الفصل السادس

تطبيقات الديود

الهدف الأساسي من المحاضرة:

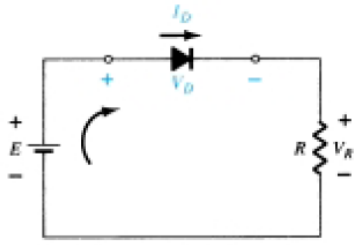
1- دراسة تطبيقات الديود المتنوعة.

2- دراسة عمل الديودات في الدارات الكهربائية المستمرة.

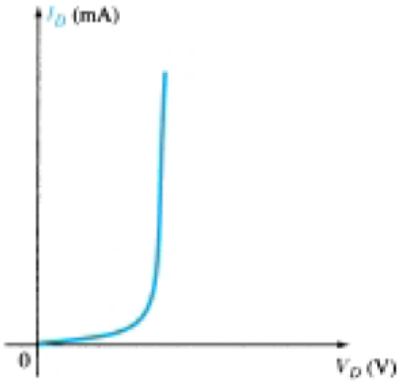
3- دراسة مبدأ عمل البوابات المنطقية OR و AND.

6.1 تحليل دارة كهربائية تحتوي على ديود ويطبق عليها جهد مستمر

يبيّن الشكل (6.1a) دارة كهربائية تسلسلية تحتوي على ديود مميزته موضحة بالشكل (6.1b)، وجهة التيار المار في الدارة وفق جهة دوران عقارب الساعة ، والديود في حالة عمل (توصيل on)، أي في حالة الانحياز الأمامي (I_D موجب، و V_D موجب).



الشكل (6.1a) دارة كهربائية تسلسلية تحتوي على ديود



الشكل (6.1b) المنحني المميز للديود

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد في الدارة التسلسلية (6.1a) نستنتج:

$$E - V_D - V_R = 0$$

ومنه

$$E = V_D + I_D R \qquad ....(6.1)$$

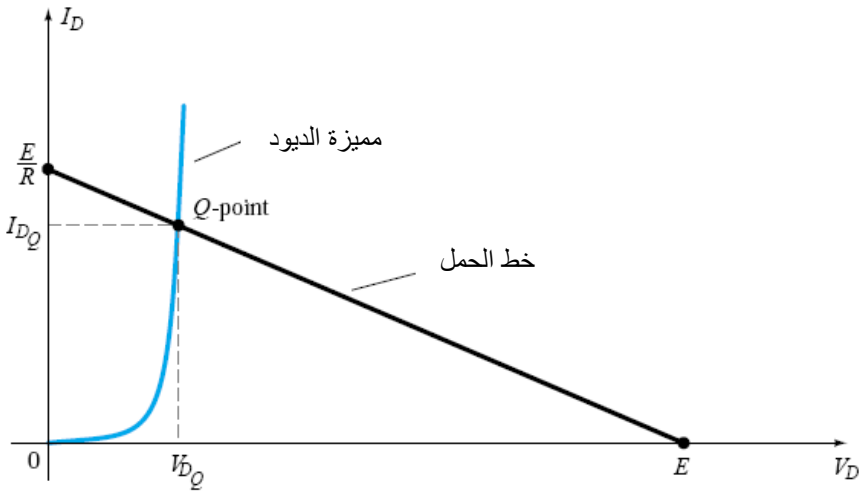
Dr.Sadek pro

من المعادلة (6.1) يمكننا رسم تغيرات I_D بدلالة V_D للدارة الكهربائية.

إذا أخذنا $V_D = 0$ فإن $I_D = \frac{E}{R}$ ، وبالتالي فإن إحداثيات النقطة الأولى: ($V_D = 0$ و $I_D = \frac{E}{R}$).

وإذا أخذنا $I_D = 0$ فإن $V_D = E$ ، و وبالتالي فإن إحداثيات النقطة الثانية: ($V_D = E$ و $I_D = 0$).

إن الخط المستقيم المار بالنقطتين يعرف بخط الحمل كما هو موضح بالشكل (6.2). فعندما تتغير قيم R (مقاومة الحمل) فإن نقطة التقاطع مع المحور I_D سوف تتغير أيضاً، وبالتالي تتحدد بالمنحني المميز للديود والدارة الكهربائية. فنقطة تقاطع المنحني المميز للديود وخط الحمل تدعى نقطة عمل الدارة Q وأحداثياتها (I_{DQ} , V_{DQ}) وتدعى كذلك نقطة العمل السكونية.

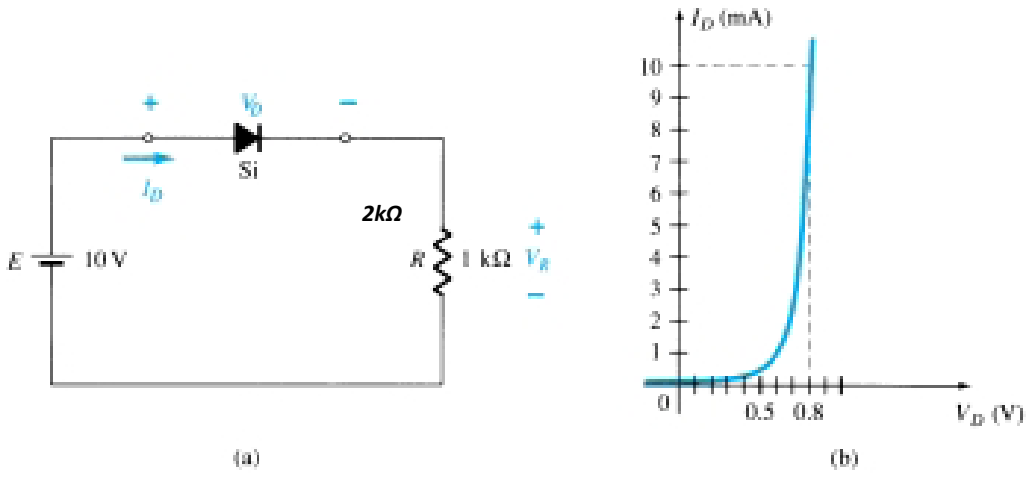


الشكل (6.2) خط الحمل ويحدد عليه نقطة العمل السكونية Q

مثال (6.1)

