

Diode

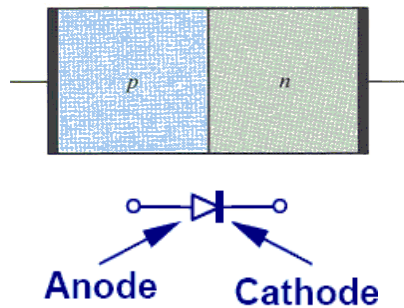
مدرس: مهرداد مرادنژاد

E-Mail: moradnezhad@khazar.ac.ir



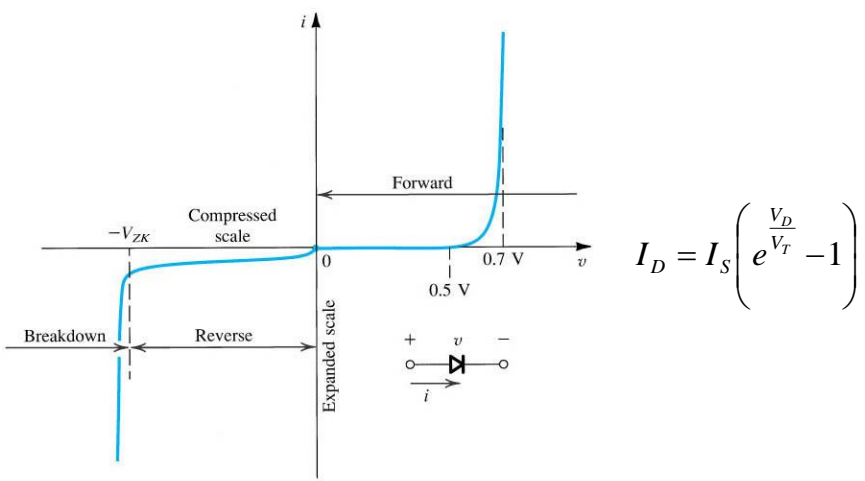
مفاهیم اولیه دیود اتصال pn

بیشتر ادوات نیمه هادی حداقل یک اتصال pn دارند. دیود به عنوان یک قطعه نیمه هادی یک اتصال pn دارد. مطالعه و بررسی شرایط دیود درک بهتر سایر قطعات نیمه هادی را به دنبال خواهد داشت.



مفاهیم اولیه دیود

مشخصه IV دیود



$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right)$$

مفاهیم اولیه دیود

مشخصه IV دیود

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right)$$

$$V_T = \frac{KT}{q}$$

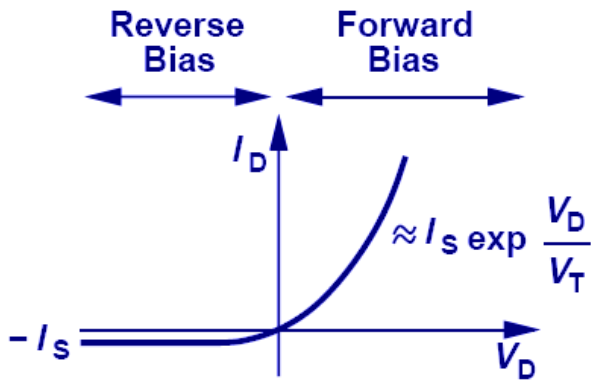
$$K = 1.3806 \times 10^{-23} \left(\frac{J}{\text{Kelvin}} \right), q = 1.6 \times 10^{-19} (C), T = 273 + ^\circ C (\text{Kelvin})$$

