



# 电源类专项：开关电源拓扑结构 及常用电路分析

主讲人：江伟斌



# 电赛电源题主要涉及这三种变换

- AC-DC(交流-直流)
- DC-DC(直流-直流)
- DC-AC(直流-交流)

# 这一节课主要讲解以下内容

1. 同步桥式整流实例（2016年TI杯D题）、线性降压电源
2. BUCK、BOOST电路参数计算
3. 电压型、电流型控制芯片控制原理与实例
4. 双向DCDC电路实例（2015年电赛题）
5. CUK、SEPIC电路原理讲解
6. 电源常见指标、布线
7. 半桥驱动芯片工作原理讲解
8. 半桥、全桥、三相逆变电路
9. 锁相环基本知识

D 题：单相正弦波变频电源

1. 任务

设计并制作一个单相正弦波变频电源，其原理框图如图 1 所示。变压器输入电压  $U_1=220V$ ，变频电源输出交流电压  $U_0$  为 36V，额定负载电流  $I_0$  为 2A，负载为电阻性负载。

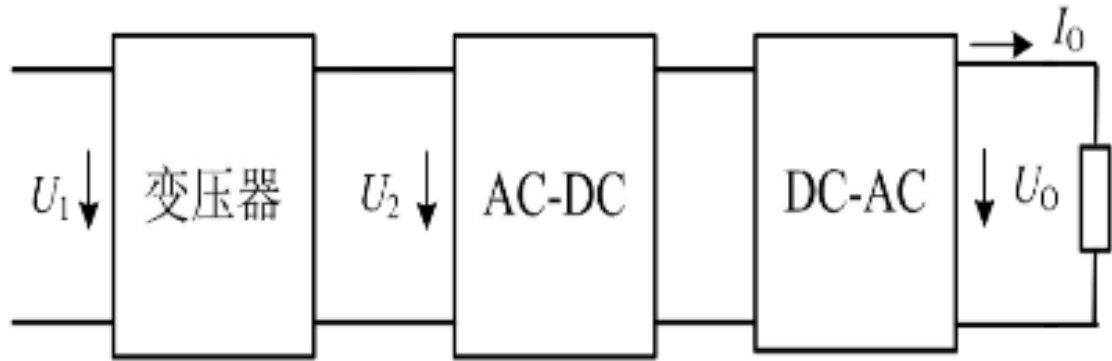
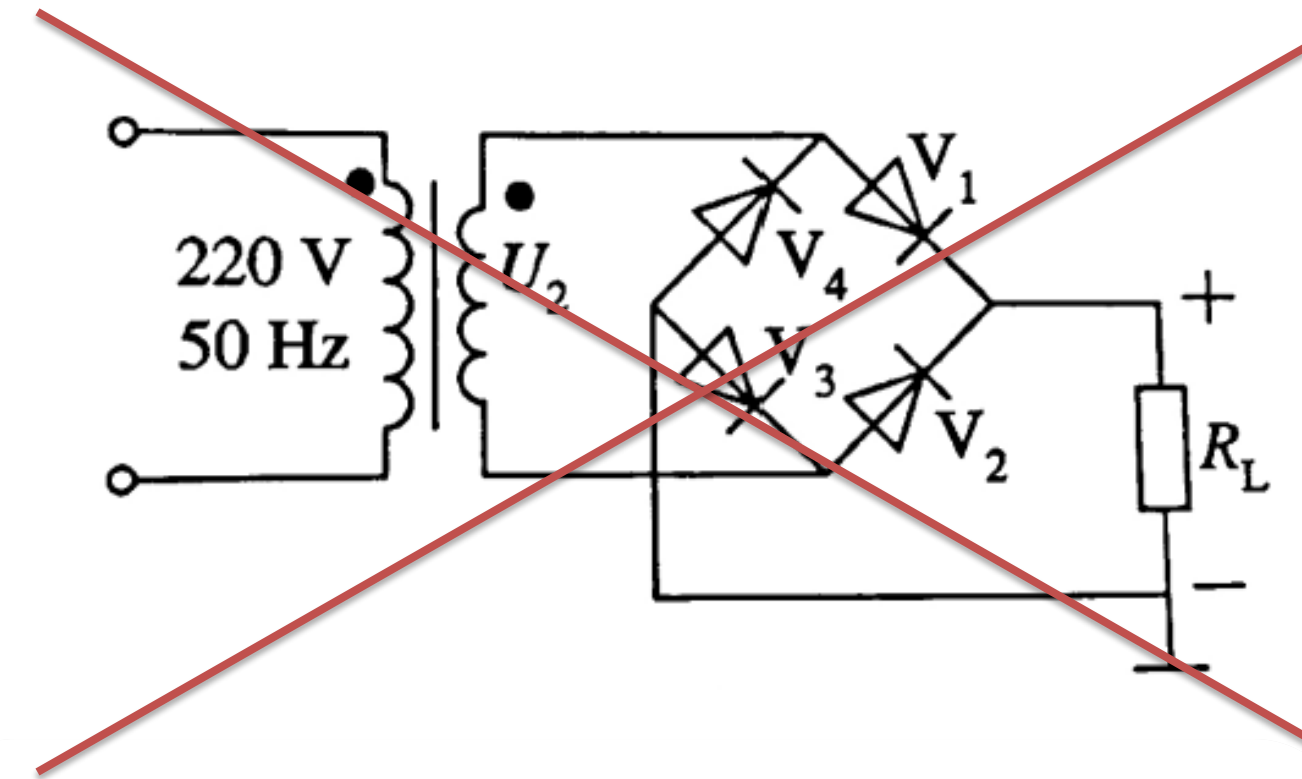


图 1 单相正弦波变频电源原理框图

2. 要求

- (1) 输出频率范围为 20Hz~100Hz， $U_0=36\pm0.1V$  的单相正弦波交流电。(15 分)
- (2) 输出频率  $f_0=50\pm0.5Hz$ ，电流  $I_0=2\pm0.1A$  时，使输出电压  $U_0=36\pm0.1V$ 。(10 分)
- (3) 负载电流  $I_0$  在 0.2~2A 范围变化时，负载调整率  $S_I\leq0.5\%$ 。(15 分)
- (4) 负载电流  $I_0=2A$ ， $U_1$  在 198V~242V 范围变化时，电压调整率  $S_U\leq0.5\%$ 。(15 分)
- (5) 具有过流保护，动作电流  $I_{0(th)}=2.5\pm0.1A$ ，保护时自动切断输入交流电源。(10 分)
- (6)  $I_0=2A$ ， $U_0=36V$  时，输出正弦波电压的  $THD\leq2\%$ 。(15 分)
- (7)  $I_0=2A$ ， $U_0=36V$  时，变频电源的效率达到 90%。(15 分)
- (8) 其他。(5 分)

