

第十二章 驱动电路

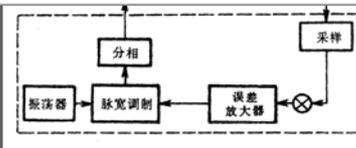
陈新 chen.xin@nuaa.edu.cn

课程组网站: <http://gc.nuaa.edu.cn/dldz>

1



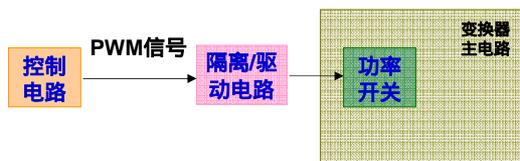
优良的驱动电路—改善
功率晶体管的开关特性，
减小开关损耗，提高整机
效率和器件可靠性。(即
尽量快开、快关)



脉宽调制控制电路框图

2

概述



驱动电路性能对变换器性能的影响:

- 1.系统可靠性
- 2.变换效率(开关器件损耗)
- 3.开关器件应力(开/关过程中)
- 4.EMI/EMC

3

本章内容

- 第二节 驱动电路的隔离技术
 - 第一节 对双极性功率晶体管驱动电路的要求
 - 第三节 恒流驱动电路
 - 第四节 比例驱动电路
 - 第五节 场控器件的驱动电路
- 双极性功率晶体管驱动电路

4

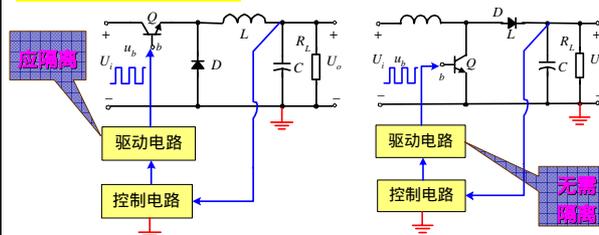
本章内容

- 第二节 驱动电路的隔离技术
 - 第一节 对双极性功率晶体管驱动电路的要求
 - 第三节 恒流驱动电路
 - 第四节 比例驱动电路
 - 第五节 场控器件的驱动电路
- 双极性功率晶体管驱动电路

5

驱动电路的隔离技术

←→.了解隔离的概念



控制参考地与驱动信号参考地(e极)同一—驱动电路无需隔离;
控制参考地与驱动信号参考地(e极)不同—驱动电路应隔离;

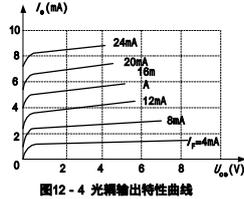
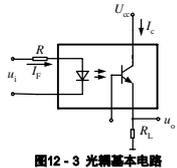
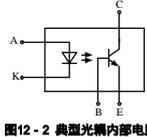
6

驱动电路的隔离技术

<二>驱动电路隔离技术

光电耦合器或隔离变压器 (Pg268)

一、光耦——可隔离交流或直流信号 (Pg268)



1. 由 I_F 控制 I_C ;
2. 输入输出特性与普通三极管相似, 电流传输比 I_C/I_F 比三极管“小”;
3. 可在线性区, 也可在开关状态。驱动电路中, 一般工作在开关状态。

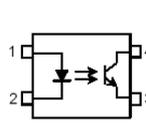
7

驱动电路的隔离技术

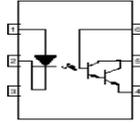
第二节 驱动电路的隔离技术

光耦合; 磁耦合

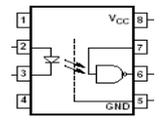
一、光耦合 (Photocoupler/ Optocoupler)



普通光耦
TLP521



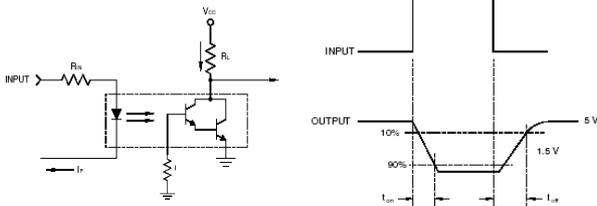
达林顿光耦
TIL113



高速数字光耦
6N137

8

驱动电路的隔离技术



- 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

9

驱动电路的隔离技术

<二>驱动电路隔离技术

光电耦合器或隔离变压器 (Pg268)

二、磁耦——可传递交变或单向的矩形脉冲, 能进行电流或电压变换。 (Pg269)

存在问题——脉冲宽度较宽时, 变压器体积重量大、激磁电流大。

解决方法——高频调制解调(宽脉冲变成宽度为脉冲宽度的高频脉冲列)

驱动变压器也需要磁复位!

