

第9章 电力电子器件应用的共性问题

学习的内容:

9.1电力电子器件的驱动

9.2电力电子器件的保护

掌握的内容:

- 驱动电路的基本要求和原理
- 保护的基本原理及方法

9.1 电力电子器件的驱动

9.1.1 电力电子器件驱动电路概述

- 驱动电路----主电路与控制电路之间的接口。
- ◆ 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。

◆ 磁隔离的元件通常是脉冲变压器。

■ 驱动电路的分类

◆ 按照驱动信号的性质，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，专用集成驱动电路。

◆ 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。

◆ 将多个芯片和器件集成在内的带有单排直插引脚的混合集成电路，还可能是所有驱动电路都封装在一起的驱动模块。。

◆ 即使是采用成品的专用驱动电路，了解和掌握各种驱动电路的基本结构和工作原理也是很有必要的。

9.1.2 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。

◆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。
- 触发脉冲应有**足够的幅度**。
- 不超过门极的电压、电流和功率定额，且在可靠触发区域之内。
- 有良好的抗干扰性能、温度稳定性及与主电路的电气隔离。

理想的触发脉冲电流波形要求

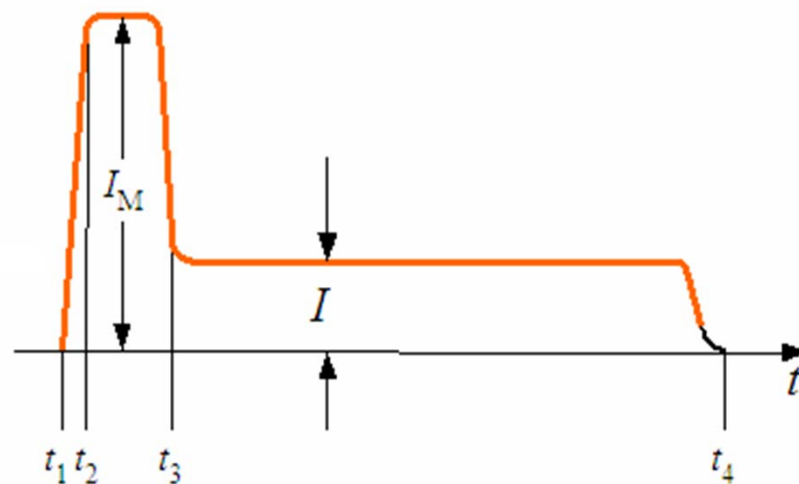
$t_1 \sim t_2$ —脉冲前沿上升时间 ($< 1\mu\text{s}$,
 di_G/dt 为 $1 \sim 2\text{A}/\mu\text{s}$)

$t_1 \sim t_3$ —强脉冲宽度 ($> 50\mu\text{s}$)

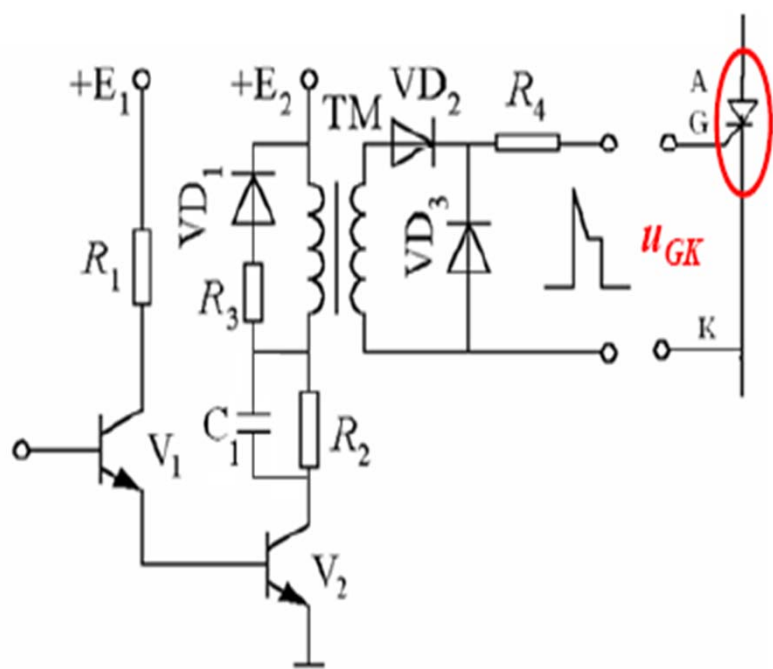
$t_1 \sim t_4$ —脉冲宽度 ($> 550\mu\text{s}$, 一般
用到 1ms 或更长)

