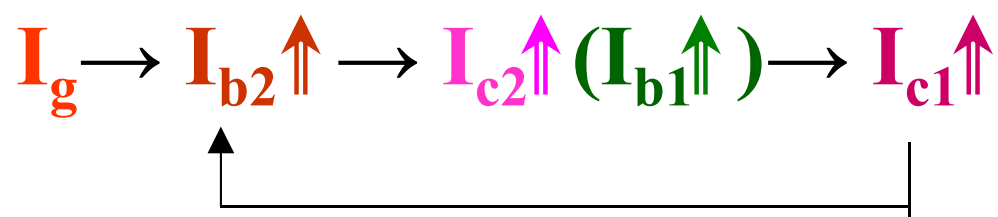
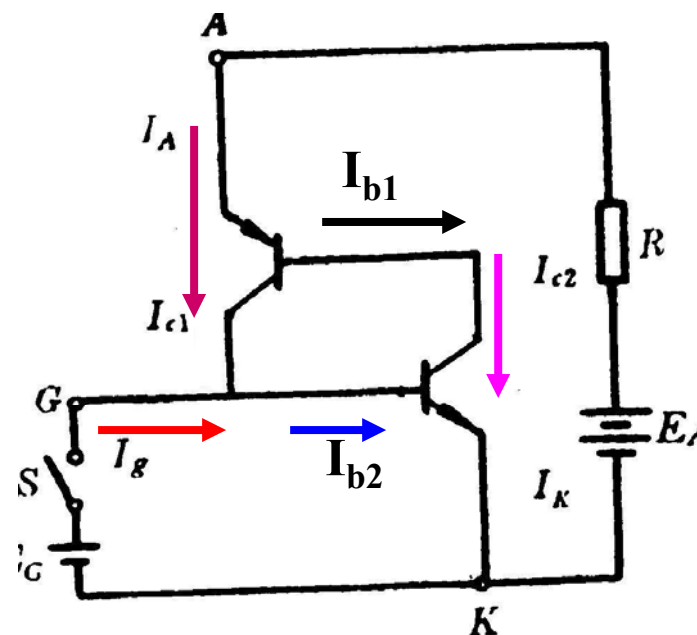


导通过程



正反馈, 自锁



关断过程:

打破自锁条件 \leftarrow 令 $I_A = 0$

★晶闸管的通断条件

脉冲触发

断 → 通

1. 阳极和阴极之间加正向阳极电压

且

2. 门和阴极之间加适当的正向门极电压

维持导通: 阳极和阴极之间的电流大于维持
电流(此时门极电压不起作用)

通 → 断: 阳极和阴极之间的电流小于维持电流

正弦半波的电流平均值与有效值

设电流峰值为 I_m ，则通态平均电流

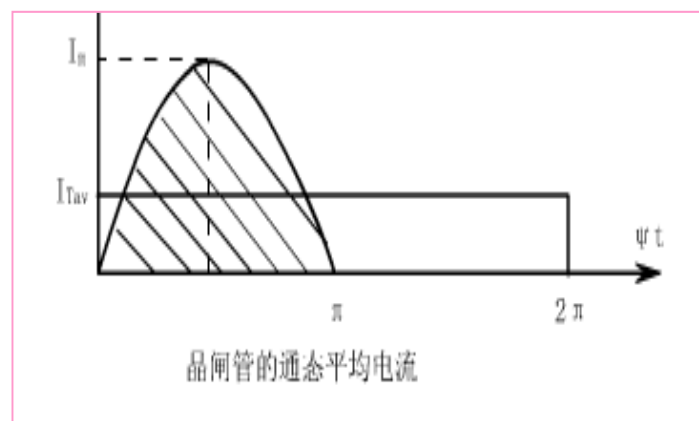
$$\begin{aligned} I_{Tav} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin \omega t d(\omega t) \\ &= \frac{I_m}{2\pi} (-\cos \omega t) \Big|_0^{\pi} \\ &= \frac{I_m}{\pi} \end{aligned}$$

该电流波形的有效值

$$\begin{aligned} I_T &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (I_m \sin \omega t)^2 d(\omega t)} \\ &= I_m \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \left(\frac{1}{2} - \frac{\cos \omega t}{2} \right) d(\omega t)} \\ &= \frac{I_m}{2} \end{aligned}$$

正弦半波电流波形系数 K_f 应有

$$K_f = \frac{I_T}{I_{Tav}} = \frac{I_m/2}{I_m/\pi} = 1.57$$



通过非正弦波形的电流时晶闸管额定电流如何计算？

电流有效值相等即发热相同的原理

**将非正弦半波电流的有效值 I_T 折合成
等效的正弦半波电流平均值去选择晶闸管额定值**

$$I_T = K_f I_d$$

$$I_{Tav} = I_T / 1.57$$

在实际选用时，一般取1.5—2倍的安全裕量

可以认为，额定有效值电流为 $1.57I_{Tav}$

- 用法一: 对于任意波形应用，在知道具体电流大小，求解晶闸管的额定电流取值
- 用法二: 对于任意波形应用，给定晶闸管的额定电流后，求解任意波形的平均值最大允许值

◆维持电流 I_H

☞维持电流是指使晶闸管维持导通所必需的最小电流，一般为几十到几百毫安。

☞结温越高，则 I_H 越小。

◆擎住电流 I_L

☞擎住电流是晶闸管刚从断态转入通态并移除触发信号后，能维持导通所需的最小电流。

☞对于同一个晶闸管来说，约为 I_H 的2~4倍

◆浪涌电流 I_{TSM}

☞指由于电路异常情况引起的并使结温超过额定结温的不重复性最大正向过载电流。

第9章 电力电子器件应用的 共性问题

9.1 电力电子器件的驱动

■ 驱动电路

- ◆ 是电力电子主电路与控制电路之间的**接口**。
- ◆ 良好的驱动电路使电力电子器件工作在较理想的**开关状态**，缩短开关时间，减小开关损耗。
- ◆ 对装置的运行效率、可靠性和安全性都有重要的意义。
- ◆ 一些保护措施也往往设在驱动电路中，或通过驱动电路实现。