# 桥式整流电路

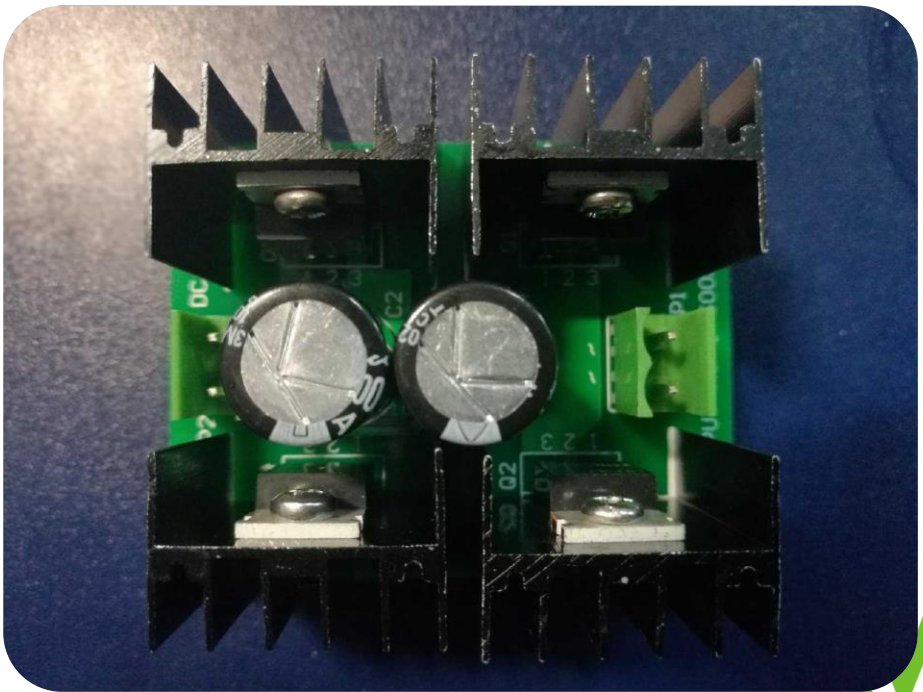
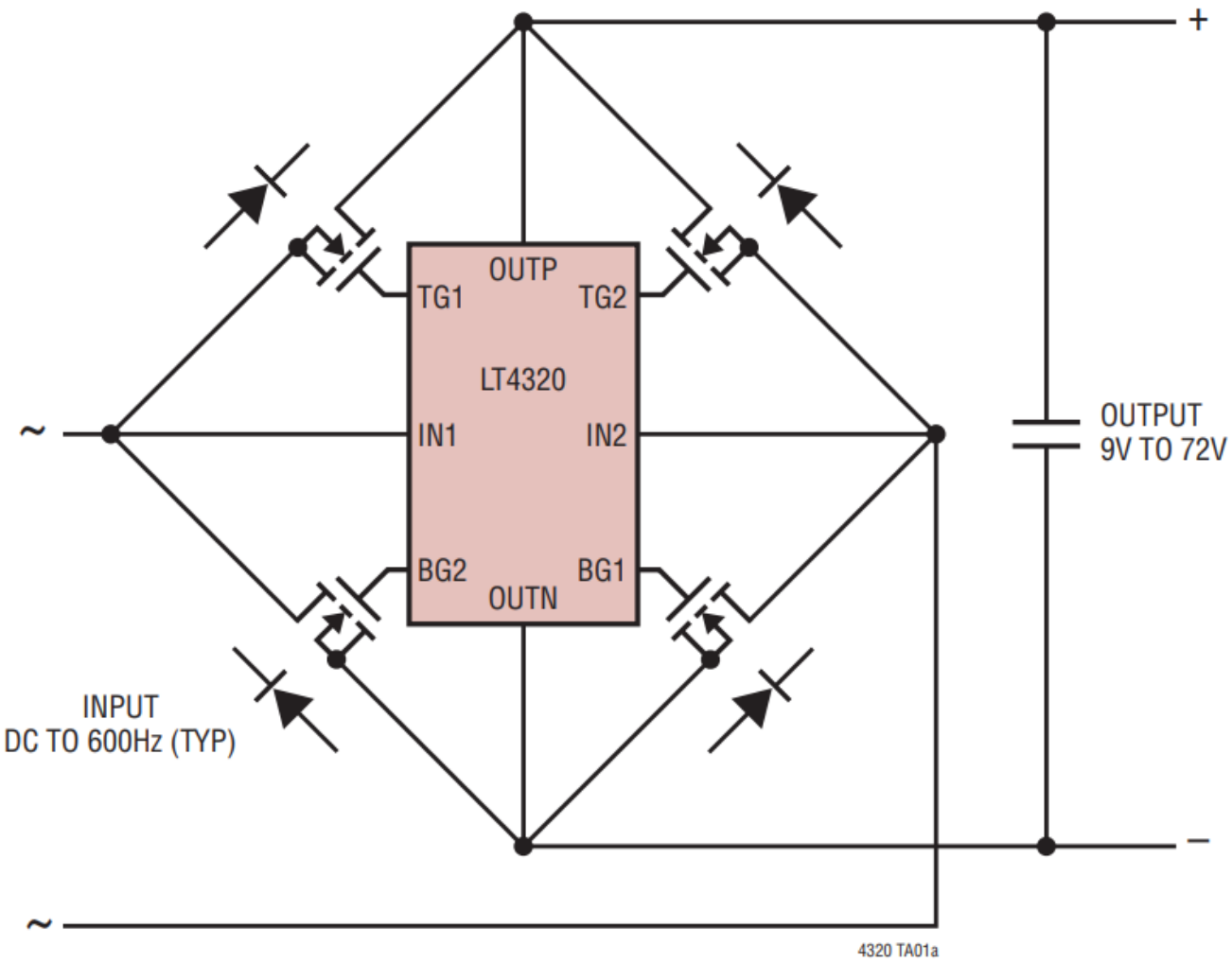


