

第三章 门电路（一）

——王文俊

山西农业大学

一、门电路概述

• 1、门电路的定义

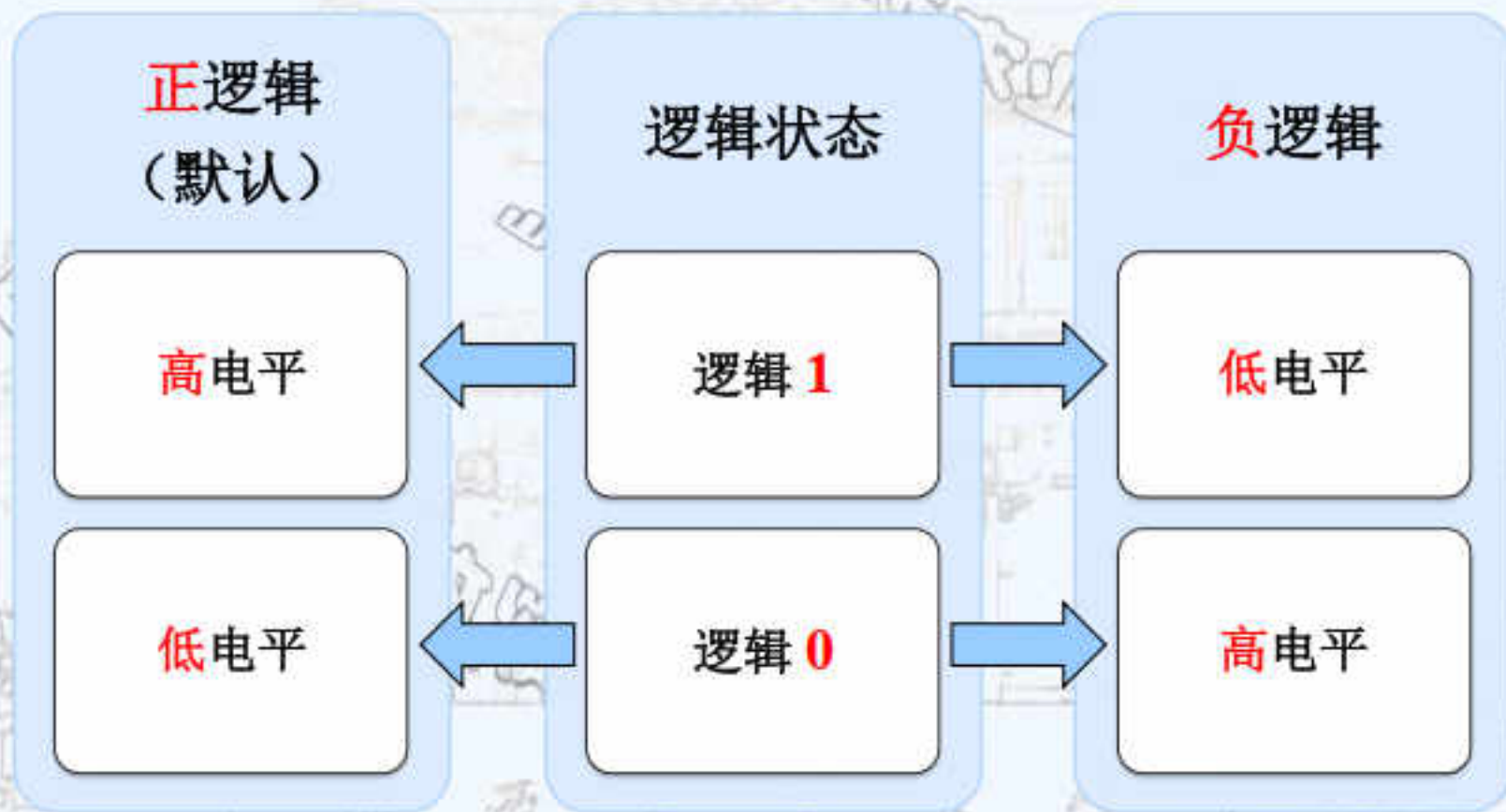
用来实现**基本逻辑运算**和**复合逻辑运算**的单元电路称为**门电路**。



