

# 二极管

---

## $PN$ 结

---

### 多子少子

多子浓度取决于掺杂浓度，少子浓度取决于温度

### 形成过程

多子扩散  $\rightarrow$  形成内建电场  $\rightarrow$  少子漂移  $\rightarrow$  扩散漂移动态平衡

### 正向特性

外电源正极接 $P$ 极，负极接 $N$ 极，正向电场削弱内建电场，少子漂移减少，主要由多子扩散产生电流，方向为 $P \rightarrow N$

温度升高，多子扩散加剧，正向电流增大，在相同的电流下，电压减小，所以导通电压减小， $V_{D(on)}$ 减小。

### 反向特性

外电源正极接 $N$ 极，负极接 $P$ 极，外加电场增强内建电场，少子漂移增强，主要由少子漂移产生电流，方向为 $N \rightarrow P$ ，少子浓度远小于多子浓度，此时漂移电流是非常微小的，如果继续增大反向电压，忽略多子通过阻挡层，反向电流几乎全由少子漂移产生，因为少子浓度很小，此电流与外电压大小无关，称为反向饱和电流 $I_s$ 。

温度升高，激发出的少子浓度增加，反向饱和电流增加， $I_s$ 增大。

### 击穿特性

**雪崩击穿：** $E$ 较大，少子将共价键中的电子碰撞出来

**齐纳击穿：**掺杂浓度高， $E$ 比较小，内建电场将价电子从共价键中拉出来

### 稳压特性

$PN$ 击穿后，电流比变化很大，电压几乎不变，可以利用此特性制作稳压二极管。用 $V_Z$ 表示稳压值， $I_Z$ 表示稳压时的电流。

但要注意使 $I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax}$ ，前者使二极管被击穿，后者防止 $PN$ 结不被烧坏。

## 电路分析方法

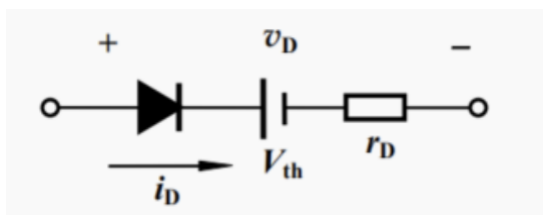
---

### 理想二极管

$V > 0$ 导通， $V < 0$ 断路

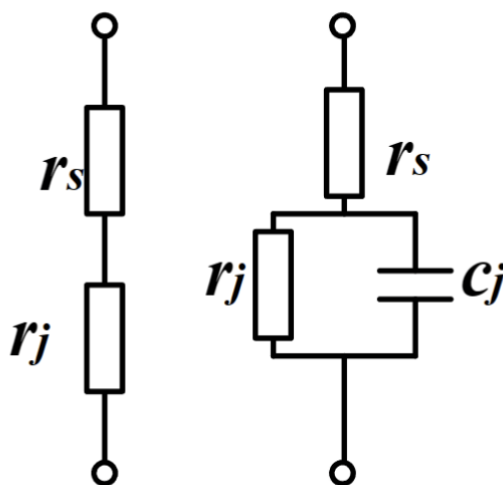
## 大信号模型

将导通后的二极管作为电压源，电压源的大小为开启电压 $V_{on}$ （又叫导通电压）， $R_D$ 是二极管的体电阻，一般忽略



## 小信号模型

$r_j$ 是肖特基电阻，只在正向导通时有。 $r_s$ 是中性区电阻，与PN结材质有关

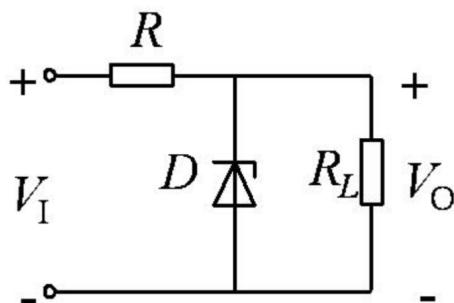


$r_j$ 的大小为：

$$r_j = \frac{V_T}{I_Q} = \frac{26}{I_Q} (\Omega)$$

$r_s$ 比 $r_j$ 小很多，一般不考虑

## 稳压电路



$R$ 的作用是限流，输出电压 $V_o = V_Z$ ，稳压管的稳压值。

为保证稳压管的电流小于 $I_{Zmax}$ ，求 $R$ 的最小值：

先求稳压管支路可能通过的最大电流，让 $R_L \rightarrow \infty$ ，电流全部通过稳压管，再让 $V_I$ 取最大值

$$R_{min} = \frac{V_{I_{max}} - V_Z}{I_{Z_{max}}}$$

为保证二极管可靠击穿，求 $R_L$ 最小值（ $R$ 取最小值）：

$R_L$ 取最小，一部分电流会通过 $R_L$ ，通过 $R$ 的电流：

$$I = \frac{V_I - V_O}{R}$$

通过 $R_L$ 的电流

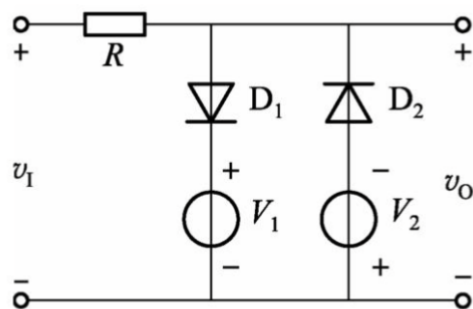
$$I_L = I - I_{Z_{min}} = \frac{V_O}{R_L}$$

可以得到

$$R_L = \frac{V_O}{\frac{V_I - V_O}{R} - I_{Z_{min}}}$$

要使 $R_L$ 最小，可以使 $V_I$ 最小。

## 限幅电路



双向限幅电路

**$D_1$ 导通,  $D_2$ 截止**

$$\begin{cases} V_I - V_1 > 0 \\ -V_2 - V_I < 0 \end{cases}$$

得到 $V_I > V_1$ ，此时 $V_D = V_I - V_1$

**$D_1$ 截止,  $D_2$ 导通**

$$\begin{cases} V_I - V_1 < 0 \\ -V_2 - V_I > 0 \end{cases}$$

得到 $V_I < -V_2$ ，此时 $V_D = -V_2 - V_I$

**$D_1$ 截止,  $D_2$ 截止**

$$\begin{cases} V_I - V_1 < 0 \\ -V_2 - V_I < 0 \end{cases}$$

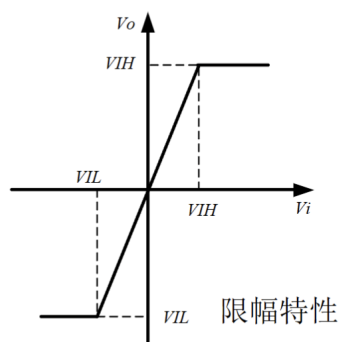
得到 $-V_2 < V_I < V_1$

**$D_1$ 导通,  $D_2$ 导通**

$$\begin{cases} V_I - V_1 < 0 \\ -V_2 - V_I < 0 \end{cases}$$

$V_I$ 不存在

画出 $V_o$ 关于 $V_I$ 的图像



## 判断二极管是否导通

先假设二极管断开，再计算二极管两端电位判断假设是否成立。