دارة تسلسلية مبيّنة بالشكل (E6.1a) تحتوي على ديود حيث المنحني له موضح بالشكل (E6.1b) عين:

a) I_{DQ} و V_{DQ}
b) V_R



الشكل (E6.1): a) الدارة التسلسلية. b) المنحني المميز للديود

Dr.Sadek pro

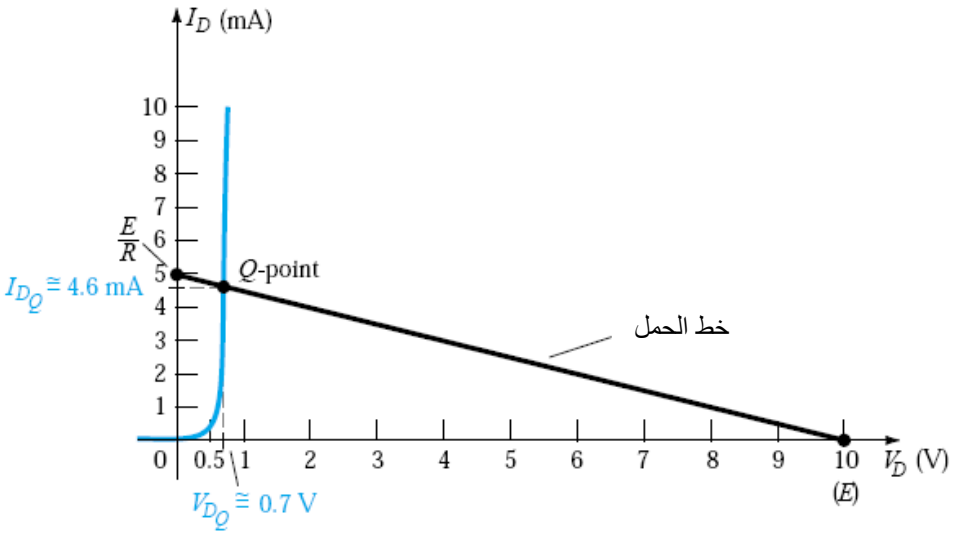
الحل:

نحدد نقطتي خط الحمل للدارة:

a) لدينا $I_D = \frac{E}{R} = \frac{10}{2\times10^3} = 5mA$

وكذلك $V_D = E = 10V$

وبالتالي نحصل على خط الحمل كما هو موضح بالشكل (E6.2)، ونقطة التقاطع Q (النقطة الساكنة) بين خط الحمل والمنحني المميز للديود هي : ($V_{D_Q} = 0.7V$ و $I_{D_Q} = 4.6mA$).



الشكل (E6.1) خط الحمل و نقطة العمل السكونية Q

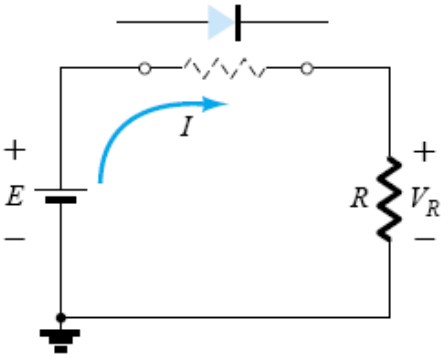
b) $V_R = I_R.R = I_{D_Q}.R = (4.6\times10^{-3}(2\times10^3) = 9.2V$

6.2 تطبيق جهود مستمرة على دارة تسلسلية تحتوي على ديودات

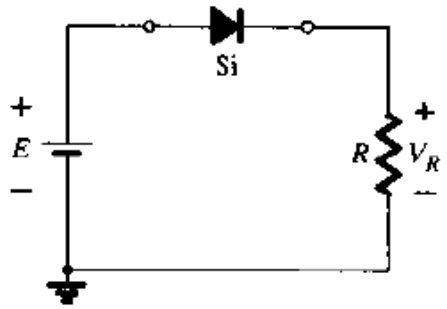
في دارة تسلسلية يكون الديود في حالة عمل (توصيل on) عندما يمر تيار مستمر بنفس جهة سهم رمز الديود ويكون $V_D \geq 0.7V$ من أجل السيلكون و $V_D \geq 0.3V$ من أجل الجرمانيوم. ويدعى الجهد $V_T = 0.7V$ جهد التشغيل(العتبة) لديود السيلكون و $V_T = 0.3V$ جهد التشغيل للجرمانيوم.

الشكل (6.3a) يوضح دارة تسلسلية تحتوي على ديود وجهة التيار بنفس جهة سهم رمز الديود كما هو مبين بالشكل (6.3b)، وبما أن $E>V_T$ فالديود يكون في حالة توصيل (on)، وفي حالة الانحياز الأمامي، وبالتالي يمكن إعادة رسم الدارة كما في الشكل (6.4).

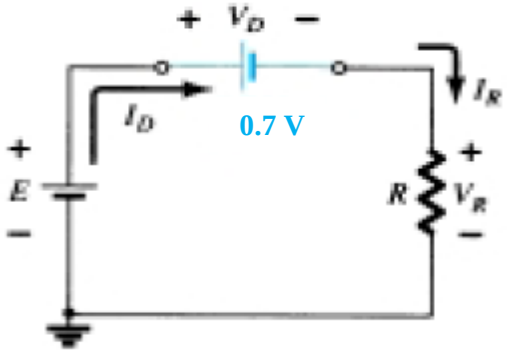
Dr.Sadek pro



الشكل (6.3b) تحديد حالة الديود في الدارة



الشكل (6.3a) دارة تسلسلية تحتوي على ديود



الشكل (6.4) الدارة المكافئة للديود في حالة توصيل

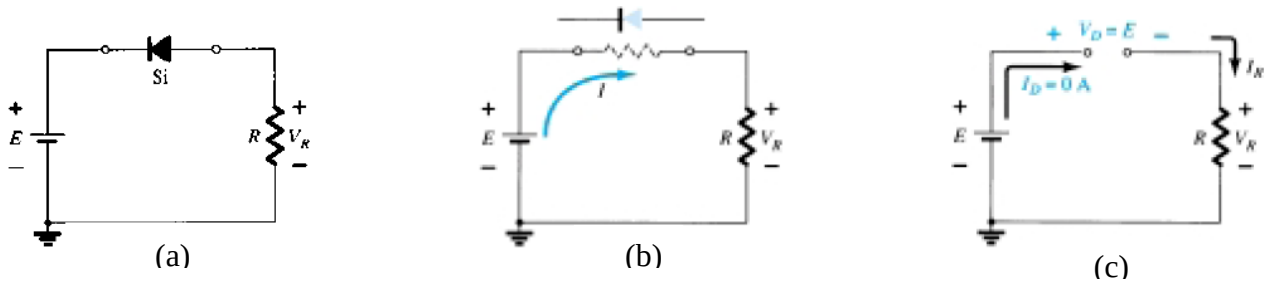
و يمكننا استنتاج قيم التيار والجهود:

$$V_D = V_T$$

$$V_R = E - V_T$$

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R}$$

والشكل (6.5a) يبين دارة تسلسلية تحتوي على ديود في حالة انحياز عكسي، وبالتالي يمكننا استبدال الديود بعنصر مقاومة كما هو مبين بالشكل (6.5b) حيث يبيّن أن جهة التيار تعاكس جهة سهم رمز الديود، وبالتالي يكون الديود في حالة قطع (off)، و نحصل على الدارة المكافئة (6.5c).



