

## 第二章 晶体管开关



开关元件的作用是把电路接通和断开。接通就是要元件呈现很小的电阻，最好接近于短路；断开就是要元件呈现很大的电阻，最好接近于开路。

理想开关条件：

开关断开时： $I = 0$ , 开关两端电阻为 $\infty$ 。

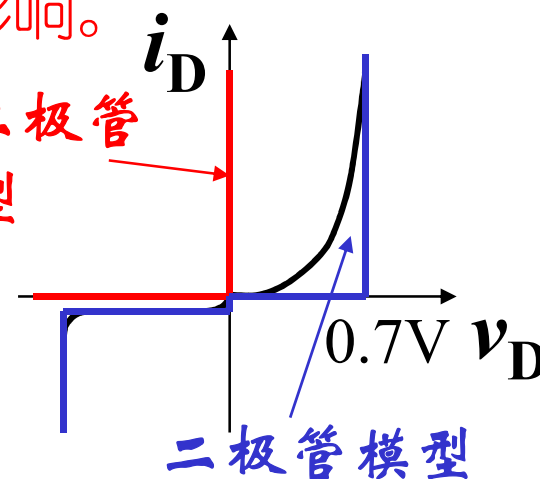
开关闭合时： $R = 0$ , 开关两端电压为0。

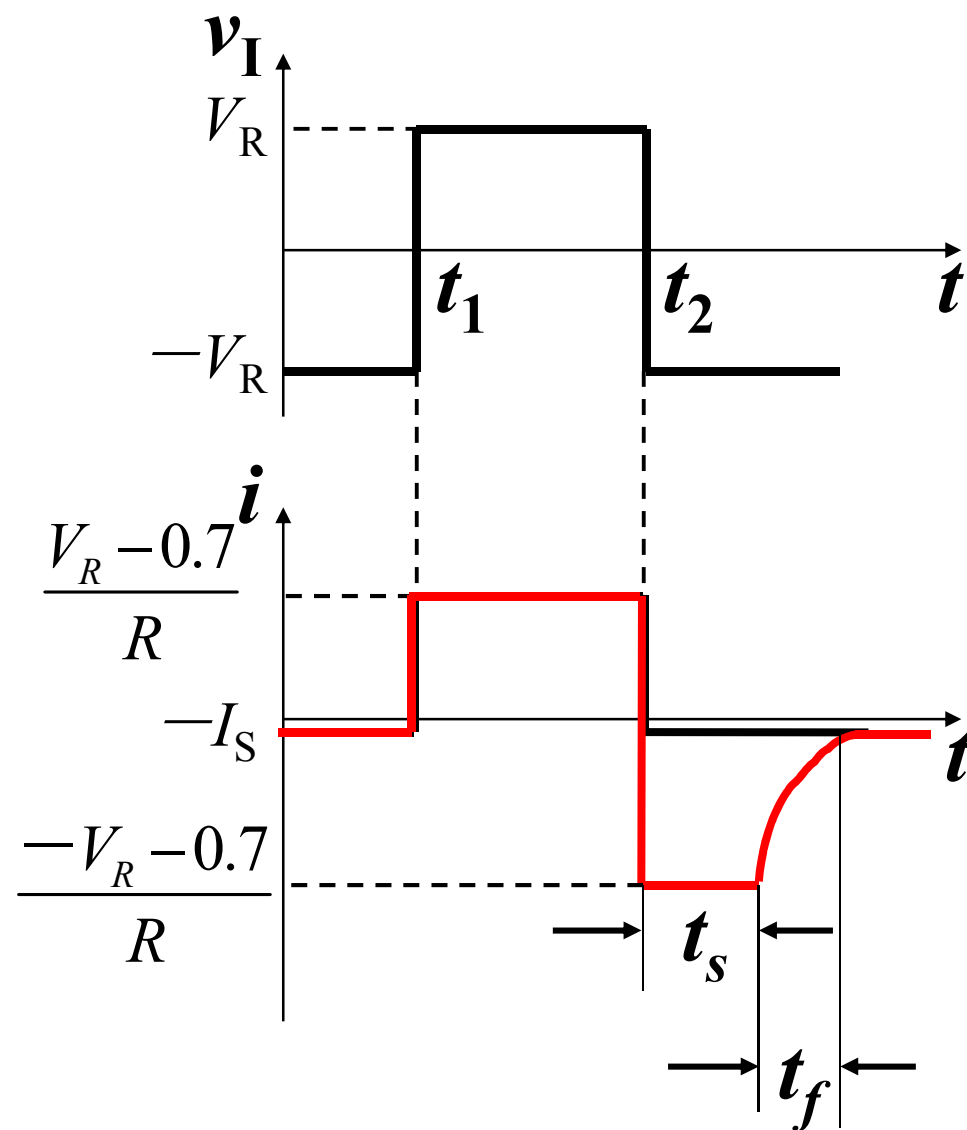
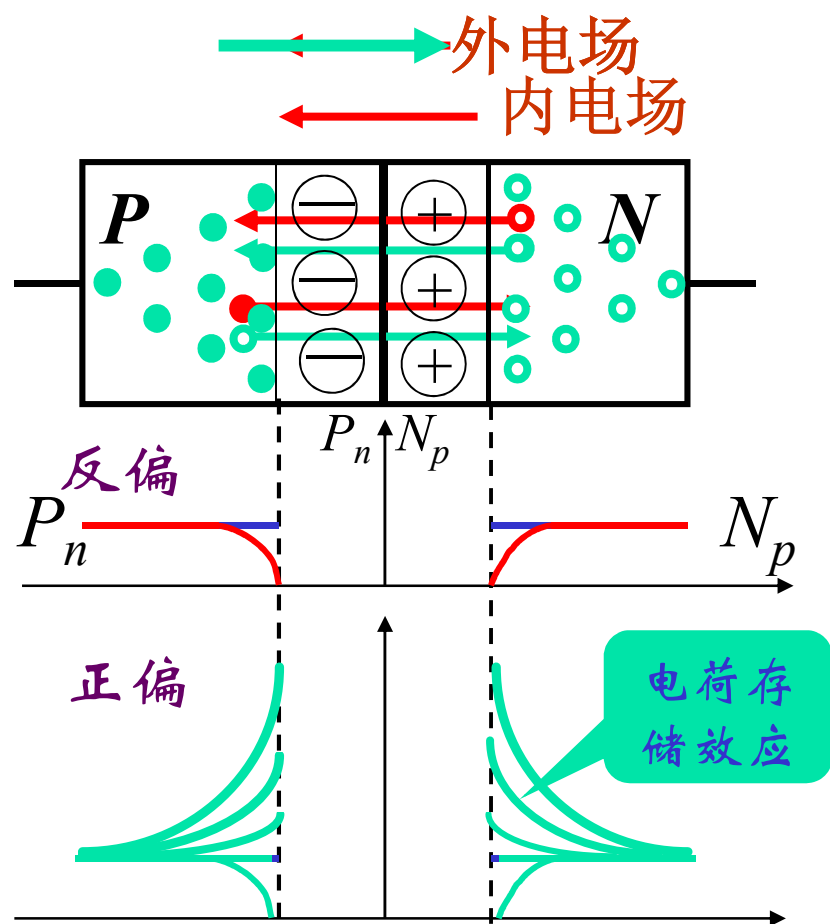
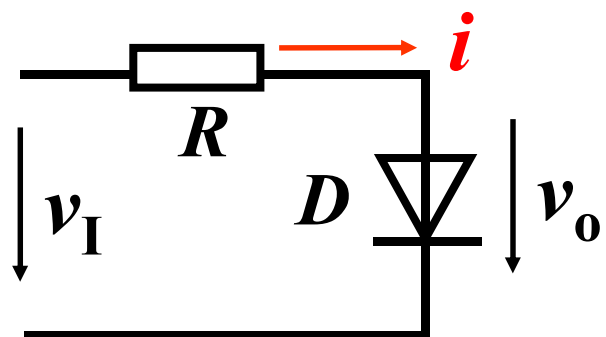
开关动作瞬时完成。

以上三点不受温度等环境因素影响。