■ 驱动电路的基本任务

- ◆ 按控制目标的要求给器件施加**开通**或**关断**的信号。
- ◆ 对半控型器件只需提供开通控制信号；对全控型器件则既要提供开通控制信号，又要提供关断控制信号。

■ 驱动电路还要提供控制电路与主电路之间的电气隔离环节，一般采用**光隔离**或**磁隔离**。

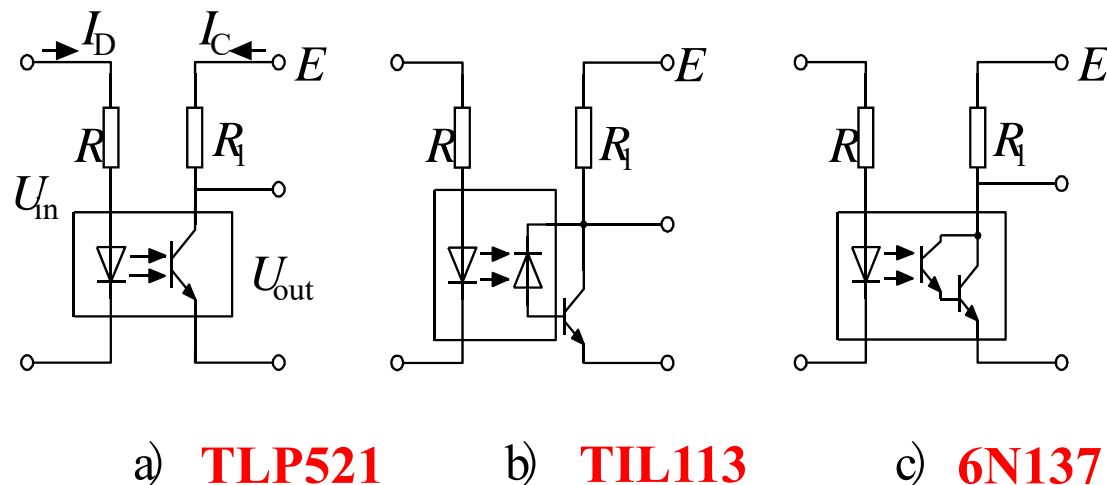
◆ 光隔离一般采用光耦合器

☞ 光耦合器由发光二极管和光敏晶体管组成，封装在一个外壳内。

☞ 有**普通**、**高速**和**高传输比**三种类型。

◆ 磁隔离的元件通常是脉冲变压器

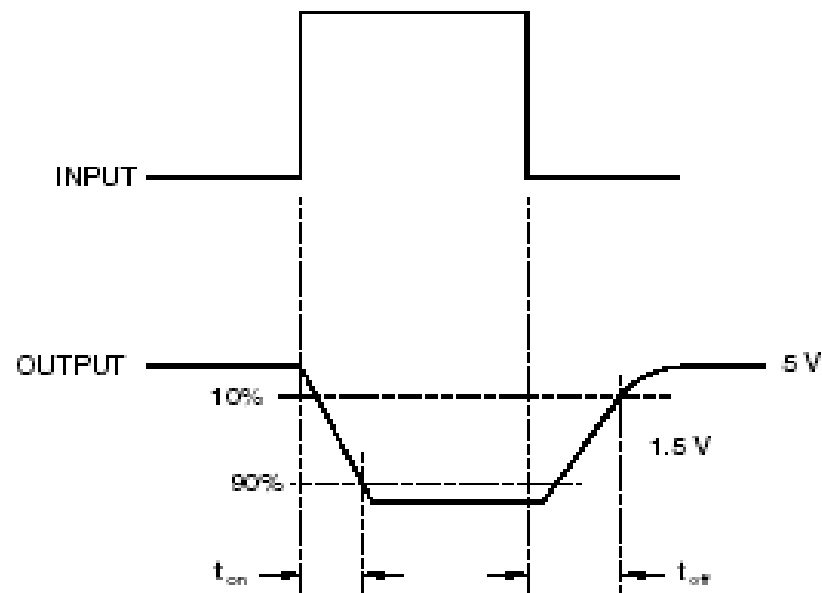
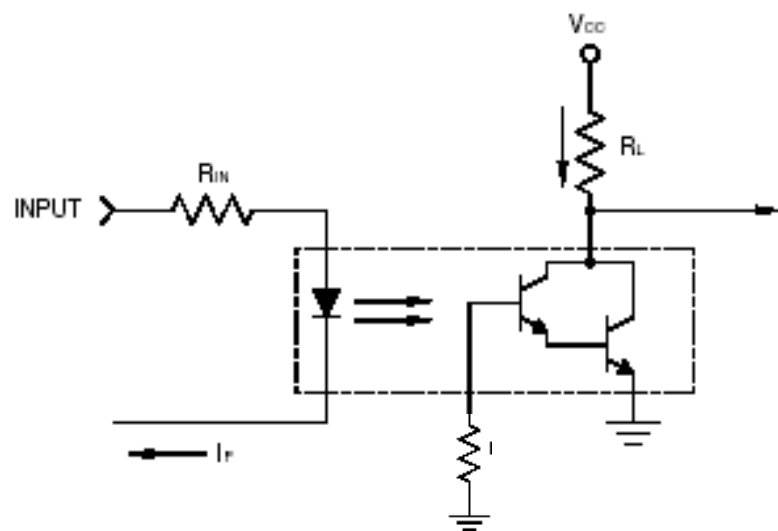
☞ 当脉冲较宽时，为避免铁心饱和，常采用**高频调制和解调**的方法。



