

مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

فصل دهم: دیود

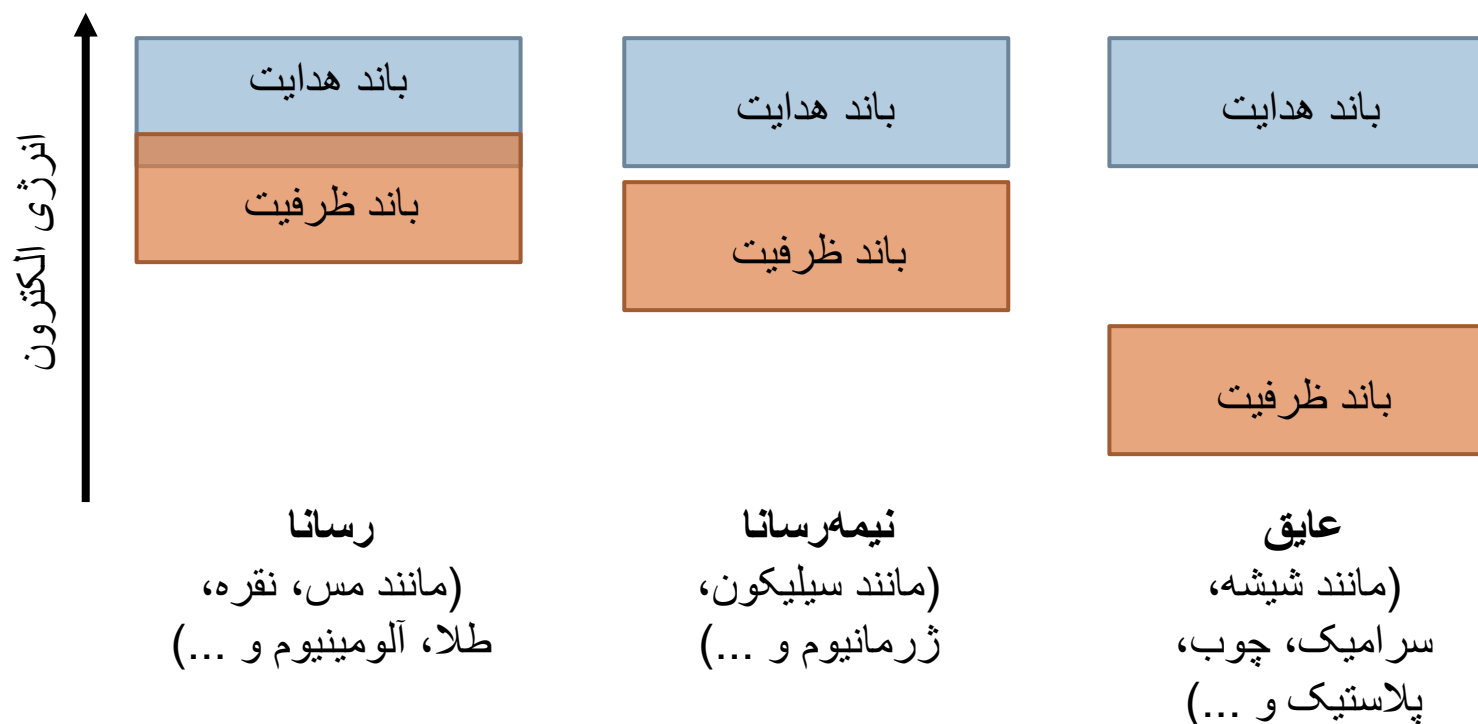
استاد درس: محمود ممتازپور

ceit.aut.ac.ir/~momtazpour

فهرست مطالب

- معرفی دیود و کاربردهای آن
- مشخصه ولتاژ-جریان دیود و مدل‌های آن
- تحلیل مدارهای دیودی

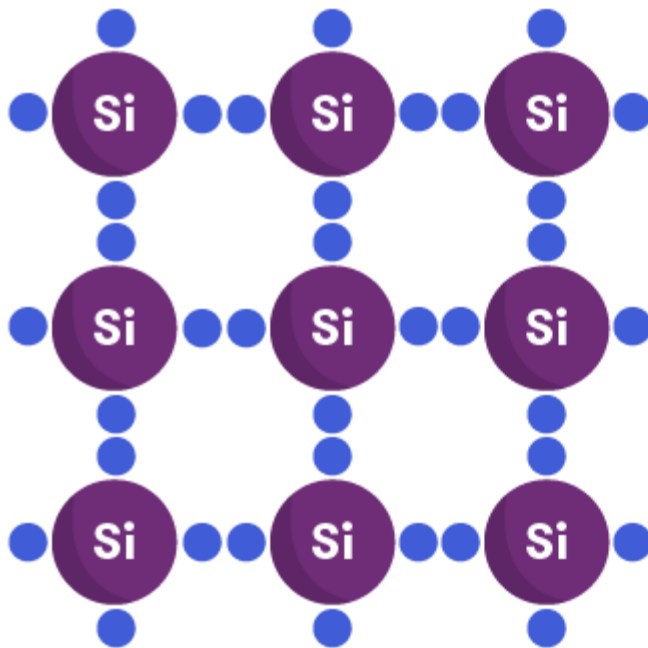
نیمه‌رسانا



سیلیکون به عنوان یک نیمه‌رسانا

□ ساختار اتمی

□ دارای 4 الکترون در لایه ظرفیت

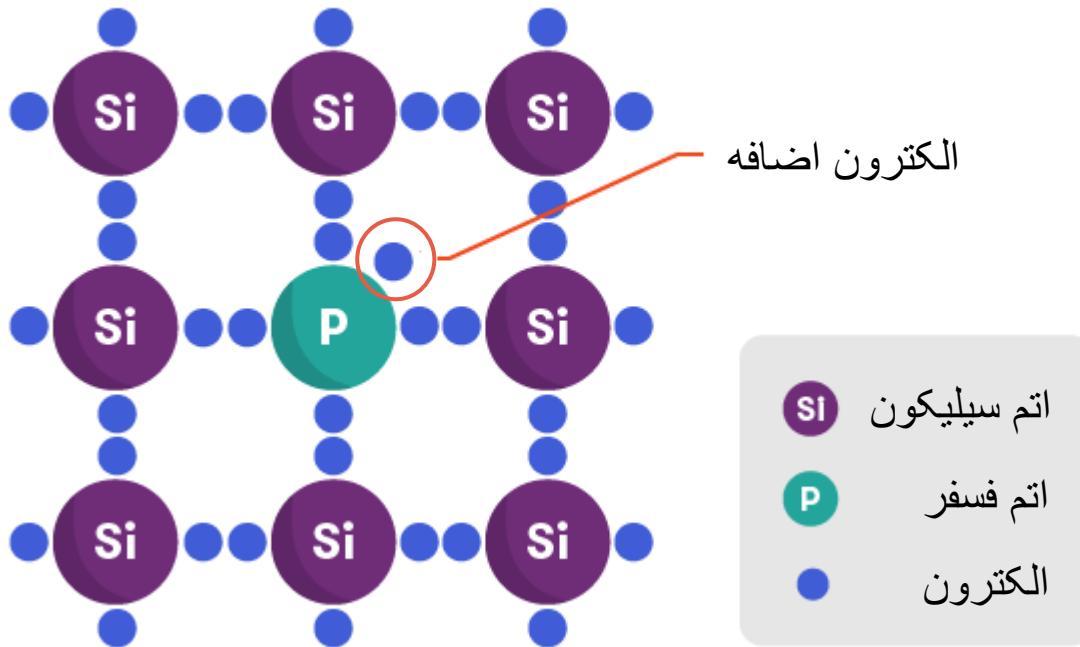


Si اتم سیلیکون
● الکترون

نیمه‌رسانا نوع N

□ در نیمه‌رسانای نوع N، تعدادی اتم فسفر به جای اتم‌های سیلیکون جایگزین شده‌اند.