### 一、 晶体二极管开关特性：理想二极管

由于二极管具有单向导电性，外加正向电压时导通，外加反向电压时截止。所以，二极管是受外加电压极性控制的开关。





反向恢复时间:  $t_{re} = t_s + t_f$

# 二极管开关应用：限幅电路



## ①、限幅原理：

利用二极管单向导电性,完成限幅。在理想模型下, $V_D > 0$  二极管导通。 $V_D < 0$  二极管截至。

## ②、限幅用途：

波形变换

整形

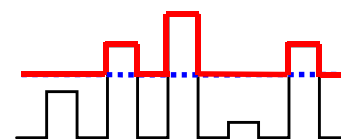
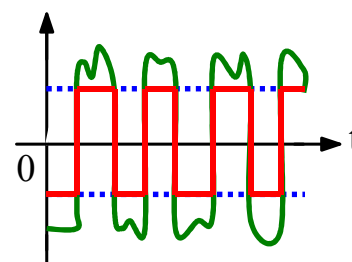
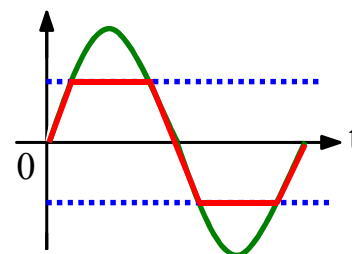
波形选择