$$V_T |_{T=25^\circ C} \cong 25.68 \text{ mV}$$

مشخصه IV دیود

مفاهیم اولیه دیود

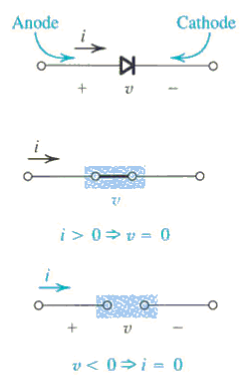
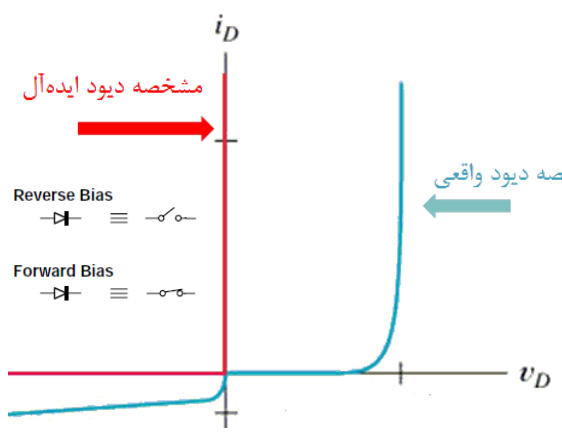
رابطه تقریبی جریان در دو ناحیه بایاس مستقیم و معکوس



مدار معادل دیود در بایاس مستقیم

مفاهیم اولیه دیود

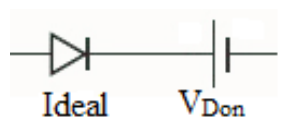
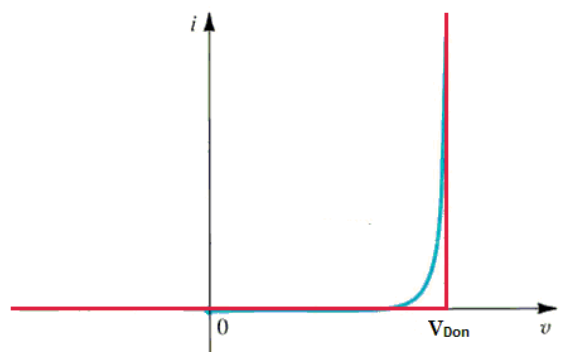
مدار معادل دیود ایده آل



مدار معادل دیود در بایاس مستقیم

مفاهیم اولیه دیود

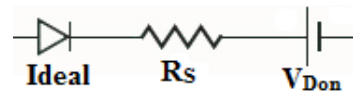
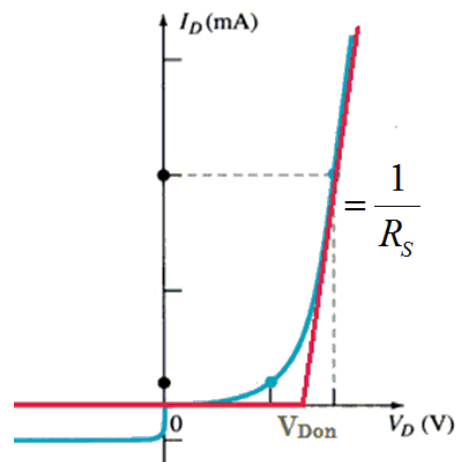
مدار معادل دیود با ولتاژ ثابت



مدار معادل دیود در بایاس مستقیم

مفاهیم اولیه دیود

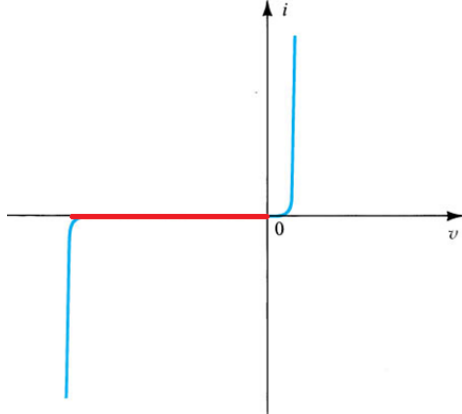
مدار معادل تکه‌ای خطی دیود



مدار معادل دیود در بایاس معکوس

مفاهیم اولیه دیود

مدار معادل تکه‌ای خطی دیود



Reverse Bias



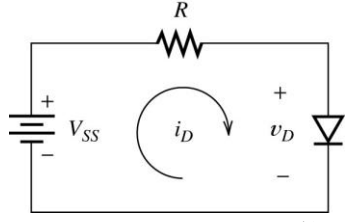
$$I_D = I_S \cong 0$$

تحلیل مدارهای دیودی

مفاهیم اولیه دیود

روش حدس و تکرار

مثال: در مدار مقابل جریان مدار را بدست آورید.