(a) (b) (c)

الشكل (6.5): (a) دارة تسلسلية تحتوي على ديود في حالة انحياز عكسي ، (b) تحديد حالة الديود في الدارة، (c) الدارة المكافئة للديود في حالة القطع.

Dr.Sadek pro

وبسبب كون الدارة مفتوحة فإن شدة تيار الديود $I_D = 0$ ، وبالتالي فإن فرق الكمون بين طرفي المقاومة :

$$V_R = I_R R = I_D R = 0V$$

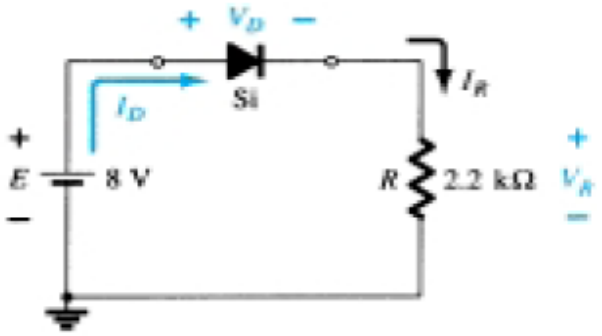
وبالحقيقة بما أن $V_R = 0V$ فإنه سوف يتوطد فرق كمون بين طرفي الدارة المفتوحة يستنتج كما يلي:

من تطبيق قانون كيرشوف لدينا: $$E - V_D - V_R = 0$$

ومنه: $$V_D = E - V_R = E$$

مثال (6.2)

في حالة الدارة التسلسلية المبينة بالشكل (E6.2a) أوجد القيم V_D و V_R و I_D:



الشكل (E6.2a)

الحل:

بما أن الجهد المطبق يوطد تيار بنفس جهة عقارب الساعة ويطابق جهة السهم في رمز الديود وبالتالي فالديود في حالة توصيل (on).

وبالتالي لدينا: $$V_D = 0.7V$$

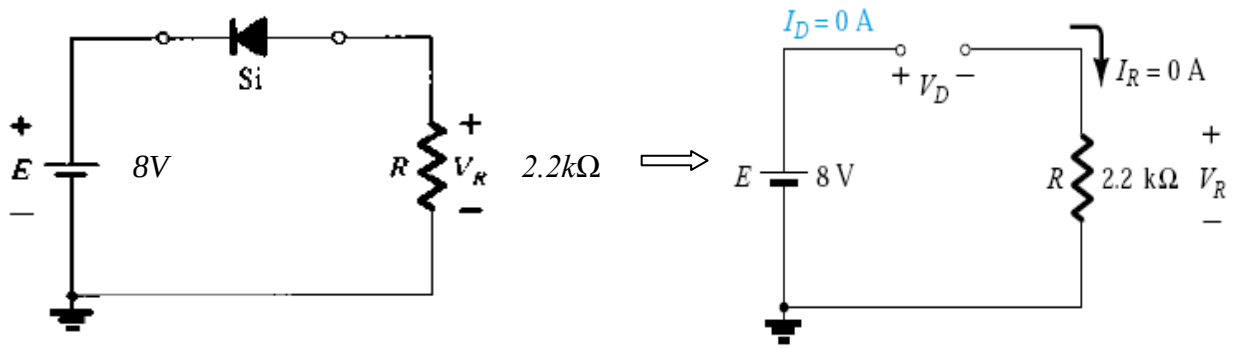
$$V_R = E - V_D = 8 - 0.7 = 7.3V$$

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{7.3}{2.2 \times 10^3} = 3.32mA$$

مثال (6.3)

في الدارة التسلسلية المبينة بالشكل (E6.3a) أوجد قيم V_D و V_R و I_D:

Dr.Sadek pro



الشكل (6.5): (a) دارة تسلسلية تحتوي على ديود في حالة انحياز عكسي

(b) الدارة المكافئة للديود في حالة القطع.

الحل:

من الشكل نجد أن جهة التيار بعكس جهة السهم في رمز الديود وبالتالي فإن مكافئ الديود هو دارة مفتوحة (الديود في حالة قطع)، وبالتالي نحصل على الدارة الموضحة بالشكل (E6.3b).

بما أن الدارة مفتوحة لدينا: $I_D = 0$

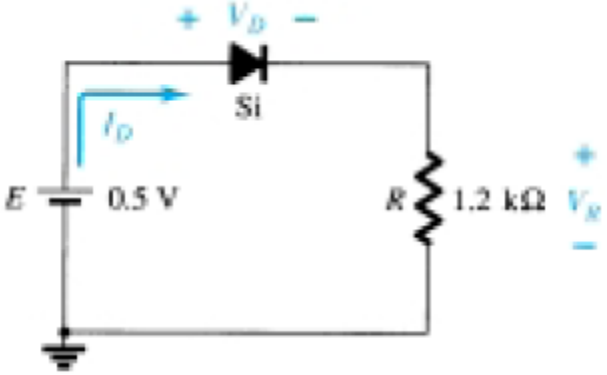
$$V_R = I_R R = I_D R = 0V$$

وبتطبيق قانون كيرشوف للجهد حول الدارة.

$$E - V_D - V_R = 0 \Rightarrow V_D = E - V_R = E - 0 = 8V$$

مثال (6.4)

في الدارة التسلسلية المبينة بالشكل (E6.4a) أوجد قيم V_D و V_R و I_D.

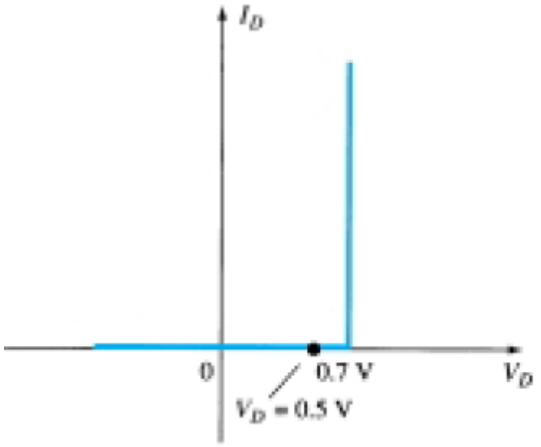


الشكل (E6.4) دارة ديود تسلسلية

الحل:

إن منبع الجهد يمرر تياراً بنفس جهة سهم رمز الديود. ولكن الجهد المطبق غير كافٍ كي يبدأ الديود بالعمل. حيث نقطة العمل مبينة بالمنحني المميز للديود كما هو موضح بالشكل (E6.4b).