题目要求输出电流2A，输出电压 36V，效率90，允许的损耗8W

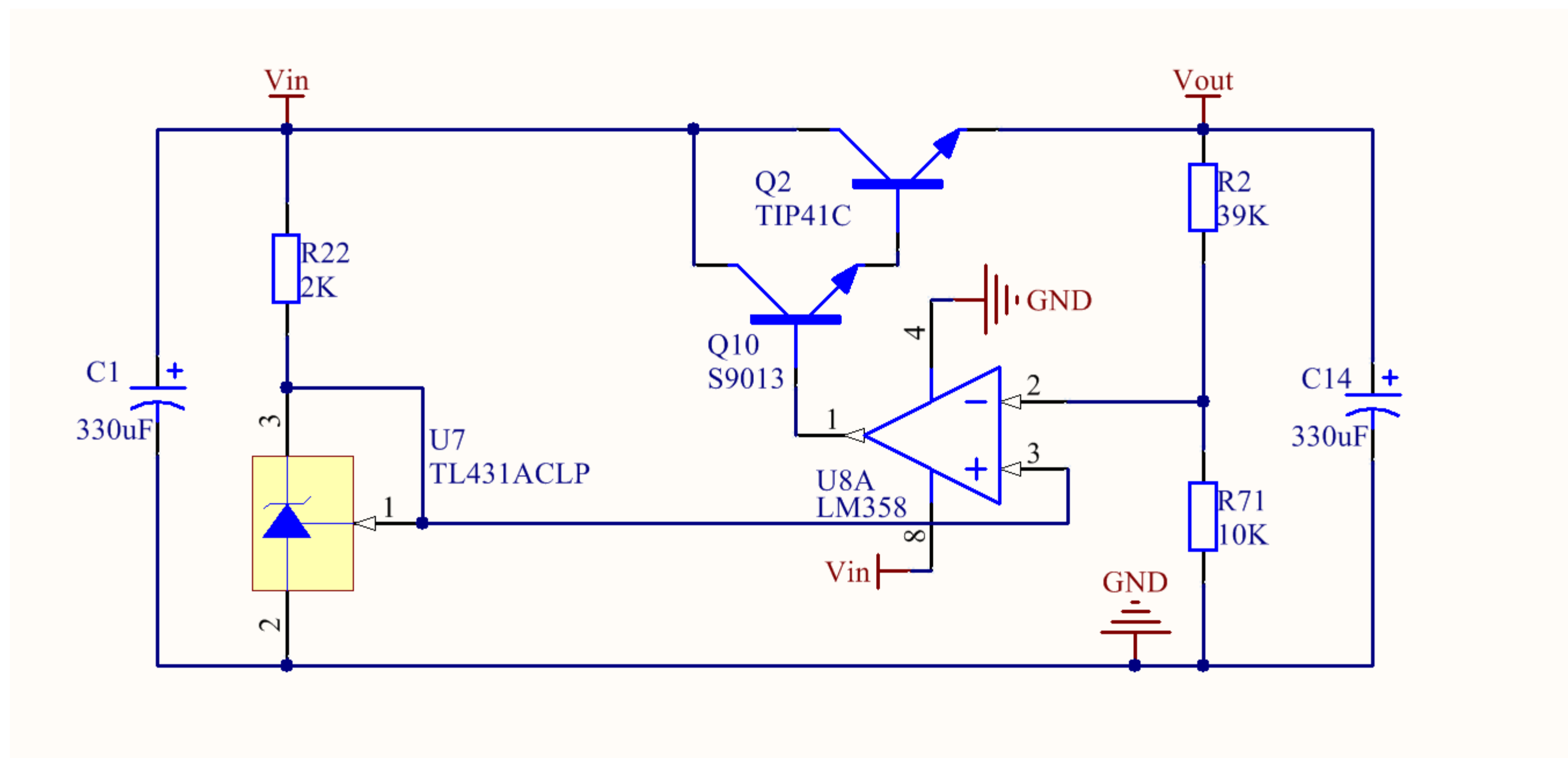
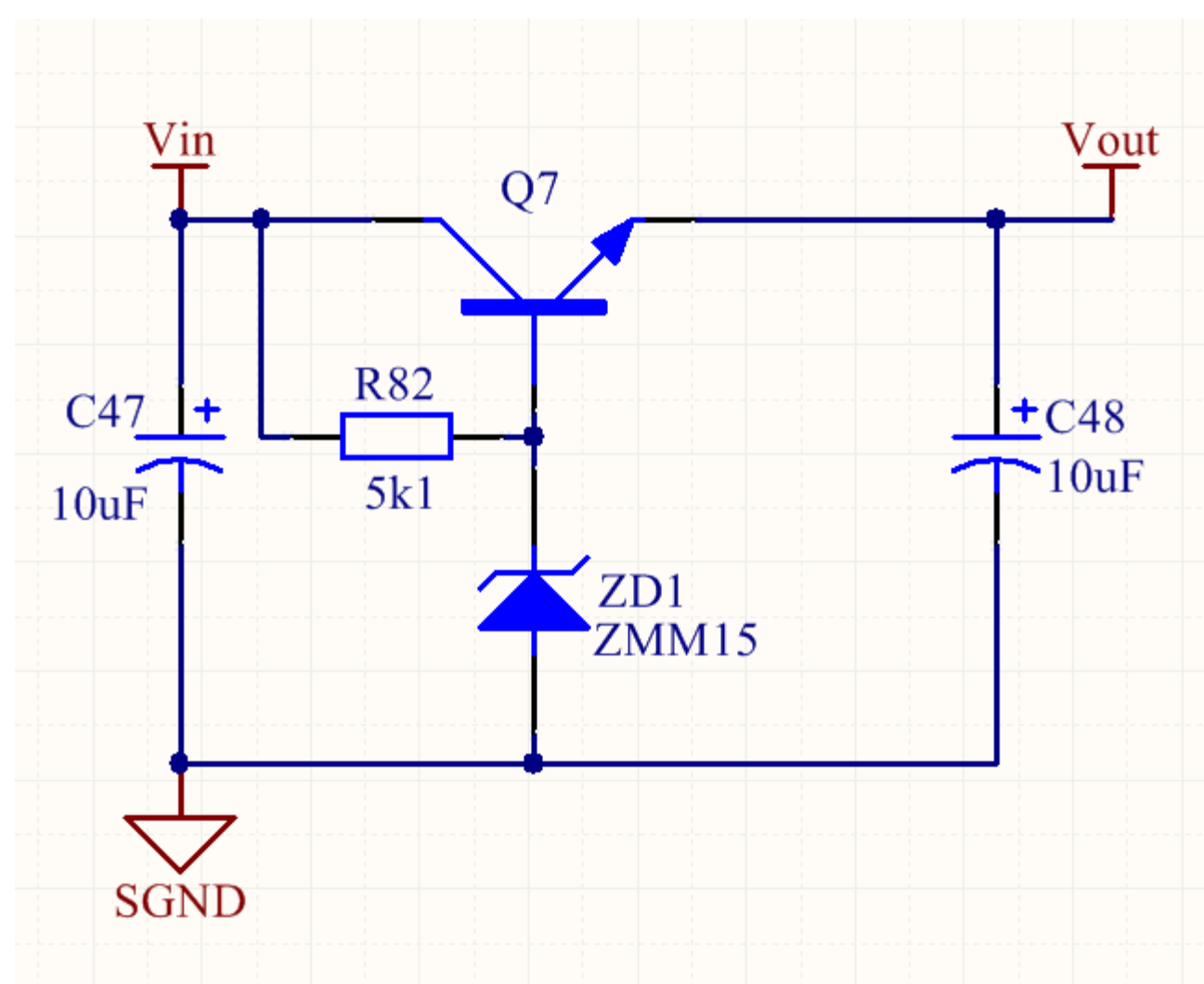
设定输入电压为63V（桥式逆变电路，调0.8， $36*1.4/0.8$ ）输入电流为0.78A