$$V_{SS} = 3V, R = 1K\Omega, I_S = 10^{-16} A$$

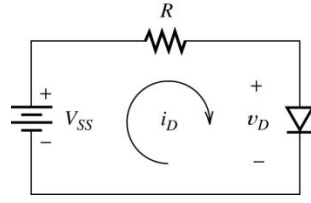
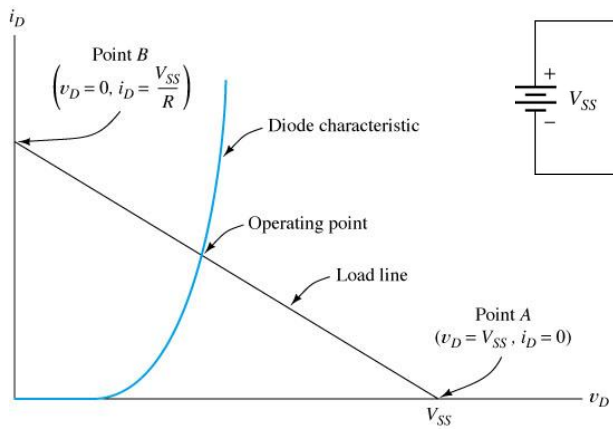
$$\left. \begin{aligned} I_D &= \frac{V_{SS} - V_D}{R} \\ V_D &= V_T \ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right) \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{first Guess}} V_D = 750mv \Rightarrow I_D = 2.25mA \Rightarrow V_D = V_T \ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right) \cong 799.36mv$$

$$\Rightarrow I_D = 2.20064mA \Rightarrow V_D = 798.78mv \Rightarrow I_D = 2.20122mA$$

تحلیل مدارهای دیودی

مفاهیم اولیه دیود

روش خط بار

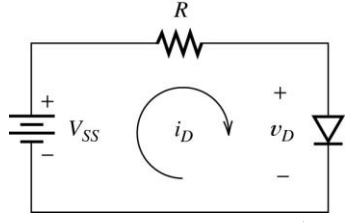


تحلیل مدارهای دیودی

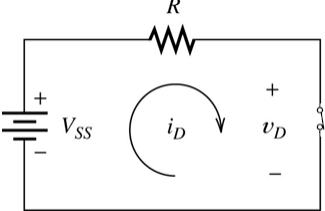
مفاهیم اولیه دیود

روش سوم: استفاده از مدل‌های تقریب دیود
الف: مدل ایده‌آل

فرض می‌کنیم دیود روشن بوده و هدایت کند. به جای دیود مدار معادل آن را در مدار قرار می‌دهیم.



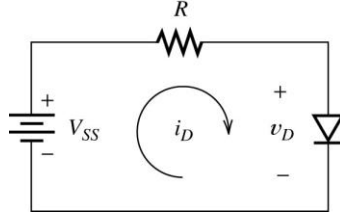
$$V_{SS} = 3V, R = 1K\Omega, I_s = 10^{-16} A$$



$$I_D = \frac{V_{SS}}{R} = 3mA$$

تحلیل مدارهای دیودی

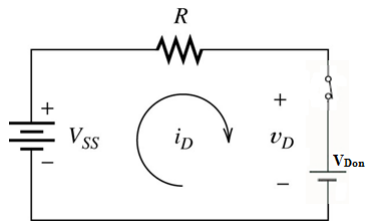
مفاهیم اولیه دیود



$V_{SS} = 3V, R = 1K\Omega, V_{Don} = 0.8v$

روش سوم: استفاده از مدل‌های تقریب دیود
الف: مدل ولتاژ ثابت

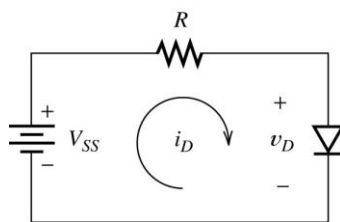
فرض می‌کنیم دیود روشن بوده و هدایت کند. به جای دیود مدار معادل آن را در مدار قرار می‌دهیم.



