

《电工电子学》

# 第六章

主讲教师：龚军

# 第六章 整流、滤波及稳压电路

## 本章内容

6-1 半导体的导电特征

6-2 半导体二极管

6-3 稳压管

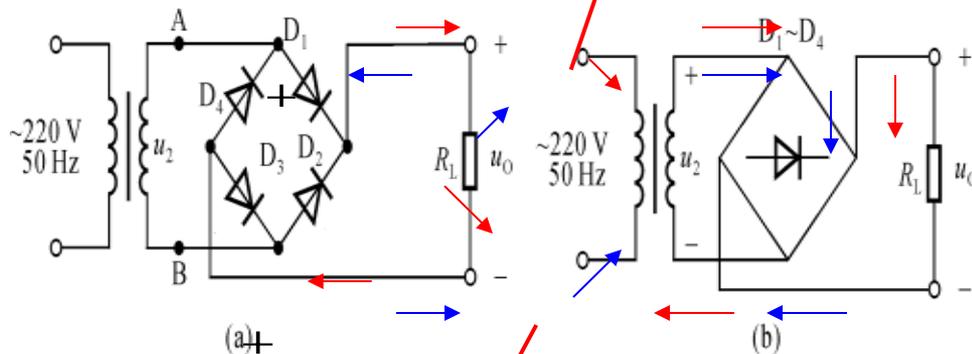
6-4 整流、滤波及其稳压电路

## ● 本章要点：

1. PN结的单向导电性
2. 二极管的伏安特征
3. 稳压二极管管的稳压原理
4. 二极管的整流、滤波电路工作原理

# 单相桥式整流电路

## (1) 工作原理



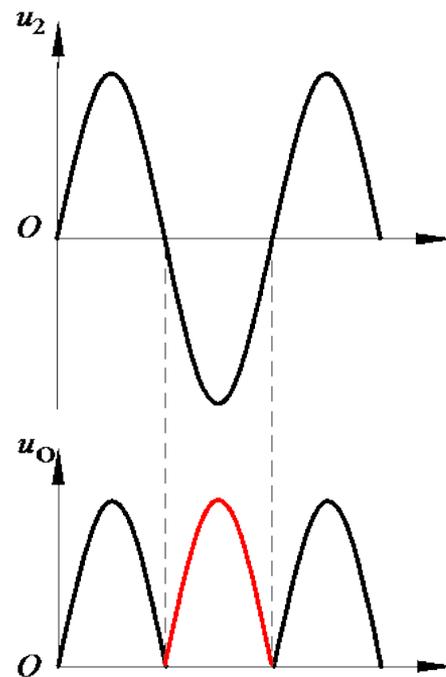
四只管子怎样接?

$u_2$ 的正半周

$A \rightarrow D_1 \rightarrow R_L \rightarrow D_3 \rightarrow B, u_O = u_2$

$u_2$ 的负半周

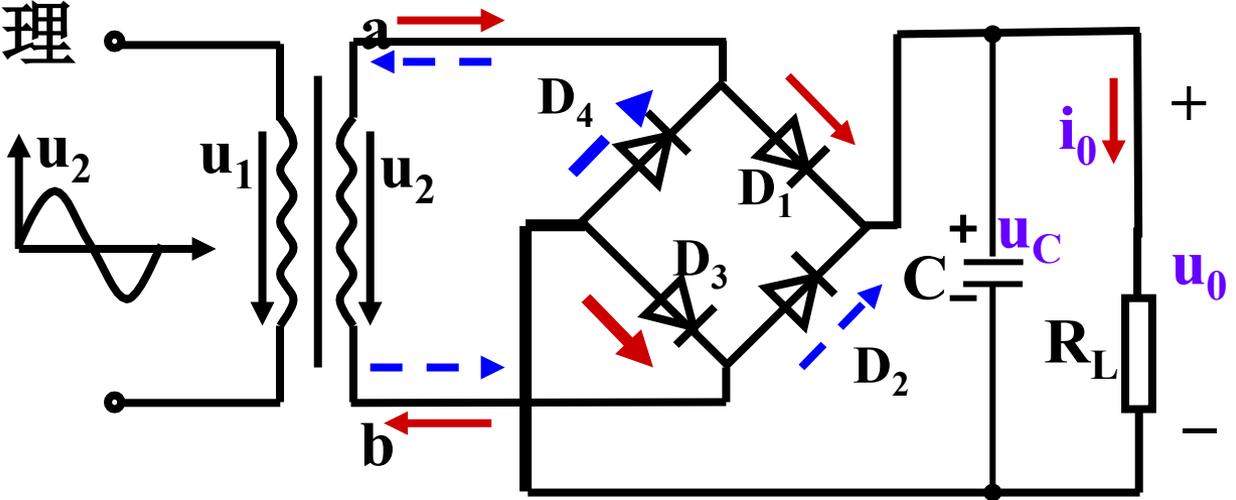
$B \rightarrow D_2 \rightarrow R_L \rightarrow D_4 \rightarrow A, u_O = -u_2$



