رابط الكورس كامل علي موقع si-manual

/https://si-manual.com/courses/electronics-2

Lecture 3:

Diode Operation & V-I characteristics of a Diode

رابط الكورس كامل علي موقع si-manual

https://si-manual.com/courses/electronics-2

By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

Content

1. The Diode الدايود
2. Forward Bias الأنحياز الأمامي
3. The Effect of Forward Bias on the Depletion Region تأثير الانجياز الأمامي علي منطقة الاستنفاذ
4. Reverse Bias الأنحياز العكسي
5. Reverse Current .االتيار العكسي
6. Reverse Breakdown الانهيار العكسي
7. V-I Characteristic for Forward Bias
8. Dynamic Resistance
9. V-I Characteristic for Revere Bias
10. Temperature Effects التأثير الحراري

By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

The Diode

Diode is made from a small piece of semiconductor material, usually silicon, in which half is doped as a **p** region and half is doped as an *n* region with a *pn* junction and depletion region in between.

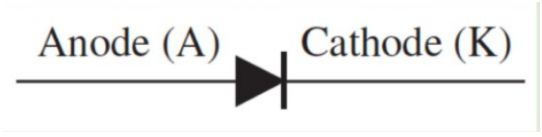
يتكون الدايود من قطعة صغيرة من مادة شبه موصلة ، عادة ما تكون من السيليكون ، حيث يتم تطعيم نصفها كمنطقة p والنصف الآخر مطعم كمنطقة n مع بوابة pn ومنطقة استنفاد بينهما.

The *p* region is called the **anode** and is connected to a conductive terminal.

تسمى المنطقة p بالقطب الموجب وهي متصلة بطرف التوصيل الأول

The *n* region is called the **cathode** and is connected to a second conductive terminal.

تسمى المنطقة n بالكاثود وهي متصلة بطرف التوصيل الثاني



By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

Forward Bias الأنحياز الأمامي

Forward bias is the condition that allows current through the *pn* junction.

الانحياز الامامي هو الشرط الذي يسمح بمرور التيار عبر بوابة ال pn.

Notice that the negative side of V_{BIAS} is connected to the *n* region of the diode and the positive side is connected to the p region.

لاحظ أن الجزء السالب من V_{BIAS} متصل بالمنطقة n من الدايود والجزء الموجب متصل متصل بالمنطقة p.

V_{BIAS}, must be **greater** than the **barrier potential.**

يجب أن يكون V_{BIAS} أكبر من جهد الحاجز.

What happens when a diode is forward-biased? ماذة يحدث عندما يكون الدايود في وضع الانحايز الامامي؟

The bias-voltage source imparts sufficient energy to the free electrons to overcome the barrier potential of the depletion region and move on through into the p region.

يوفر مصدر جهد الانحياز طاقة كافية للإلكترونات الحرة للتغلب على فرق جهد الحاجز لمنطقة الاستنفاد والانتقال إلى المنطقة p.

Once in the p region, these conduction electrons have lost enough energy to immediately combine with holes in the valence band.

بمجرد وصول الكترونيات التوصيل إلى المنطقة p ، تكون هذة الإلكترونات قد فقدت طاقة كافية لتتحد فورًا مع الثقوب في نطاق التكافؤ.

The positive side of the bias-voltage source attracts the valence electrons toward the left end of the *p* region.

يجذب الطرف الموجب لمصدر جهد الانحياز إلكترونات التكافؤ باتجاه الطرف الأيسر للمنطقة p.

The valence electrons move from one hole to the next toward the left.

تنتقل إلكترونات التكافؤ من ثقب إلى آخر باتجاه اليسار.

As the electrons flow out of the p region, they leave holes behind in the p region.

عندما تتدفق الإلكترونات من المنطقة p ، فإنها تترك ثقوبًا في المنطقة p.

The Effect of Forward Bias on the Depletion Region

Under the electrons flow into the depletion region, the number of positive ions is reduced.

بسبب تدفق الإلكترونات إلى منطقة النضوب ، يقل عدد الأيونات الموجبة.

As more holes effectively flow into the depletion region, the number of negative ions is reduced.

مع تدفق المزيد من الثقوب إلى منطقة النضوب ، يقل عدد الأيونات السالبة.

This reduction in positive and negative ions during forward bias causes the **depletion region** to **narrow.**

يؤدي هذا الانخفاض في الأيونات الموجبة والسالبة أثناء الانحياز الأمامي إلى تضييق منطقة النضوب.

By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

Reverse Bias

Reverse bias is the condition that essential prevents current through the diode.