光耦合器的类型及接法

a) 普通型 b) 高速型 c) 高传输比型

光耦驱动



- 特点：
1. 参数设计简单
 2. 输出端需要隔离驱动电源
 3. 带宽/驱动功率有限

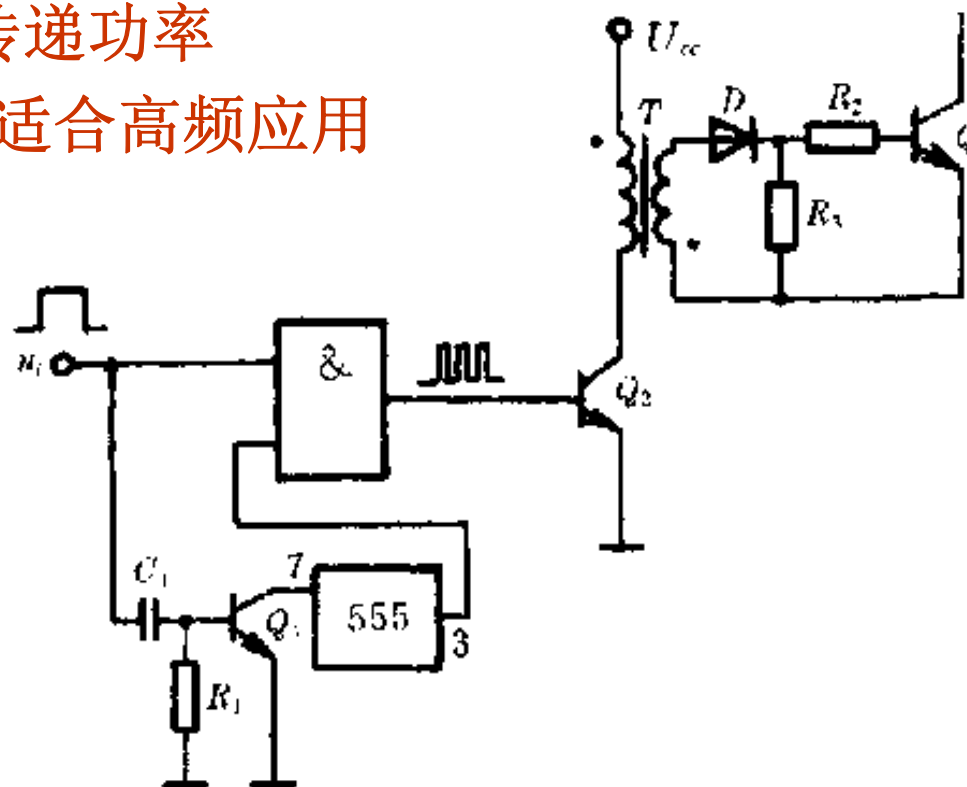
二、磁耦合-变压器隔离

特点:1.即可传递信号又可传递功率

2.频率越高,体积越小-适合高频应用

用于传送较低频信号时

——调制/解调 (了解)



■ 驱动电路的分类

◆ 按照驱动电路加在电力电子器件控制端和公共端之间信号的性质，可以将电力电子器件分为**电流驱动型**和**电压驱动型**两类。

◆ 晶闸管的驱动电路常称为触发电路。

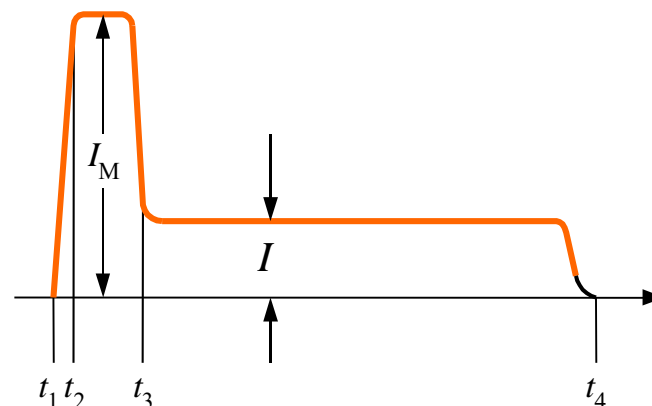
■ 驱动电路具体形式可为**分立元件**的，但目前的趋势是采用专用**集成驱动电路**。

◆ 双列直插式集成电路及将光耦隔离电路也集成在内的混合集成电路。

◆ 为达到参数最佳配合，首选所用器件生产厂家专门开发的集成驱动电路。

■ 晶闸管的触发电路

- ◆ 作用：产生符合要求的**门极触发脉冲**，保证晶闸管在需要的时刻由阻断转为导通。
- ◆ 晶闸管触发电路往往还包括对其触发时刻进行控制的**相位控制电路**。



理想的晶闸管触发脉冲电流波形
 $t_1 \sim t_2$ —脉冲前沿上升时间 ($< 1 \mu s$)
 $t_1 \sim t_3$ —强脉冲宽度
 I_M —强脉冲幅值 ($3I_{GT} \sim 5I_{GT}$)
 $t_1 \sim t_4$ —脉冲宽度
 I —脉冲平顶幅值 ($1.5I_{GT} \sim 2I_{GT}$)