集成的桥式整流电路称为整流堆。

# 电容滤波电路

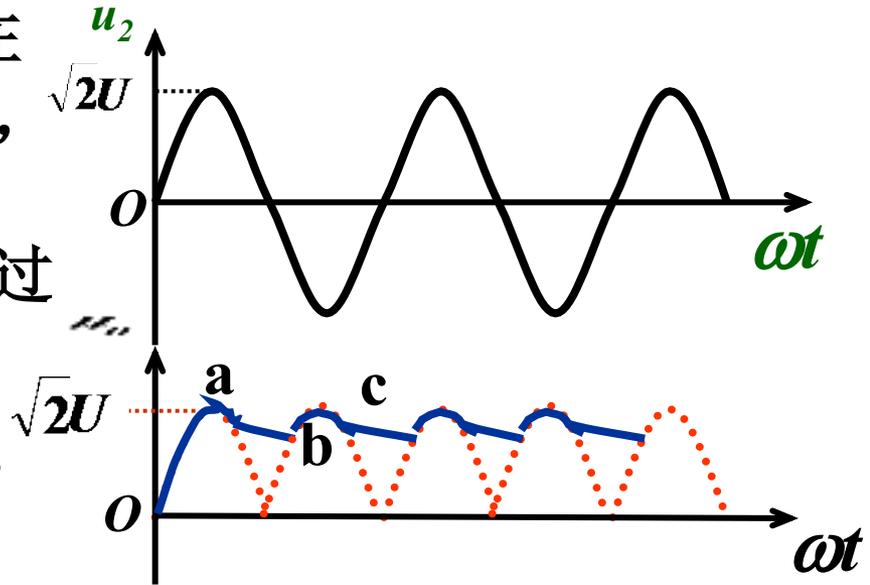
## 1、工作原理



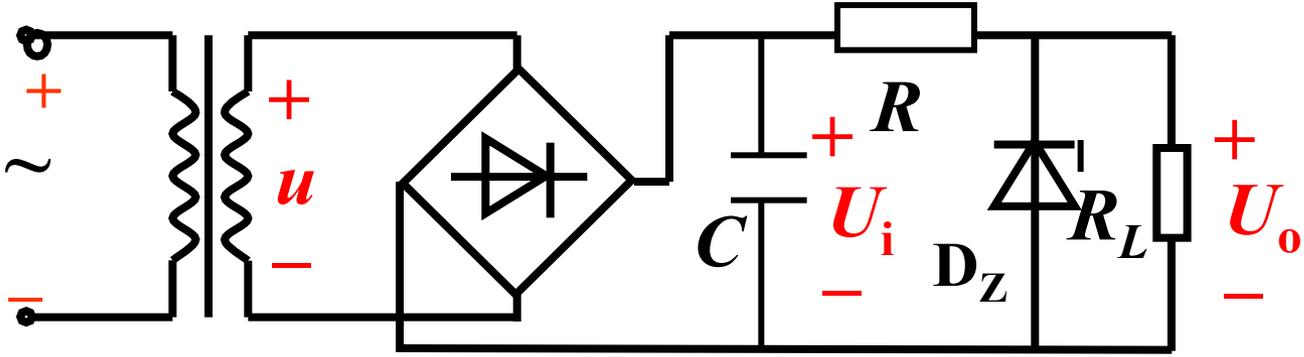
$u_2$  正半周,  $D_1$ 、 $D_3$ 导通, 电源在给负载 $R_L$ 供电的同时也给电容充电,  $u_c$  增长,  $u_0 = u_c$ 。(oa段)

$u_c > u_2$ ,  $D_1$ 、 $D_3$ 截止, 电容C经过 $R_L$ 放电,  $u_0 = u_c$ 。(ab段)

注: 放电的快慢取决于  $\tau = R_L C$  导通,  $u_2 > u_c$  电源又给电容充电,  $u_c$  增长,  $u_0 = u_c$ 。(bc段)