## ③、限幅电路的三种形式：

串连限幅

并联限幅

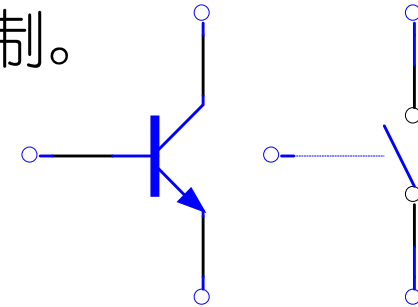
双向限幅



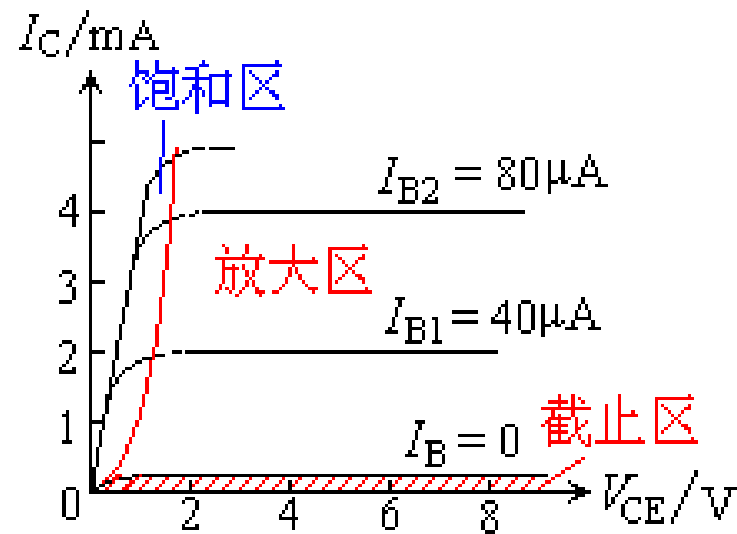
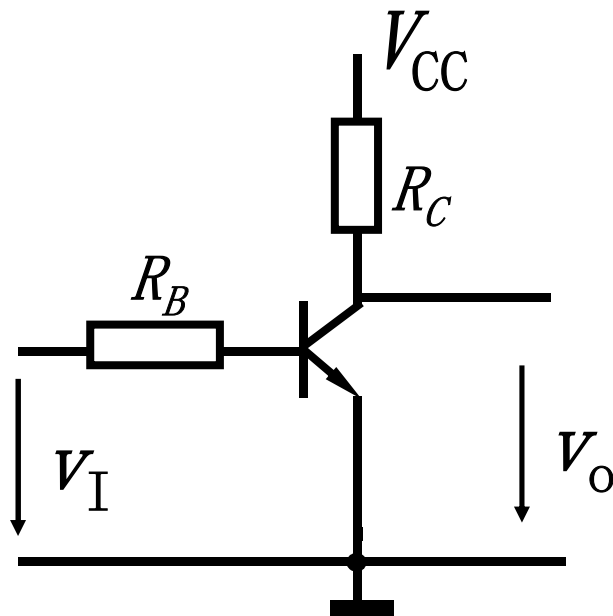
## 二、晶体三极管开关特性

二极管开关的通断是受两端电压极性控制。

三极管开关的通断是受基极电流控制。



### 1、三极管的三种工作区域





BE结

BC结

截止:

反偏

反偏

$$V_{BE} \leq 0$$

—— 截止条件

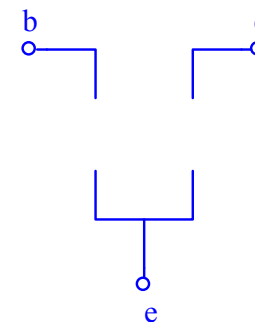
$$V_{BE} \leq 0$$

$$V_{BC} < 0$$

$$I_B \approx 0, I_C \approx 0, V_C = V_{CC}$$

三极管相当于开路 等效于开关断开

三极管截止等效电路:



饱和:

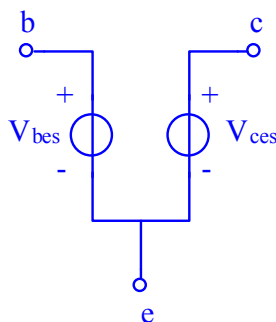
正偏

正偏

$$I_B \geq I_{BS}$$

—— 饱和条件

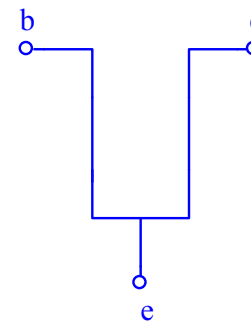
硅管 0.7V



硅管 0.3V

锗管 0.3V

锗管 0.1V



不考虑管压降时的等效电路

等效于开关闭合



## 如何判断三极管工作状态



首先求  $V_{be}$

$V_{be} \leq 0$  三极管工作在截止状态

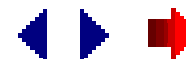
$V_{be} > 0$  首先求出基极电流  $i_b = ?$

然后求出临界饱和时基极电流:  $I_{bs} = ?$

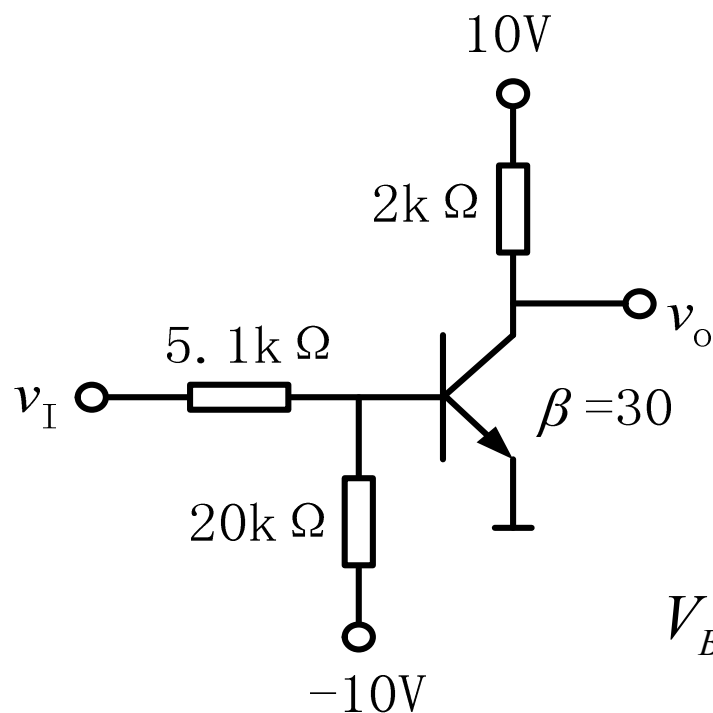
$i_b \geq I_{bs}$  三极管工作在饱和状态，大的越多，饱和的越深。

$i_b < I_{bs}$  三极管工作在放大状态

三极管工作状态判断：先判导或止，再看饱和否



例：当输入为悬空、5V时， $v_o = ?$



1、当输入悬空时

拔去晶体管， $V_B = -10V$

$\therefore$  晶体管截止， $v_o = 10V$

2、当输入为5V时

拔去晶体管，

$$V_{BE} = \frac{20}{20+5.1} \times 5 + \frac{5.1}{20+5.1} \times (-10) = 1.95V$$

$\therefore$  晶体管导通， $V_{BE} = 0.7V$

$$I_B = \frac{5-0.7}{5.1} + \frac{-10-0.7}{20} = 0.3mA, \quad I_{BS} \approx \frac{V_{CC}}{\beta R_C} = \frac{10}{30 \times 2} = 0.16mA$$