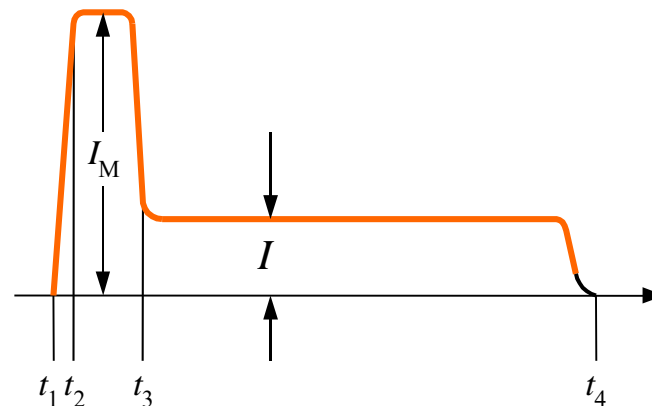
◆ 触发电路应满足下列要求

☞ 触发脉冲的宽度应保证晶闸管可靠导通，比如对感性和反电动势负载的变流器应采用宽脉冲或脉冲列触发。

☞ 触发脉冲应有足够的幅度，维持到阳极电流大于掣住电流以后才能撤销。

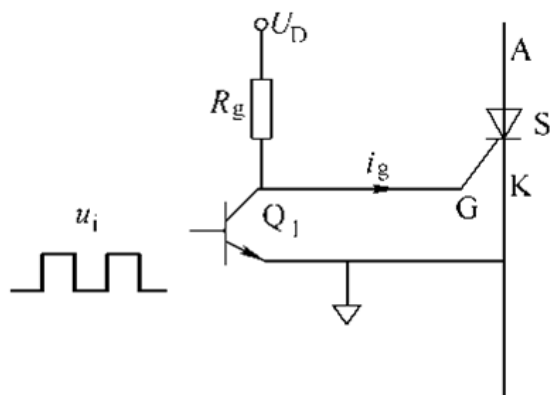
☞ 触发脉冲应不超过晶闸管门极的电压、电流和功率定额，且在门极伏安特性的可靠触发区域之内。

☞ 应有良好的抗干扰性能、温度稳定性及与主电路的电气隔离。



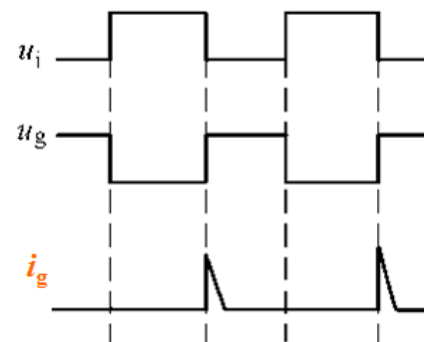
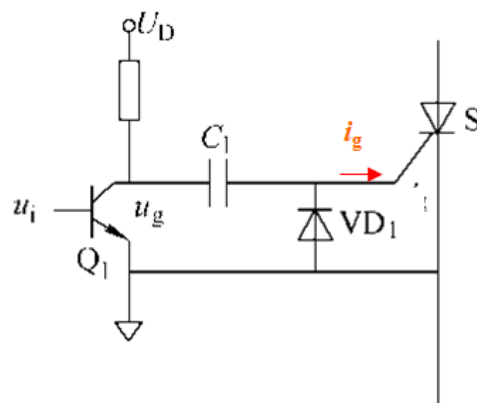
理想的晶闸管触发脉冲电流波形
 $t_1 \sim t_2$ —脉冲前沿上升时间 ($< 1\mu s$)
 $t_1 \sim t_3$ —强脉冲宽度
 I_M —强脉冲幅值 ($3I_{GT} \sim 5I_{GT}$)
 $t_1 \sim t_4$ —脉冲宽度
 I —脉冲平顶幅值 ($1.5I_{GT} \sim 2I_{GT}$)