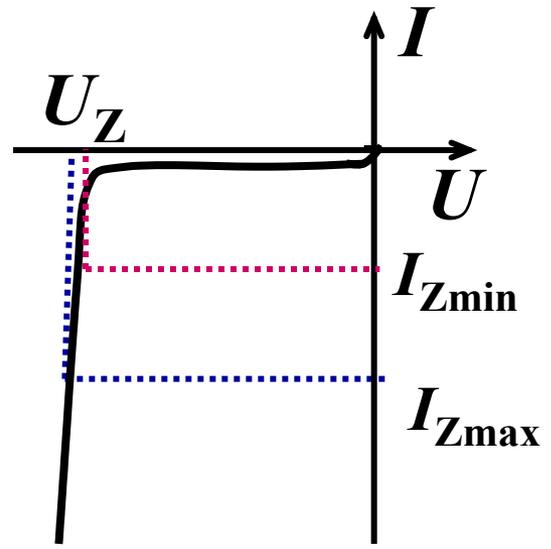


# 稳压管稳压电路



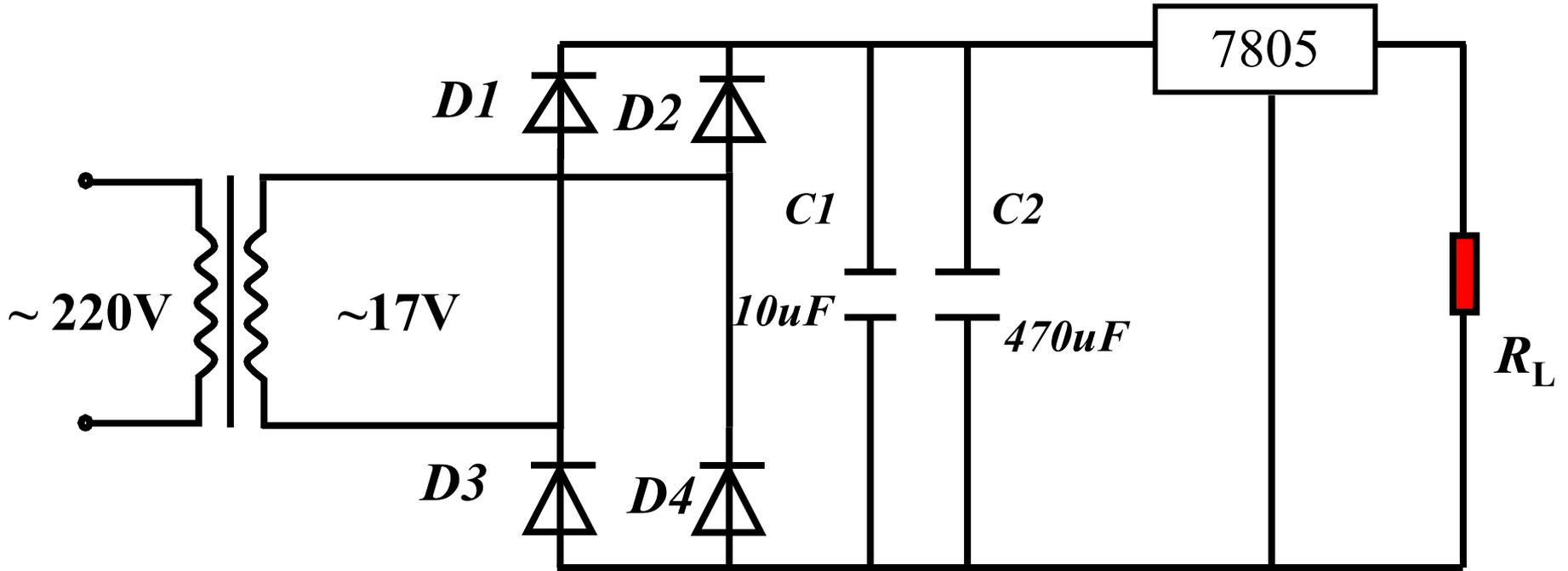
## 稳压管稳压电路

- 稳压管工作在反向击穿区
- 因为两端电压不变，与负载并联起到稳定负载电压作用
- 限制电流  $I_{Z\min} < I_Z < I_{Z\max}$



# 试验内容

试验电路图



## ③ 稳压

将7805接入电路，观察统计输出波形并统计在表

## 6-1 半导体的导电特征

### 知识准备:

物质的导电性能取决于：**原子构造，最外层电子数目越少，导电性就越强。**

物质按导电性能划分：**导体、绝缘体和半导体。**

**导体：**一般是低价元素，如铜、铁、铝等金属

在外电场的作用下自由电子定向流动形成了电流。

**导体具有很好的导电性。**

**绝缘体：**一般为高价元素，如橡胶、塑料、惰性气体

**绝缘体导电性差。**

## 6-1 半导体的导电特征

### 6-1-1 本征半导体

#### 1、半导体导电特征

**半导体：**导电性介于导体和绝缘体之间。经典半导体材料：**硅Si**和**锗Ge**以及**砷化镓GaAs**等。

**热敏性：**当环境温度升高时，导电能力明显增强  
(可做成温度敏感元件，如热敏电阻)。

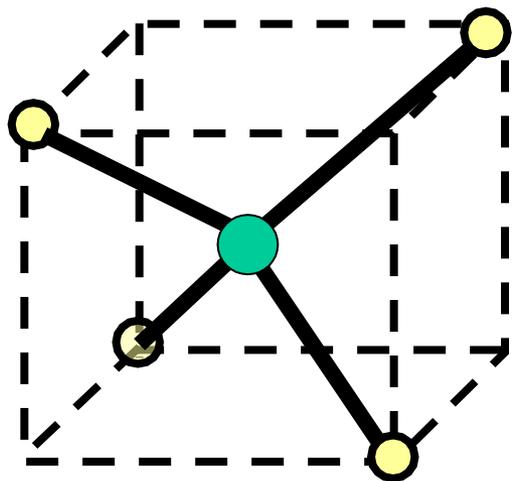
**光敏性：**当受到光照时，导电能力明显变化 (可做成多种光敏元件，如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等)。