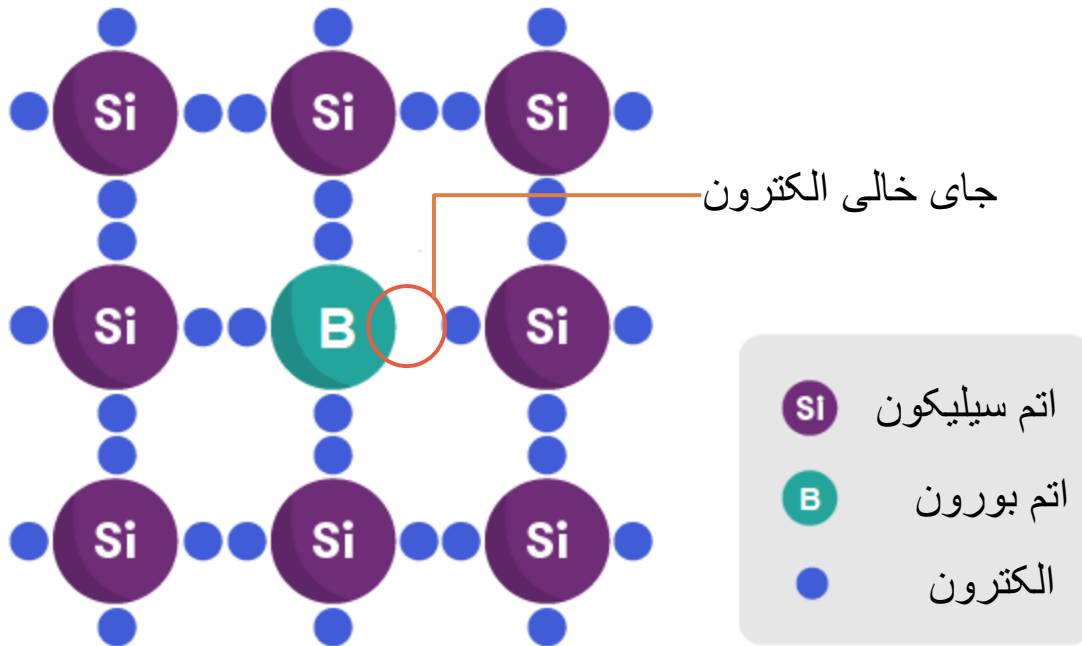
□ اتم فسفر 5 الکترون در لایه ظرفیت دارد، پس یک الکترون می‌تواند آزادانه حرکت کند.



نیمه رسانا نوع P

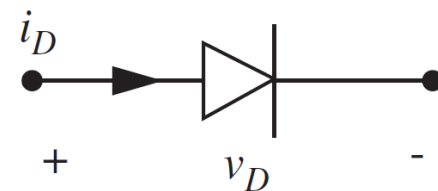
□ در نیمه رسانای نوع P، تعدادی اتم بورون به جای اتم‌های سیلیکون جایگزین شده‌اند.

□ اتم بورون 3 الکترون در لایه ظرفیت دارد، پس یک جای خالی الکترون دارد.



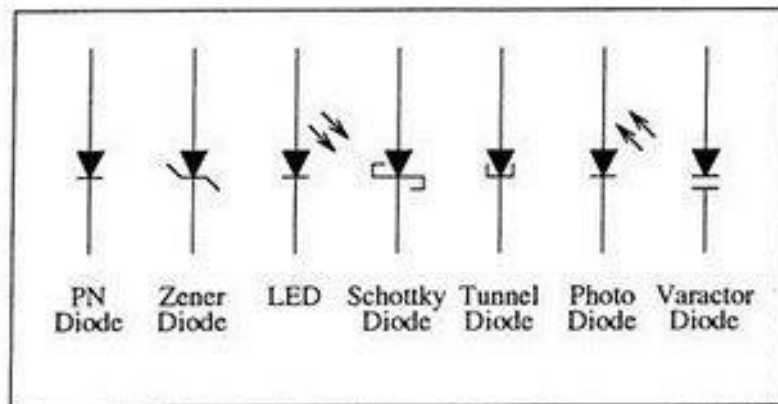
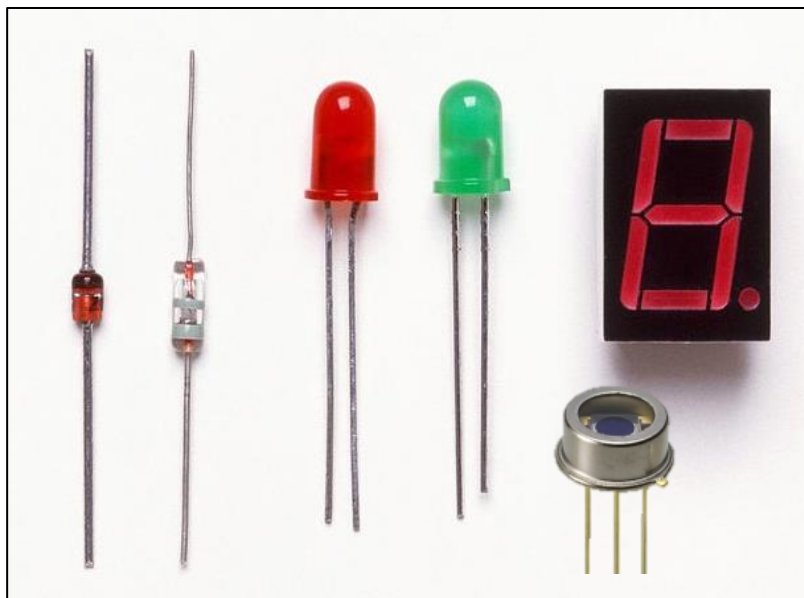
دیود

□ دیود PN المانی است که از اتصال نیمه‌هادی‌های نوع P و N ساخته می‌شود.