Dr.Sadek pro



الشكل (E6.4b) مميزة الديود ونقطة التشغيل

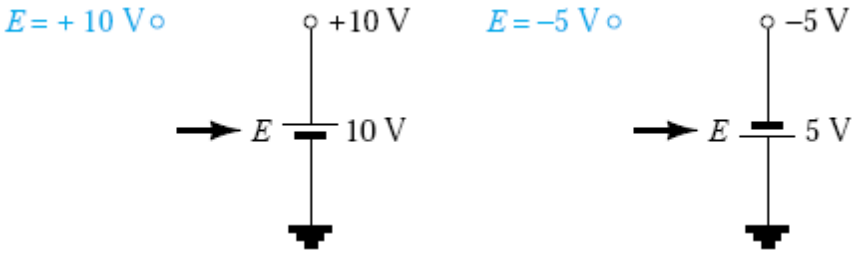
إن قيم الجهود والتيار في الدارة هي:

$$I_D = 0A$$

$$V_R = I_R R = I_D R = 0V$$

$$V_D = E = 0.5V$$

سوف نستخدم الرمز المبين بالشكل (6.6) من أجل منبع الجهد.

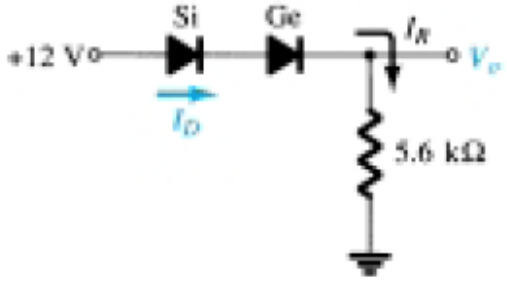


الشكل (6.6) تمثيل منبع الجهد

مثال (6.5)

حدد قيم V_0 و I_D للدارة التسلسلية المبينة بالشكل (E6.5a).

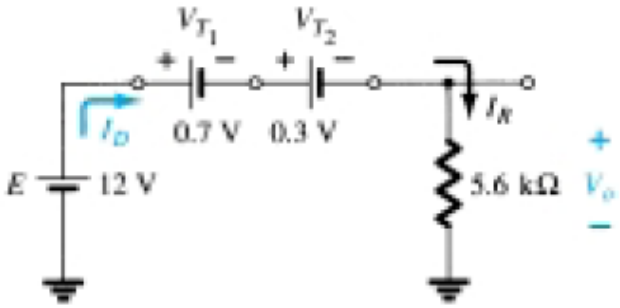
Dr.Sadek pro



الشكل (E6.5) ديودان موصولان على التسلسل

الحل:

إن جهة التيار المار في الدارة هي بنفس جهة سهمي رمزي الديودين في الدارة، وبالتالي نحصل على الدارة التسلسلية المكافئة (E6.5b).



الشكل (E6.5b) الدارة التسلسلية المكافئة

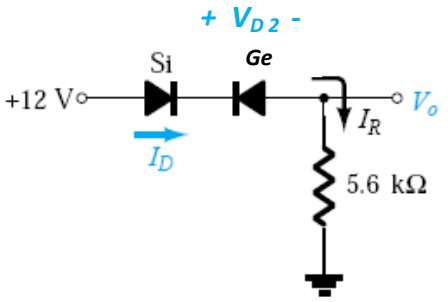
وبما أن [$E = 12V > (0.7+0.3) = 1V$]، وبتحليل الدارة نحصل على القيم التالية:

$$V_0 = E - V_{T1} - V_{T2} = 12 - 0.7 - 0.3 = 11V$$

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_0}{R} = \frac{11}{5.6\times10^{-3}} = 1.96mA$$

مثال (6.6)

حدد قيم I_D و V_{D2} و V_0 في الدارة التسلسلية المبينة بالشكل (E6.6a)

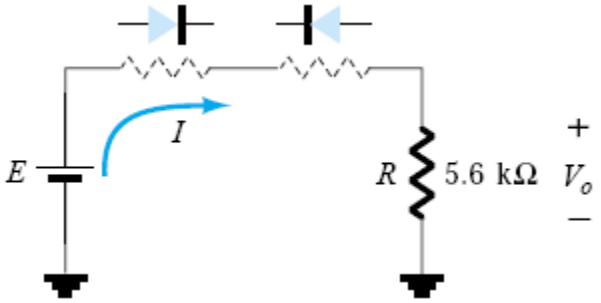


الشكل (E6.6a) الدارة التسلسلية تحتوي ديودين متعاكسين موصولين على التسلسل

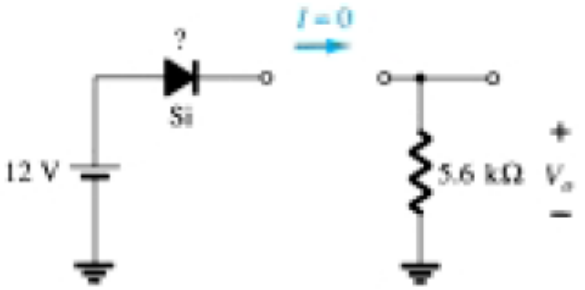
Dr.Sadek pro

الحل:

يزاح الديودان من الدارة ويتم تعيين جهة التيار كما في الشكل (E6.6b). فإن جهة التيار تتطابق مع جهة سهم ديود السيلكون (Si) وتعاكس جهة سهم ديود الجرمانيوم (Ge). وبالتالي فإن الدارة تركيب دارة مقصورة (ديود Si في حالة وصل on) على التسلسل مع دارة مفتوحة (ديود Ge في حالة قطع off) ينتج دارة مفتوحة (حالة قطع off) . ومنه: $I_D = 0A$ كما هو موضح بالشكل (E6.6c).