9.1.1 晶闸管的触发电路



驱动电流 $I_g \approx U_D / R_g$

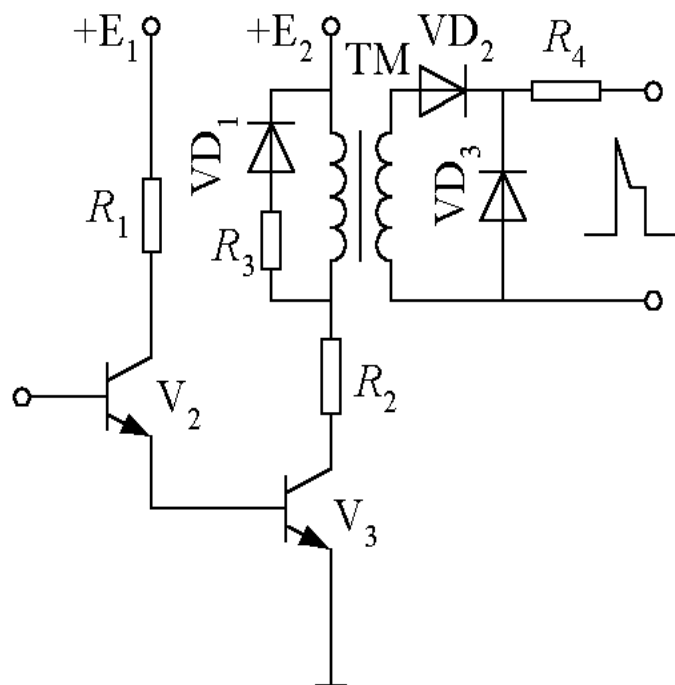
(a) 电平触发



(b) 脉冲触发

图5-1 反相放大触发电路

9.1.1 晶闸管的触发电路



常见的晶闸管触发电路

■ 常见的晶闸管触发电路

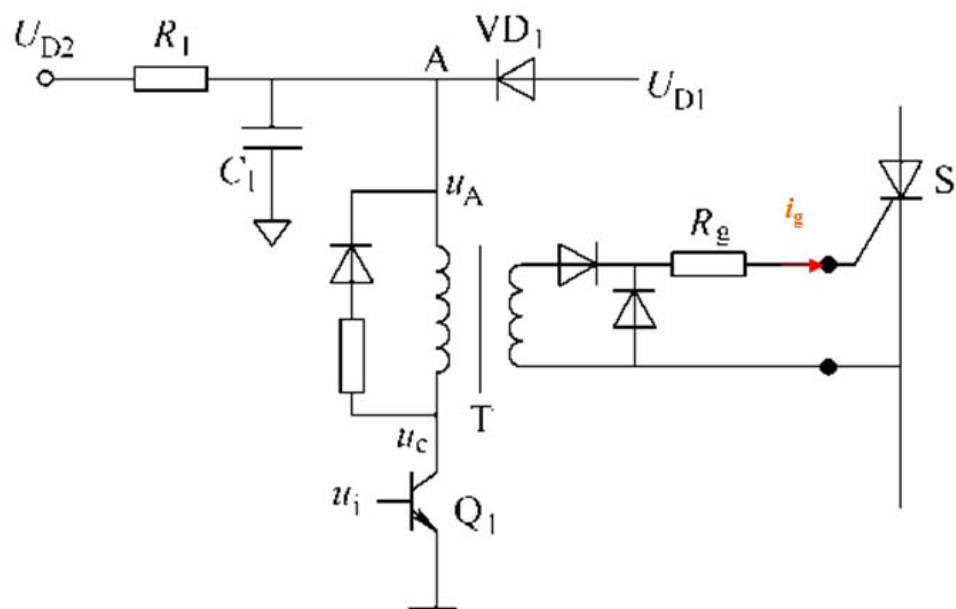
◆ 由 V_2 、 V_3 构成的脉冲放大环节和脉冲变压器TM和附属电路构成的脉冲输出环节两部分组成。

◆ 当 V_2 、 V_3 导通时，通过脉冲变压器向晶闸管的门极和阴极之间输出触发脉冲。

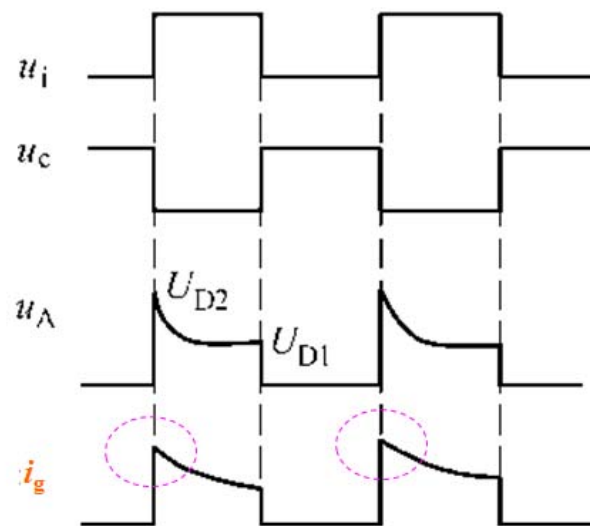
◆ VD_1 和 R_3 是为了 V_2 、 V_3 由导通变为截止时脉冲变压器TM释放其储存的能量而设的。