门电路是数字集成电路中**最基本的逻辑电路**。

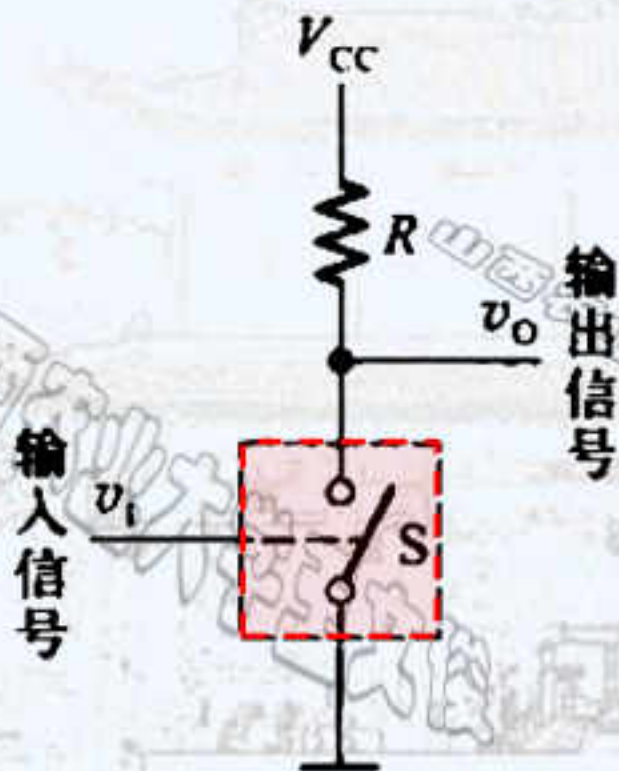
• 2、门电路中逻辑状态的表示

门电路中用的高、低电平表示不同的逻辑状态（0 或 1）。

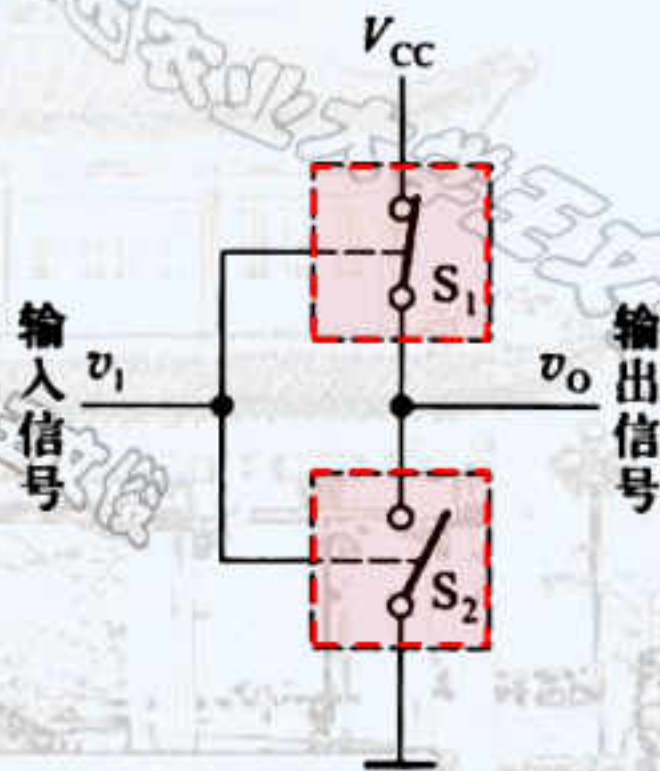


• 3、基本开关电路

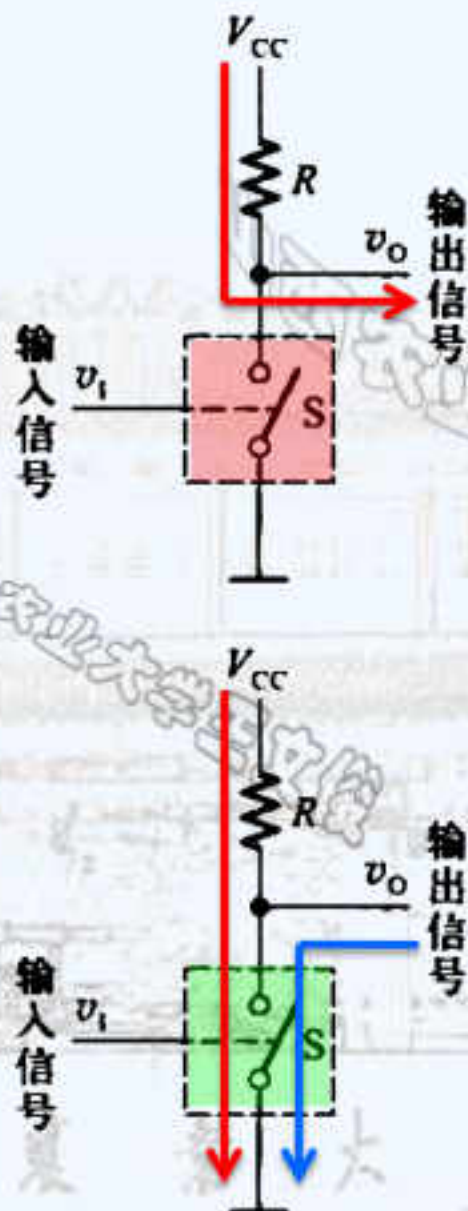
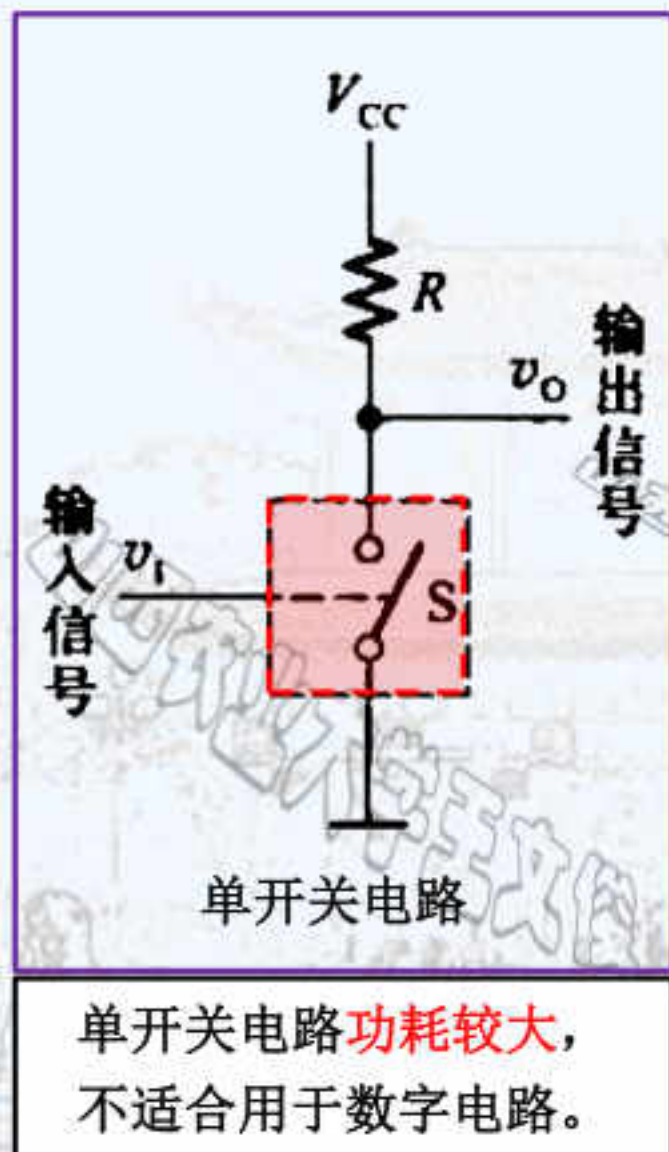
基本开关电路用于产生高、低电平输出，是门电路的最核心电路。