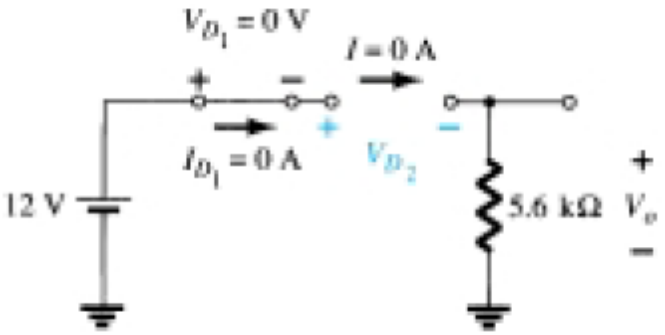


الشكل (E6.6b) تحديد حالة الديودين في الدارة



الشكل (E6.6c) استبدال الحالة المكافئة لديود الجرمانيوم بدارة مفتوحة(حالة قطع off)

أما حالة ديود السيلكون فإن $I_D=0$ و $V_D=0$ ومبينة بالشكل (E4.6d)



الشكل (E6.6d) الدارة المكافئة للدارة (E6.6a).

ومن تحليل الدارة المكافئة نستنتج ما يلي:

Dr.Sadek pro

$$V_0 = I_R R = I_D R = 0$$

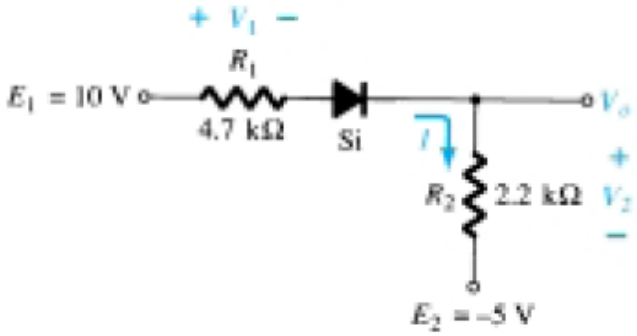
بتطبيق قانون كيرشوف للجهد وبجهة دوران عقارب الساعة نجد:

$$E - V_{D1} - V_{D2} - V_0 = 0$$

ومنه $V_{D2} = E - V_{D1} - V_0 = 12 - 0 - 0 = 12V$

مثال (6.7)

في الدارة المبينة بالشكل (E4.7) أوجد القيم: I و V_1 و V_2 و V_0.



الشكل (E4.7) الدارة التسلسلية

الأجوبة:

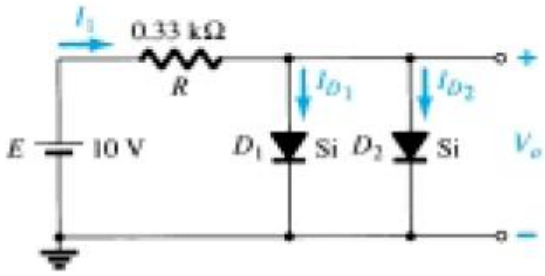
$$I = 2.07mA \quad , \quad V_1 = 9.47V \quad ، \quad V_2 = 4.56V \quad , \quad V_0 = -0.44V$$

6.3 دارات تفرعية ـ تسلسلية تحتوي على ديودات

إن طرق تحليل الدارة التسلسلية يمكن تطبيقها كذلك لتحليل الدارة التفرعية والدارة التفرعية – التسلسلية. ففي كل دارة يتم تطبيق الخطوات كما في حالة الدارات التسلسلية التي تحتوي على ديودات.

مثال(6.8)

في الدارة التفرعية المبينة بالشكل (E6.8) عين القيم التالية: v_0 و I_1 و I_{D1} و I_{D2}



الشكل (E6.8) الدارة التفرعية التي تحتوي ديودات

Dr.Sadek pro

الحل:

الجهد المطبق على الدارة يمرر تياراً في كل من الديودين بنفس الجهة وبنفس جهة سهمي الديودين وبما أن الجهد المطبق أكبر من 0.7V فإن كل من الديودين في حالة عمل (حالة توصيل on) وفرق الكمون بين طرفي الديودين على التفرع هو نفسه ويساوي:

$$V_0 = 0.7V$$

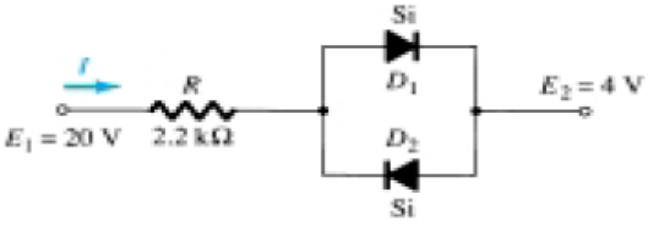
وكذلك $$I_1 = \frac{V_R}{R} = \frac{E - V_D}{R} = \frac{10 - 0.7}{0.33 \times 10^3} = 28.18mA$$

وبما أن الديودين لهما نفس منحني المميز فإن

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_1}{2} = \frac{28.18}{2} = 14.09mA$$

مثال (6.9)

عين شدة التيار I في الدارة المبينة بالشكل (E6.9).

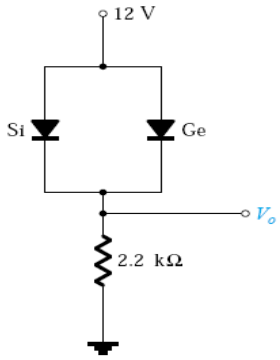


الشكل (E6.9)

الأجوبة: $$I = 6.95mA$$

مثال (6.10)

عين الجهد V_0 في الدارة المبينة بالشكل (E6.10)



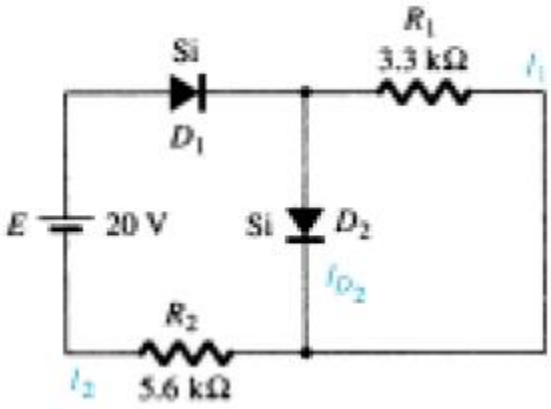
الشكل (E6.10)

الأجوبة: $$V_0 = 11.7V$$

Dr.Sadek pro

مثال (6.11)

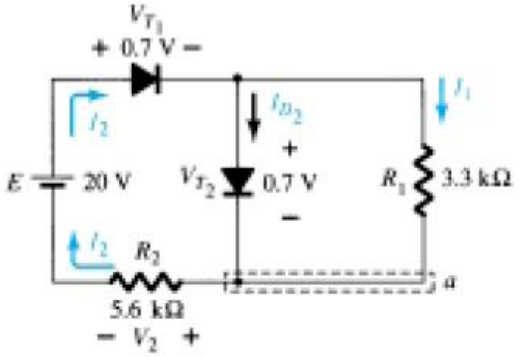
عين قيم التيارات I_1 و I_2 و I_{D2} للشبكة الكهربائية المبينة بالشكل (E4.11)