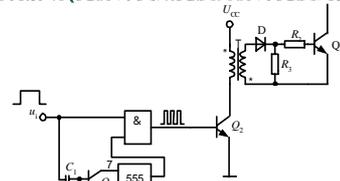


图12-7 高频调制电路

10

驱动电路的隔离技术

二、磁耦-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

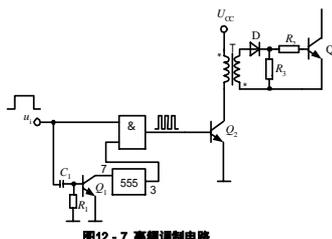


图12-7 高频调制电路

11

本章内容

第二节 驱动电路的隔离技术

第一节 对双极性功率晶体管

驱动电路的要求

第三节 恒流驱动电路

第四节 比例驱动电路

第五节 场控器件的驱动电路

双极性功率晶体管驱动电路

12

双极性功率晶体管驱动电路的要求

最佳驱动特性和驱动电流波形 (Pg267, 268)

最佳驱动特性: (Pg267)

1. 开通时: 基极电流有快速上升沿和过冲—加速开通减小开通损耗;
2. 导通期间: 饱和导通—低导通损耗; 关断前临界饱和和导通—减小 t_s ;
3. 关断瞬时: 足够反向基极电流—抽流, 减小 t_s ; 反偏截止电压— I_c 迅速下降, 减小 t_f 。

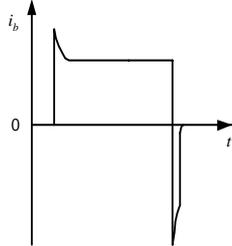


图12-1 最佳基极驱动电流波形

13

本章内容

第二节 驱动电路的隔离技术

第一节 对双极性功率晶体管

驱动电路的要求

第三节 恒流驱动电路

第四节 比例驱动电路

第五节 场控器件的驱动电路

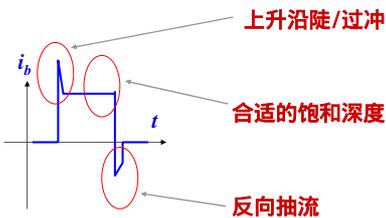
双极性功率晶体管驱动电路

14

恒流驱动电路

---针对GTR

回顾理想基极驱动:



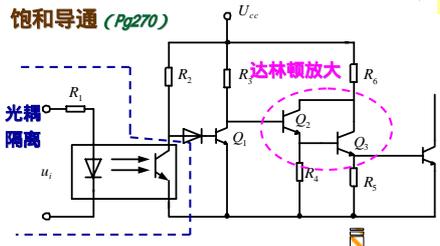
15

恒流驱动电路

恒流驱动—基极电流恒定, 功率管

$$I_b > \frac{I_{Cmax}}{\beta} \quad (12-1)$$

饱和和导通 (Pg270)



未满足最佳驱动特性—要改进

图12-9 普通恒流驱动电路

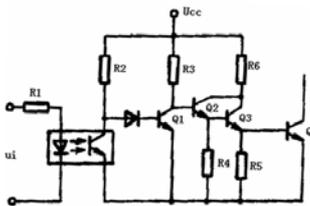
$$I_b = \frac{I_c}{\beta/2} \quad (12-3)$$

16

恒流驱动电路

一种普通形式的驱动电路:

恒流驱动缺点: 轻载时深度饱和, 关断时间长。



17

恒流驱动电路

一、加速电容—加快功率管的开通过程 (Pg271)

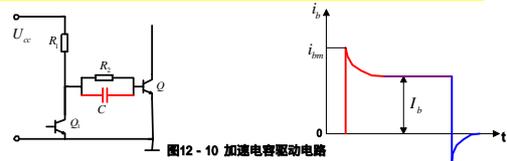


图12-10 加速电容驱动电路

原理: (Pg271)

Q1 off, Q on: C先将R2短路—开通电流尖峰; 稳态, C充电, R1、R2决定 I_b ;

Q1 on, Q off: u_c 反加在be间。

C作用: 加速导通、截止反偏。

恒流驱动

D1的作用?
D2的作用?
D3的作用?