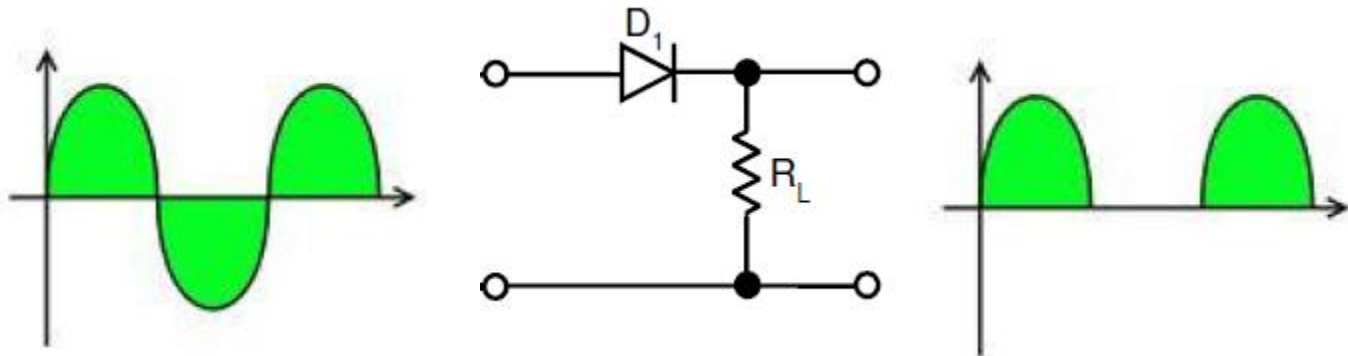
Anode

Cathode



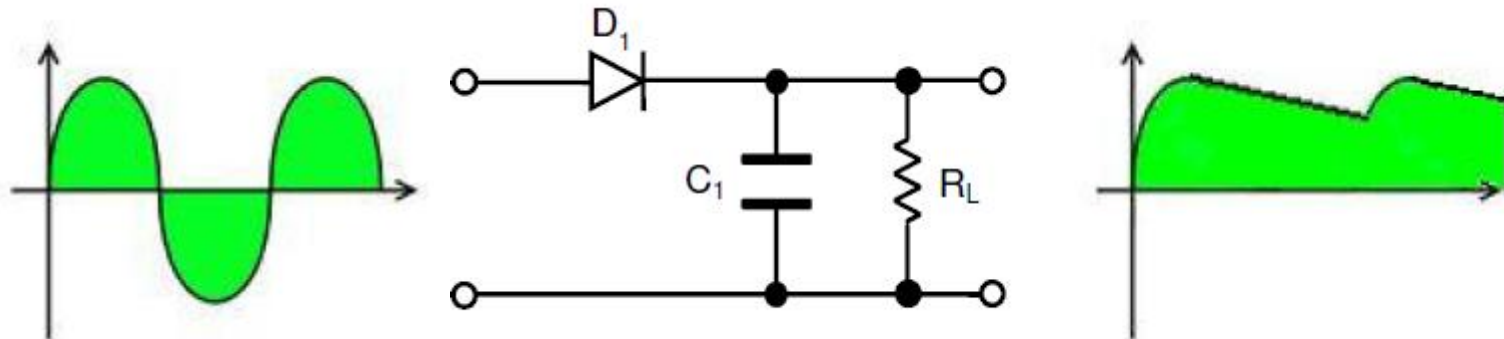
کاربردهای دیود

□ مدار یکسوساز Rectifier



کاربردهای دیود

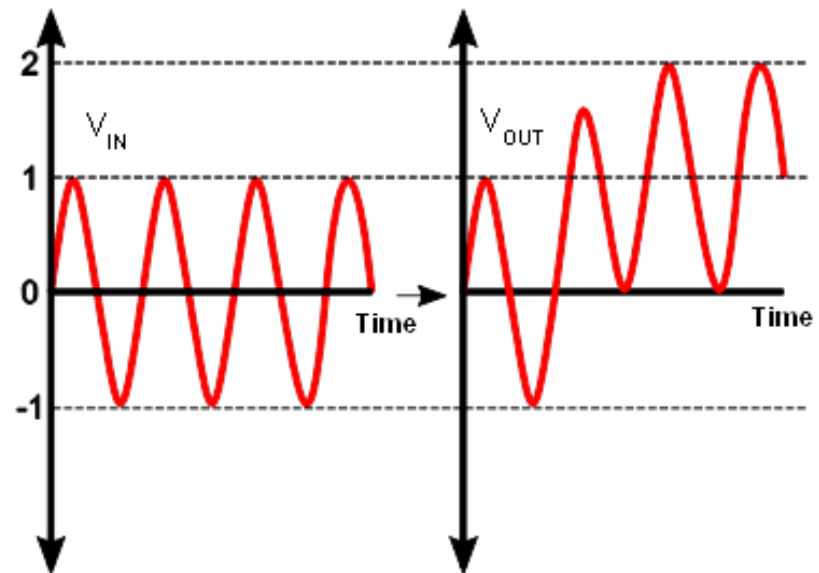
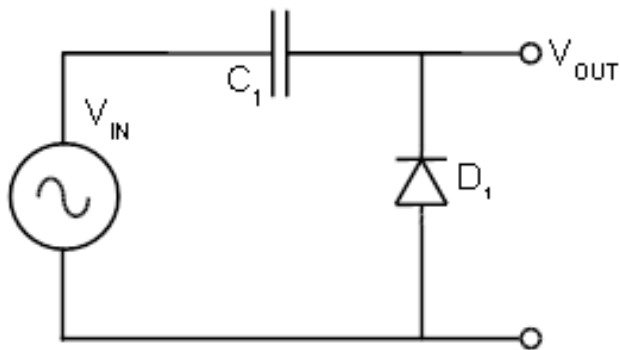
□ مدار آشکارساز قله Peak detector



مثال: برای تبدیل موج AC به DC

کاربردهای دیود

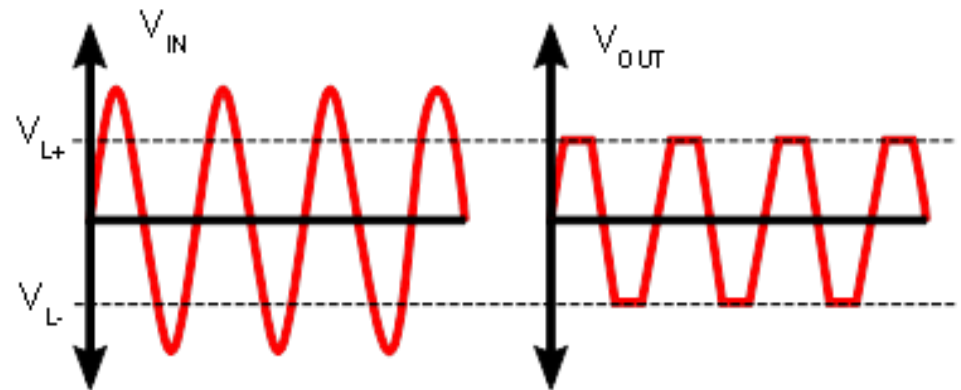
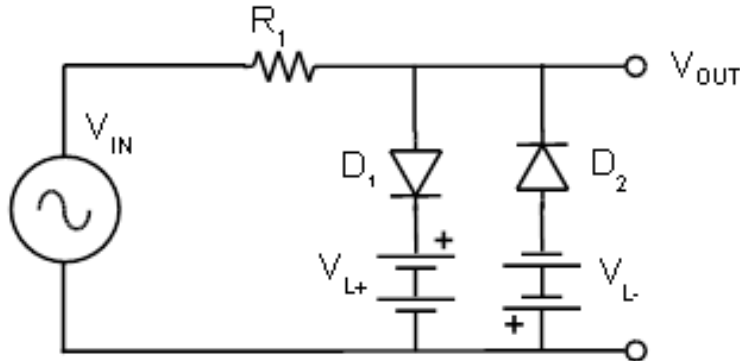
□ مدار مهارکننده Clamper