الشكل (E6.11) شبكة كهربائية تفرعية تحتوي على ديودين

الحل:

إن الجهد المطبق على الدارة يجعل الديودين D_1 و D_2 في حالة توصيل (on) وجهة التيارات بنفس جهة أسهم رموز الديودين D_1 و D_2 كما هو موضح بالشكل (E6.11b)



الشكل (E6.11b) الدارة الكهربائية المكافئة

من الشكل (E6.11b) نجد أن فرق الكمون بين طرفي المقاومة R_1 يساوي 0.7 V وبالتالي نجد I_1 كما يلي:

$$I_1 = \frac{V_{T_2}}{R_1} = \frac{0.7\ \text{V}}{3.3\ \text{k}\Omega} = \mathbf{0.212\ mA}$$

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد حول الحلقة المبينة بجهة عقارب الساعة نستنتج:

$$-V_2 + E - V_{T1} - V_{T2} = 0$$

ومنه

$$V_2 = E - V_{T1} - V_{T2} = 20 - 0.7 - 0.7 = 18.6V$$

و

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{18.6}{5.6\times10^3} = 3.32mA$$

Dr.Sadek pro

وبتطبيق قانون كيرشوف للتيار (قانون العقد) عند العقدة a نجد:

$$I_{D2} + I_1 = I_2$$

ومنه $$I_{D2} = I_2 - I_1 = 3.32 - 0.212 = 3.108mA$$

6.4 دارات البوابات المنطقية OR و AND

يمكن استخدام الديود في تعيين قيم الجهود بدون دراسة جبر بول، حيث توجد قيمتان تمثلان الأرقام الثنائية ينسب إليهما الحالتين "0" و "1".

تتميز المنطقية "0" بقيمة جهد ضمن المجال (0 - 0.7V)، والمنطقية "1" تمثل جهداً موجباً قيمته محدودة (عدة فولتات).

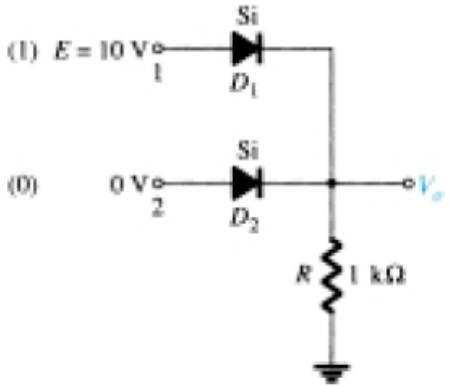
البوابة المنطقية OR

الدارة الموضحة بالشكل (6.6) تمثل البوابة OR من أجل المنطق الموجب حيث أن جهد الدخل 10V للدارة يحدد المنطقية "1" في جبر بول، بينما جهد الدخل 0V يحدد المنطقية "0".

إن البوابة المنطقية OR هي بحيث الخرج يساوي "1" إذا كان أي من الدخلين أو كلاهما يساوي "1".

والخرج يساوي 0 إذا كان كلاً من الدخلين يأخذان القيمة "0".

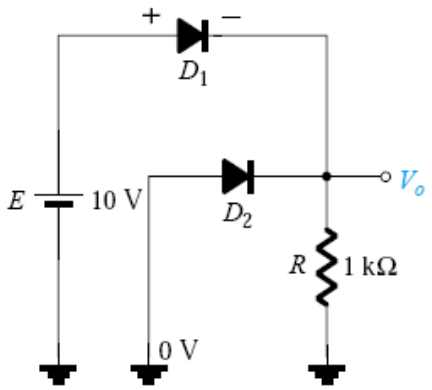
إن تحليل دارات البوابات OR و AND يتم باستخدام نماذج الديودات العملية لتعيين V_0 في دارة البوابة المنطقية OR كما في الشكل (6.6).



الشكل (6.6) دارة البوابة المنطقية OR

الخطوة الأولى: من الدارة نجد أنه يطبق جهد 10V على المدخل 1 من الدارة ويطبق الجهد 0V على المدخل 2، أي الجهد الأرضي. كما هو مبين بالدارة المعدلة الموضحة بالشكل (6.7).

Dr.Sadek pro

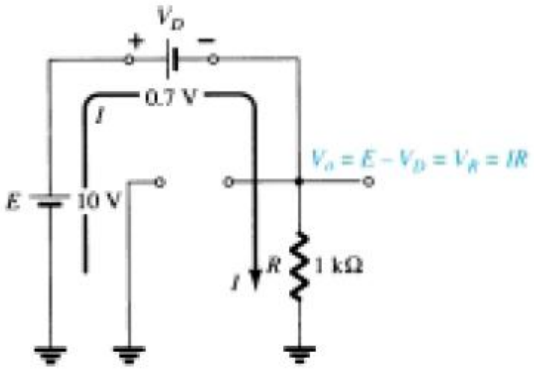


الشكل (6.7) الدارة المعدلة للبوابة المنطقية OR

حيث الديود D_1 في حالة توصيل (on) بسبب تطبيق جهد 10V على الديود.

والديود D_2 في حالة قطع (off) لأنه يطبق على الأنود جهد 0V .

وبالتالي من حالات الديودين D_1 و D_2 يمكننا إعادة رسم الدارة المنطقية OR كما هو الشكل (6.8)



الشكل (6.8) الدارة المنطقية OR حيث توضح حالات الديودين D_1 و D_2

الخطوة الثانية: يتم التأكد بأن الديود D_1 في حالة توصيل(on) والديود D_2 في حالة قطع (off) .

من أجل الديود D_1 فإن الحالة (on) تجعل ($V_o = E - V_D = 10 - 0.7 = 9.3V$).

وقيمة الجهد 9.3V عند كاثود D_2 و 0V عند الأنود يجعل الديود D_2 في حالة قطع (off).

من الدارة (6.8) نجد أن D_1 في حالة توصيل، ويتم اعتبار أن v_o=9.3V هو قيمة الجهد الموافق للقيمة "1".

وعندما يكون خرج الدارة V_o عند القيمة "1" بوجود دخل واحد فقط، تدعى هذه البوابة " بوابة OR".

بتحليل الدارة بجعل قيم جهود الدخلين للدارة 10V فإنه سوف ينتج أن الديودين D_1 و D_2 في حالة (on) والخرج يساوي 9.3V.