单开关电路



互补开关电路



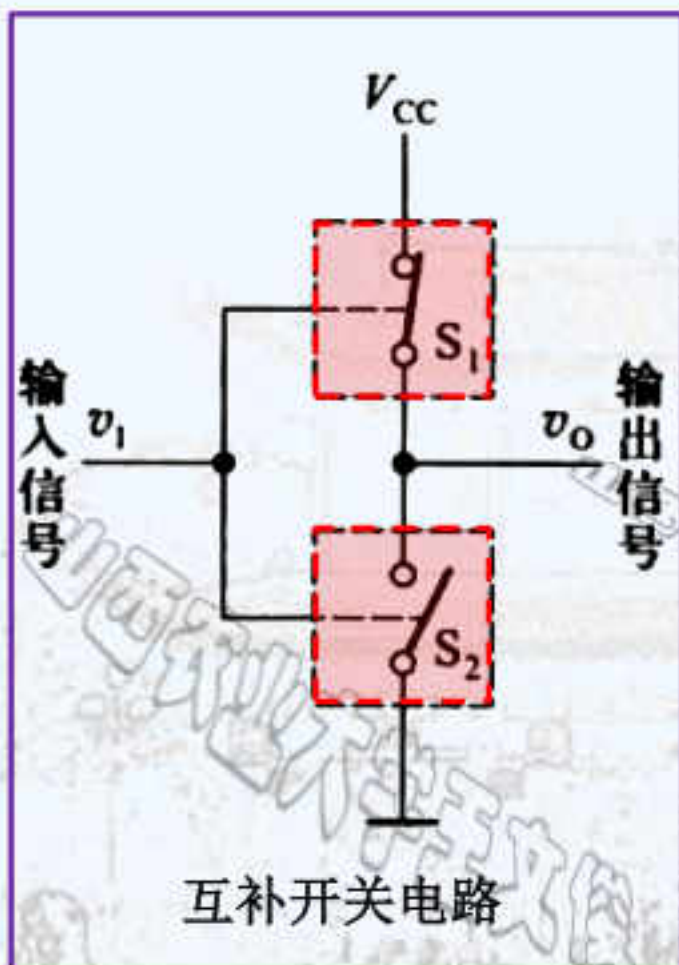
S 断开

- $v_o = V_{CC}$
- 输出: 高电平

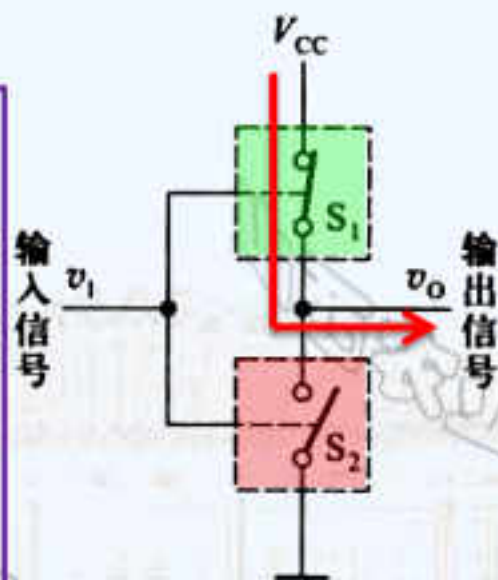
S 闭合

- $v_o = 0$
- 输出: 低电平
- R 上功耗较大

$$P_R = \frac{V_{CC}^2}{R}$$

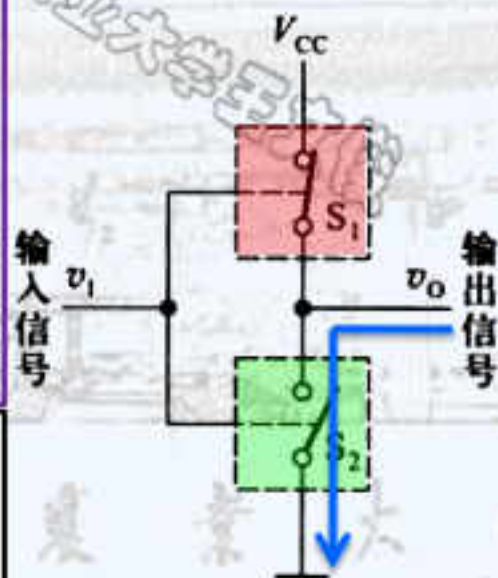


互补开关电路**功耗极小**，
在数字电路中应用广泛。



S_1 闭合, S_2 断开

- $v_o = V_{cc}$
- 输出: 高电平



S_1 断开, S_2 闭合

- $v_o = 0$
- 输出: 低电平

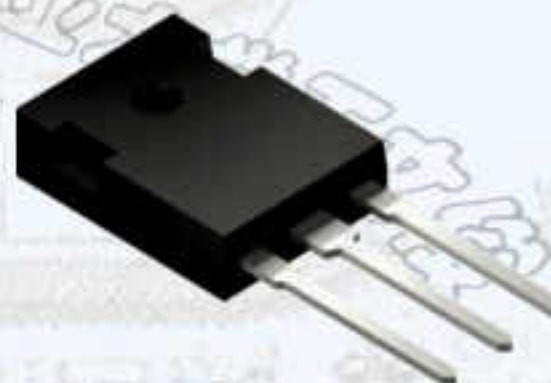
- 4、实现开关功能的电子器件



二极管

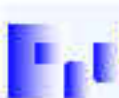


三极管

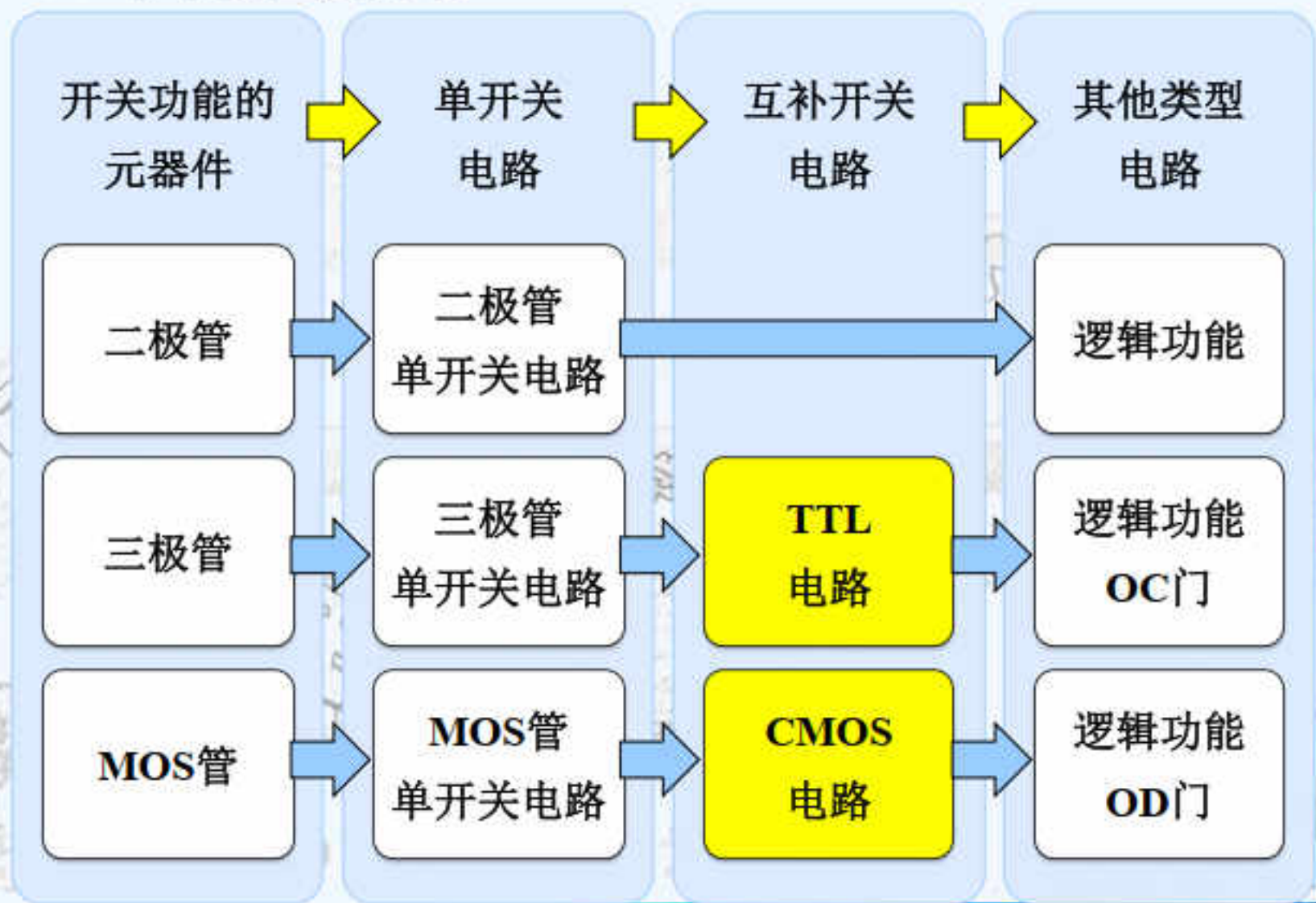


MOS管

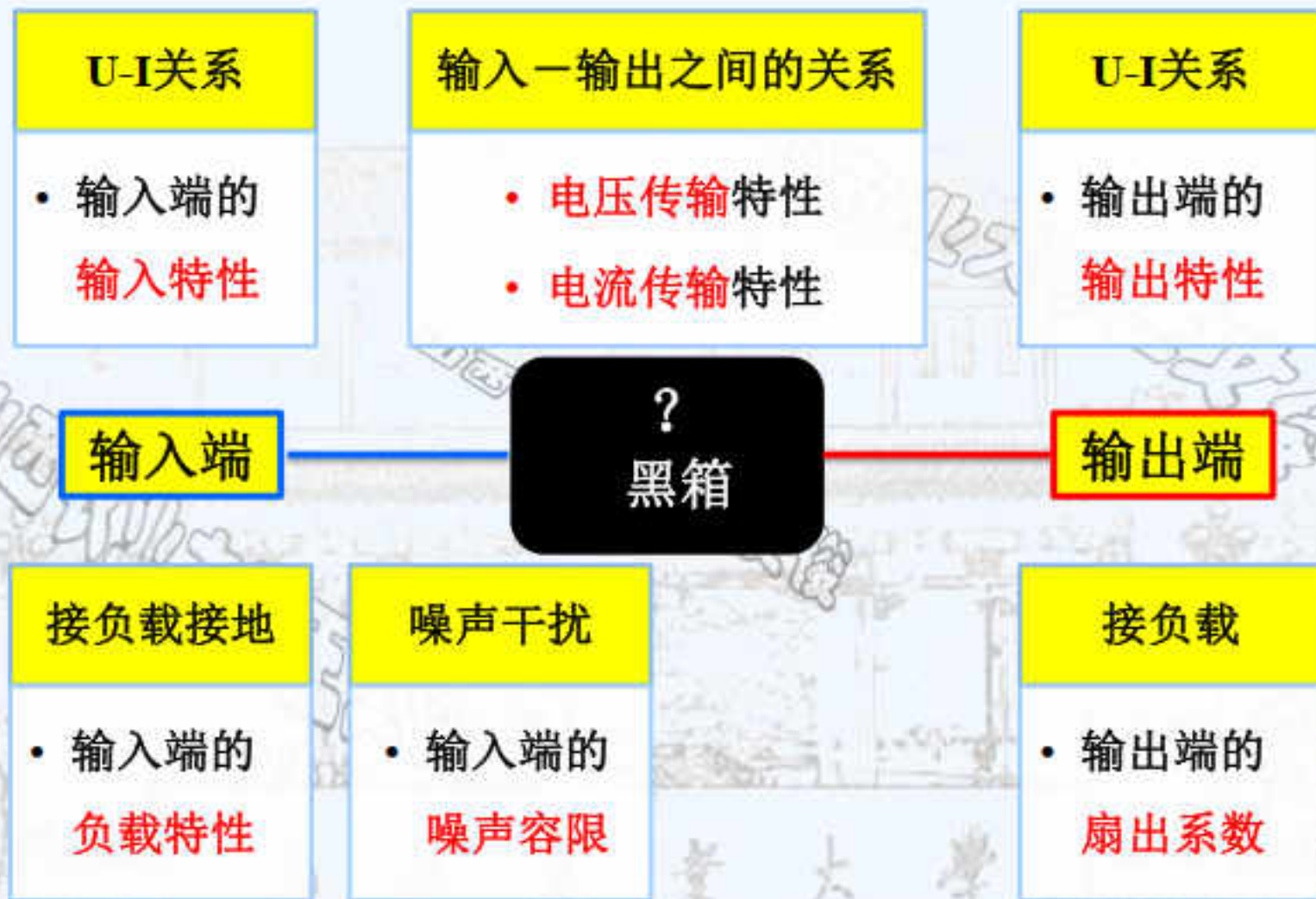
山西农业大学



• 5、本章的主要内容



• 6、电路的主要研究内容

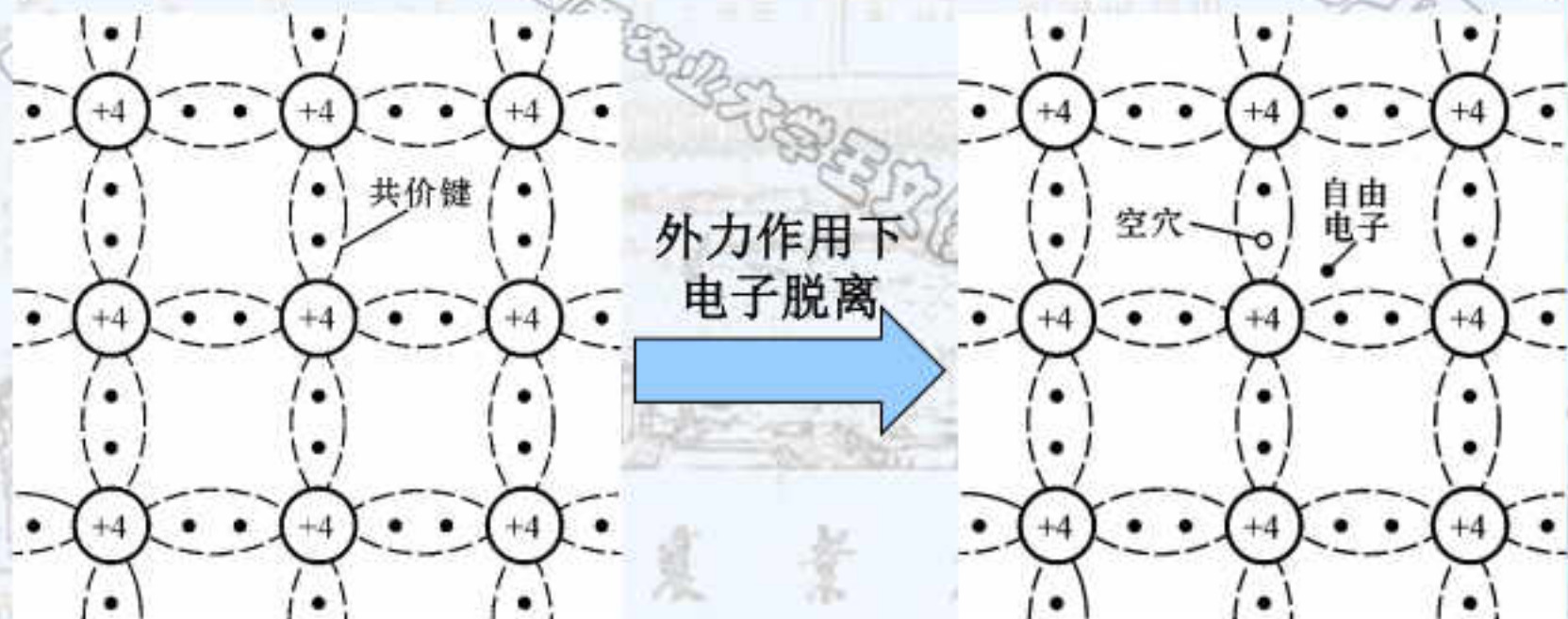


二、半导体二极管

• 1、半导体基础知识

半导体指常温下导电性能介于**导体与绝缘体之间**的材料。

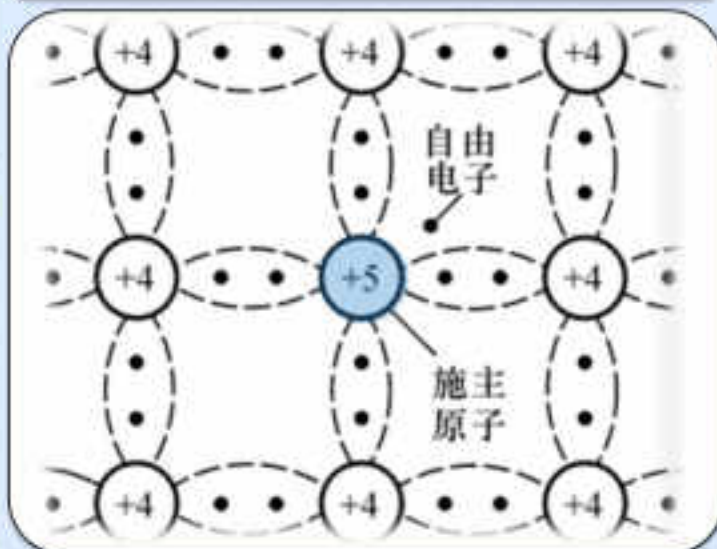
本征半导体：**纯净**的具有**晶体结构**的半导体。如：硅 Si，锗 Ge



杂质半导体：在本征半导体中**掺入某些微量元素**作为杂质。

N型半导体(Negative, 负数)