مثال: برای چندبرابر کردن ولتاژ

کاربردهای دیود

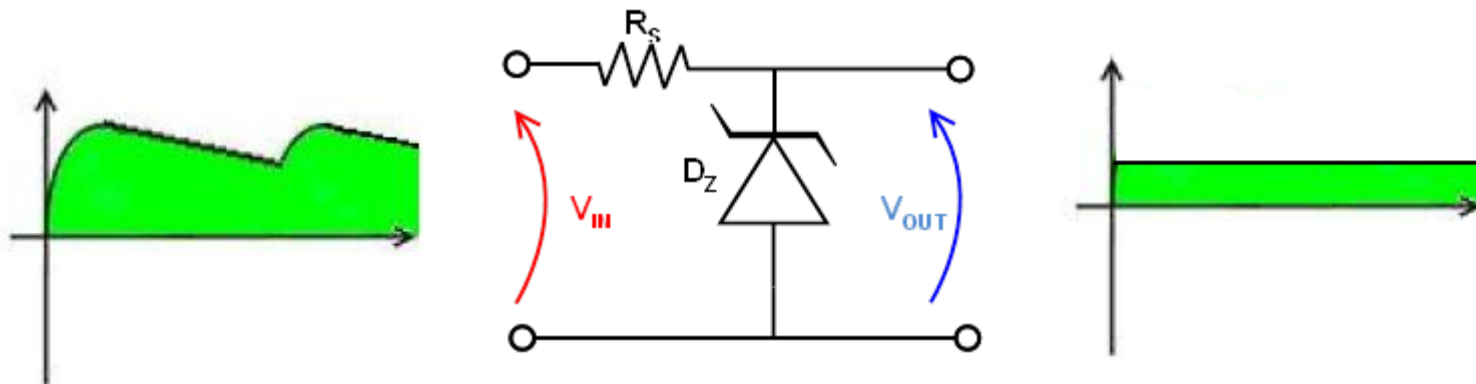
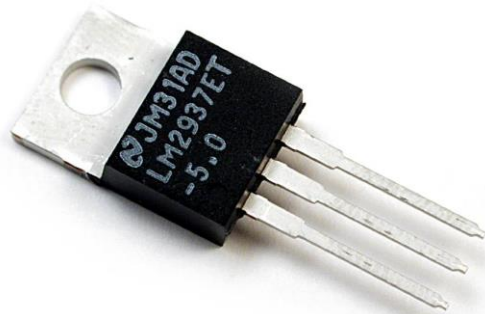
□ مدار برش‌دهنده Clipper/Limiter



مثال: برای حذف اسپایک نویز

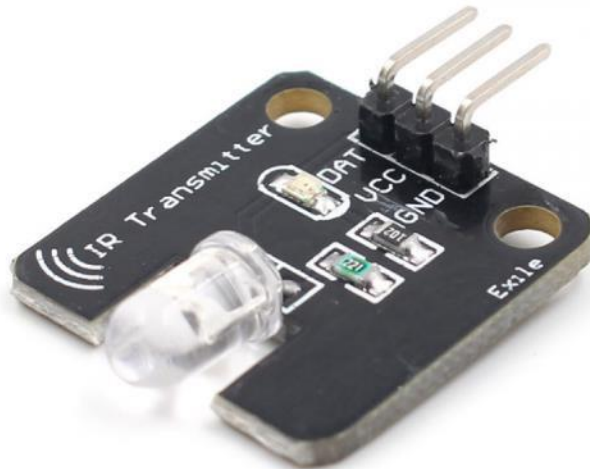
Diode Applications

□ مدار تنظیم‌کننده ولتاژ Voltage Regulator



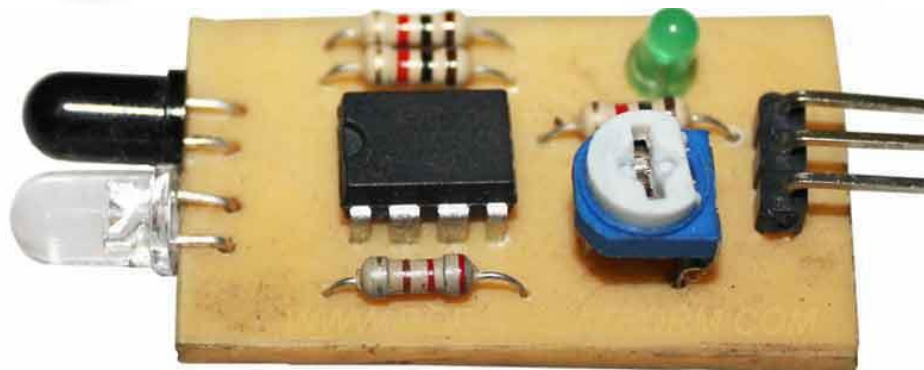
کاربردهای دیود

□ فرستنده/گیرنده مادون قرمز Infrared Transmitter/Receiver



دیود نوری

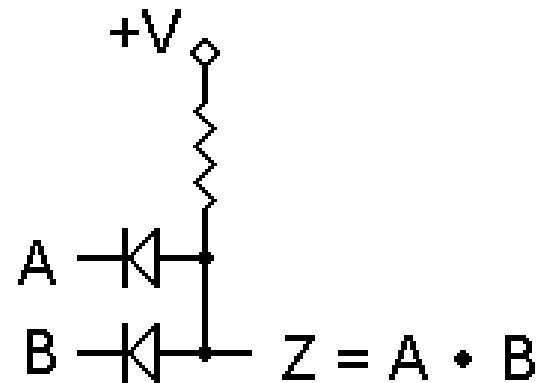
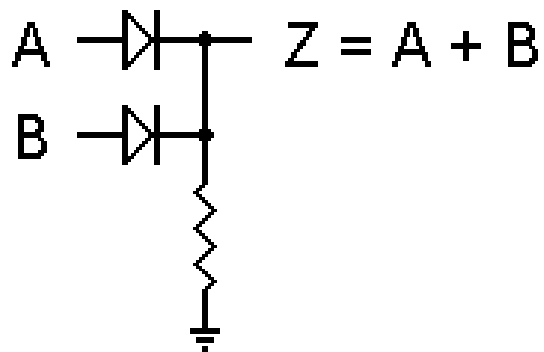
LED دیود



IR SENSOR (TRANSCEIVER)