◆ 为了获得触发脉冲波形中的强脉冲部分，还需适当附加其它电路环节。

9.1.1 晶闸管的触发电路



(a) 强触发电路



(b) 工作波形

图9-2 强触发电路及触发电流波形

■ GTR的基本特性

◆ 静态特性

✎ 在共发射极接法时的典型输出特性分为截止区、放大区和饱和区三个区域。

✎ 在电力电子电路中，GTR工作在开关状态，即工作在截止区或饱和区。

✎ 在开关过程中，即在截止区和饱和区之间过渡时，一般要经过放大区。

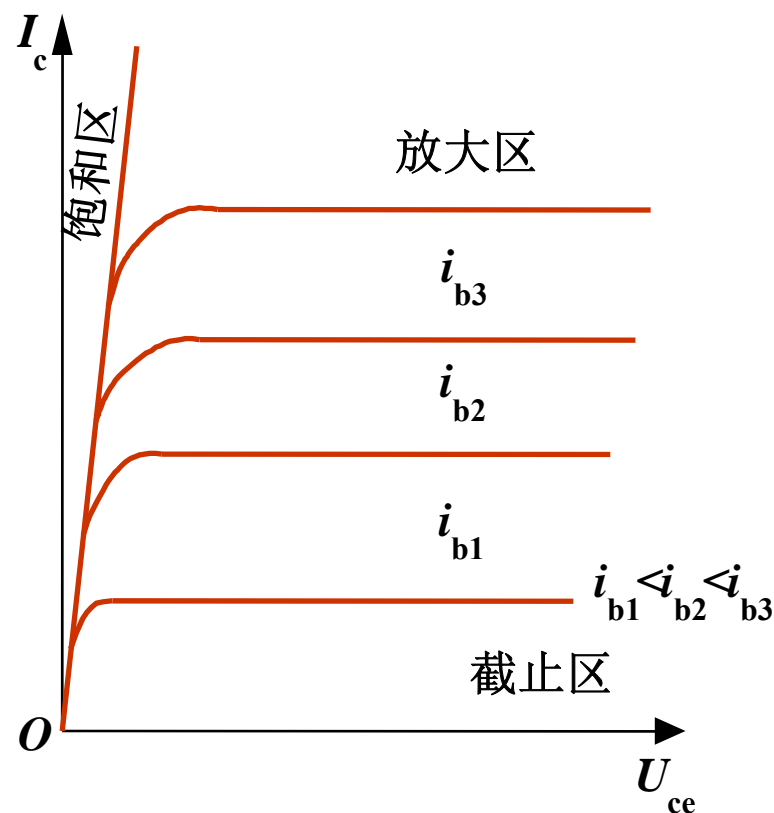


图2-17 共发射极接法时
GTR的输出特性

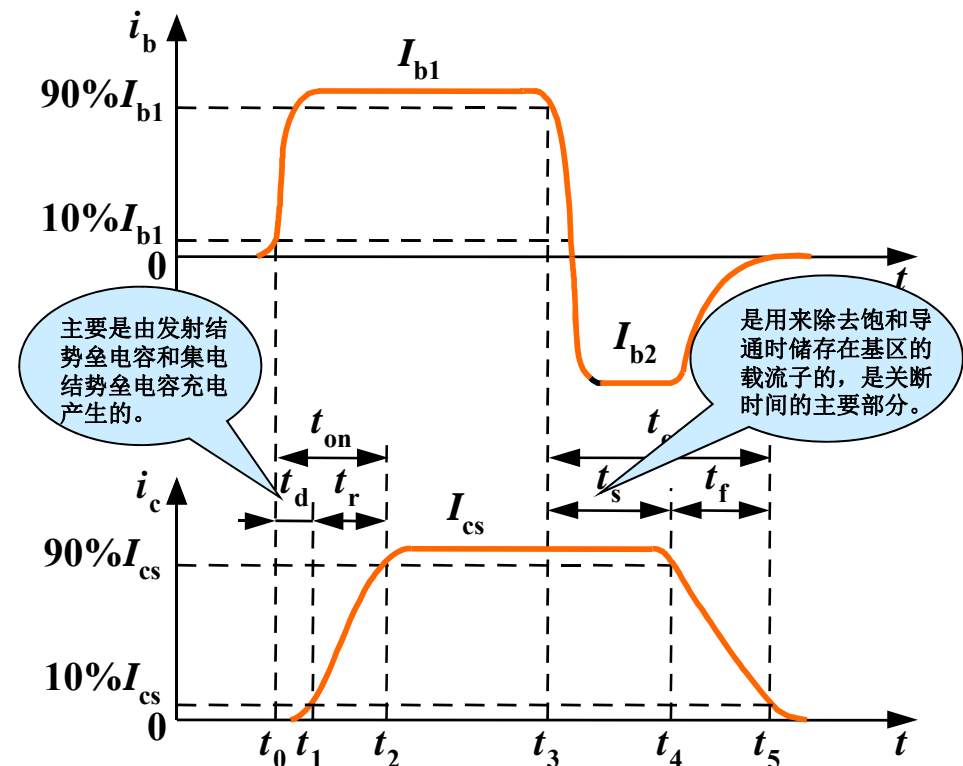
◆ 动态特性

☞ 开通过程

- √ 需要经过延迟时间 t_d 和上升时间 t_r ，二者之和为开通时间 t_{on} 。
- √ 增大基极驱动电流 i_b 的幅值并增大 di_b/dt ，可以缩短延迟时间，同时也可以缩短上升时间，从而加快开通过程。

☞ 关断过程

- √ 需要经过储存时间 t_s 和下降时间 t_f ，二者之和为关断时间 t_{off} 。
- √ 减小导通时的饱和深度以减小储存的载流子，或者增大基极抽取负电流 I_{b2} 的幅值和负偏压，可以缩短储存时间，从而加快关断速度。
- ☞ GTR的开关时间在几微秒以内，比晶闸管和GTO都短很多。