使用二极管桥进行整流  
 $P1=2*0.7*0.78=1.092W$

使用理想二极管桥，设mos的Rds为4mΩ  
 $P2=2*0.78*0.78*0.004=0.005W$



# 线性电源





# BOOST



$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D}$$

## 设计要求

- 输入电压  $V_s$  12V-18V DC
- 输出电压  $V_o$  24V DC
- 输出电流  $I_o$  2A

## 参数设计示例

- $I_{OB} = 0.2I_o$
- $f_s = 50\text{kHz}$
- 纹波系数  $\gamma \leq 1\%$

$$\text{最小占空比 } D_{\min} = 1 - \frac{V_{i(\max)}}{V_o} = 1 - \frac{18}{24} = 0.25$$

$$I_{OB} = 0.2 \times 2A = 0.4A \quad f_s = 50\text{kHz}$$

$$L = \frac{24 \times 0.25 \times (1 - 0.25)^2}{2 \times 0.4 \times 50 \times 10^3} \text{mH} \\ = 84.3\mu\text{H}$$

选择  $L = 100\mu\text{H}$

开关管T关断时承受的电压  $V_{ce} = 24V$

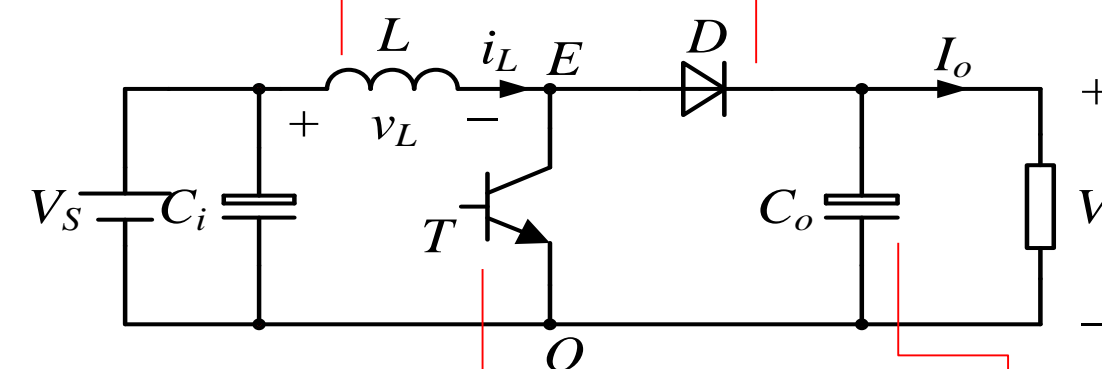
$$\text{最大占空比 } D_{\max} = 1 - \frac{V_{i(\min)}}{V_o} = 1 - \frac{12}{24} = 0.5$$

开关管最大栅极电流有效值

$$I_{Drms} = \frac{I_o}{\sqrt{1 - D_{\max}}} = \frac{2}{\sqrt{1 - 0.5}} A = 2.8A$$

$$L \geq \frac{V_o}{2I_{OB}f_s} D(1-D)^2$$

$$V_{ce} = V_o \\ I_Q = \frac{D}{1-D} I_o$$



$$V_{ce} = V_o \\ I_{Drms} = \frac{I_o}{\sqrt{1-D}}$$

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_o} \quad C = \frac{DT_s}{\gamma R}$$

二极管关断时承受的电压  $V_D = 24V$

二极管D最大电流  $I_{D(\max)}$

$$= \frac{0.5}{1 - 0.5} \times 2A = 2A$$

$$\text{电压纹波系数 } \gamma = \frac{\Delta V}{V_o} = 0.01$$

$$R_{o(\min)} = \frac{V_o}{I_o} = 12\Omega$$

$$C = \frac{D_{\max} T_s}{\gamma R_{o(\min)}} = \frac{D_{\max}}{\gamma R_{o(\min)} f_s} \\ = 83\mu\text{F}$$

使用100uF电解电容

选用低内阻的mos, IRF1404 (4mΩ)、  
IRF3205 (8mΩ)、IRF3710 (23mΩ)