二、抗饱和电路—使功率管处于浅饱和 (Pg272上)

图12-11基本抗饱和电路 图12-12抗饱和和电路基极电流波形

原理： (Pg272)
若Q深度饱和, 则 $U_{ce} > U_{ce0}$, $D2$ on, Q on I_b , Q 饱和深度。
 $U_{be} = U_{D1} + U_{be} = U_{D2} + U_{ce0}$ $U_{ce} = U_{be}$
D1、D2抗饱和, D3为反向基流提供通路

电路特点：
抗饱和和驱动, t_s
导通损耗 (t_s 和 U_{ces} 折衷考虑),
驱动电流损失

19

恒流驱动电路

二、抗饱和电路—使功率管处于浅饱和 (Pg272上)

图12-11基本抗饱和电路 图12-13改进抗饱和电路

D2加重前级驱动管的基极、用前级驱动管的be代替D1 (Pg272下), 驱动电流损失减小

20

恒流驱动电路

三、截止反偏电路—减小 t_s 、加速功率管关断 (Pg273上)

原理：
 $Q1$ on, $u_{H1} = U_{cc}$, $u_{H2} > 0$, 驱动 Q on;
 $Q1$ off, 变压器磁复位 D on, $u_{H2} = -U_{cc}$, $u_{H2} < 0$, 起到截止反偏作用。

截止反偏方法：
加速电容、变压器反压

21

恒流驱动电路

四、互补驱动电路

原理：
输入高, $Q2$ on, $Q3$ off, 驱动 Q on;
输入低, $Q2$ off, $Q3$ on, Q off。

22

恒流驱动电路

五、电路分析

图12-16

放大 加速电容 抗饱和 互补驱动 提供反流通路 复位

23

本章内容

- 第二节 驱动电路的隔离技术
- 第一节 对双极性功率晶体管驱动电路的要求
- 第三节 恒流驱动电路
- 第四节 比例驱动电路
- 第五节 场控器件的驱动电路

双极性功率晶体管驱动电路

24

比例驱动电路

恒流驱动—基极电流恒定，功率管饱和和导通，

(Pg274下) 优点：电路简单；

缺点：驱动损耗大，存储时间长

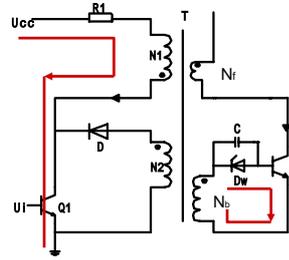
比例驱动—基极电流正比于集电极电流变化。

(Pg275上) 轻载时不至于深度饱和，避免了 t_s 大的缺点。

25

比例驱动电路

一、反激式比例驱动电路



原理：

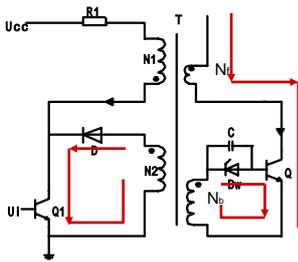
Q1 on: 同名端负，Q off; 只有N1有电流，N1储能，变压器饱和，由R1限流；