$I_B > I_{BS}$  ,  $\therefore$  晶体管饱和， $v_o = V_{CES} = 0.3V$

# 晶体管开关



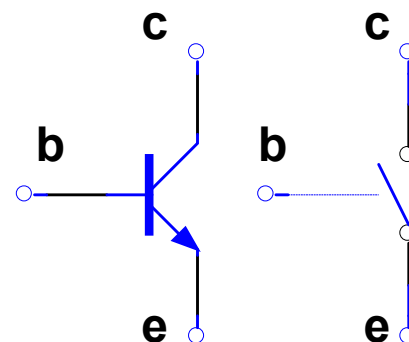
理想开关条件：

开关断开时： $I = 0$ , 开关两端电阻为 $\infty$ 。

开关闭合时： $R = 0$ , 开关两端电压为0。

开关动作瞬时完成。

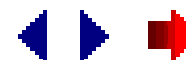
以上三点不受温度等环境因素影响。



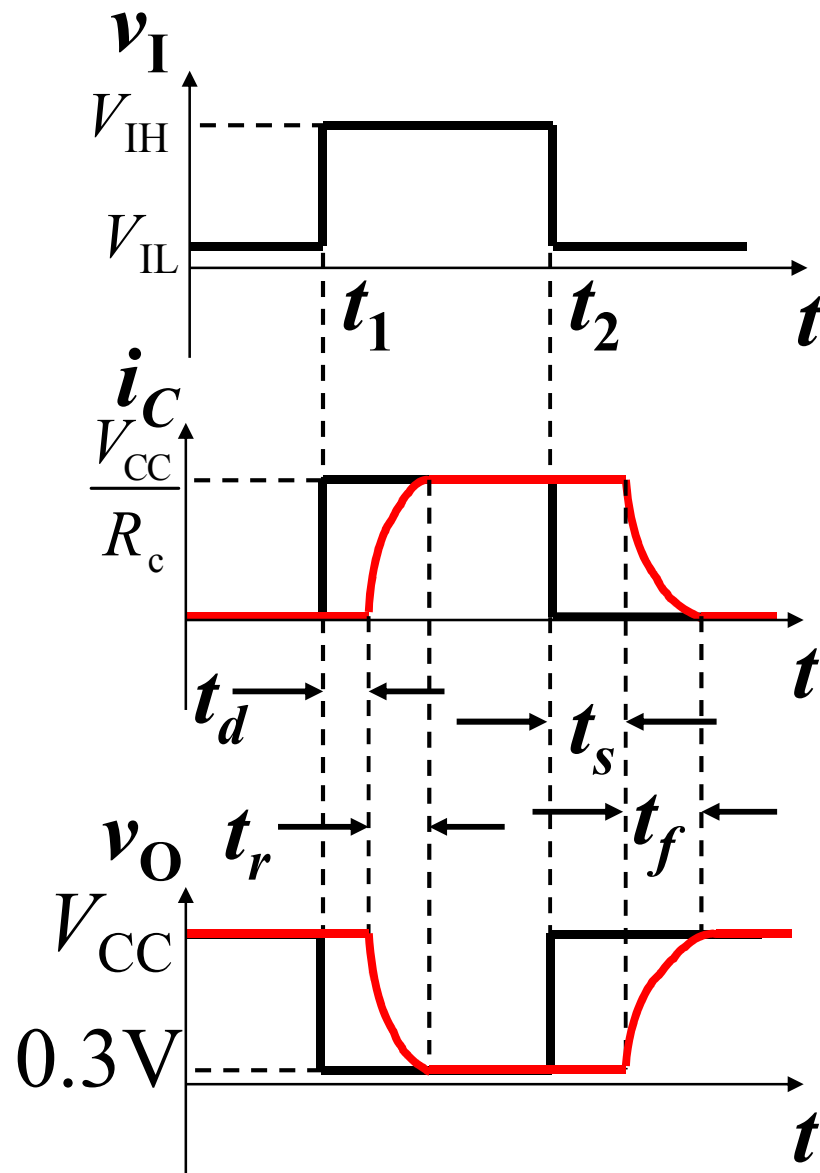
二极管： $\left\{ \begin{array}{l} \text{正向导通} \rightarrow \text{开关闭合: } V_D = 0.7V \\ \text{反向截止} \rightarrow \text{开关断开: } I_D = I_S \end{array} \right.$

三极管： $\left\{ \begin{array}{l} \text{饱和} \rightarrow \text{开关闭合: } V_{CE} = 0.3V \\ \text{截止} \rightarrow \text{开关断开: } I_{CE} = I_{CEO} \end{array} \right.$

三极管开关速度？







开通时间

$$t_{on} = t_d + t_r$$

关闭时间

$$t_{off} = t_s + t_f$$

测试3DK<sub>8B</sub>，条件：

$$I_{CS} = 100\text{mA} \quad I_B = 10\text{mA}$$

$$R_C = 50\Omega \quad \text{测得：}$$

$$t_d \leq 10\text{ns} \quad t_r \leq 80\text{ns}$$

$$t_s \leq 180\text{ns} \quad t_f \leq 100\text{ns}$$