وعندما يكون قيم جهود الدخلين 0V فإنه كلا من D_1 و D_2 في حالة قطع (off) وبالتالي فإن الخرج يكون 0 لأن قيمة جهد الخرج تساوي 0V.

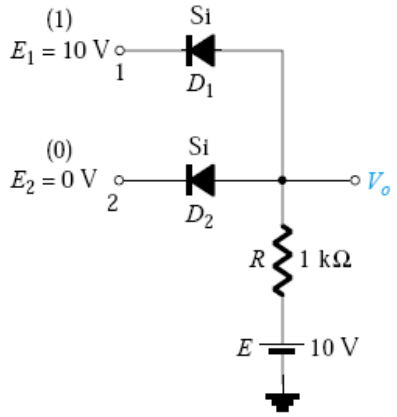
Dr.Sadek pro

وشدة التيار المار في الدارة يساوي:

$$I = \frac{E - V_D}{R} = \frac{10 - 0.7}{1 \times 10^3} = 9.3mA$$

دارة البوابة المنطقية AND

إن دارة البوابة المنطقية AND مبينة بالشكل (4.9)

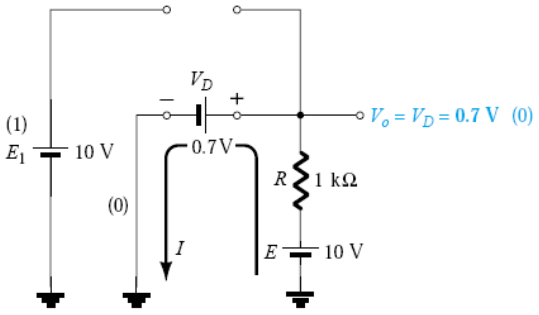


الشكل (6.9) دارة البوابة المنطقية AND

في هذه الحالة يوجد في الفرع المرجعي (الأرضي) من البوابة المنطقية AND منبع جهد مستقل $E=10V$ ، وتم اختيار جهد الدخل لمدخل الدارة المنطقية "1" قيمة الجهد المستقل E.

الشكل (6.10) يمثل دارة البوابة المنطقية AND بعد إعادة رسمها وتوضيح حالات الديودات. حيث يطبق 10V على كاثود الديود D_1 وبالتالي يكون في حالة (off)، ومع العلم أنه يوجد منبع جهد 10V متصل مع الأنود D_1 على التسلسل مع المقاومة R.

أما الديود D_2 يكون في حالة توصيل (on) حيث جهد الكاثود أخفض من جهد الأنود.



الشكل (6.10) دارة البوابة المنطقية مبينة عليها حالات الديودين D_1 و D_2

إن جهد الخرج V_o=0.7V بسبب الانحياز الأمامي للديود D_2.

وبالنسبة للديود D_1 جهد الأنود 0.7V وجهد الكاثود يساوي $10V$ وبالتالي D_1 بالتأكيد في حالة off.

وشدة التيار المار في D_2 يساوي

Dr.Sadek pro

$$I = \frac{E - V_D}{R} = \frac{10 - 0.7}{1 \times 10^3} = 9.3mA$$

إن جهد الخرج صغير جداً حيث يتم اعتباره المنطقية "0" . أي أنه في حالة البوابة المنطقية AND ، جهد دخل وحيد ينتج خرج منطقية "0".

إن جدول الحقيقة للبوابة المنطقية *OR* مبيين بالجدول (6.11) .

input A	*input B*	*Output*
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الجداول (6.11) جدول الحقيقة للبوابة المنطقية *OR*

والجدول (6.12) يبين جدول الحقيقة للبوابة المنطقية *AND* .

input A	*input B*	*Output*
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

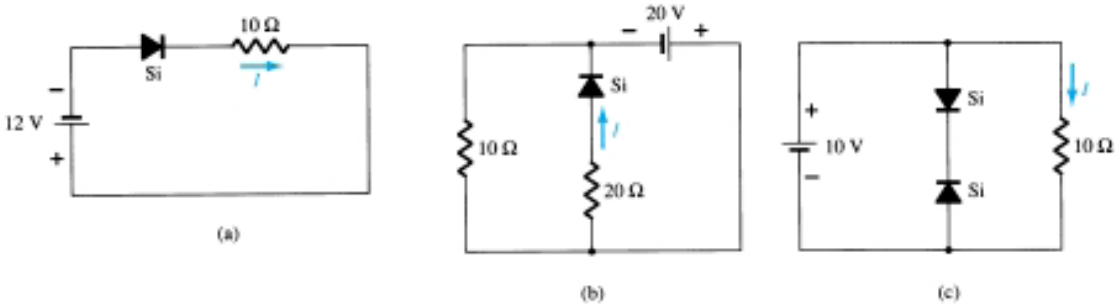
الجداول (6.12) جدول الحقيقة للبوابة المنطقية *AND*

Dr.Sadek pro

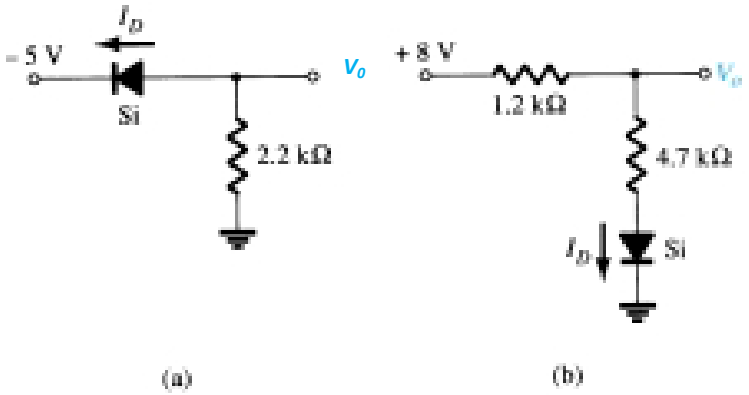
مسائل الفصل السادس

تطبيقات الديود

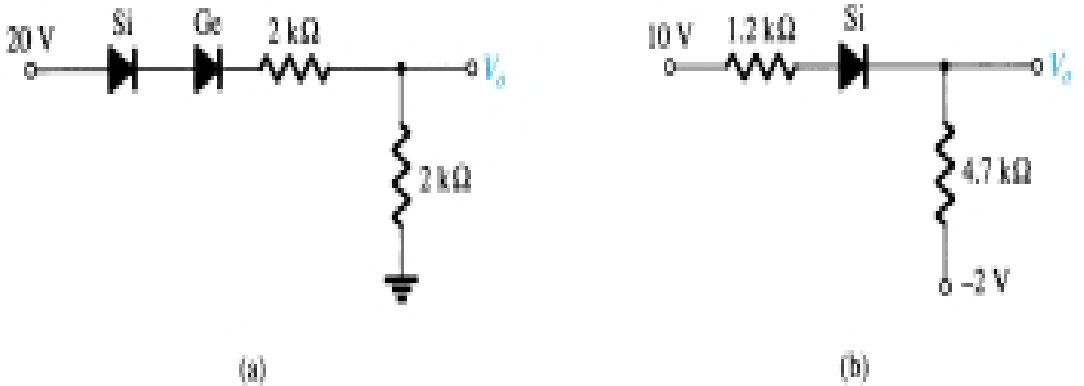
1- عين شدة التيار I في كل من الدارات المبينة بالشكل أدناه مستخدماً النموذج العملي للديود.