Q1 off: 能量从N1 驱动侧 Nb, $N_1 i_1 = N_2 i_2$, 驱动Q,

26

比例驱动电路

一、反激式比例驱动电路



原理：

Q on, $i_{N1} = i_C$, i_C 从同名端流进，变压器退饱和，形成正反馈作用，加速导通

Q1 on: Q管暂不关断，同名端电压不变，D导通，短接N2，为 i_b 提供泄放通道，C构成反馈电压，加速关断。

27

本章内容

第二节 驱动电路的隔离技术

第一节 对双极性功率晶体管

驱动电路的要求

第三节 恒流驱动电路

第四节 比例驱动电路

第五节 场控器件的驱动电路

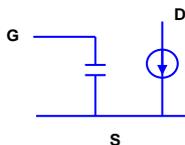
双极性功率晶体管驱动电路

28

场控器件的驱动电路

--MOSFET, IGBT等

- 器件控制极特点：1. 电压型控制； $U_{gs}(U_{ge})$ 小于 $\pm 20V$
2. 等效输入电容（避免过压；关断时电容需放电回路），不工作时仍需防静电保护（并电阻，稳压二极管）



29

场控器件的驱动电路

一、驱动电路要求

1. 驱动电压足够 $>10V$ ；
2. 足够的瞬态驱动电流，快的上升沿、下降沿；
3. 驱动电路内阻抗小。

MOS管应用（MOS管GS间存在等效电容）：

1. 减小驱动电路引线感；
2. 加驱动电阻：a. 限流；b. 防止 u_{gs} 振荡；
3. 在GS间加稳压管或电阻。

30

场控器件的驱动电路

二、驱动电路

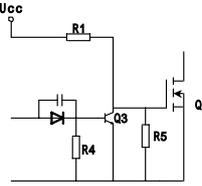


图12-23

R1的作用(?) :

1. 限流; 2. 防止 u_{ce} 振荡;

Q3的作用: (?)

抽流, 加速关断。

三、IGBT对驱动电路的特殊要求

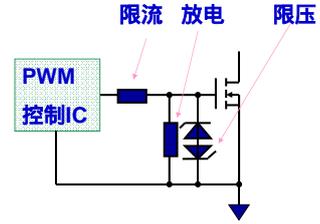
$I_c < I_{cm}$, 关断时避免 du_{ce}/dt 过大, 以防出现擎住效应;

检测 u_{ce} , 去控制 u_{ce} , 实现保护

31

场控器件的驱动电路

一、简单驱动



32

场控器件的驱动电路

一、简单驱动

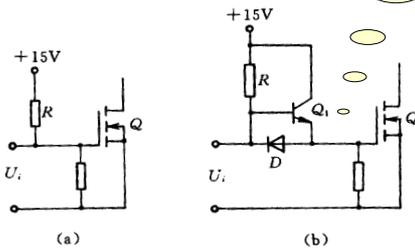
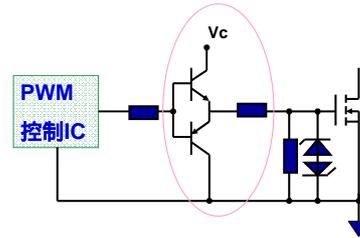


图 12-21 场控器件的简单驱动电路

33

场控器件的驱动电路

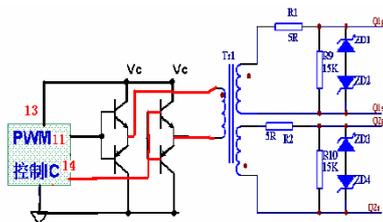
一、互补式驱动



34

场控器件的驱动电路

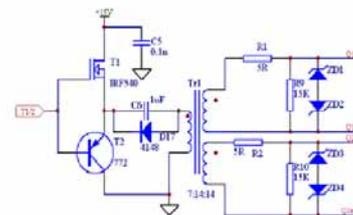
一、互补式驱动



35

场控器件的驱动电路

一、互补式驱动



36

场控器件的驱动电路

三、IGBT驱动的特殊要求

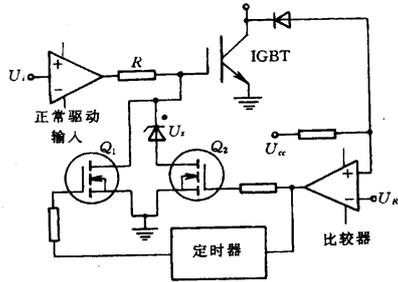


图12-24 IGBT短路保护示意图

37

作业：

1. 图示说明最佳驱动特性要求

38