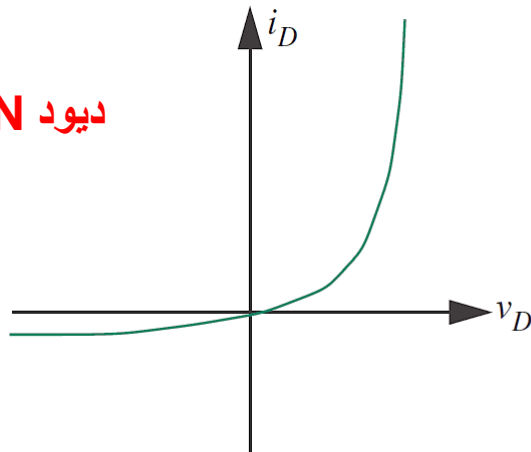
کاربردهای دیود

□ برای ساخت گیت‌های منطقی

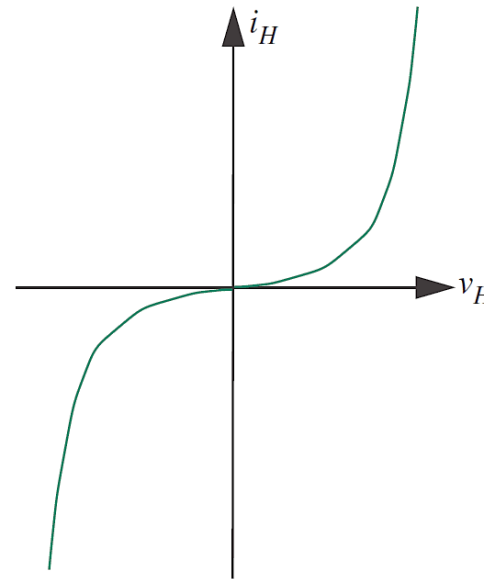


مشخصه ولتاژ-جریان

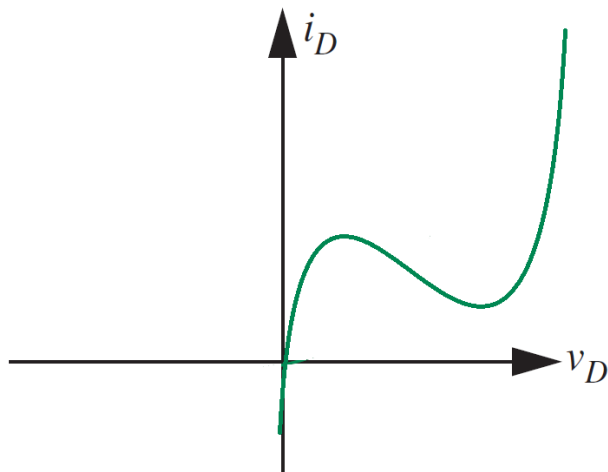
دیود PN



دیود زنر

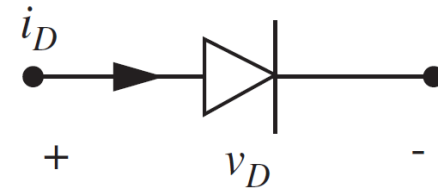
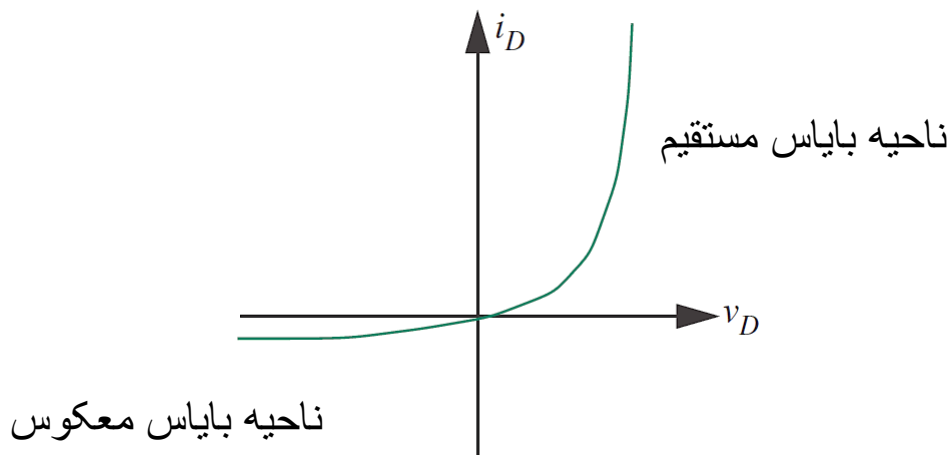


دیود تونلی



مدل‌های دیود

□ مدل دقیق

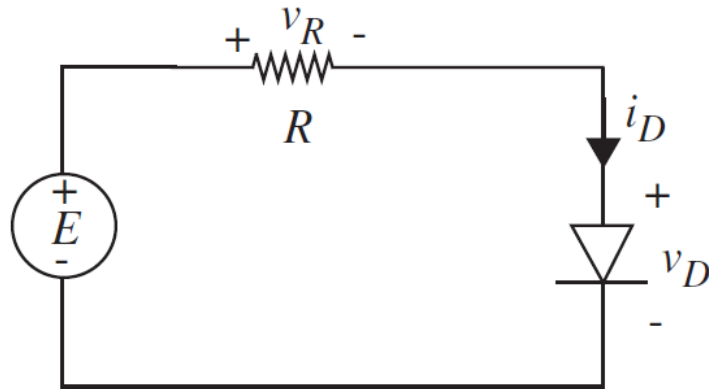


$$i_D = I_s (e^{v_D / v_T} - 1)$$

جریان اشباع $\approx 10^{-12}$

ولتاژ گرمایی $\approx 25\text{mV}$

مثال:

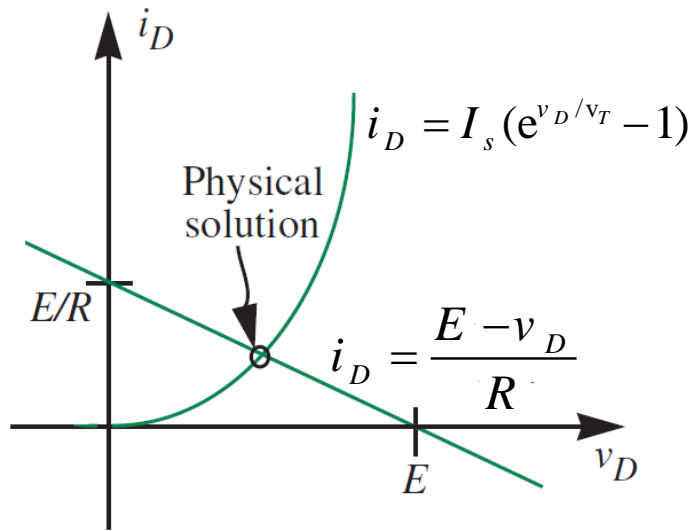


□ مقدار v_D و i_D را بیابید.

□ با نوشتن KVL داریم:

$$-E + Ri_D + v_D = 0$$

$$i_D = I_s (e^{v_D/v_T} - 1)$$

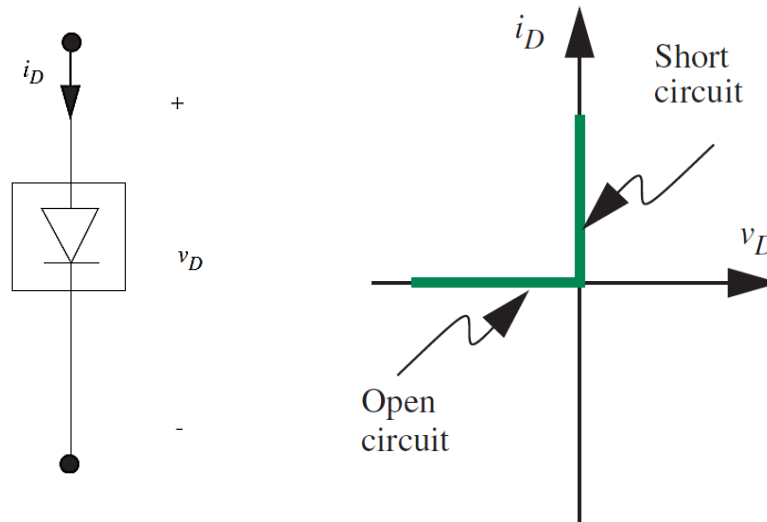


□ مدل دقیق، تحلیل را سخت می‌کند.

□ نیاز به مدل‌های ساده‌تر داریم.