2- عين قيم V_o و I_D في كل من الدارات المبينة بالشكل أدناه.

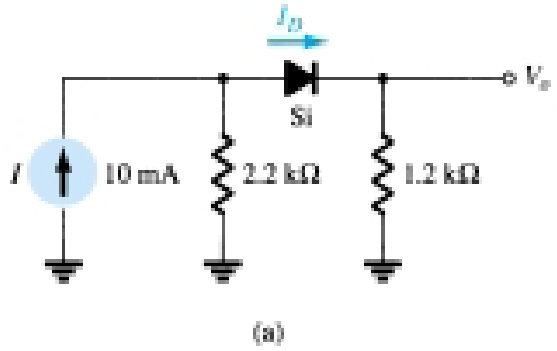


3- عين قيم V_o في كل من الدارات المبينة بالشكل أدناه.

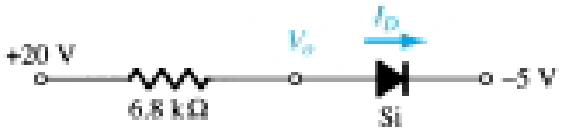


4- عين قيم V_o و I_D في كل من الدارات المبينة بالشكل أدناه.

Dr.Sadek pro

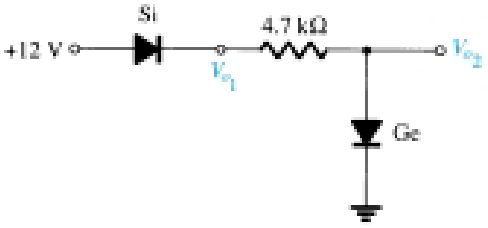


(a)

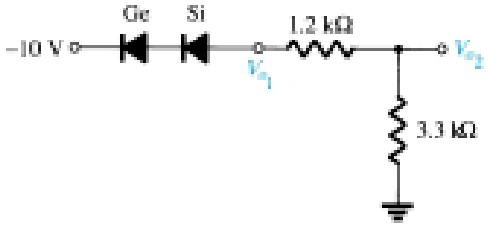


(b)

5- عين قيم V_{o1} و V_{o2} في كل من الدارات المبينة بالشكل أدناه.

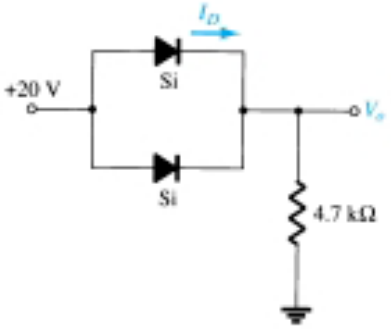


(a)

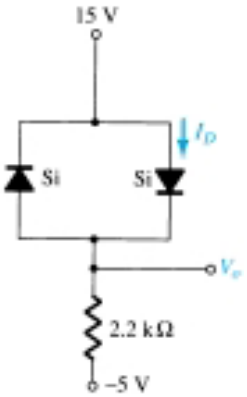


(b)

6- عين قيم V_o و I_D في كل من الدارات المبينة بالشكل أدناه.

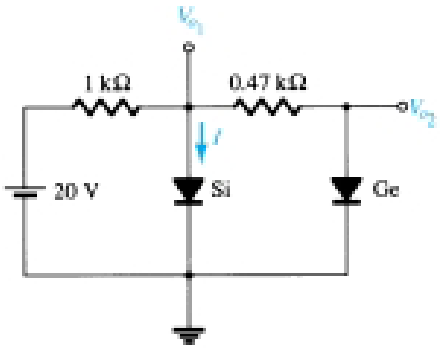


(a)



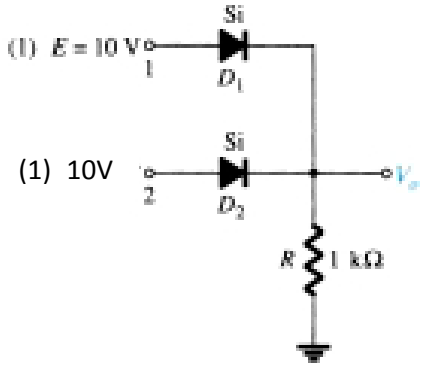
(b)

7- عين قيم V_{o1} و V_{o2} و I في كل من الدارات المبينة بالشكل أدناه.

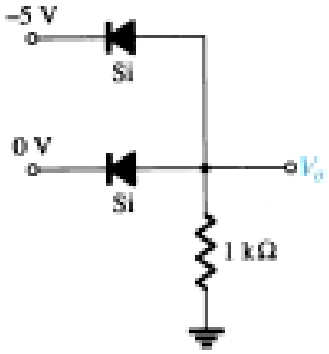


Dr.Sadek pro

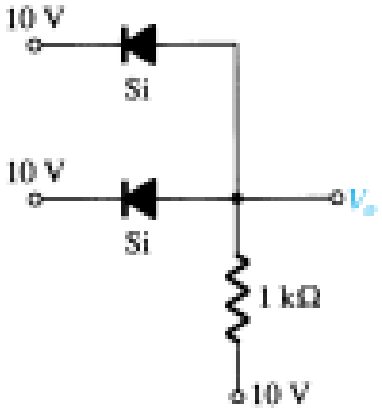
8- عين قيمة V_o في الداراة المبينة بالشكل أدناه، بحيث يطبق على كل من المدخلين (1) و (2) جهد دخل *10V*.



9- عين قيمة V_o من أجل دارة البوابة OR المبينة بالشكل أدناه .



10- عين قيمة V_o من أجل دارة البوابة AND المبينة بالشكل أدناه .



Dr.Sadek pro

Thank You!!

Dr.Sadek pro

sadekpro

sadek berro د.صادق برو

sadekpro @gmail.com

MOB 0933406346