I_M —强脉冲幅值 ($3I_{GT} \sim 5I_{GT}$)

I —脉冲平顶幅值 ($1.5I_{GT} \sim 2I_{GT}$)



常见的晶闸管触发电路的输出级部分



◆由 V_1 、 V_2 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。

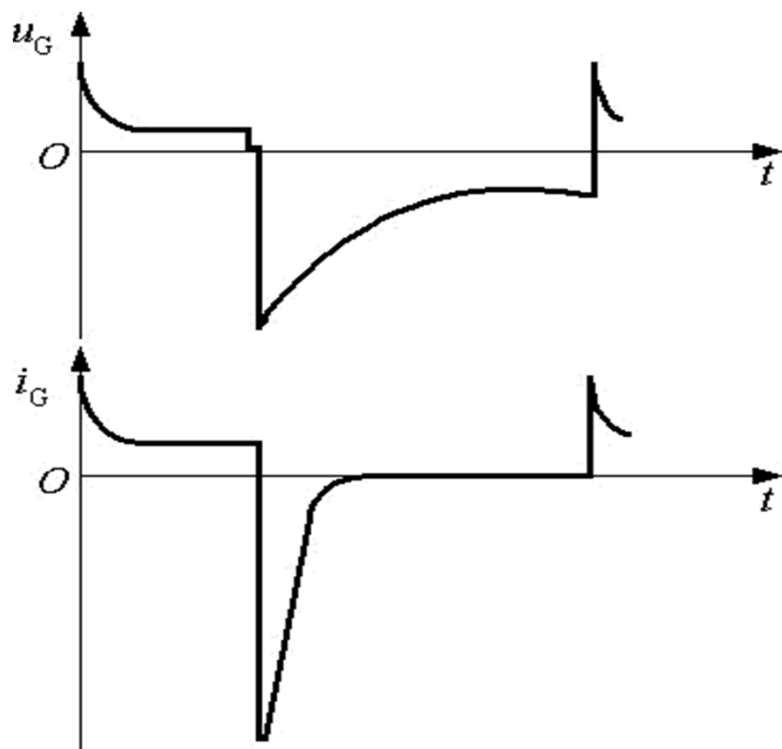
◆当 V_1 、 V_2 导通时，通过脉冲变压器向晶闸管的门极和阴极之间输出触发脉冲。

◆ VD_1 和 R_3 是为了 V_1 、 V_2 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。

9.1.3 典型全控型器件的驱动电路

1. 电流驱动型器件的驱动电路 - GTO



开通控制与**SCR**相似，但脉冲前言幅值、陡度要求更高（ **$10\text{A}/\mu\text{s}$** ， **$10/\text{GT}$** ），且持续时间更长，一般需在整個導通期間施加正門極電流。