مدل‌های دیود

□ مدل ایده‌آل



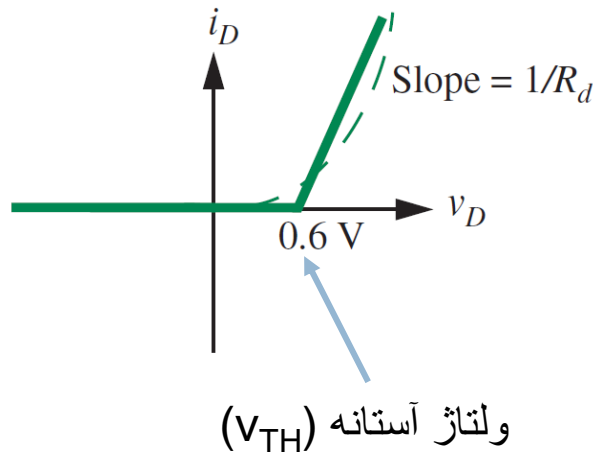
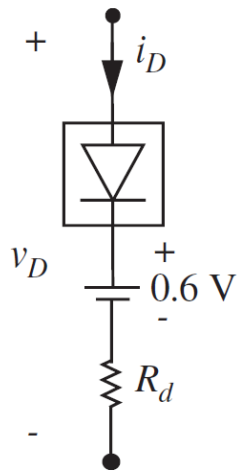
□ دیود همیشه در یکی از دو وضعیت زیر است:

□ روشن: $(v_D = 0, i_D > 0)$ در این حالت دیود اتصال کوتاه است.

□ خاموش: $(i_D = 0, v_D < 0)$ در این حالت دیود مدار باز است.

مدل‌های دیود

□ مدل تکه‌ای-خطی Piecewise Linear



□ دیود همیشه در یکی از دو وضعیت زیر است:

□ روشن: $v_D = R_d i_D + 0.6, \quad v_D > 0.6, \quad i_D > 0$

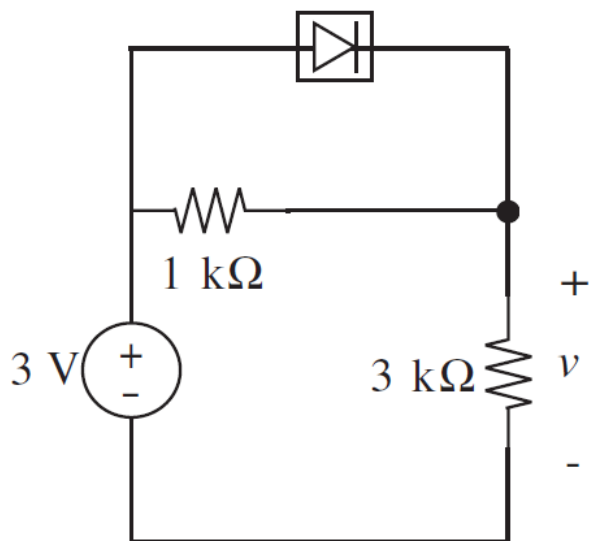
□ خاموش: $i_D = 0, \quad v_D < 0.6$

تحلیل مدارهای دیودی

□ روش حالت فرضی

1. برای هر دیود، فرض کنید یا روشن است یا خاموش. برای هر فرض یک مدار متناظر رسم کنید. (2^N حالت برای N دیود)
2. یکی از مدارها را تحلیل کنید.
3. بررسی کنید آیا فرض در نظر گرفته شده برای دیودها صحیح بوده است یا خیر.
- اگر دیود خاموش فرض شده، ولتاژش باید منفی شده باشد.
- اگر دیود روشن فرض شده، جریانش باید مثبت شده باشد.
4. اگر همه فرضها درست بود، تحلیل کامل است، وگرنه باید یک فرض دیگر را بررسی کنید (مرحله 2).

مثال 1



□ با فرض ایده‌آل بودن دیود، ولتاژ v را بیابید.

□ فرض کنید دیود خاموش (مدار باز) است.

$$i_D = 0, v_D < 0 \quad \square$$

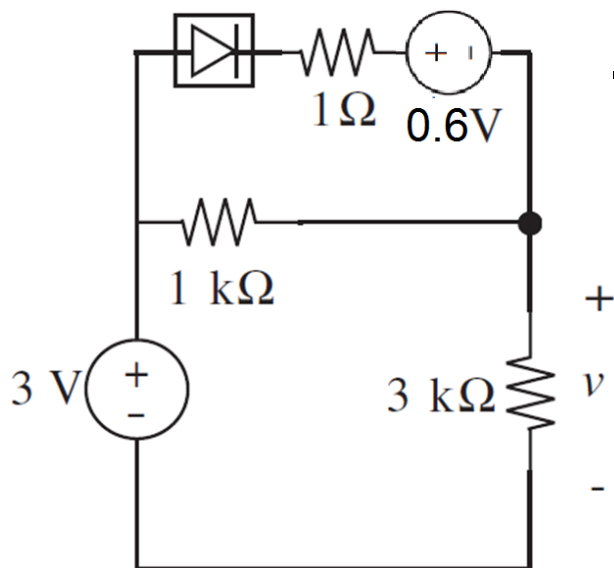
- $v_D = 0.75V$ □ (ولتاژ دیود مثبت شد. تناقض!)

□ فرض کنید دیود روشن (اتصال کوتاه) است.

$$v_D = 0, i_D > 0 \quad \square$$

□ $i_D = 1mA \rightarrow v = 3V$ (جریان دیود مثبت شد. درست.)

مثال 2



□ با فرض مدل تکه‌ای-خطی، ولتاژ v را بیابید.

$$R_d = 1, v_{TH} = 0.6 \quad \square$$

□ فرض کنید دیود خاموش (مدار باز) است.

$$i_D = 0, v_D < 0.6 \quad \square$$

- $v_D = 0.75V$ (ولتاژ دیود مثبت شد. تناقض!) □

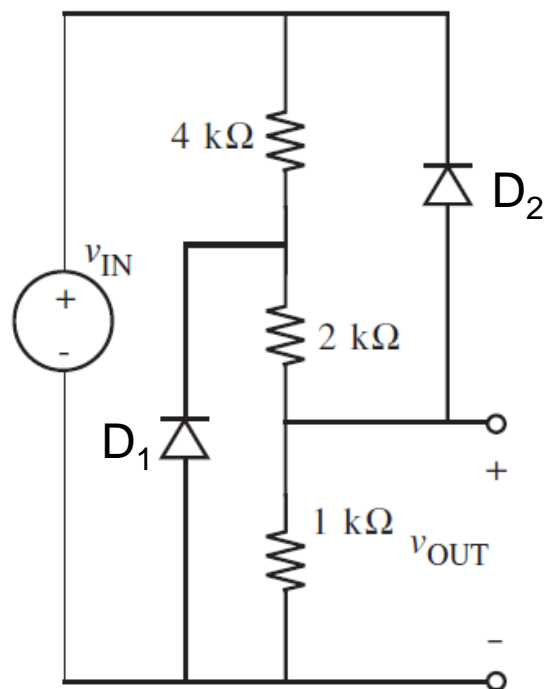
□ فرض کنید دیود روشن (اتصال کوتاه) است.

$$v_D = i_D + 0.6, i_D > 0, v_D > 0.6 \quad \square$$

□ $i_D \approx 0.2mA \rightarrow v \approx 2.4V$ (جریان دیود مثبت شد. درست.)