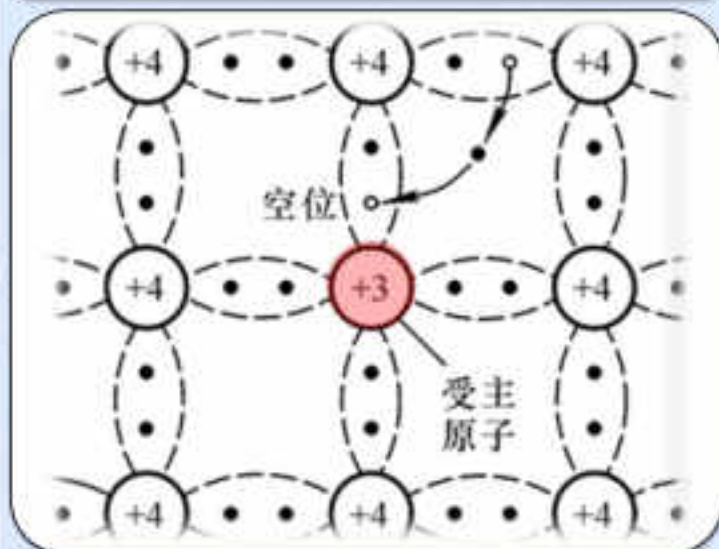
在本征半导体中掺入微量的**5价**元素，如磷



多子：自由电子（**负电**）
少子：空穴

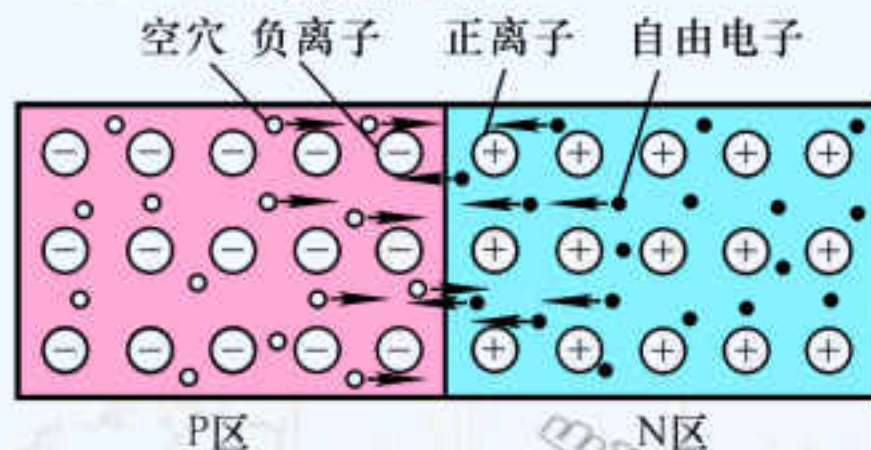
P型半导体(Positive, 正数)