关断时，施加负门极电流，对其幅值和陡度的要求更高。

脉冲陡度达 **$50\text{A}/\mu\text{s}$** 。

幅值达 **I_{TAO}** 的 **$1/3$** 。

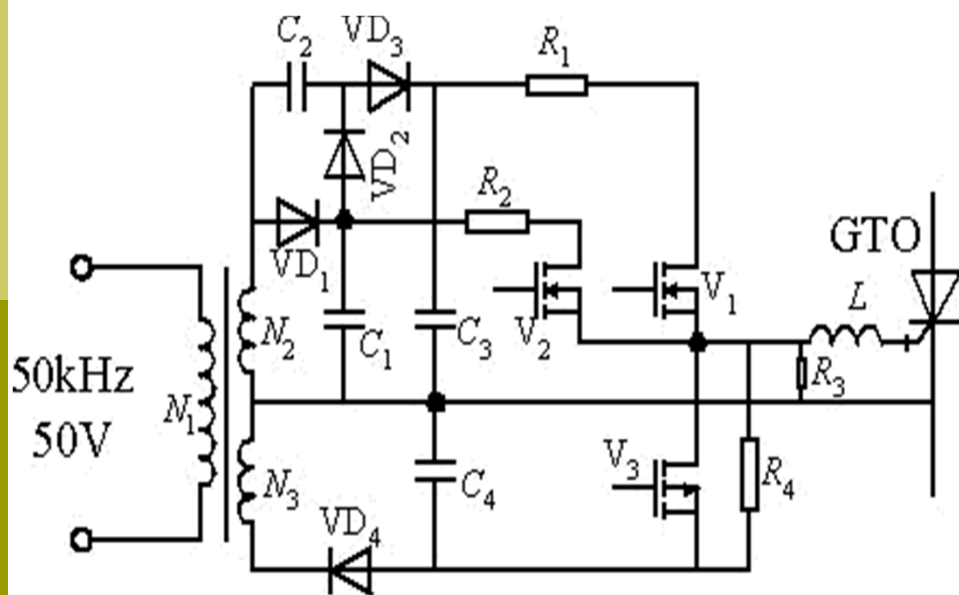
强负脉冲宽度（ **$>30\mu\text{s}$** ）。

负脉冲宽度（ **$>100\mu\text{s}$** ）。

关断后，门极和阴极间施加 **-5V** 。

GTO驱动电路例子

GTO驱动电路通常包括开通驱动电路、关断驱动电路和门极反偏电路三部分。两种类型：脉冲变压器耦合式和直接耦合式。



直接耦合式驱动电路

✓可避免电路内部的相互干扰和寄生振荡，可得到较陡的脉冲前沿；缺点是功耗大，效率较低。

✓电路的电源由高频电源经二极管整流后提供， VD_1 和 C_1 提供+5V电压， VD_2, VD_3, C_2, C_3 构成倍压整流电路提供+15V电压， VD_4 和 C_4 提供-15V电压。