使用低ESR (等效串联电阻) 电容  
多个电容并联构成一个大电容  
并联0.1uF或0.01uF电容对高频谐波进行吸收

# BUCK

## 设计要求

- 输入电压  $V_g$  24 DC
- 输出电压  $V_o$  5V DC
- 输出电流  $I_o$  3A

## 参数设计示例

- $I_{OB} = 0.2I_o$
- $f_s = 50\text{kHz}$
- 纹波系数  $\gamma \leq 1\%$

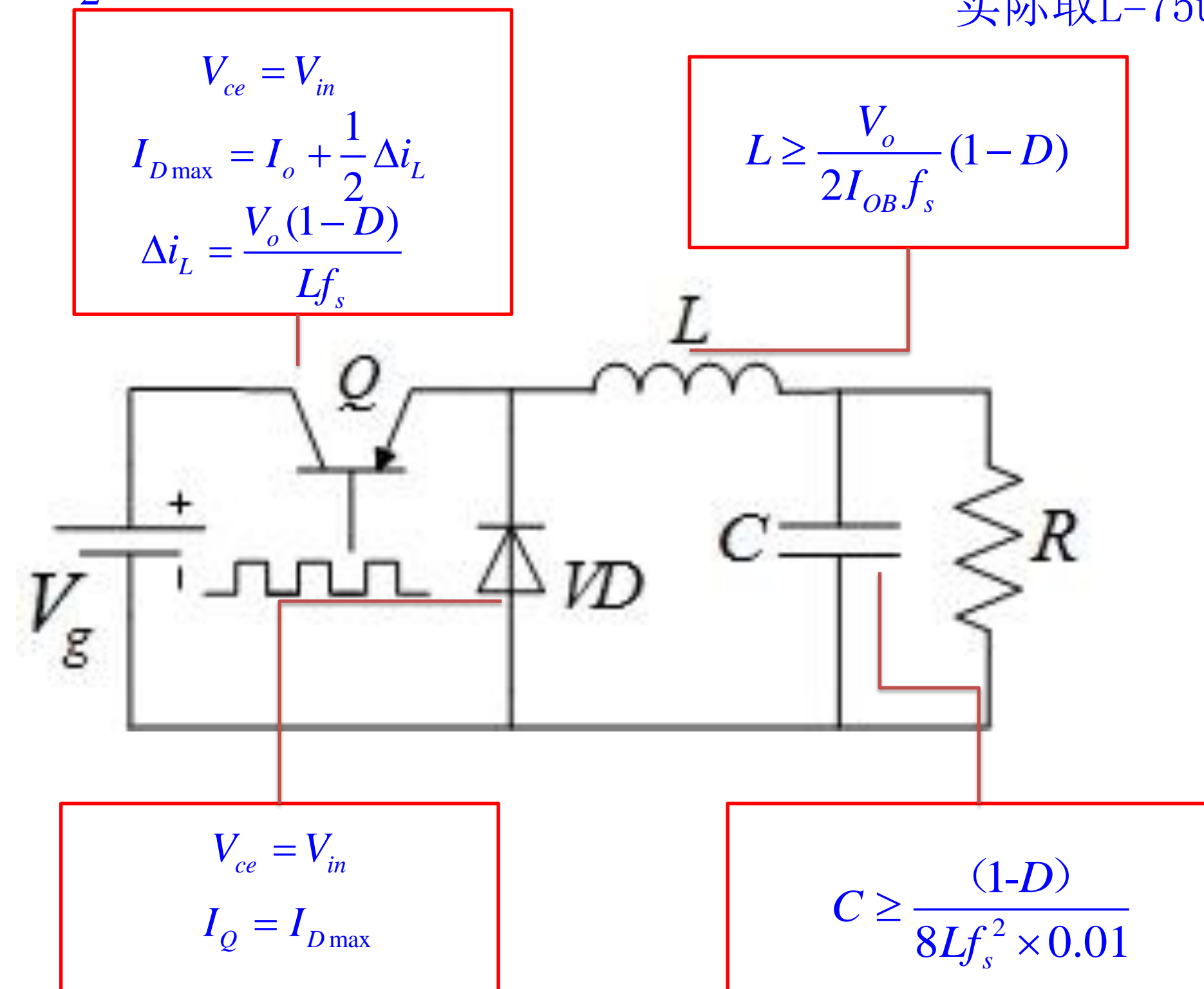
开关管T关断时承受的电压  $V_{ce} = 24\text{V}$

$$\Delta i_L = \frac{V_o(1-D)}{Lf_s} = \frac{5 \times (1-0.2083)}{75 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^3} = 1.0556\text{A}$$
$$I_{D\max} = I_o + \frac{1}{2} \Delta i_L = 3 + 0.5278 = 3.5278\text{A}$$

占空比  $D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{5}{24} = 0.2083$

$$L \geq \frac{V_o}{2I_{OB}f_s} (1-D) = \frac{5}{2 \times 0.6 \times 50 \times 10^3} (1-0.2083) = 65.9\mu\text{H}$$

实际取  $L = 75\mu\text{H}$



$$\frac{V_o}{V_s} = D$$

二极管关断时承受的电压  $V_D = 24\text{V}$   
二极管D最大电流  $I_{D(\max)} = 3.5278\text{A}$

$$C \geq \frac{(1-D)}{8Lf_s^2 \times 0.01} = \frac{(1-0.2083)}{8 \times 75 \times 10^{-6} \times (50 \times 10^3)^2 \times 0.01} = 52.78\mu\text{F}$$