الانحياز العكسي هو العامل الأساسي الذي يمنع التيار من المرور خلال الدايود.

Notice that the positive side of V_{BIAS} is connected to the *n* region of the diode and the negative side is connected to the p region.

لاحظ أن الطرف الموجب من V_{BIAS} متصل بالمنطقة n من الدايود والطرف السالب متصل بالمنطقة p

Note that the **depletion region** is shown much **wider** than in forward bias or equilibrium.

لاحظ أن منطقة النضوب تظهر بعرض أوسع بكثير مما كانت عليه في حالة الانحياز الامامي.

What happens when a diode is Reverse-biased? ماذة يحدث في حالة الانجياز العكسي

In the *n* region, as the electrons flow toward the positive side of the voltage source, additional **positive** ions are created.

This results in a **widening** of the depletion region and a depletion of majority carriers.

في المنطقة n ، حيث تتدفق الإلكترونات نحو الطرف الموجب من مصدر الجهد ، يتم إنشاء أيونات موجبة إضافية.

ينتج عن هذا اتساع منطقة النضوب واستنزاف أغلبية ناقلات التيار.

In the *p* region, electrons from the negative side of the voltage source move from hole to hole toward the depletion region where they create additional **negative** ions.

This results in a **widening** of the depletion region and a depletion of majority carriers.

في المنطقة p ، تتحرك الإلكترونات من الجانب السالب لمصدر الجهد من ثقب إلى ثقب باتجاه منطقة النضوب حيث تخلق أيونات سالبة إضافية.

ينتج عن هذا اتساع منطقة النضوب واستنزاف أغلبية ناقلات التيار.

As more of the *n* and *p* regions become depleted of majority carriers, the electric field between the positive and negative ions increases in strength until the potential across the depletion region equals the bias voltage,V_{BIAS}.

At this point, the transition current essentially stops.

نظرًا لاستنفاد المزيد من مناطق n و p من ناقلات الأغلبية ، يزداد المجال الكهربائي بين الأيونات الموجبة والسالبة في القوة حتى ينساوي الجهد عبر منطقة الاستنفاد مع جهد الانحياز V_{BIAS}.

عند هذه النقطة ، يتوقف تيار الانتقال بشكل أساسي.

Reverse Current

There is an extremely **small current** that exists in reverse bias after the transition current dies out is caused by the minority carriers in the *n* and *p* regions that are produced by thermally generated electron-hole pairs.

يوجد تيار صغير للغاية موجود في حالة الانحياز العكسي بعد أن يختفي تيار الانتقال بسبب ناقلات الأقلية في منطقتي n و p التي يتم إنتاجها بواسطة أزواج (ثقب إلكترون) المتولدة بسبب الحرارة.

The conduction band in the *p* region is at a **higher energy level** than the conduction band in the *n* region.
Therefore, the minority electrons easily pass through the depletion because they require no additional energy.

يكون نطاق التوصيل في المنطقة p عند مستوى طاقة أعلى من نطاق التوصيل في المنطقة n.
لذلك ، تمر إلكترونات الأقلية بسهولة عبر النضوب لأنها لا تتطلب طاقة إضافية.

By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

Reverse Breakdown

If the external reverse-bias voltage is **increased** to a value called the ***breakdown voltage,*** the reverse current will drastically increase.

إذا تم زيادة جهد التحيز العكسي الخارجي إلى قيمة تسمى جهد الانهيار ، فإن التيار العكسي سيزداد بشكل كبير.

The high reverse-bias voltage imparts energy to the free minority electrons so that as they speed through the ***p*** region, they collide with atoms with enough energy to knock valence electrons out of orbit and into the conduction band.

ينقل الجهد العالي للانحياز العكسي الطاقة إلى إلكترونات الأقلية الحرة بحيث تتصادم مع ذرات مع طاقة كافية لإخراج إلكترونات التكافؤ من المدار إلى نطاق التوصيل.

The newly created conduction electrons are also high in energy and repeat the process.

كما أن إلكترونات التوصيل التي تم إنشاؤها حديثًا عالية الطاقة وتكرر العملية.

The multiplication of conduction electrons is known as the **avalanche effect.**

يُعرف تكاثر إلكترونات التوصيل بتأثير الانهيار الجليدي.

$V-I$ Characteristic for Forward Bias

When a forward-bias voltage is applied across a diode, there is current.

This current is called ***the forward current.***

عندما يتم تطبيق جهد التحيز الأمامي عبر الدايود ، يوجد تيار.