✓ V_1 开通时，输出正强脉冲； V_2 开通时，输出正脉冲平顶部分；

✓ V_2 关断而 V_3 开通时输出负脉冲； V_3 关断后 R_3 和 R_4 提供门极负偏压。

2. 电压驱动型器件的驱动电路

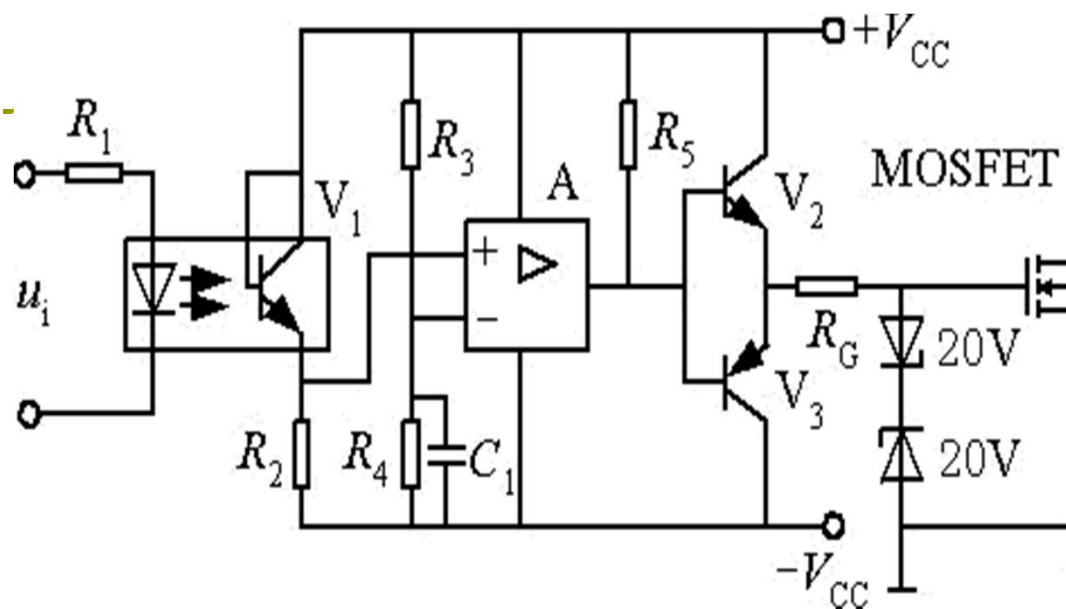
◆电力**MOSFET**和**IGBT**是电压驱动型器件。

◆为快速建立驱动电压，要求驱动电路输出电阻较小。

◆使电力**MOSFET**开通的栅源极间驱动电压一般取**10~15V**，使**IGBT**开通的栅射极间驱动电压一般取**15~20V**。

◆关断时施加一定幅值的负驱动电压（一般取 **-5 ~ -15V**）有利于减小关断时间和关断损耗。

◆在栅极串入一只低值电阻（数十欧左右）可以减小寄生振荡，该电阻阻值应随被驱动器件电流额定值的增大而减小。



◆电力MOSFET驱动电路

包括电气隔离和晶体管放大电路两部分；当无输入信号时高速放大器A输出负电平， V_3 导通输出负驱动电压，当有输入信号时A输出正电平， V_2 导通输出正驱动电压。

9.2 电力电子器件的保护

9.1.1 过电压的产生及过电压保护

过电压类型：外因过电压、内因过电压

■ 外因过电压：雷击和系统中的操作过程等外部原因，包括

◆ 操作过电压：由分闸、合闸等开关操作引起。

◆ 雷击过电压：由雷击引起。

■ 内因过电压：电力电子装置内部器件的开关过程，包括

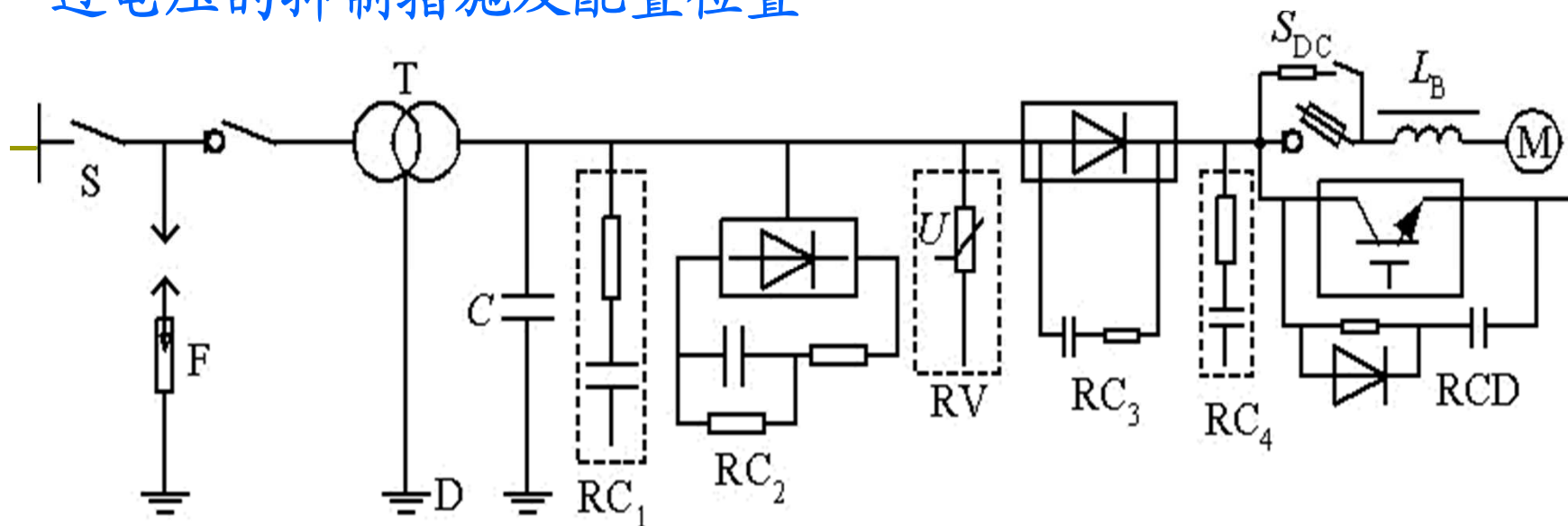
◆ 换相过电压：晶闸管或与全控型器件反并联的二极管在换相结束后，反向电流急剧减小，会由线路电感在器件两端感应出过电压。