مثال 3

□ ولتاژ v_{OUT} را بر حسب ولتاژ v_{IN} رسم کنید



□ 4 حالت می‌توان فرض کرد:

□ D_1 ON, D_2 ON

□ D_1 ON, D_2 OFF

□ D_1 OFF, D_2 ON

□ D_1 OFF, D_2 OFF

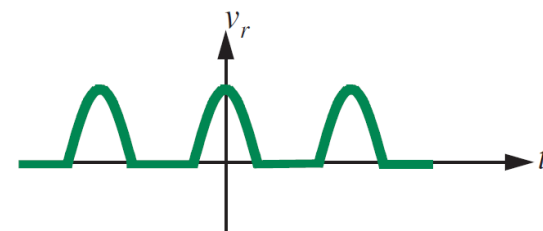
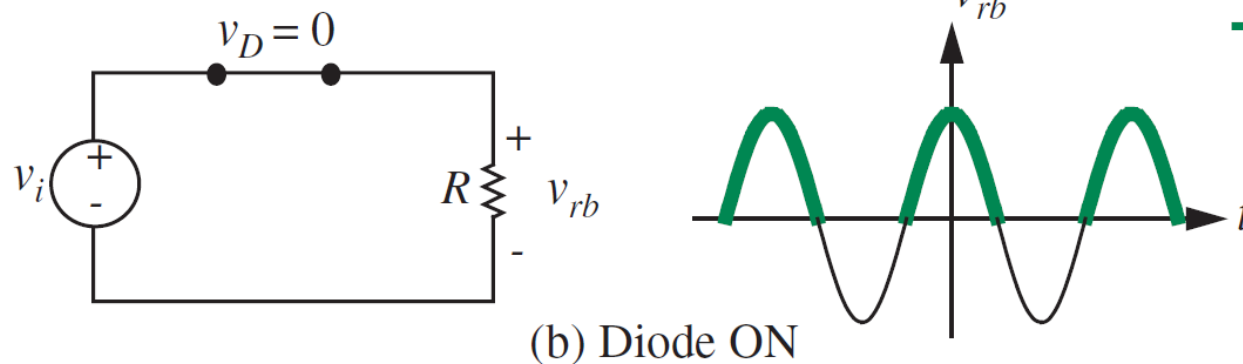
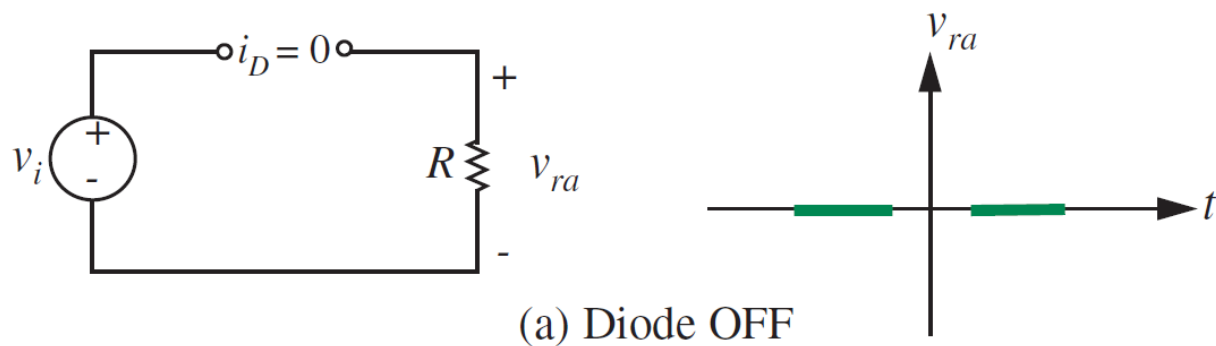
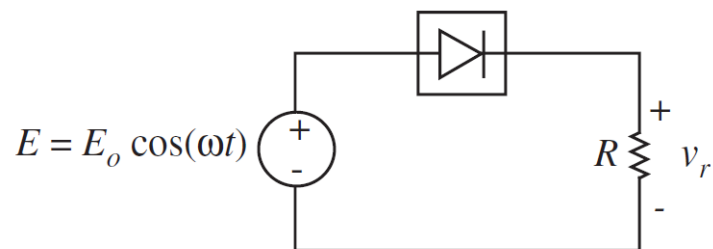
□ آیا می‌توانید حالت درست را حدس بزنید؟

□ اگر $v_{IN} > 0$

□ اگر $v_{IN} < 0$

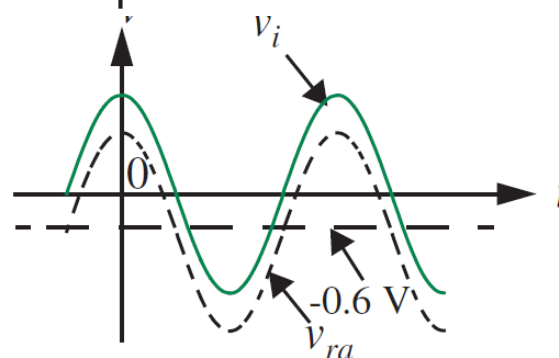
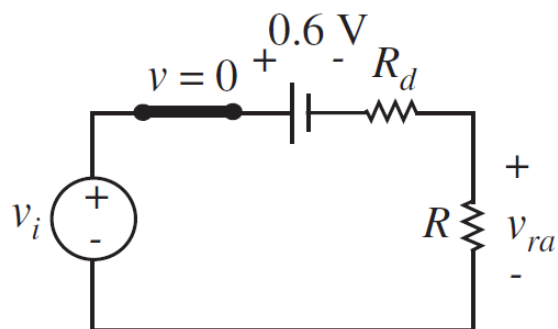
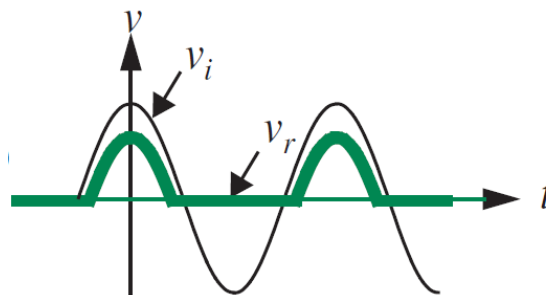
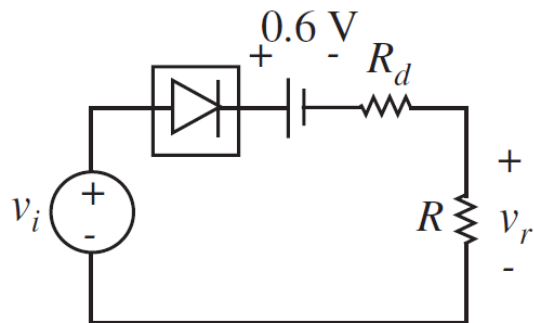
مثال 4