هذا التيار يسمى التيار الأمامي.

Graphing the $V-I$ Curve

The diode forward voltage (V_F) increases to the right along the horizontal axis, and the forward current (I_F) increases upward along the vertical axis.

يزداد الجهد الأمامي للديود (V_F) إلى اليمين على طول المحور الأفقي ، ويزداد التيار الأمامي (I_F) لأعلى على طول المحور الرأسي.

Point *A* corresponds to a zero-bias condition.

النقطة A تقابل شرط التحيز الصفري.

Point B where the forward voltage is less than the barrier potential of 0.7 V.

النقطة B حيث يكون الجهد الأمامي أقل من جهد الحاجز البالغ ٠,٧ فولت.

Point c where the forward voltage *approximately* equals the barrier potential.

النقطة C حيث الجهد الأمامي يساوي تقريبًا جهد الحاجز.

As the external bias voltage and forward current continue to increase above the knee, the forward voltage will increase slightly above 0.7 V.

مع استمرار جهد التحيز الخارجي والتيار الأمامي في الزيادة فوق الركبة ، سيزداد الجهد الأمامي قليلاً فوق ٠,٧ فولت.

Dynamic Resistance

The resistance of the forward-biased diode is **not constant** over the entire curve.

It is called *dynamic* or *ac resistance* r_d.

مقاومة الدايود في حالة الأنحياز الأمامي ليست ثابتة على المنحنى بأكمله.

يطلق عليه r_d الديناميكي أو مقاومة التيار المتردد.

Below the knee of the curve the resistance is greatest because the current increases very little for a given change in voltage $r_d = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$

تحت المنحنى ، تكون المقاومة أكبر لأن التيار يزيد قليلاً جدًا مع تغيير الجهد $r_d = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F}$

The resistance begins to **decrease** in the region of the knee of the curve and becomes smallest above the knee where there is a large change in current for a given change in voltage.

تبدأ المقاومة في الانخفاض في منطقة ركبة المنحنى وتصبح أصغر فوق الركبة حيث يوجد تغير كبير في التيار مع تغير الجهد.

By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

V-I Characteristic for Revere Bias

When a reverse-bias voltage is applied across a diode, there is only an extremely small **reverse current** (I_R) through the *pn* junction.

عندما يتم تطبيق جهد الانحياز العكسي عبر الدايود ، لا يوجد سوى تيار عكسي صغير للغاية (I_R) عبر تقاطع pn.

At 0 V across the diode, no reverse current.

عند 0 فولت علي الدايود ، لا يوجد أي تيار عكسي.

As you gradually **increase** V_R,there is a very small reverse current and the voltage across the diode increases.

كلما زادت V_R تدريجيًا ، يوجد تيار عكسي صغير جدًا ويزداد الجهد عبر الدايود.

When the applied bias voltage is increased to a value where (V_R) reaches the breakdown value (V_{BR}), the I_R **begins to increase rapidly.**

عندما يتم زيادة جهد التحيز المطبق إلى قيمة حيث يصل (V_R) إلى قيمة الانهيار (V_{BR})، يبدأ I_R في الزيادة بسرعة.

As you continue to increase the V_R, the current continues to increase very rapidly, but the voltage across the diode increases very little above V_{BR}

بينما تستمر في زيادة V_R ، يستمر التيار في الزيادة بسرعة كبيرة ، لكن الجهد عبر الدايود يزيد قليلاً جدًا فوق V_{BR}

By Eng. Emad Mahdy

WhatsApp: +201100184676

https://www.youtube.com/channel/UC2VtseEd46wuDfmDXhfB9Ag

https://si-manual.com

Temperature Effects تأثير الحرارة

For a forward-biased diode, as temperature is increased, the forward current increases. Also, the forward voltage decreases.

بالنسبة للديود في حالة الانحياز الامامي ، مع زيادة درجة الحرارة ، يزداد التيار الأمامي. أيضا ، و ينخفض الجهد الأمامي.

The barrier potential decreases by 2 mV for each degree Increase In temperature.

ينخفض جهد الحاجز بمقدار ٢ مللي فولت لكل درجة زيادة في درجة الحرارة.

For a reverse-biased diode, as temperature increases, the reverse current increases.

بالنسبة للديود في حالة الانحياز العكسي ، مع زيادة درجة الحرارة ، يزداد التيار العكسي.

Note: the reverse current below breaks down remains extremely small and can usually be neglected.

ملحوظة: يظل التيار العكسي أدناه صغيرًا للغاية ويمكن إهماله عادةً.