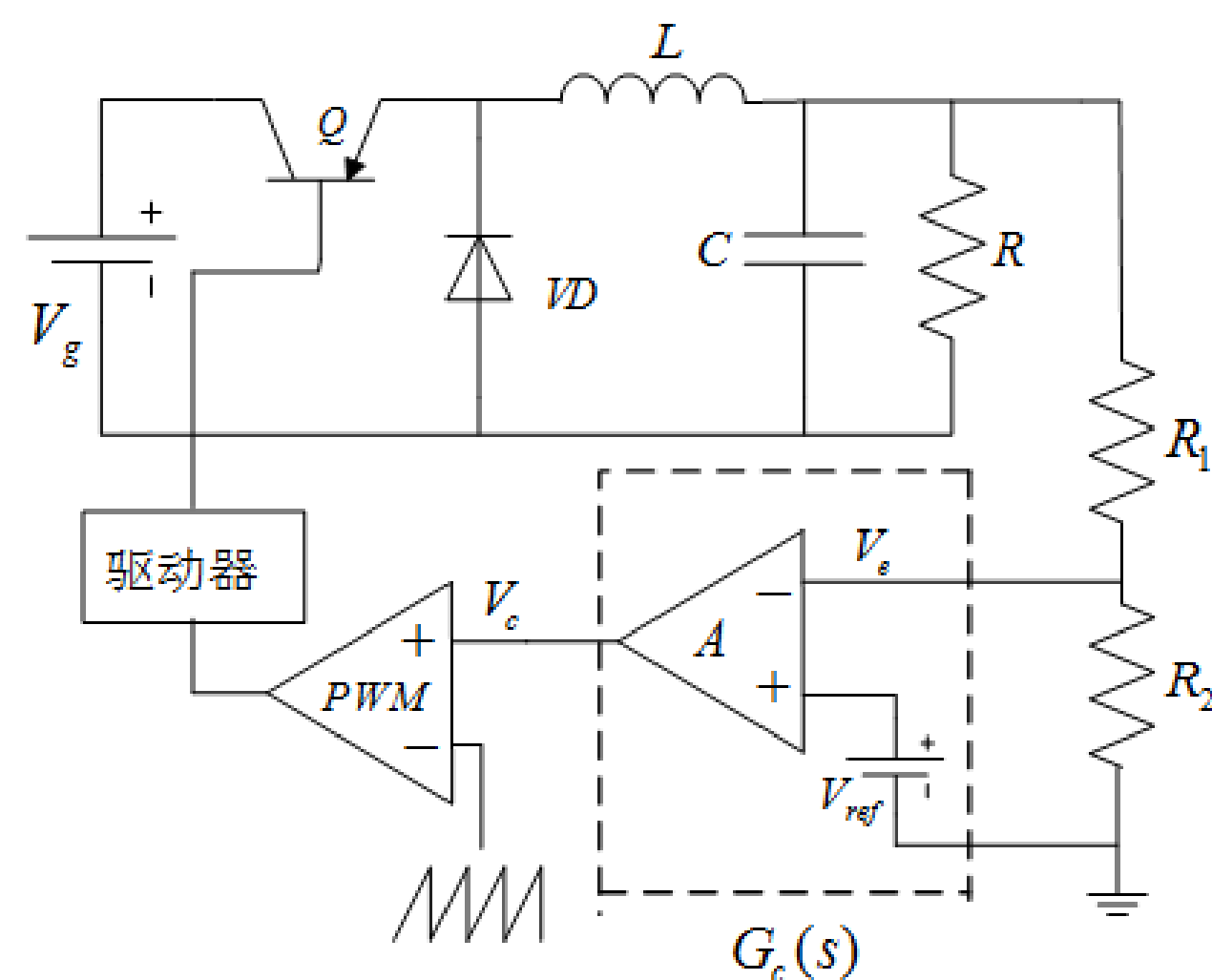
使用低ESR ( 等效串联电阻 ) 电容  
多个电容并联构成一个大电容  
并联0.1uF或0.01uF电容对高频谐波进行吸收