**掺杂性：**往纯净的半导体中掺入某些杂质，导电能力明显变化(可做成多种不同用途的半导体器件，如二极管、三极管和晶闸管等)。

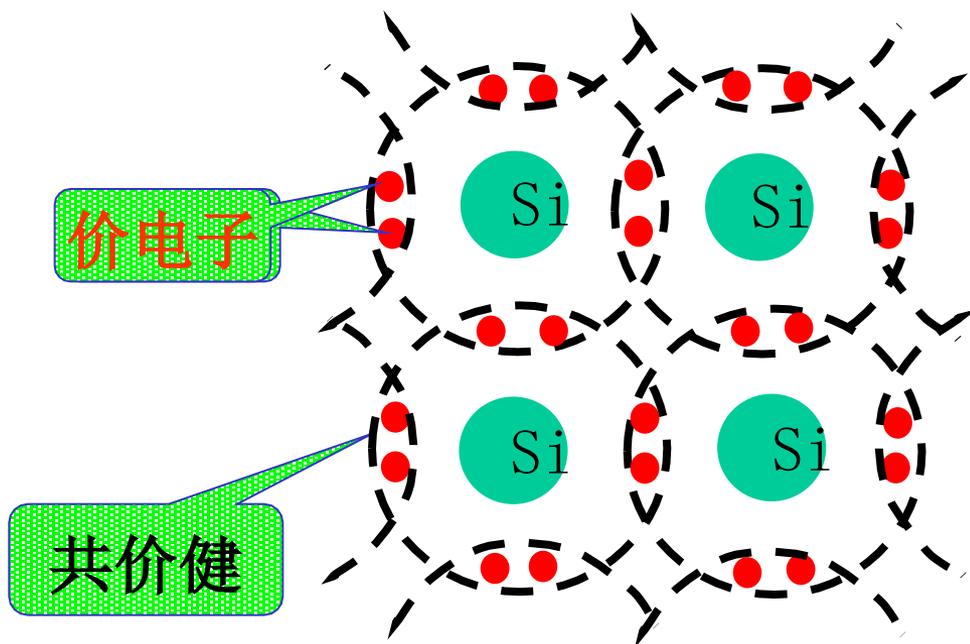
经过一定的工艺过程，能够将半导体制成**晶体**。

## 2 本征半导体

**完全纯净的、具有晶体构造的半导体**，称为**本征半导体**。

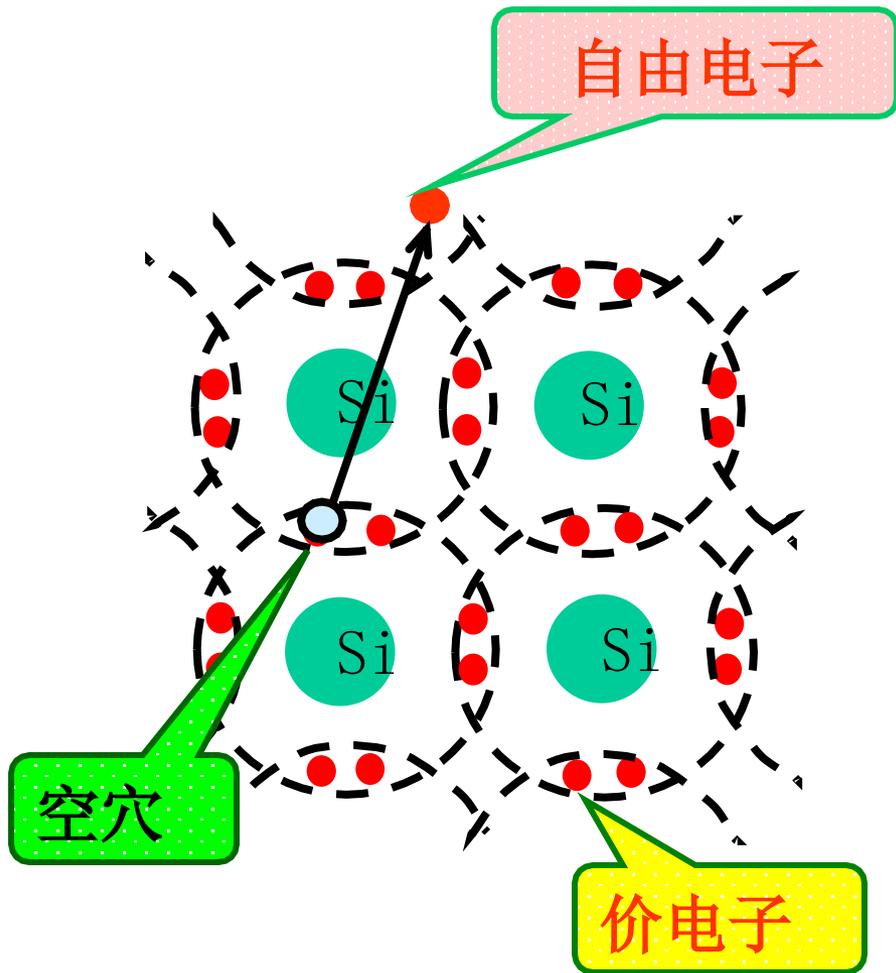


晶体中原子的排列方式



共价键中的两个电子，称为**价电子**。硅单晶中的共价键构造

## 本征半导体的导电机理



价电子在取得一定能量（温度升高或受光照）后，即可摆脱原子核的束缚，成为**自由电子**（带负电），同步共价键中留下一种空位，称为**空穴**（带正电）。  
这一现象称为**本征激发**。