在本征半导体中掺入微量的**3价**元素，如硼



多子：空穴（**正电**）
少子：自由电子

2、PN结的形成



P区和N区交界处出现
电子和空穴的**浓度差**



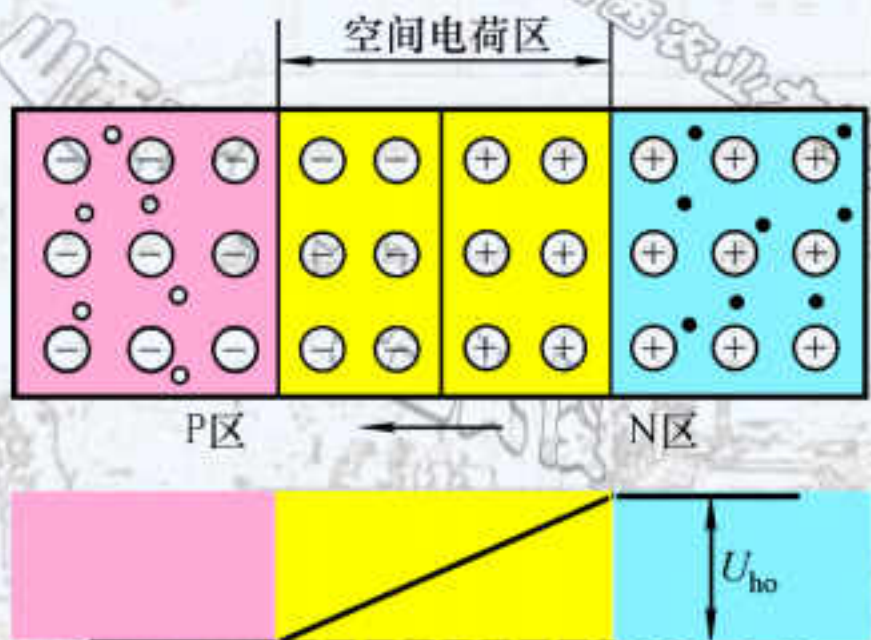
电子：从N型区向P型区扩散
空穴：从P型区向N型区扩散



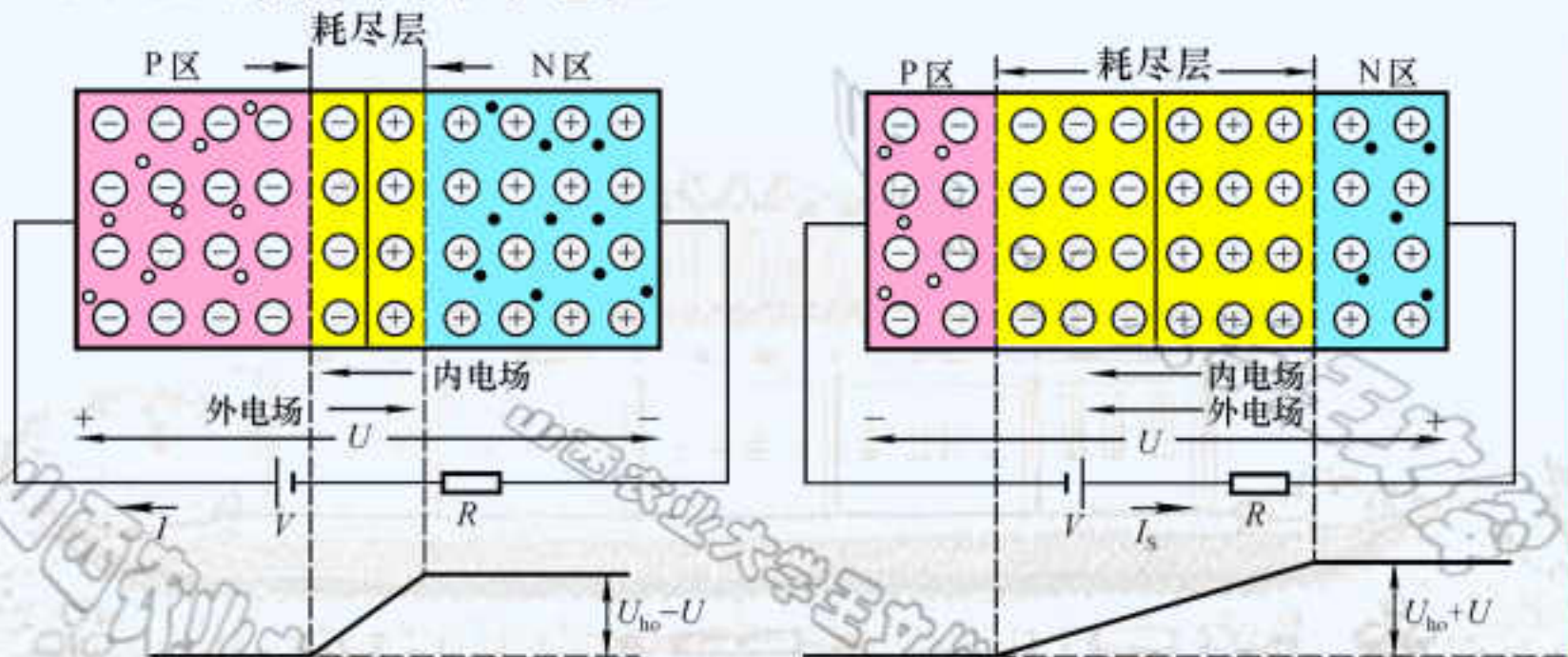
不能移动的带电粒子
在交界面附近形成**空间电荷区**



空间电荷区形成**内电场**
方向：带正电N区→带负电P区



• 3、PN结的单向导电性



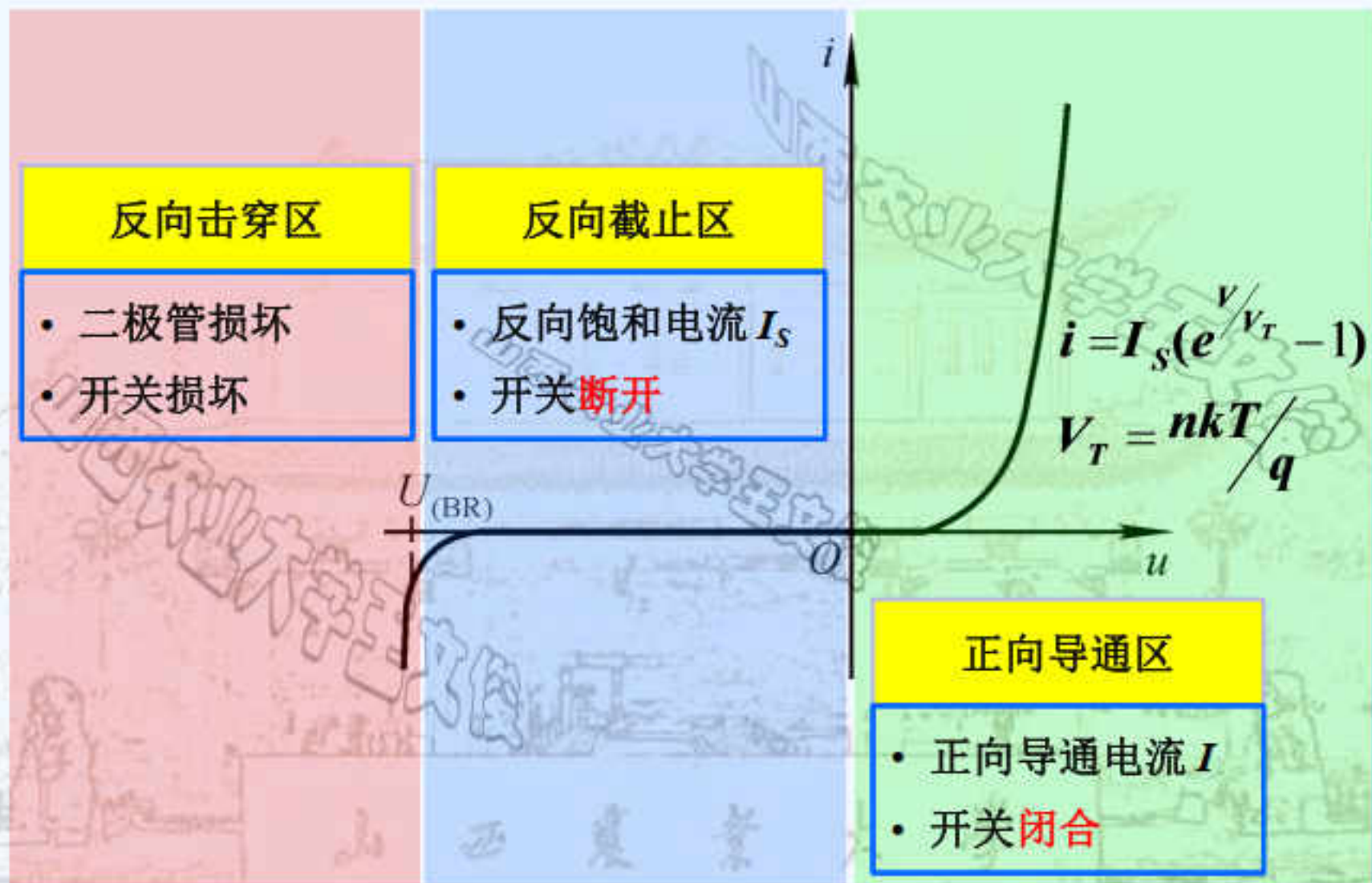
正向导通

- 电流：P→N
- 耗尽层减小，电流大（导通）
- 相当于：开关闭合

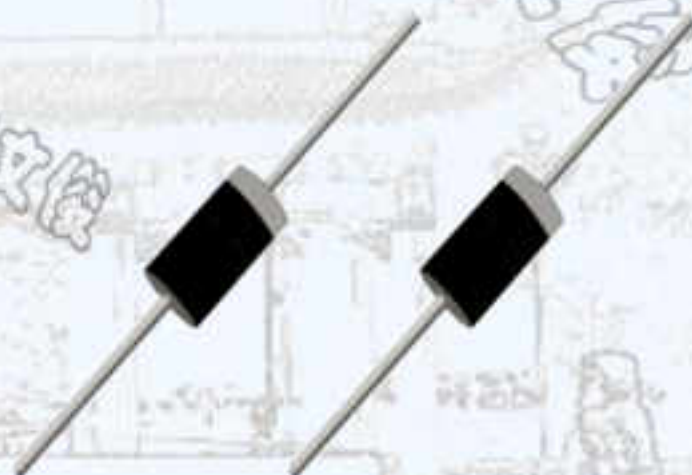
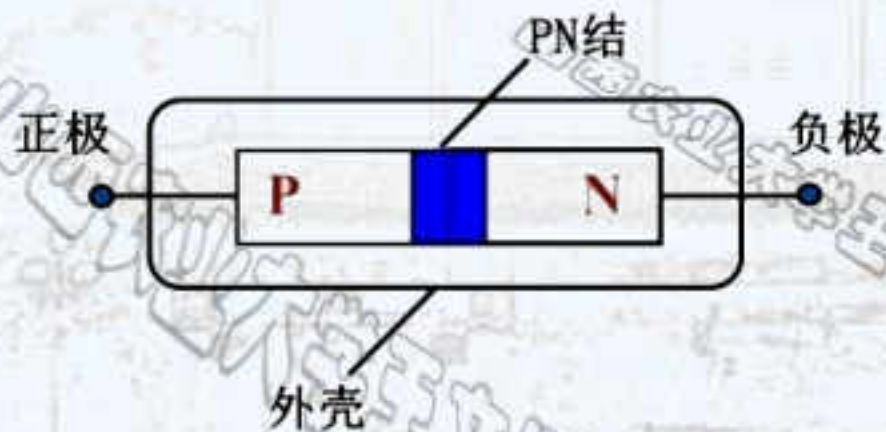
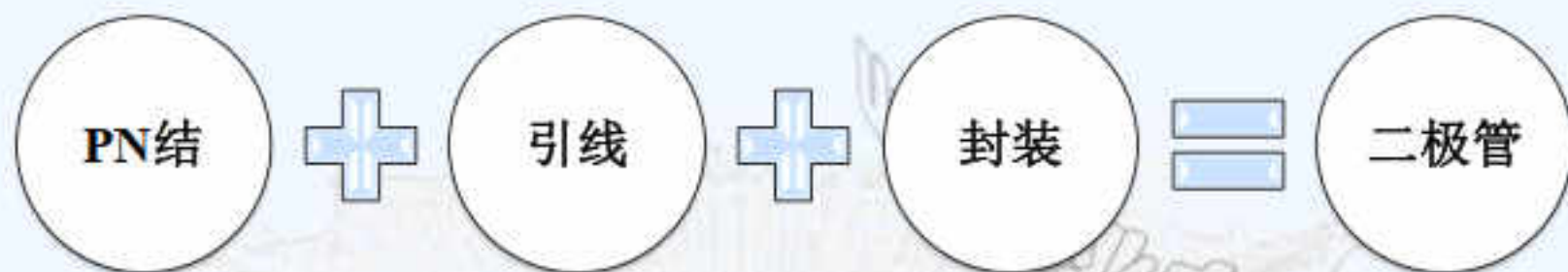
反向截止

- 电流：N→P
- 耗尽层增加，电流很小（截止）
- 相当于：开关断开

• 4、PN结的伏安特性



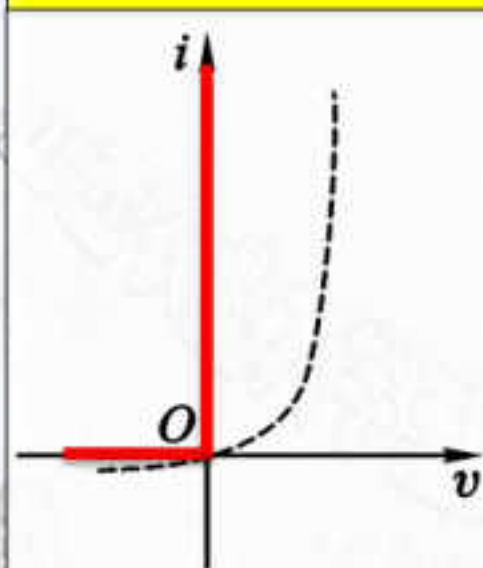
• 5、二极管



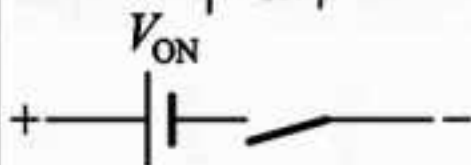
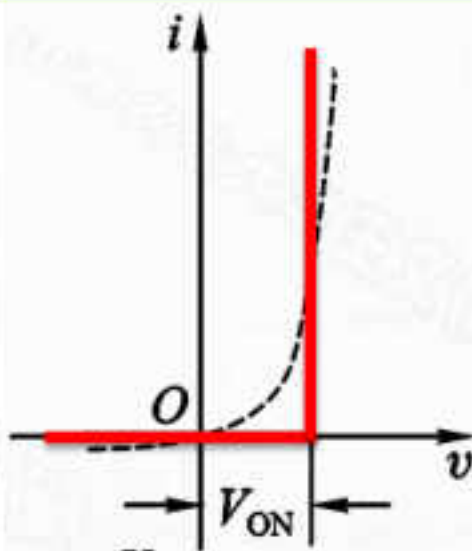
三、二极管单开关电路