# 电压型控制

闭环控制

电压型控制 TL494

电流型控制 UC3842



TL494

图1. 代表性框图

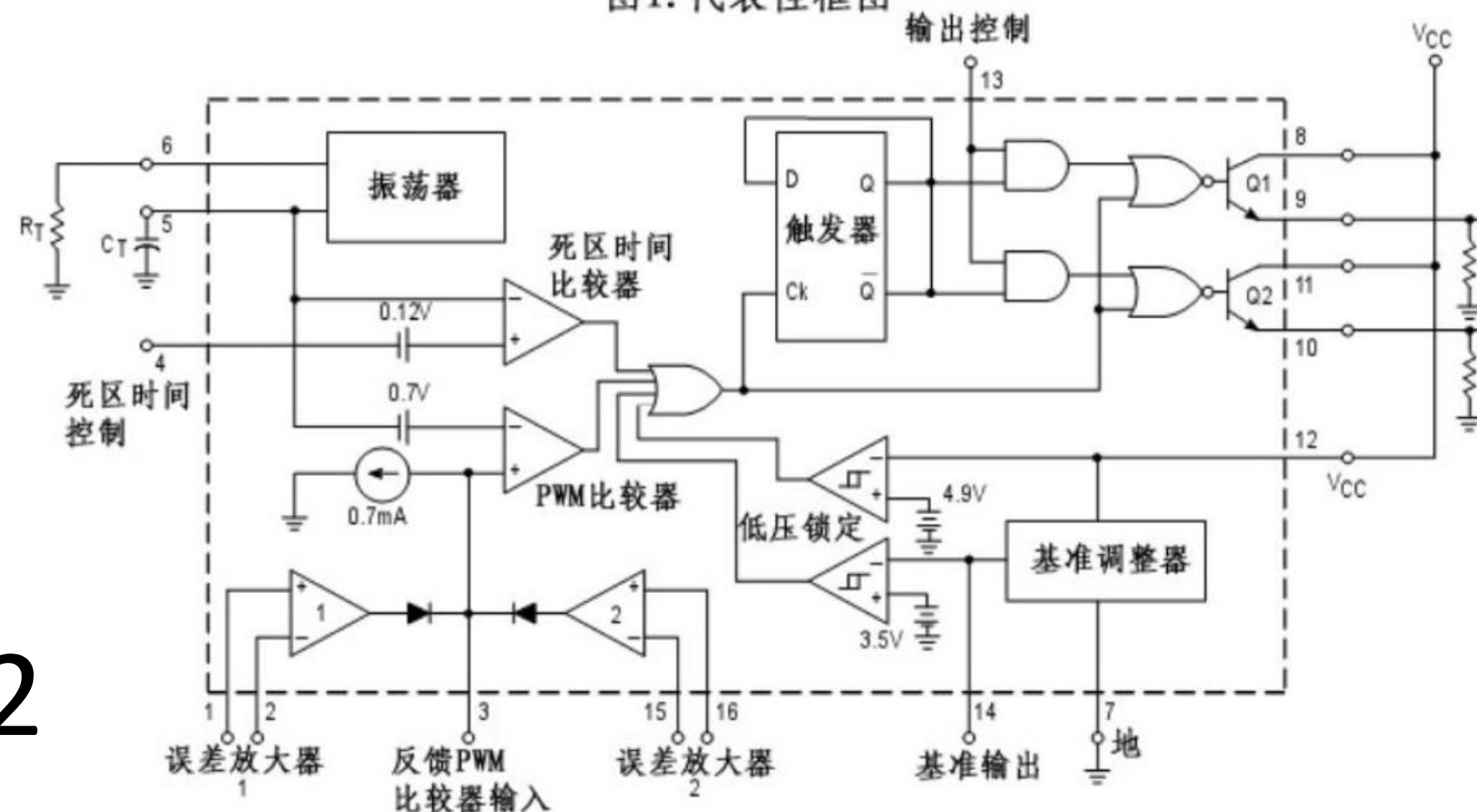