$$I_D = \frac{V_{SS} - V_{Don}}{R} = 2.2mA$$

تحلیل مدارهای دیودی

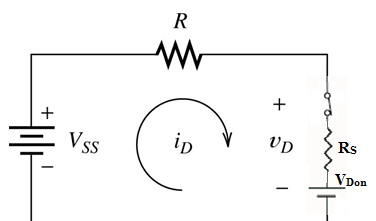
مفاهیم اولیه دیود



$V_{SS} = 3V, R = 1K\Omega, V_{Don} = 0.8v, R_S = 50\Omega$

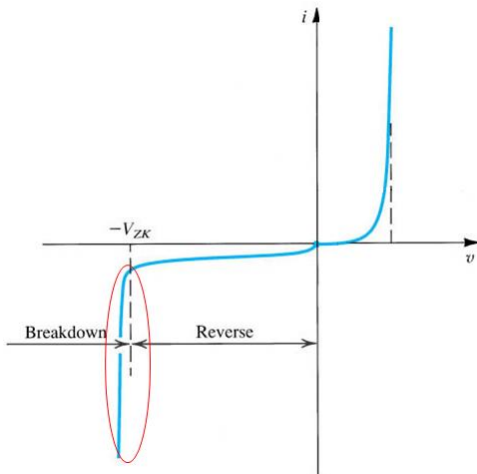
روش سوم: استفاده از مدل‌های تقریب دیود
الف: مدل خطی تکه‌ای

فرض می‌کنیم دیود روشن بوده و هدایت کند. به جای دیود مدار معادل آن را در مدار قرار می‌دهیم.



$$I_D = \frac{V_{SS} - V_{Don}}{R + R_S} = 2.095mA$$

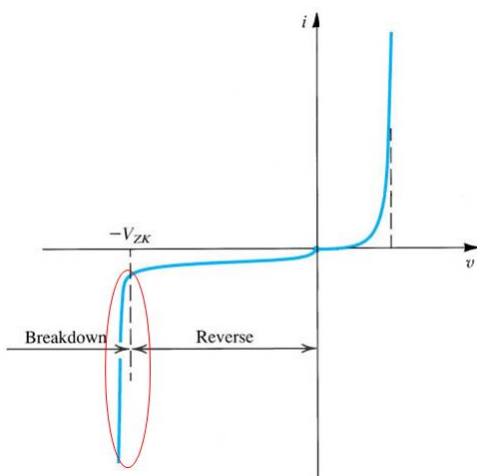
مفاهیم اولیه دیود ولتاژ شکست معکوس



با افزایش ولتاژ معکوس دیود، دیود وارد ناحیه شکست خواهد شد. در این ناحیه جریان دیود از مقدار خیلی ناچیز جریان اشباع معکوس به یکباره خیلی زیاد خواهد شد. ولتاژ دو سر دیود در این ناحیه تقریباً ثابت و مستقل از جریان دیود است.



مفاهیم اولیه دیود ولتاژ شکست معکوس



با افزایش ولتاژ معکوس دیود، دیود وارد ناحیه شکست خواهد شد. در این ناحیه جریان دیود از مقدار خیلی ناچیز جریان اشباع معکوس به یکباره خیلی زیاد خواهد شد. ولتاژ دو سر دیود در این ناحیه تقریباً ثابت و مستقل از جریان دیود است.