加速开通、截止反偏

一、加速电容

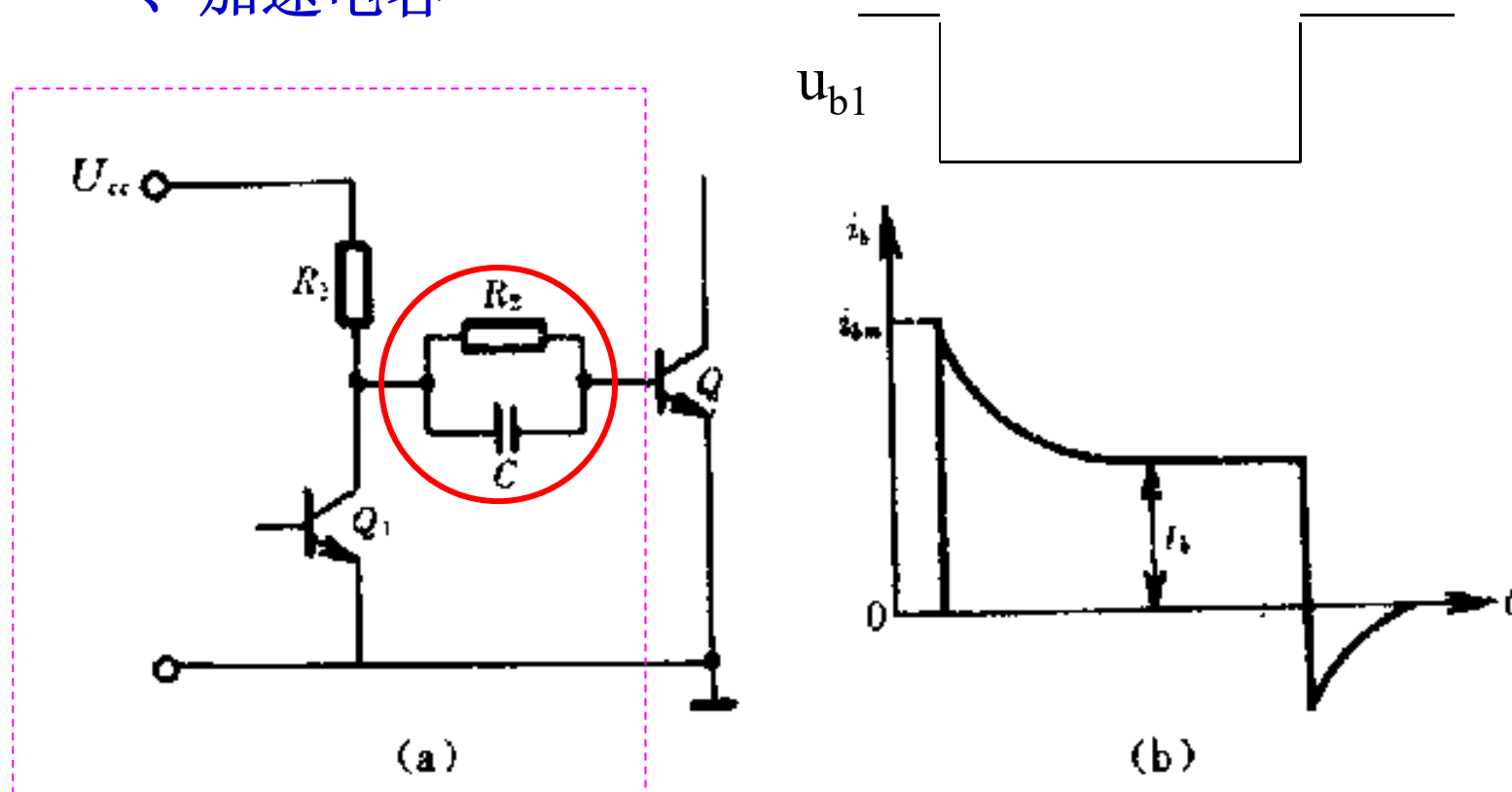


图 12-10 采用加速电容的驱动电路

二、抗饱和电路

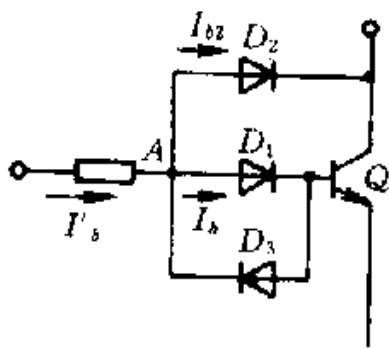


图 12-11 抗饱和电路

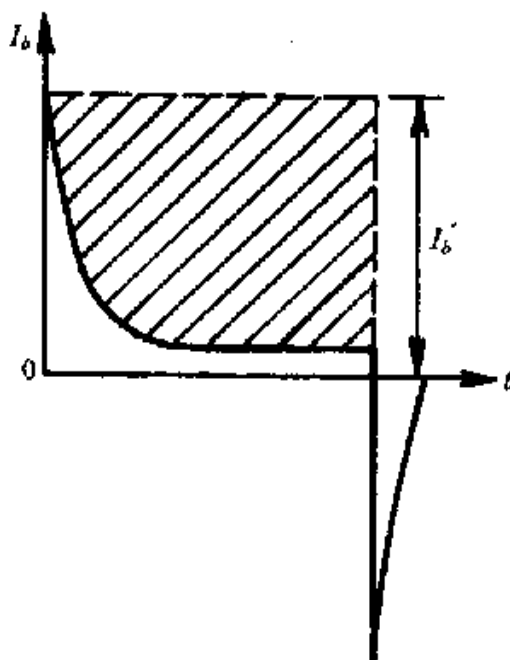


图 12-12 加抗饱和电路后的基极电流的波形

