائي فوق جهد العتبة هي : 1.56 فولت .