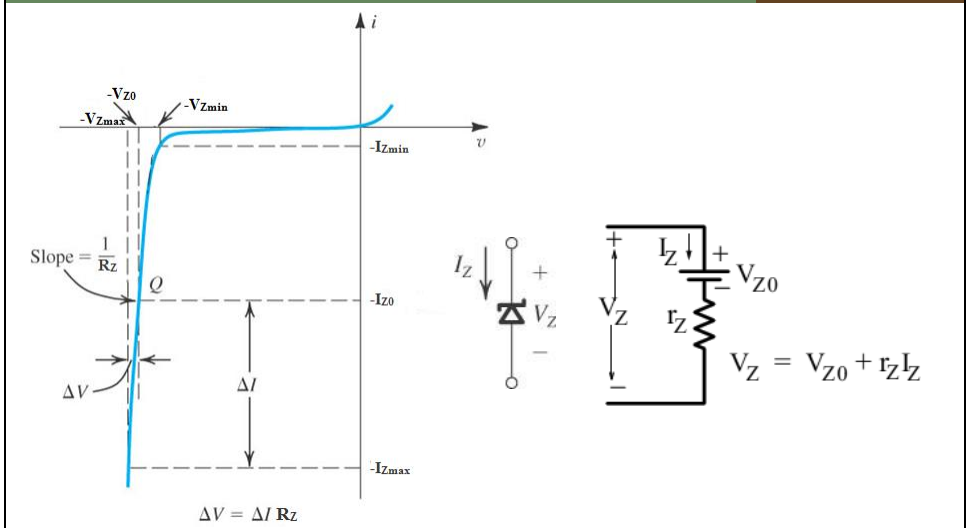
دو اثر موجب بروز این پدیده می شوند:

اثر زبری و اثر بهمنی



دیود زبر

مفاهیم اولیه دیود



ضریب حرارتی دیود زبر

مفاهیم اولیه دیود

یک تفاوت اساسی بین اثر بهمنی و زبری ضریب حرارتی متضاد این دو اثر است. ولتاژ شکست در اثر زبری دارای ضریب حرارتی منفی و اثر بهمنی دارای ضریب حرارتی مثبت است. این دو اثر همدیگر را در ولتاژ شکست حدود ۳/۵ ولت (برای ولتاژهای کمتر ضریب حرارتی منفی و برای ولتاژهای بالاتر مثبت) خنثی می‌کنند. به همین دلیل دیود زبر با این ولتاژ اهمیت زیادی در طراحی تنظیم کننده های ولتاژ دارد.

$$T_C = \frac{\Delta V_Z}{V_Z \cdot \Delta T} \times 100\% \left[\frac{\%}{^\circ C} \right]$$

حداکثر توان دیود زنر

مفاهیم اولیه دیود

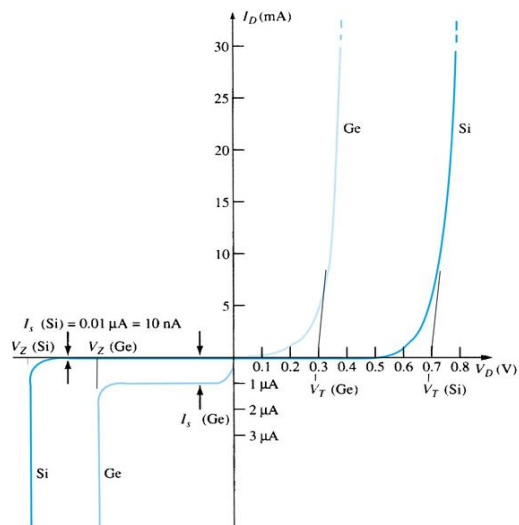
حداکثر توانی که یک دیود زنر می‌تواند تحمل کند تا به اتصال آن آسیب نرسد مقدار مشخصی دارد. این مقدار حداکثر جریان عبوری از دیود را تعیین می‌کند.