◆ 关断过电压：全控型器件关断时，正向电流的迅速降低而由线路电感在器件两端感应出的过电压。

保护措施

- 避雷器
- 阻容电路
- 压敏电阻

过电压的抑制措施及配置位置



F—避雷器 **D**—变压器静电屏蔽层 **C**—静电感应过电压抑制电容 **RC₁**—阀侧浪涌过电压抑制用**RC**电路 **RC₂**—阀侧浪涌过电压抑制用反向阻断式**RC**电路 **RV**—压敏电阻过电压抑制器 **RC₃**—阀器件换相过电压抑制用**RC**电路 **RC₄**—直流侧**RC**抑制电路 **RCD**—阀器件关断过电压抑制用**RCD**电路

◆各电力电子装置可视具体情况只采用其中的几种。

◆**RC₃**和**RCD**为抑制内因过电压的措施。

电力电子电路中过电压的常见抑制方法：**C、RC、RCD**

9.2.2 过电流保护

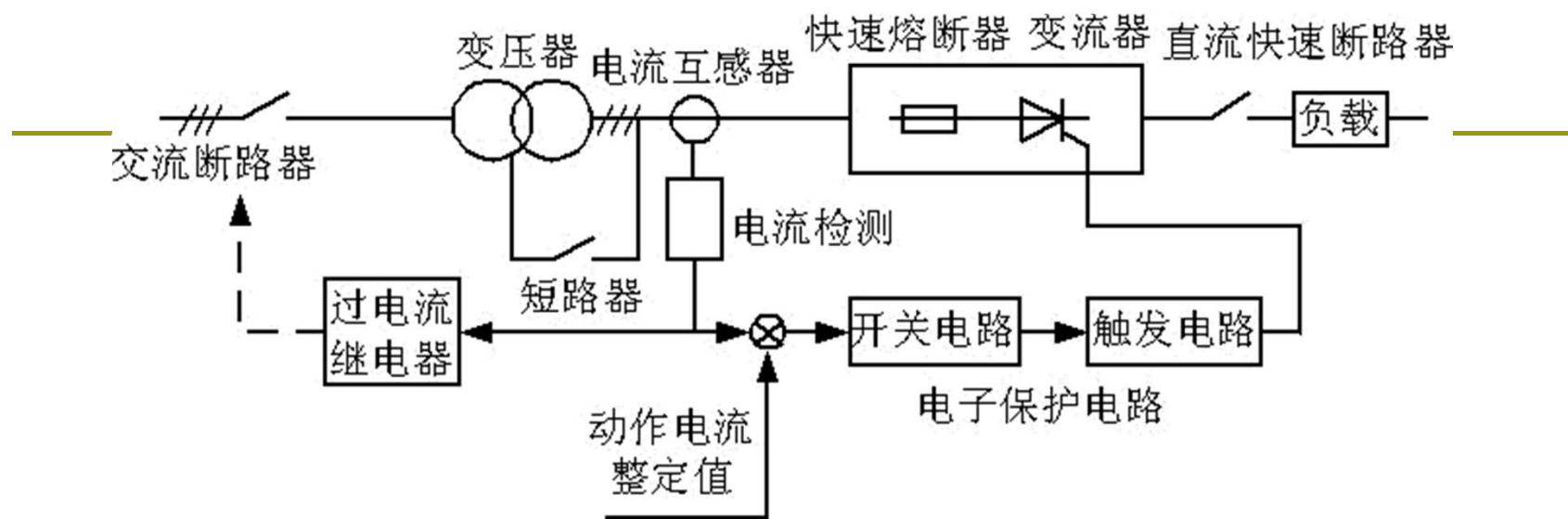
过电流类型

- 过载
- 短路

保护措施

- 电子保护电路
- 快速熔断器
- 直流快速断路器
- 过电流继电器

过电流的保护措施及配置位置



电力电子电路中过电流的常见保护措施：**电力电子电路、快速熔断器、直流快速断路器、过电流继电器**。