• 1、二极管等效开关的类型

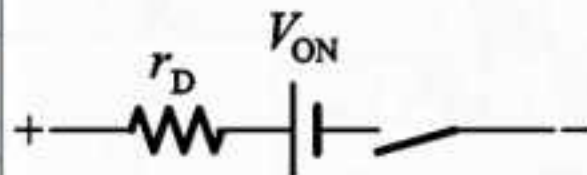
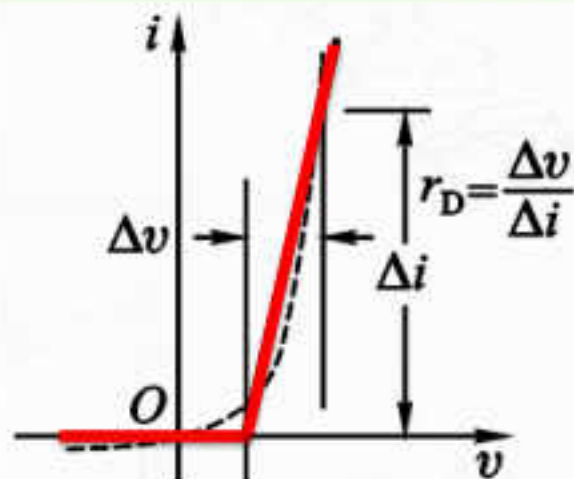
理想
开关



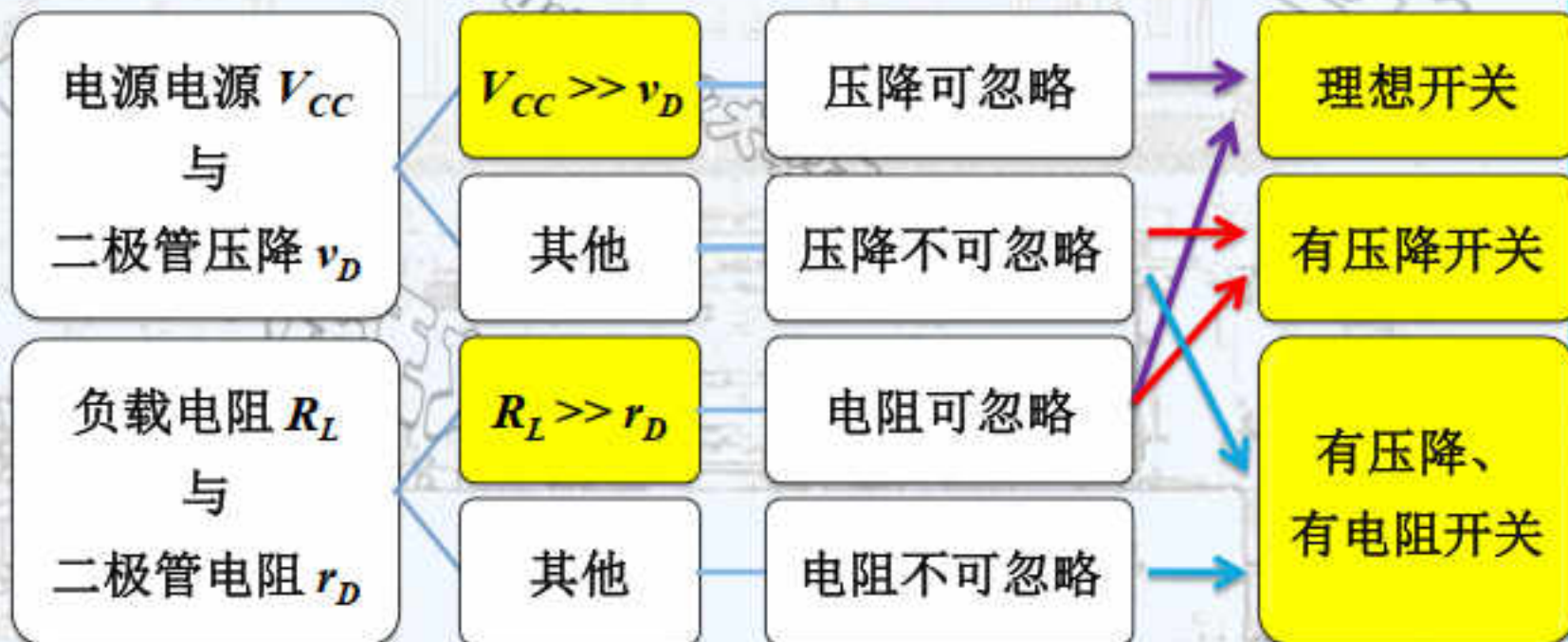
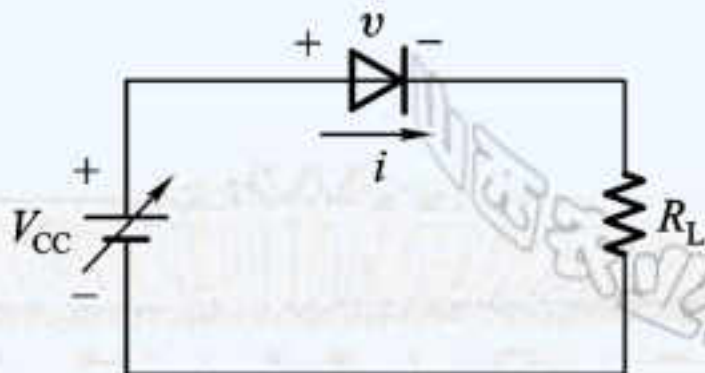
有压降
的开关