$$P_{D\max} = V_Z \cdot I_{Z\max}$$



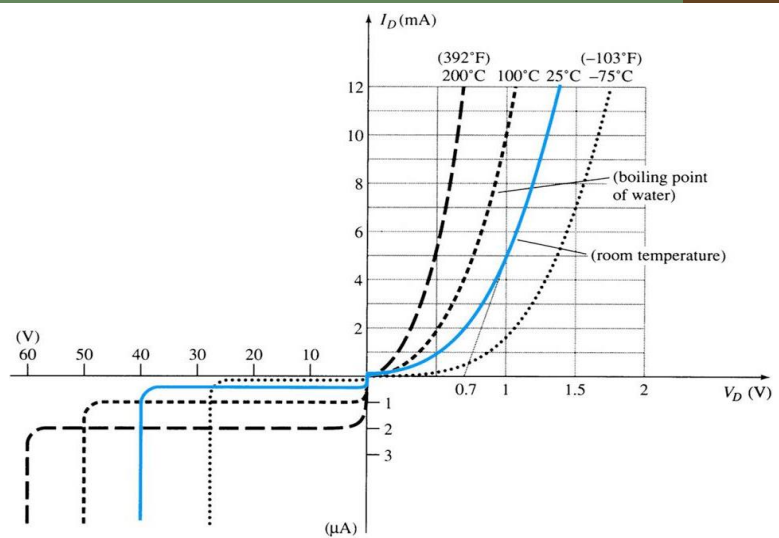
مقایسه مشخصه دیود سیلیسیوم و ژرمانیوم

مفاهیم اولیه دیود



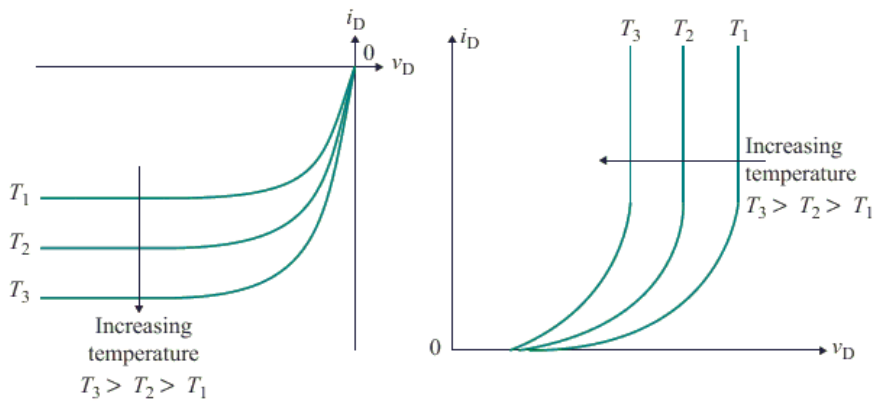
وابستگی دیود به دما

مفاهیم اولیه دیود



وابستگی جریان دیود به دما

مفاهیم اولیه دیود

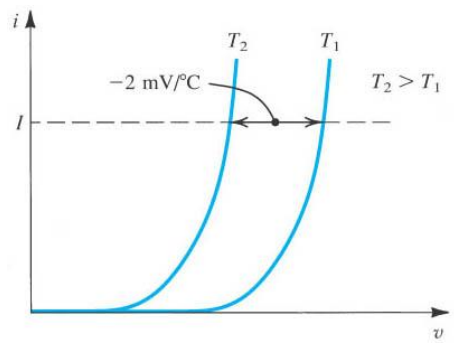


Reverse-biased junction

Forward-biased junction

وابستگی جریان مستقیم به دما

مفاهیم اولیه دیود

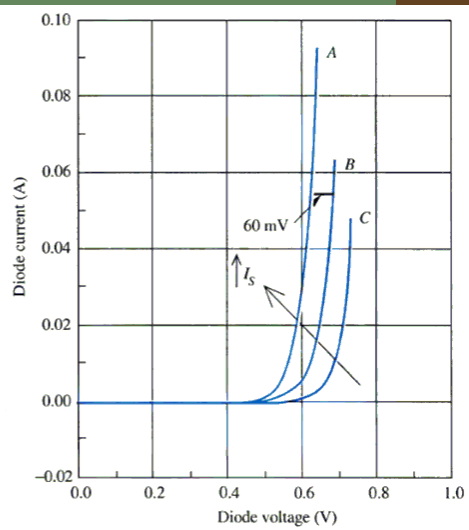


در یک جریان داده شده به ازای هر یک درجه سانتیگراد افزایش دما، ولتاژ ۲ میلی ولت کاهش می یابد.