温度愈高，晶体中产生的自由电子便愈多，自由电子和空穴成对出现。

在外电场的作用下，空穴吸引相邻原子的价电子来弥补，而在该原子中出现一种空穴，其成果相当于空穴的运动（相当于正电荷的移动）称为复合运动。

## 本征半导体的导电机理

当半导体两端加上外电压时，在半导体中将出现两部分电流

(1) 自由电子作定向运动 → 电子电流

(2) 价电子递补空穴 → 空穴电流

自由电子和空穴都称为载流子。

自由电子和空穴成对地产生的同步，又不断复合。在一定温度下，载流子的产生和复合到达动态平衡，半导体中载流子便维持一定的数目。

**注意：**

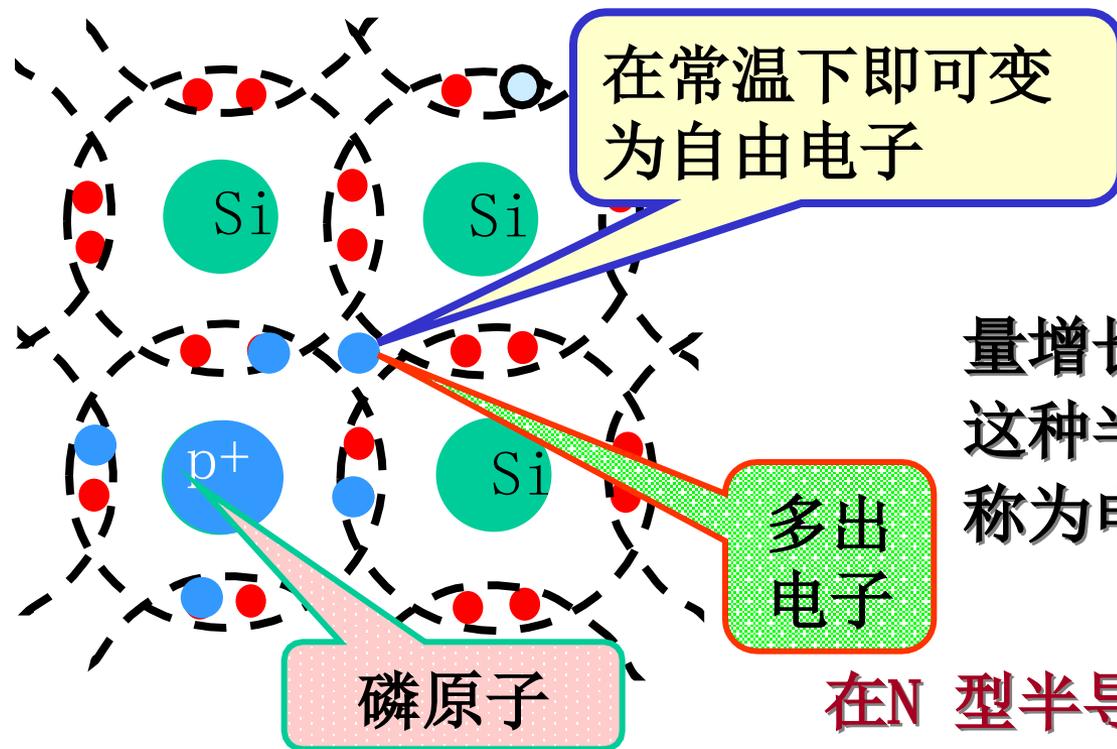
(1) 常温下本征半导体中载流子数目极少，其导电性能很差；

(2) 温度愈高，载流子的数目愈多，半导体的导电性能也就愈好。所以，温度对半导体器件性能影响很大。

(3) 相同条件下，本征半导体较一般半导体导电性弱诸多。

## 6-1-2 N型半导体和P型半导体（掺杂半导体）

在本征半导体中掺入微量的杂质（某种元素），形成掺杂半导体。因掺的杂质不同分为：N型半导体和P型半导体。

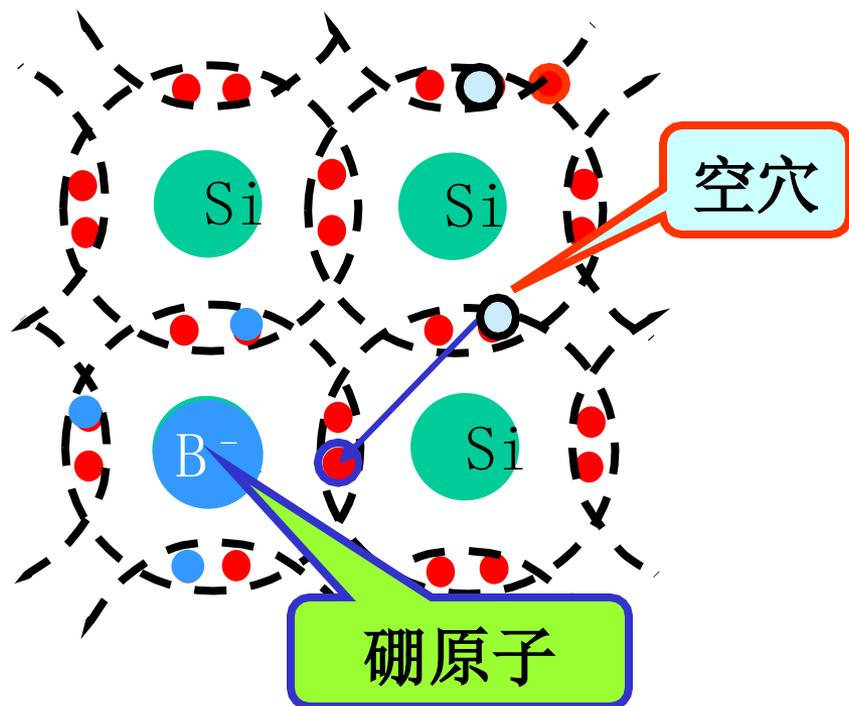


**掺入五价元素**

掺杂后自由电子数目大量增长，自由电子导电成为这种半导体的主要导电方式，称为电子半导体或N型半导体。

**在N型半导体中自由电子是多数载流子，空穴是少数载流子。掺入P元素越多，导电性越强。**

## 6-1-2 N型半导体和 P 型半导体



### 掺入三价元素

掺杂后空穴数目大量增长，空穴导电成为这种半导体的主要导电方式，称为空穴半导体或 P 型半导体。

在 P 型半导体中空穴是多数载流子，自由电子是少数载流子。

不论N型或P型半导体都是中性的，对外不显电性。

## 6-1-3 PN结的形成及其单向导电性

在同一片半导体基片上，分别制造P型半导体和N型半导体，经过载流子的扩散，在它们的交界面处就形成了PN结。

**扩散运动：**物质总是从浓度高度地方向浓度低的地方运动，称为扩散运动

气体

液体

固体

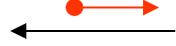
# PN结的形成原理:

空间电荷区称为 PN 结

内电场越强，漂移运动越强，而漂移使空间电荷区变薄。

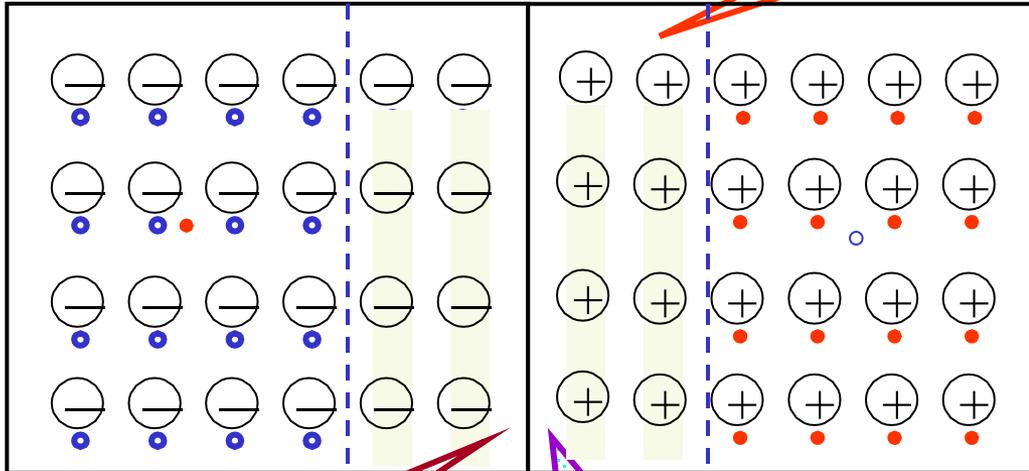
少子的漂移运动

P 型半导体



内电场

N 型半导体



扩散和漂移  
这一对相反的运动最终到达动态平衡，空间电荷区的厚度固定不变。

浓度差

多子的扩散运动

形成空间电荷区

扩散的成果使空间电荷区变宽。

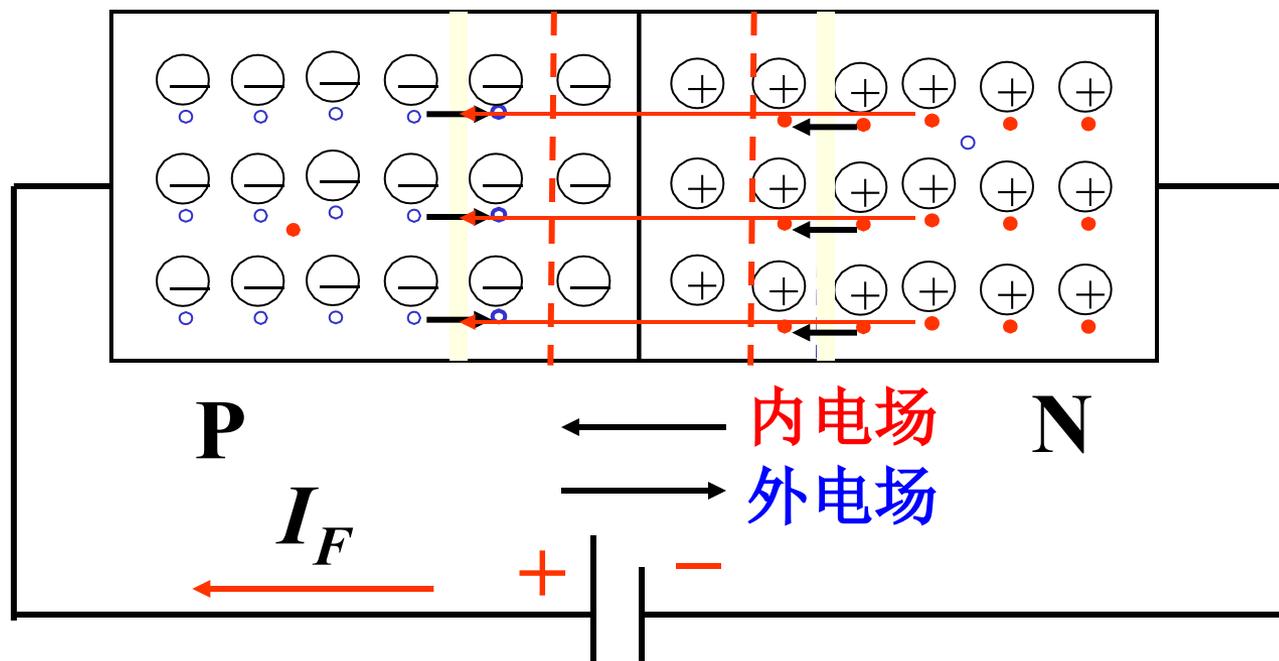
注：PN结的结电容很小

### (三) PN结

#### 2、PN结的单向导电性

P接正、N接负

##### (1) PN结外加正向电压



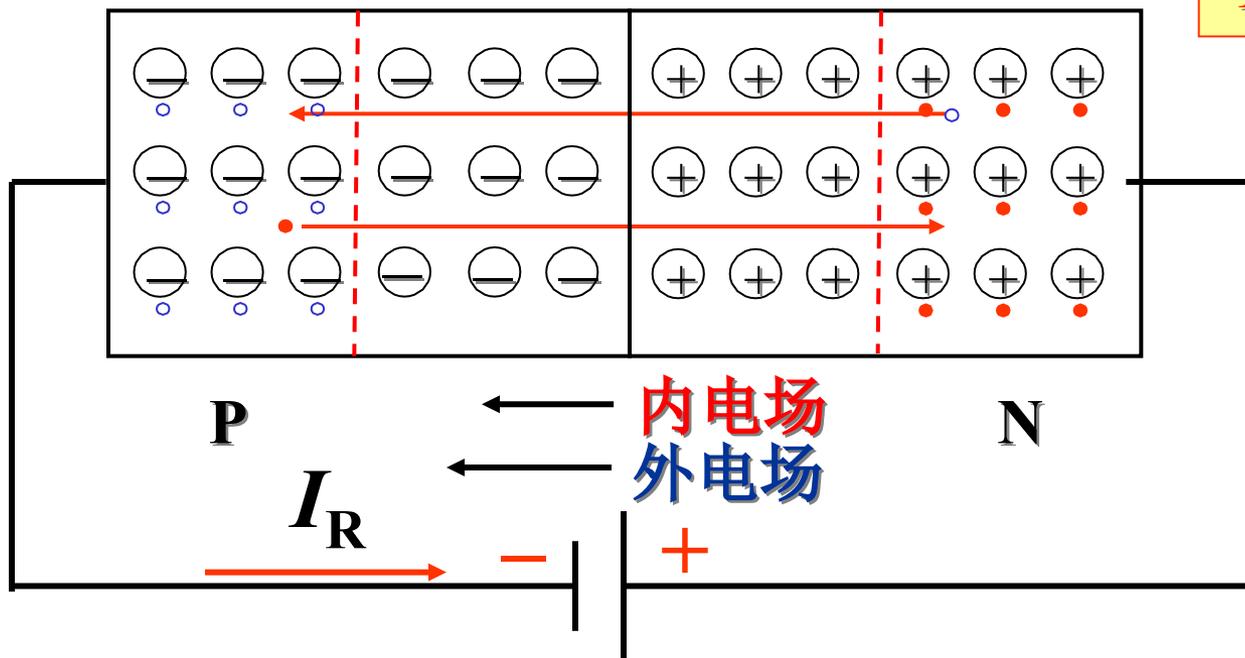
PN结正偏 → 外电场与内电场方向相反 → 扩散 > 漂移

→ PN结变窄 → 有利于扩散进行 → 外部电源不断提供电荷

→ 产生较大的扩散电流  $I_F$  → PN结正向导通

## (2) PN结外加反向电压

P接负、N接正



PN结反偏 → 外电场与内电场方向相同 → 漂移 > 扩散  
→ PN结变宽 → 有利于漂移进行 → 少数载流子运动  
→ 产生较小的反向电流  $I_R$  → PN结反向截止

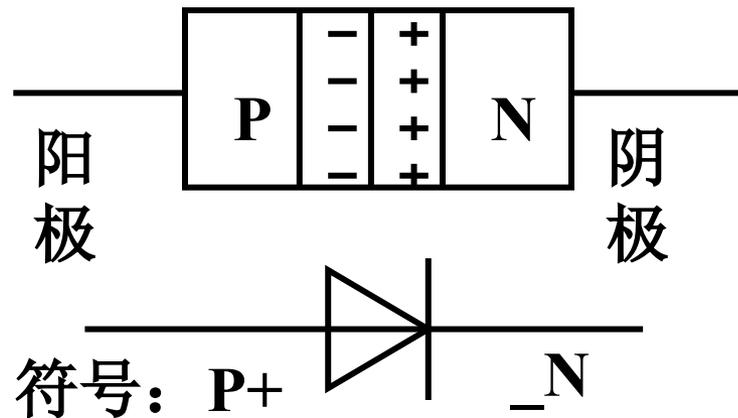
**总结:**

PN结加正向电压	→	导通	} PN结单向导电性
PN结加反向电压	→	截止	

## 6-2 半导体二极管

### (一) 基本构造和分类

PN结加上管壳和引线，就成为半导体二极管。

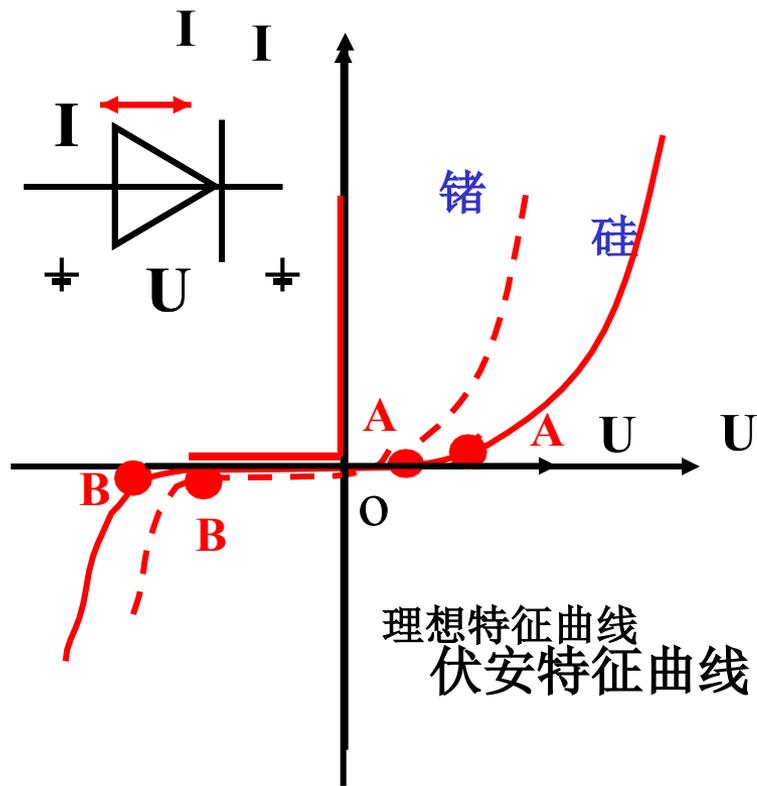


**思索：**

- 1、N型半导体和P型半导体的多数载流子和少数载流子分别是什么？它们的浓度与什么有关？**
- 2、P型半导体是否带正电？N型半导体是否带负电？**
- 3、PN结怎样形成？它为何具有单向导电性？**