有压降、有电阻
的开关



• 二极管等效开关的前提



• 2、二极管开关的动态电流波形

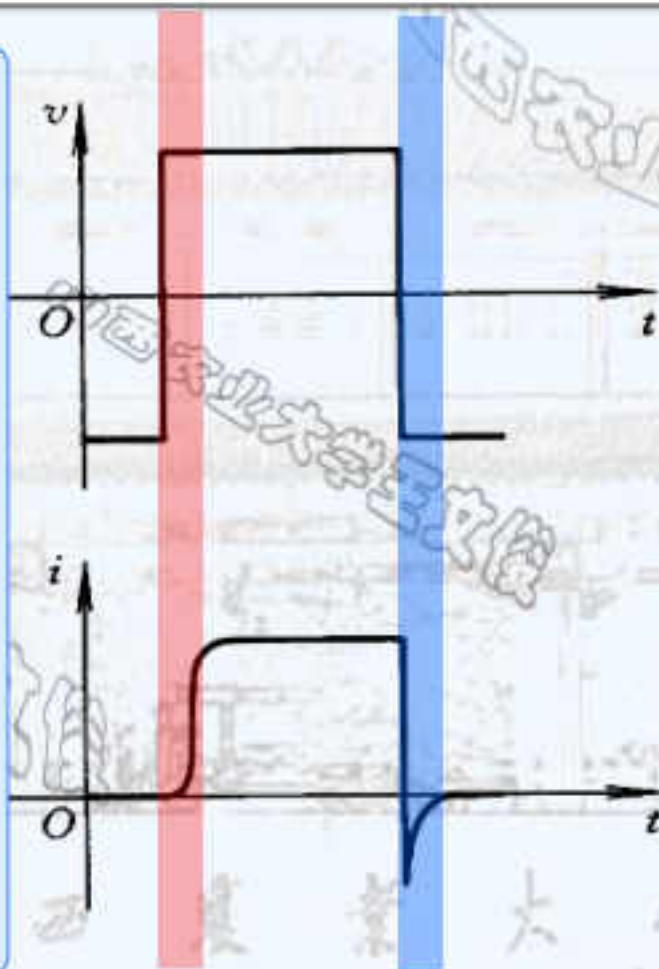
在状态转换时，PN结可近似看做一个只能正向充电的电容。

外加电压：
反→正

理论上瞬间：
截止→导通

PN结充电

正向延时导通



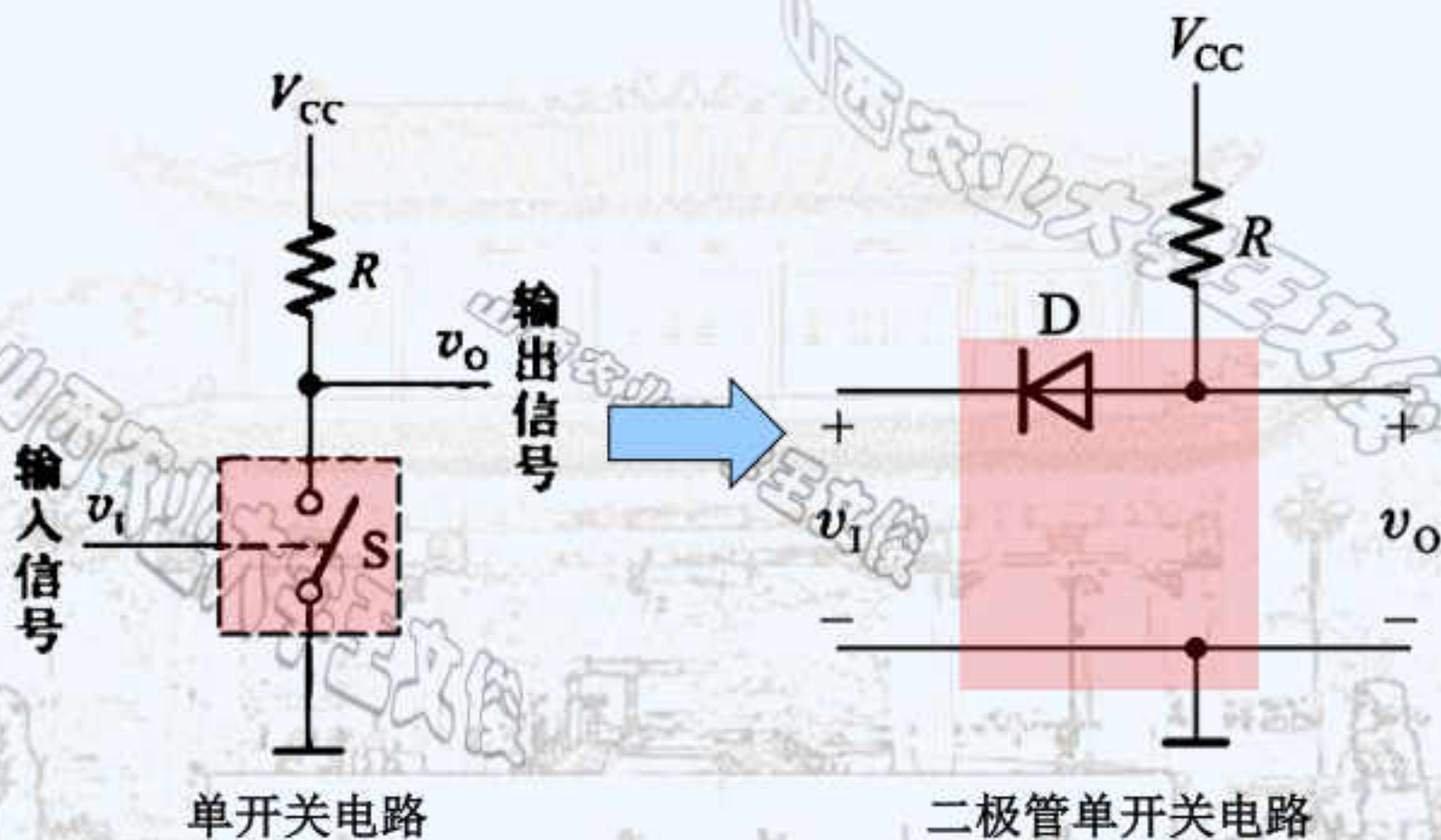
外加电压：
正→反

理论上瞬间：
导通→截止

PN结放电

反向瞬态电流

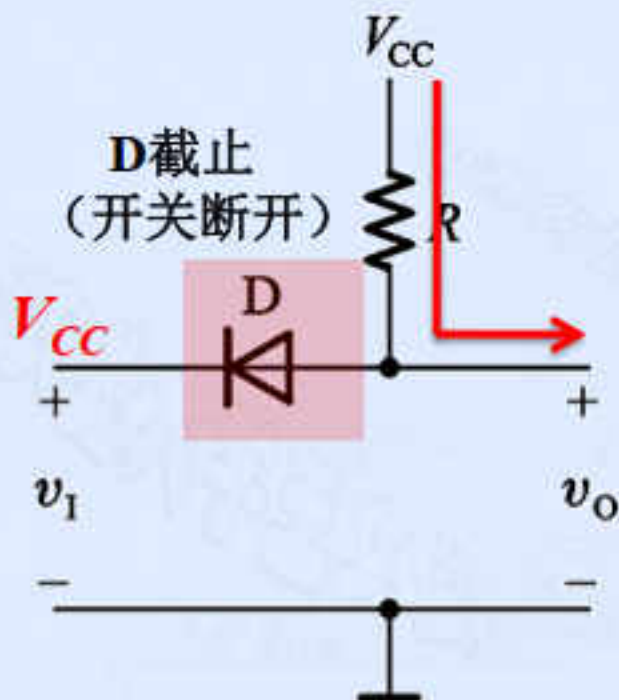
• 3、二极管单开关电路



4、二极管单开关电路实现高低电平输出

输入为高电平

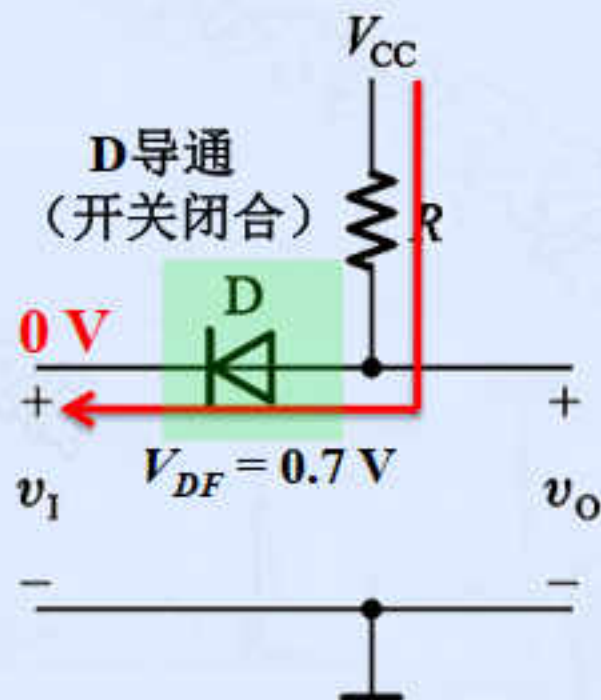
$$V_I = V_{IH} = V_{CC} = 5\text{ V}$$



$$V_O = V_{OH} = V_{CC} = 5\text{ V}$$

输入为低电平

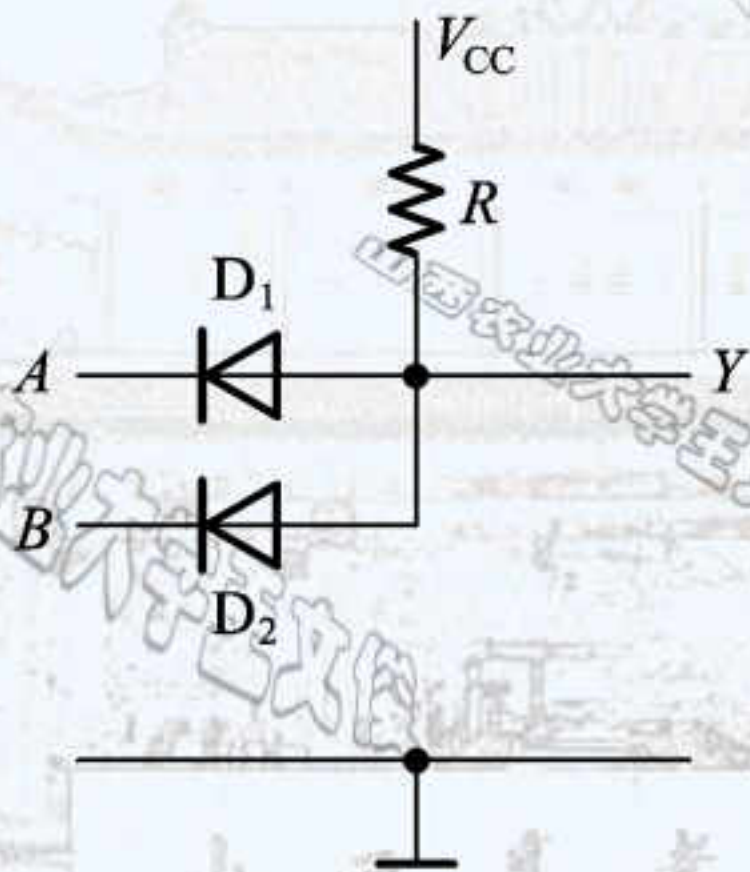
$$V_I = V_{IL} = 0\text{ V}$$



$$V_O = V_{OL} = 0.7\text{ V}$$

四、二极管门电路

• 1、二极管与门电路



电源

- $V_{CC} = 5\text{ V}$

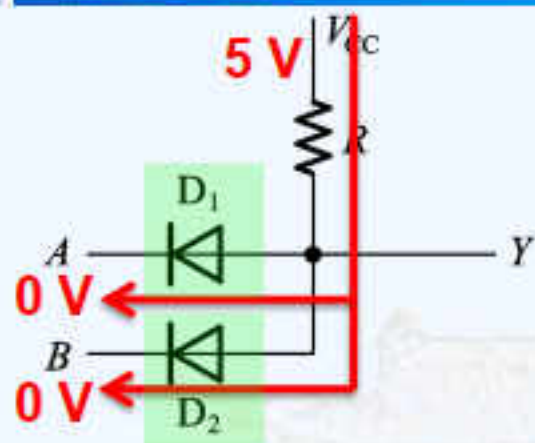
输入端

- $V_{IH} = 3\text{ V}$

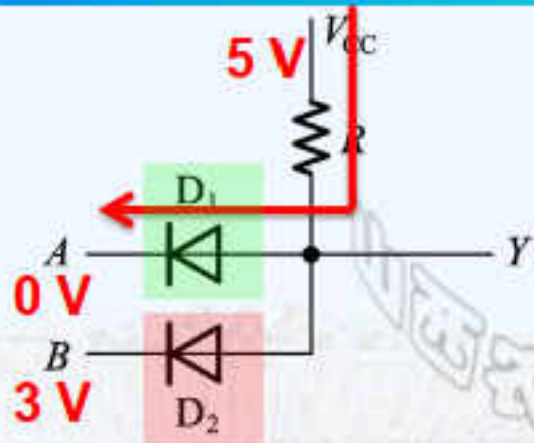
- $V_{IL} = 0\text{ V}$

二极管导通压降

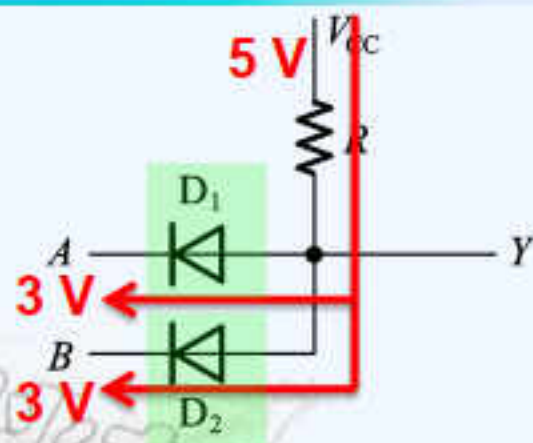
- $V_{DF} = 0.7\text{ V}$



A	B	Y
0	0	0.7



A	B	Y
0	3	0.7



A	B	Y
3	3	3.7