- ◆一般电力电子装置均同时采用几种过电流保护措施，以提高保护的可靠性和合理性。
- ◆通常，电子电路作为第一保护措施，快熔仅作为短路时的部分区段的保护，直流快速断路器整定在电子电路动作之后实现保护，过电流继电器整定在过载时动作。
- ◆常在全控型器件的驱动电路中设置过电流保护环节，对器件过电流响应是最快的。

9.2.3 缓冲电路（吸收电路）

作用：

- 抑制器件的内因过电压、 **du/dt**
- 抑制过电流、 **di/dt**
- 减小器件的开关损耗

电路分类：

- 关断缓冲电路（ **du/dt 抑制电路**）：吸收器件的关断过电压和换相过电压，抑制 **du/dt** ，减小关断损耗。（一般称缓冲电路）
- 开通缓冲电路（ **di/dt 抑制电路**）：抑制器件开通时的电流过冲和 **di/dt** ，减小器件的开通损耗。（一般称 **di/dt 抑制电路**）
- 复合缓冲电路：关断缓冲电路和开通缓冲电路结合在一起。

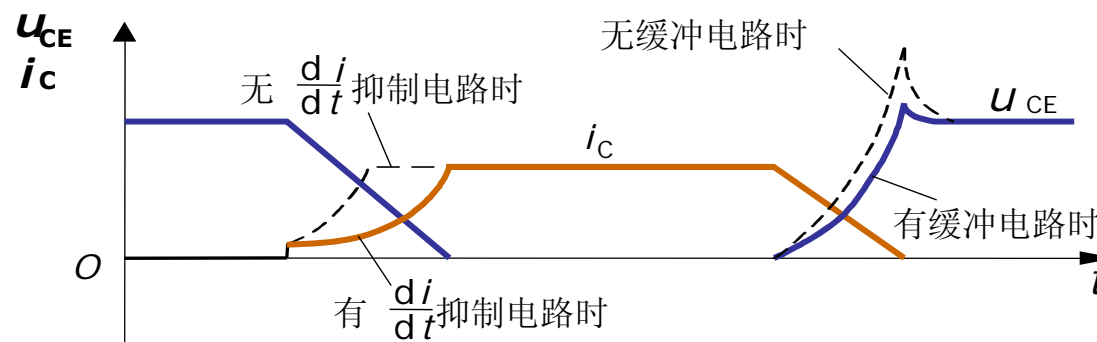
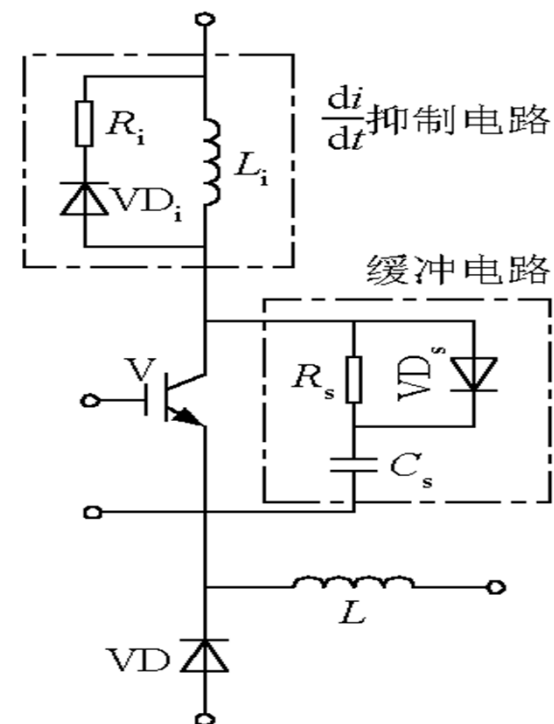
缓冲电路和 di/dt 抑制电路及波形