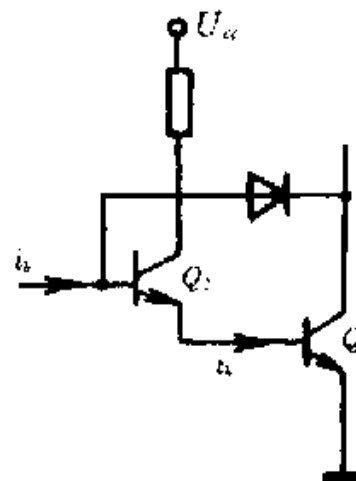


图 12-13 改进后的抗饱和电路

9.1.3 典型全控型器件的驱动电路

三、截止反偏驱动电路—加快关断

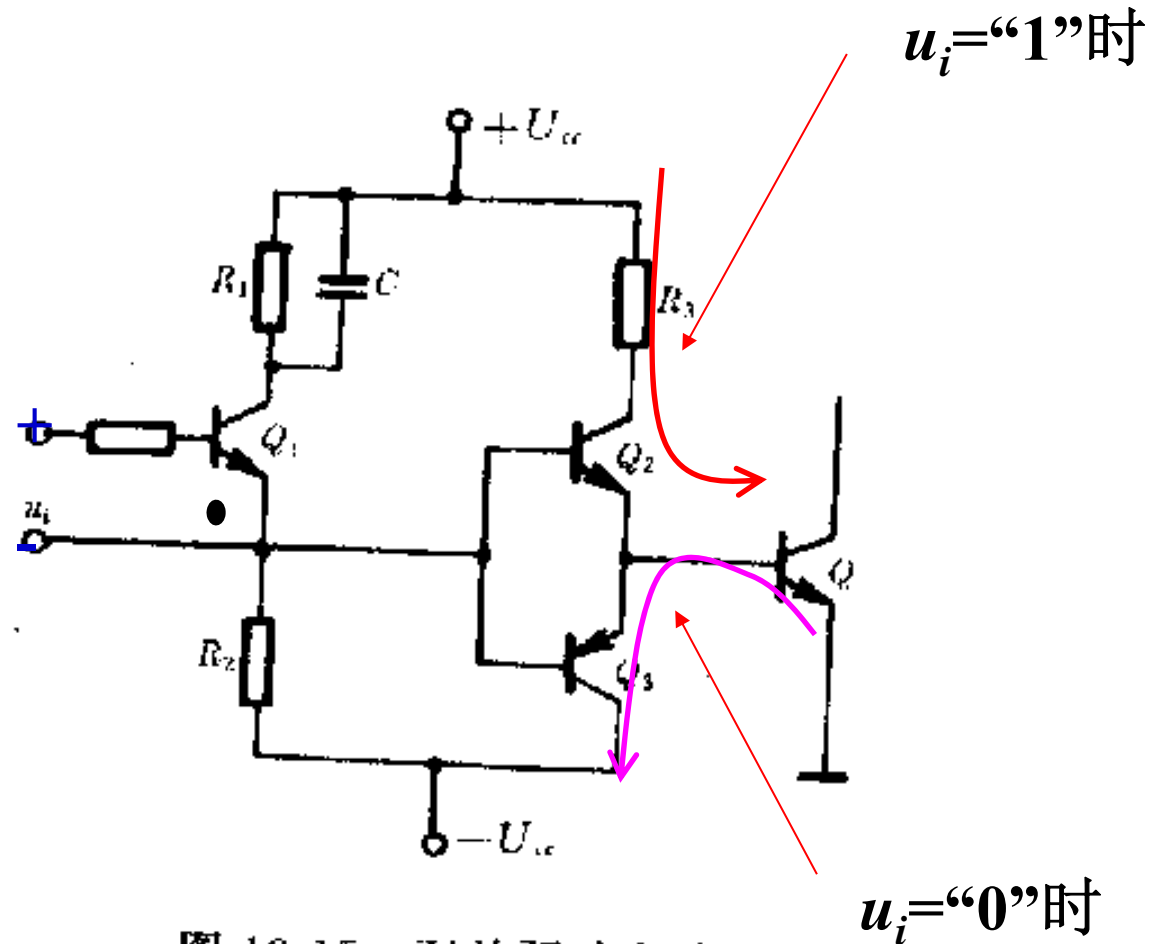


图 12-15 互补驱动电路

9.1.3 典型全控型器件的驱动电路

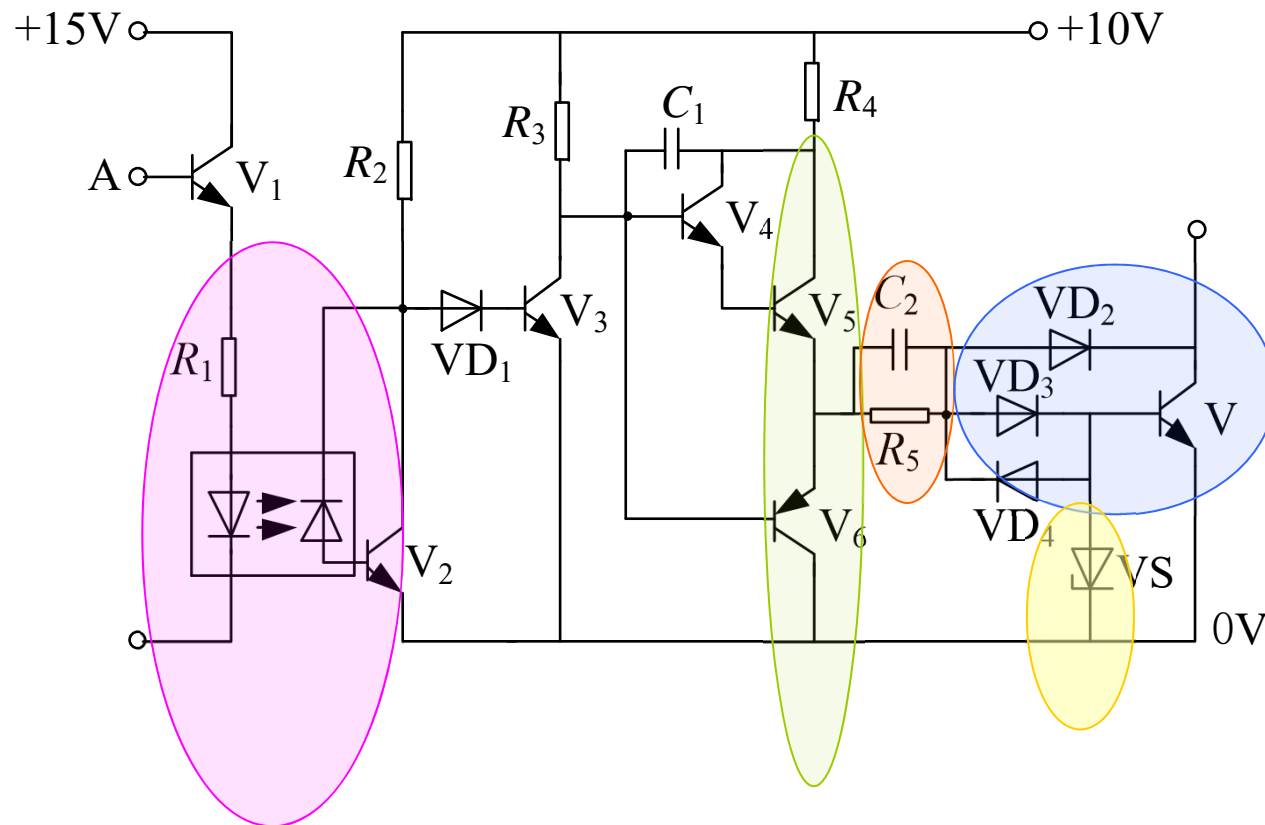


图9-7 GTR的一种驱动电路

C2通过V6、VS、VD4放电