A	B	Y
0	0	0.7
0	3	0.7
3	0	0.7
3	3	3.7

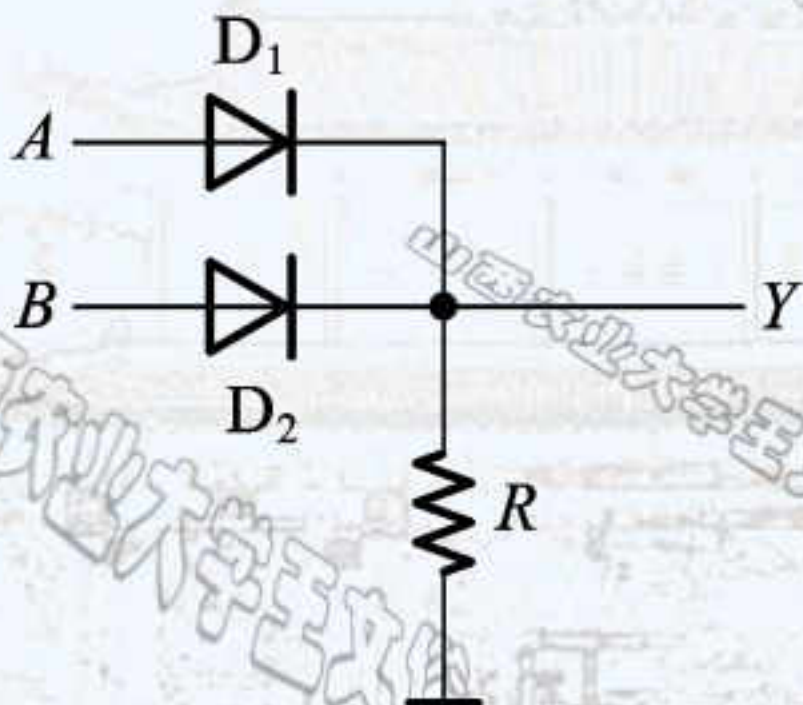
3 V以上为1

0.7 V以下为0

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

逻辑与

• 2、二极管或门电路



电源

- $V_{CC} = 5\text{ V}$

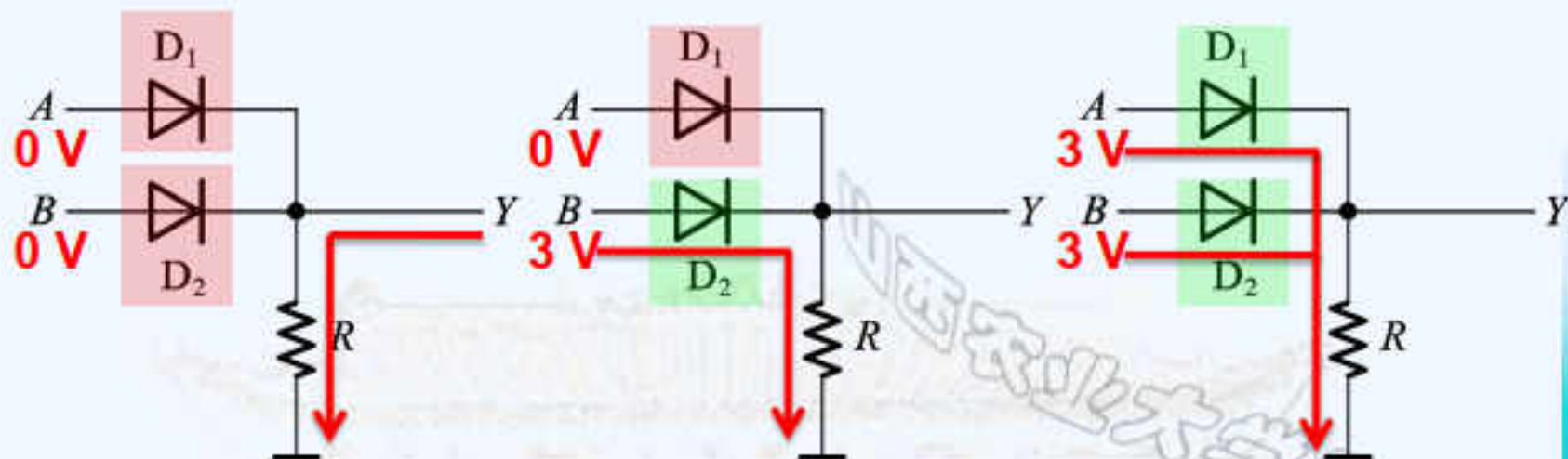
输入端

- $V_{IH} = 3\text{ V}$

- $V_{IL} = 0\text{ V}$

二极管导通压降

- $V_{DF} = 0.7\text{ V}$



A	B	Y
0	0	0

A	B	Y
0	3	2.3

A	B	Y
3	3	2.3

A	B	Y
0	0	0
0	3	2.3
3	0	2.3
3	3	2.3

2.3 V以上为1

0 V以下为0

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

逻辑或

• 3、二极管门电路的缺点

高、低电平信号偏移

二极管与门

A	B	Y
0	0	0.7
0	3	0.7
3	0	0.7
3	3	3.7

二极管或门

A	B	Y
0	0	0
0	3	2.3
3	0	2.3
3	3	2.3

输出的高、低电平数值和输入的高、低电平数值不相等，差一个二极管的**导通压降**。

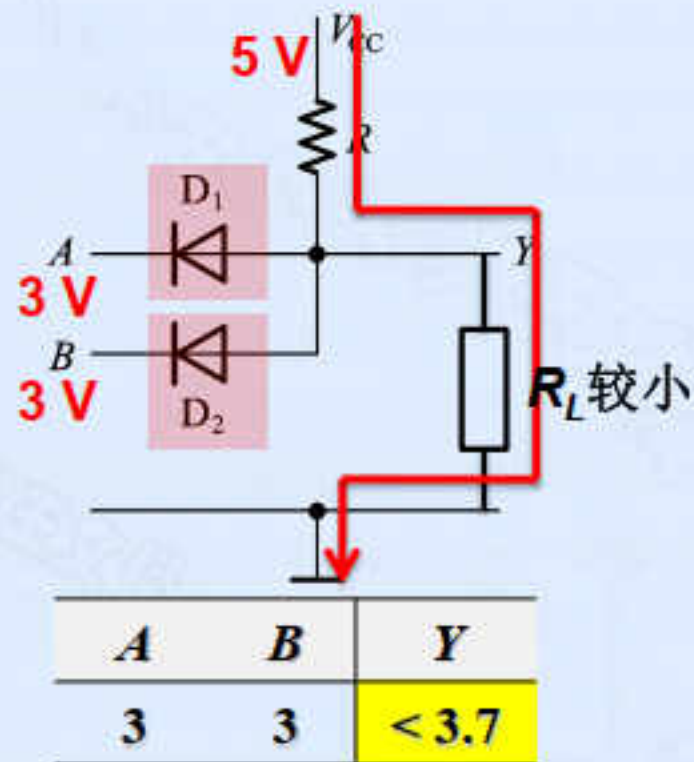
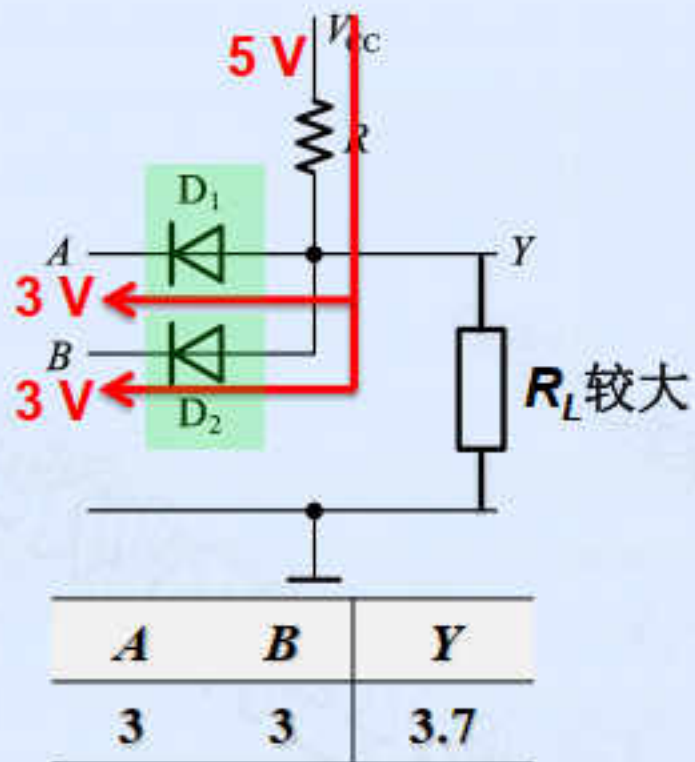
A	B	Y
0	0	0
0	3	2.3
3	0	2.3
3	3	2.3

输出作为下一级输入

高、低电平信号偏移

A	B	Y
0	0	0
0	2.3	1.6
2.3	0	1.6
2.3	2.3	1.6

负载影响输出的高电平



因此，二极管门电路一般只用于集成电路（IC）的内部电路。