## (二) 伏安特征

二极管阳极与阴极之间的电压与流过电流之间的关系曲线



正向：OA段（死区）

硅管约0.5V，锗管约0.2V（死区电压）

正向导通：硅管约0.7V，锗管约0.3V（导通电压或称管降）

理想状态以为管降为0V

反向：OB段（截止区）I近似为0

击穿区 管子被击穿， $U_B$ 反向击穿电压

一般使用二极管时应确保其工作在正向导通或反向截止状态，故以为二极管正偏则导通，反偏则截止——**单向导电性**

### (三) 主要参数

#### 1. 最大整流电流 $I_{DM}$

二极管长久使用时，允许流过二极管的最大正向平均电流。

#### 2. 反向工作峰值电压 $U_{DRM}$

是确保二极管不被击穿而给出的反向峰值电压，一般是二极管反向击穿电压  $U_B$  的二分之一或三分之二。二极管击穿后单向导电性被破坏，甚至过热而烧坏。

#### 3. 反向峰值电流 $I_{DRM}$

指二极管加最高反向工作电压时的反向电流。反向电流大，阐明管子的单向导电性差， $I_{DRM}$  受温度的影响，温度越高反向电流越大。硅管的反向电流较小，锗管的反向电流较大，为硅管的几十到几百倍。

#### (四) 二极管的应用

二极管在电子技术中有广泛的用途。

利用其单向导通特征，能够实现下列电路：

整流 → 将交流电转化成直流电

限幅 → 限制输出信号的幅度

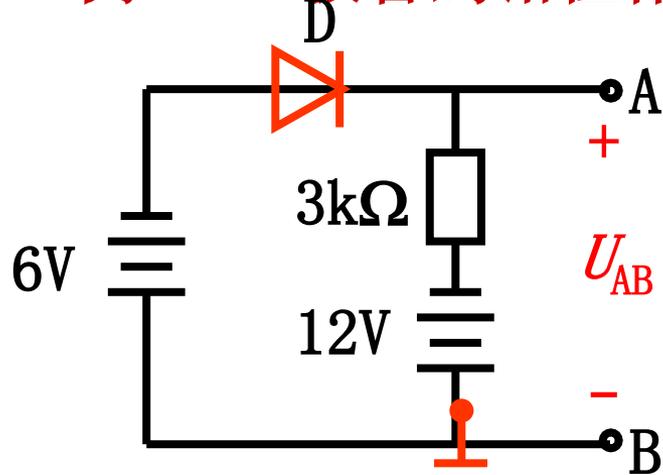
实现逻辑电路 → 实现逻辑运算（钳位）

检波 → 将调波信号的语音信号取出来

保护电路或在数字电路中作开关元件

## (四) 二极管的应用

### 例1: 二极管的钳位作用



电路如图, 求:  $U_{AB}$

取 B 点作参照点, 断开二极管, 分析二极管阳极和阴极的电位。

$$V_{\text{阳}} = -6 \text{ V} \quad V_{\text{阴}} = -12 \text{ V}$$

$V_{\text{阳}} > V_{\text{阴}}$  二极管导通

若忽视管压降, 二极管可看作短路,  $U_{AB} = -6 \text{ V}$

若考虑管降,  $U_{AB}$  低于  $-6 \text{ V}$  一种管压降, 为  $-6.3 \text{ V}$  或  $-6.7 \text{ V}$

在这里, 二极管起钳位作用。

## 总结:

1、二极管电路分析: 先判断二极管的工作状态 { 导通  
截止

**分析措施:** 将二极管断开, 分析二极管两端电位的高下或所加电压  $U_D$  的正负。

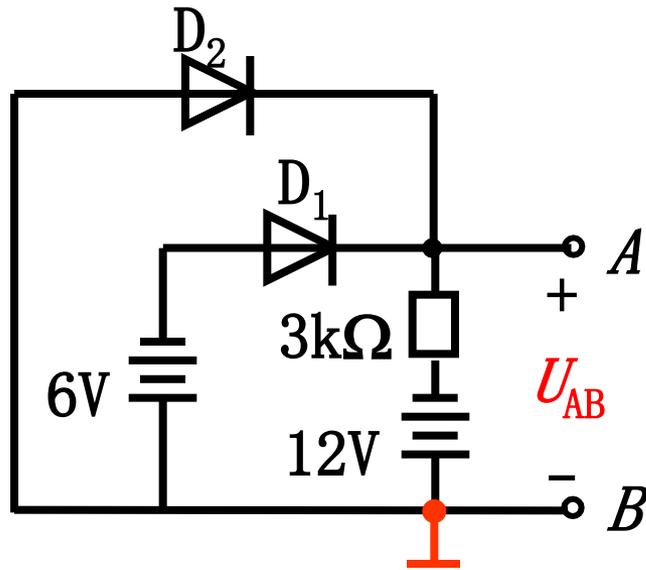
若  $V_{\text{阳}} > V_{\text{阴}}$  或  $U_D$  为正, 二极管导通

若  $V_{\text{阳}} < V_{\text{阴}}$  或  $U_D$  为负, 二极管截止

若二极管是理想的, 正向导通时管压降为零, 二极管相当于导线;  
反向截止时二极管相当于开路。

考虑管降, 正向管压降 { 硅0.6~0.7V  
锗0.2~0.3V

例:



求:  $U_{AB}$

两个二极管的阴极接在一起

取 B 点作参照点, 断开二极管, 分析二极管阳极和阴极的电位。

$$V_{1阳} = -6 \text{ V}, \quad V_{2阳} = 0 \text{ V}, \quad V_{1阴} = V_{2阴} = -12 \text{ V}$$

$$U_{D1} = 6\text{V}, \quad U_{D2} = 12\text{V}$$

$\because U_{D2} > U_{D1} \quad \therefore D_2$  优先导通,  $D_1$  截止。

若忽视管压降, 二极管可看作短路,  $U_{AB} = 0 \text{ V}$

流过  $D_2$  的电流为

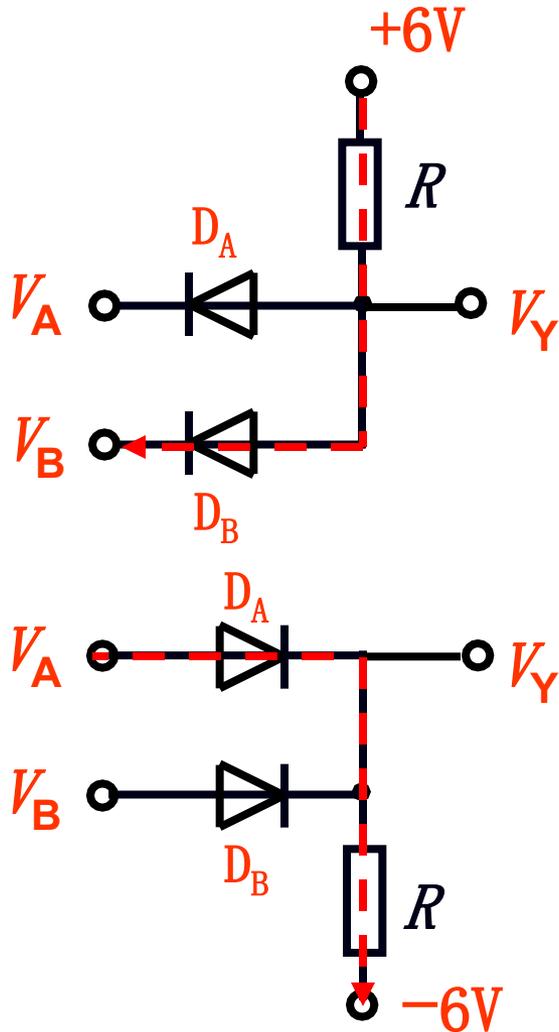
$$I_{D2} = \frac{12}{3} = 4\text{mA}$$

在这里,  $D_2$  起钳位作用,  $D_1$  起隔离作用。

$D_1$  承受反向电压为  $-6 \text{ V}$

## 例2: “与”逻辑:

当  $V_A = 3V$ ,  $V_B = 0V$  时, 分析输出端的电位  $V_Y$ 。



$$\because U_{DB} > U_{DA}$$

$\therefore D_B$  优先导通,  $D_A$  截止。

理想二极管:  $V_Y = V_B = 0V$

锗二极管:  $V_Y = V_B + U_D = 0.3V$

硅二极管:  $V_Y = V_B + U_D = 0.7V$

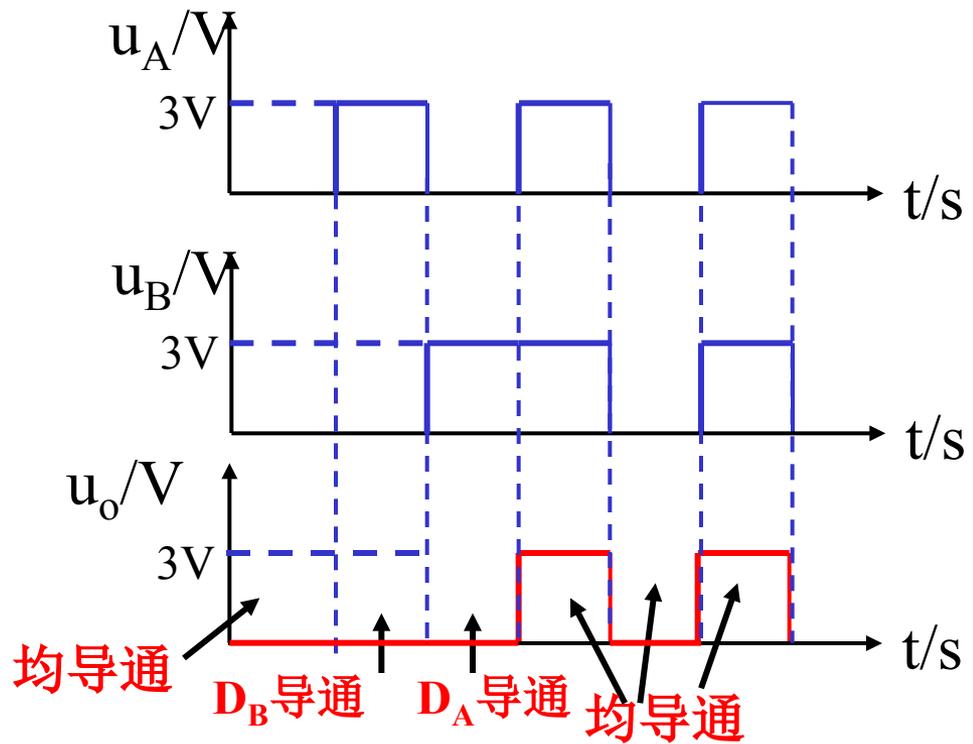
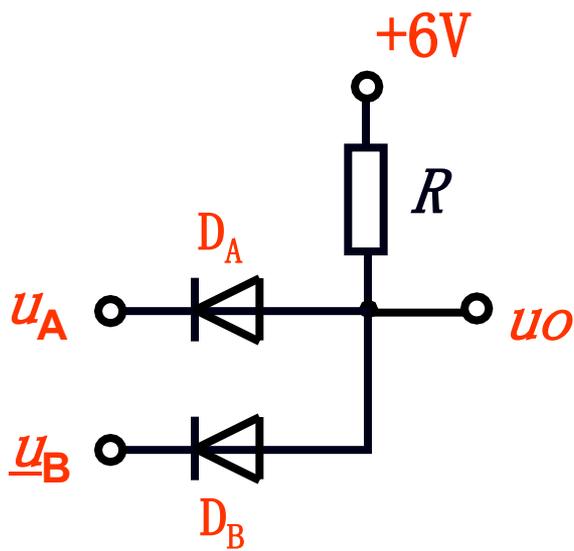
$$\because U_{DA} > U_{DB}$$

$\therefore D_A$  优先导通,  $D_B$  截止。

理想二极管:  $V_Y = V_A = 3V$

锗二极管:  $V_Y = V_A - U_D = 2.7V$

硅二极管:  $V_Y = V_A - U_D = 2.3V$



当输入均为同3V时，输出才为3V

当输入有一为0V时，输出为0V

实现了“与”门逻辑

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/148047032013006137>