◆如图是一种缓冲电路和 di/dt 抑制电路的电路图。

◆在无缓冲电路的情况下， di/dt 很大，关断时 du/dt 很大，并出现很高的过电压。

◆在有缓冲电路的情况下

- V开通时， C_s 先通过 R_s 向V放电，使 i_c 先上一个台阶，以后因为 L_i 的作用， i_c 的上升速度减慢。
- V关断时，负载电流通过 VD_s 向 C_s 分流，减轻了V的负担，抑制了 du/dt 和过电压。
- 因为关断时电路中（含布线）电感的能量要释放，所以还会出现一定的过电压。



◆ 关断过程

◆ 无缓冲电路时， u_{CE} 迅速上升，负载线从**A**移动到**B**，之后 i_C 才下降到漏电流的大小，负载线随之移动到**C**。

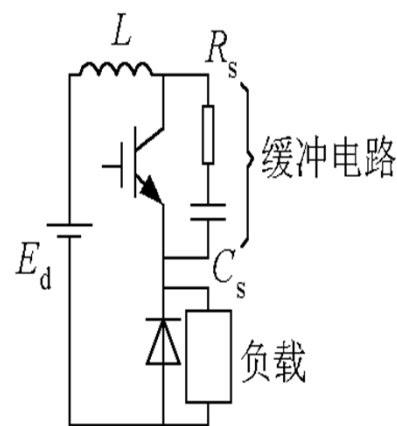
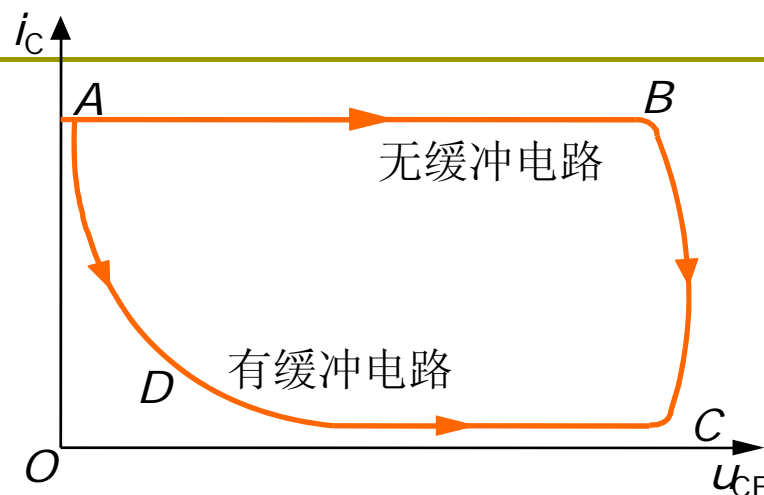
◆ 有缓冲电路时，由于 C_s 的分流使 i_C 在 u_{CE} 开始上升的同时就下降，因此负载线经过**D**到达**C**。

◆ 负载线在到达**B**时很可能超出安全区，使**V**受到损坏，而负载线**ADC**是很安全的，且损耗小。

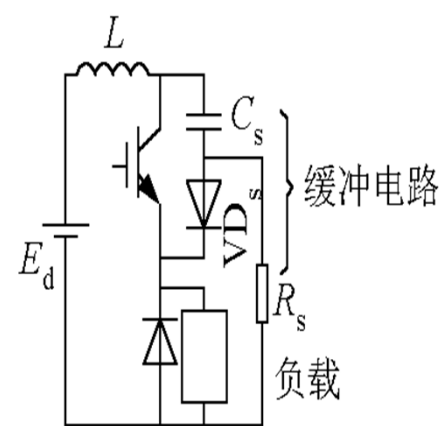
◆ 另外两种常用的缓冲电路形式

➤ **RC缓冲电路**主要用于小容量器件，而**放电阻止型RCD缓冲电路**用于中或大容量器件。

➤ 晶闸管在实际应用中一般只承受换相过电压，没有关断过电压问题，关断时也没有较大的 du/dt ，因此一般采用**RC吸收电路**即可。



RC吸收电路



放电阻止型RCD吸收电路