وابستگی جریان مستقیم به جریان اشباع معکوس

مفاهیم اولیه دیود

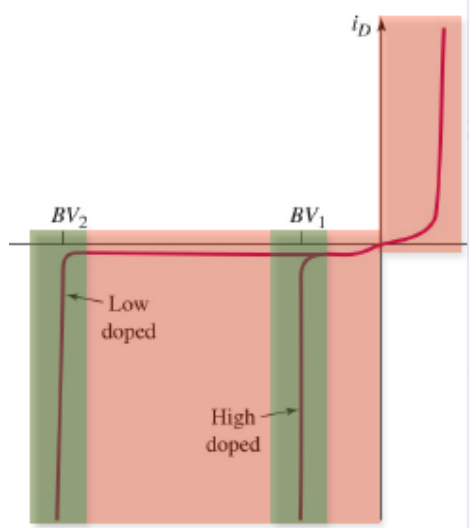
به ازای هر ده برابر شدن جریان اشباع معکوس، ولتاژ 60mv کاهش می یابد.



Diode characteristics for three different reverse saturation currents (a) 10^{-12} A, (b) 10^{-13} A, and (c) 10^{-14} A.

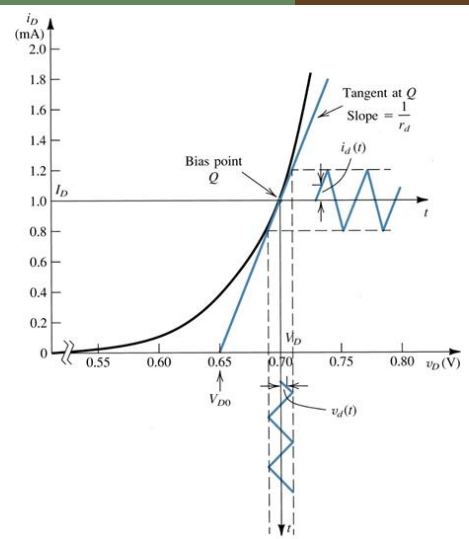
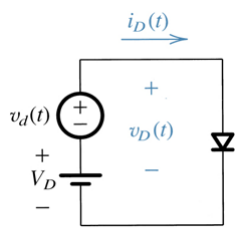
اثر میزان ناخاصی بر ولتاژ شکست

مفاهیم اولیه دیود



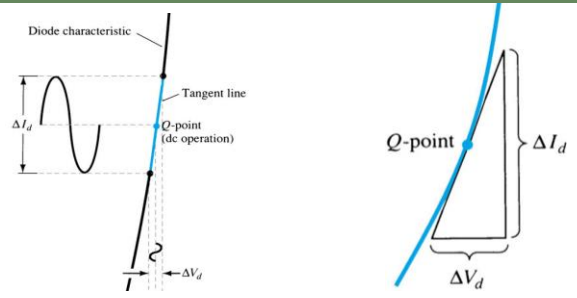
سیگنال کوچک

مفاهیم اولیه دیود



مدل سیگنال کوچک دیود

مفاهیم اولیه دیود

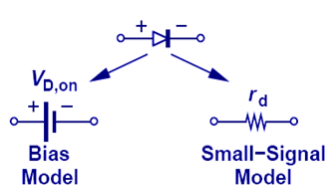


$$\frac{1}{r_d} = \frac{\Delta I_d}{\Delta V_d} = \left. \frac{\partial I_d}{\partial V_d} \right|_{V_d = V_{DQ}} = \frac{I_S}{V_T} e^{\left(\frac{V_D}{V_T}\right)} = \frac{I_{DQ}}{V_T}$$

$$r_d = \frac{V_T}{I_{DQ}}$$

مدل دیود در سیگنال کوچک

مفاهیم اولیه دیود



- مدل دیود در سیگنال کوچک:
- دیود در حالت سیگنال کوچک با یک مقاومت معادل می شود ولی این مدل برای فرکانسهای بالا قابل استفاده نیست بلکه باید اثرات خازنی را نیز لحاظ کرد.