یکسوساز □



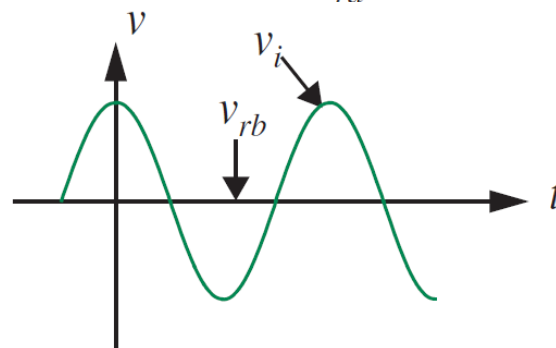
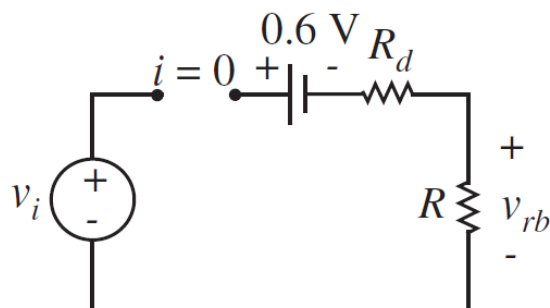
مثال 5

یکسوساز □



$$v_r = (v_i - 0.6) \frac{R}{R + R_d}$$

for $v_i > 0.6$

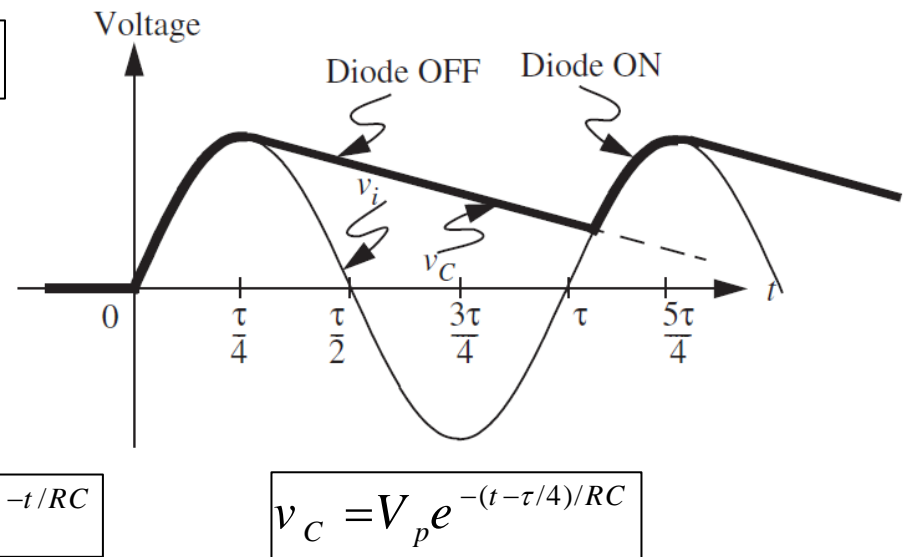
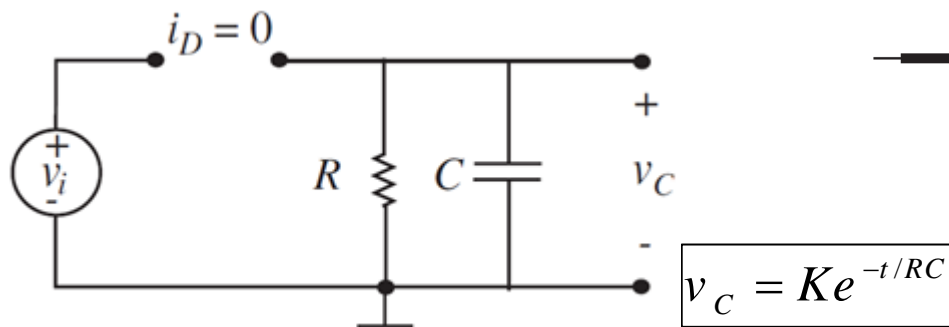
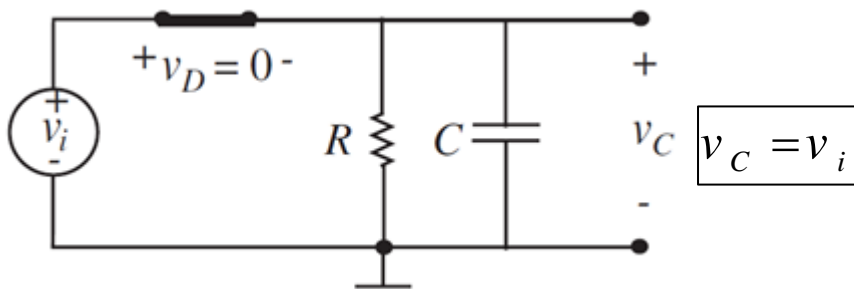
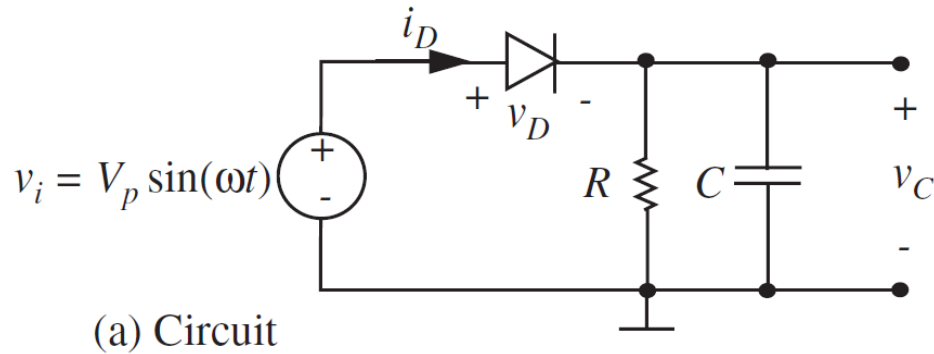


$$v_r = 0$$

for $v_i < 0.6$

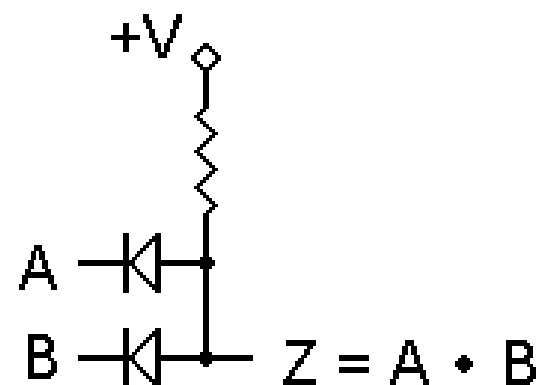
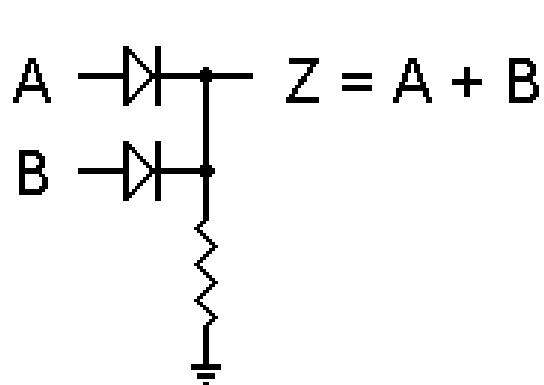
مثال 6

آشکار ساز قله □



مثال 7

□ عملکرد مدارهای زیر را تحلیل کنید.



مثال 8

□ در مدار زیر، ولتاژ آستانه دیود زنر 6- ولت است. ولتاژ v_{OUT} را بر حسب v_{IN} رسم کنید.