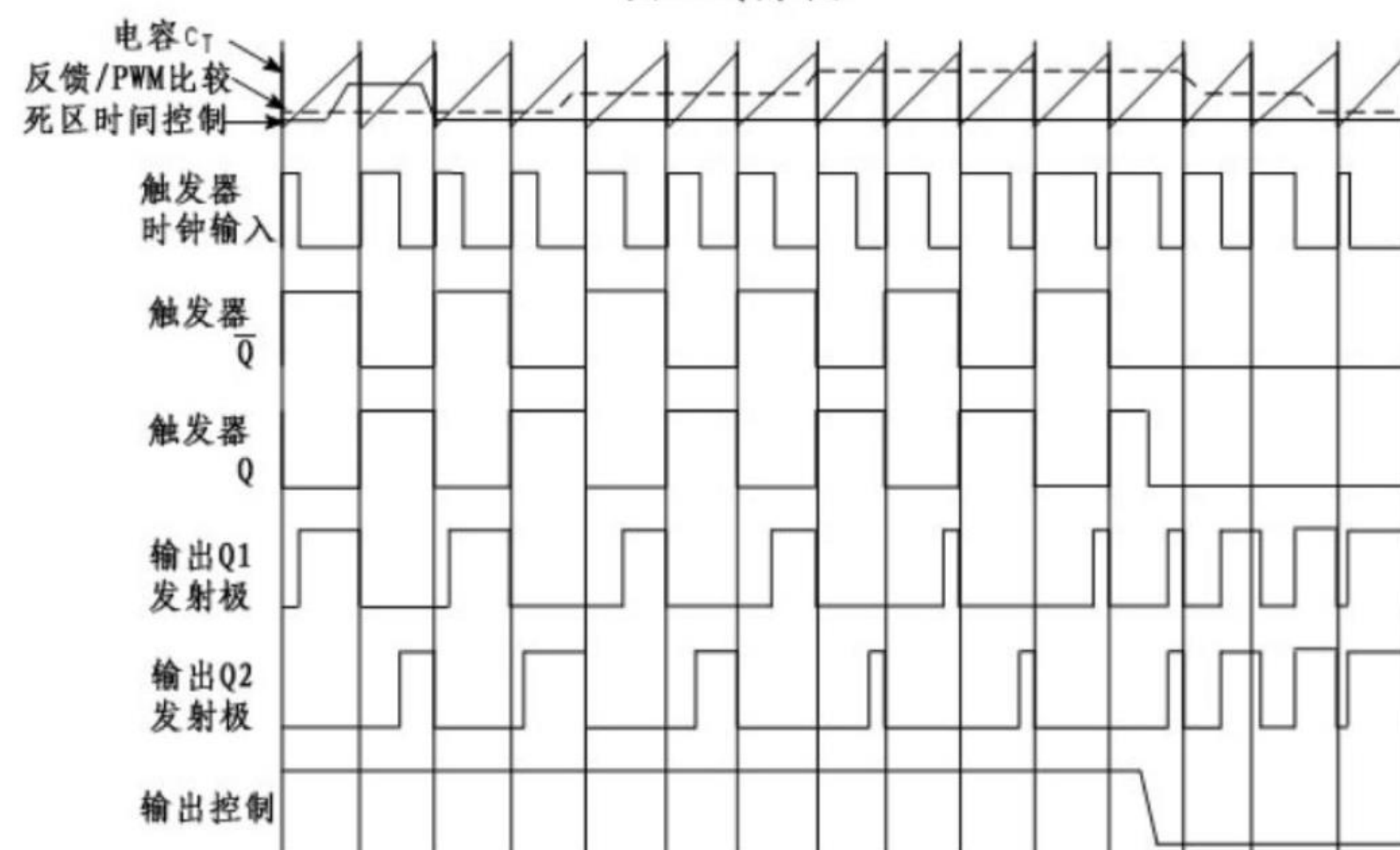
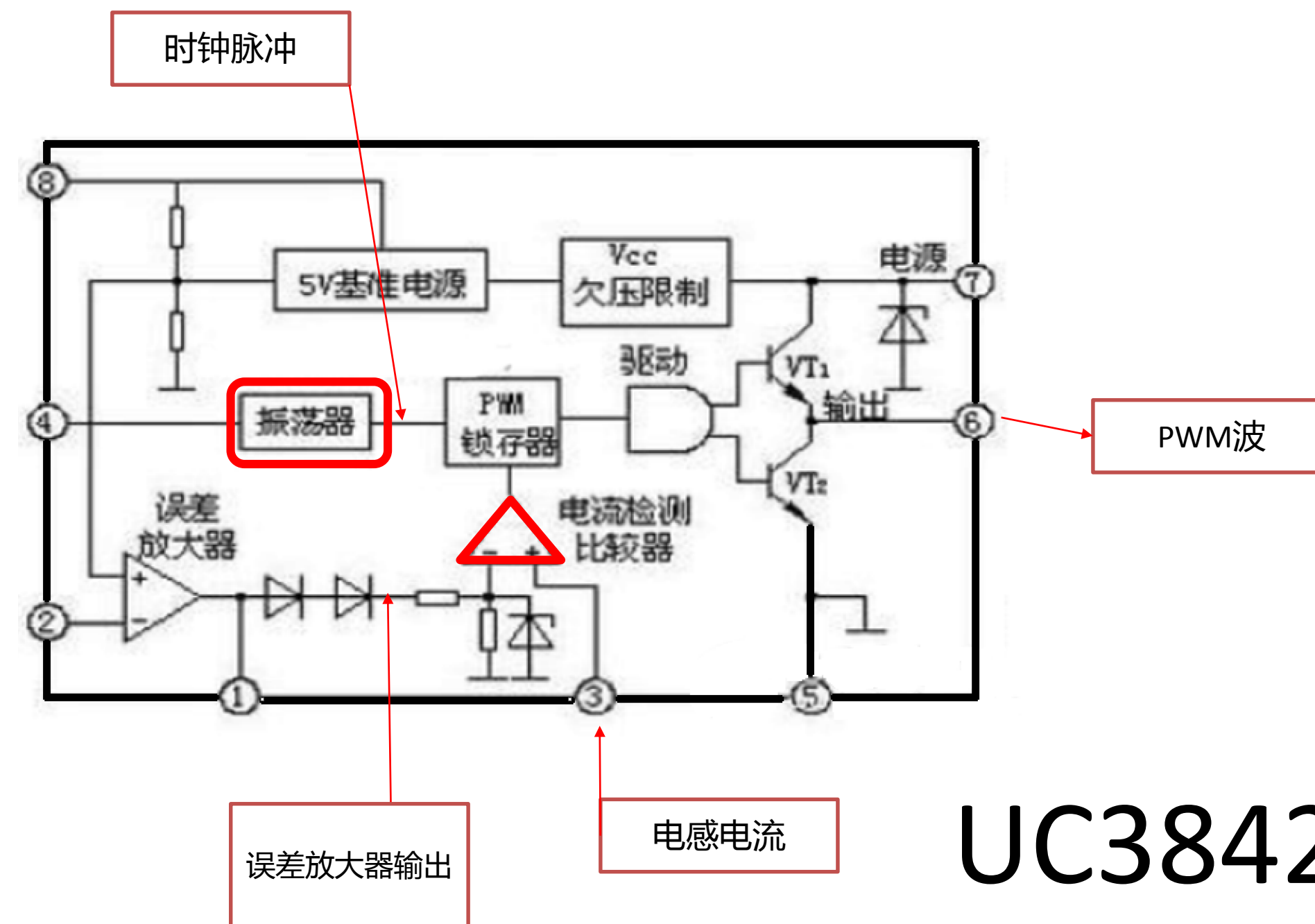
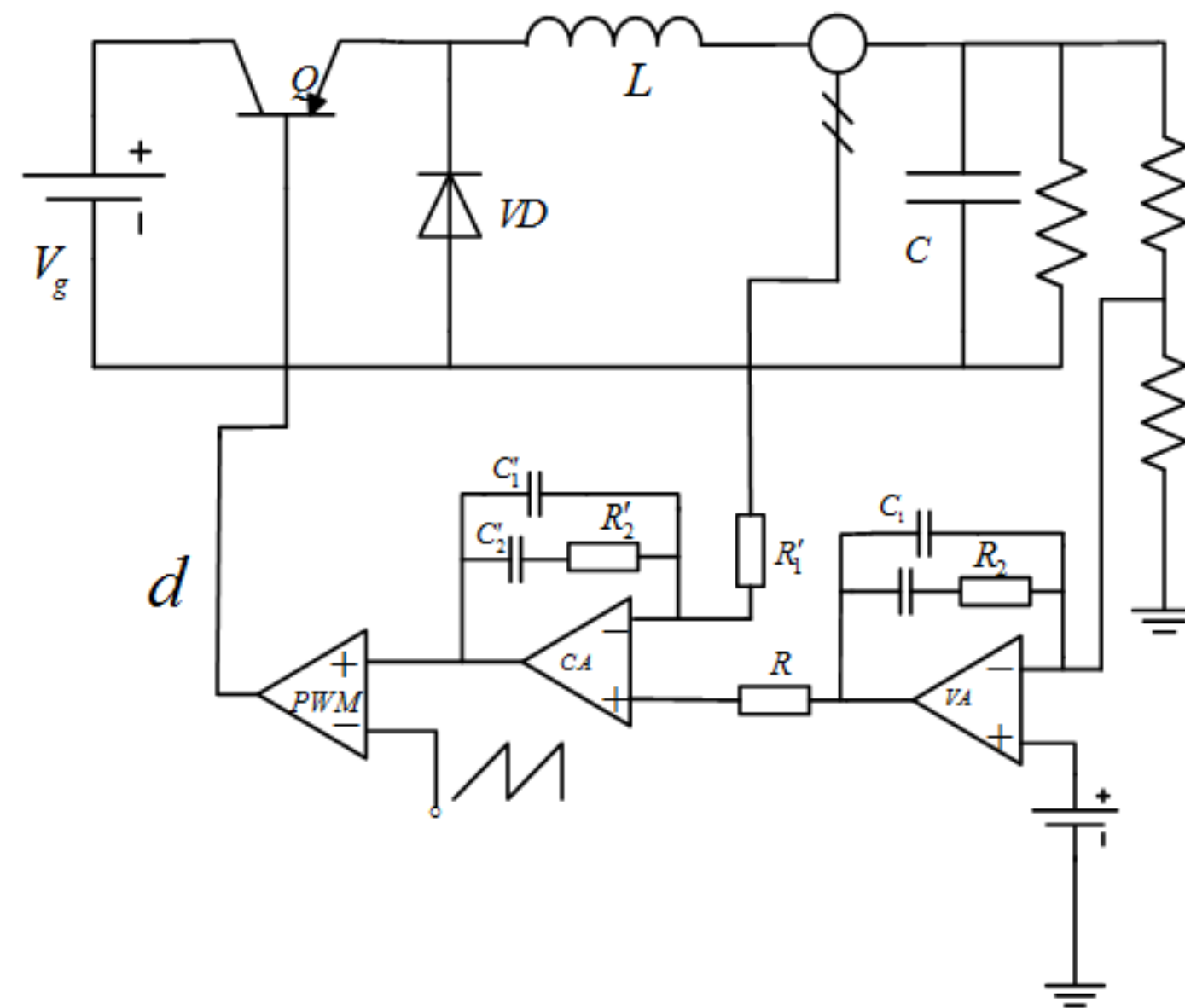


图2. 时序图

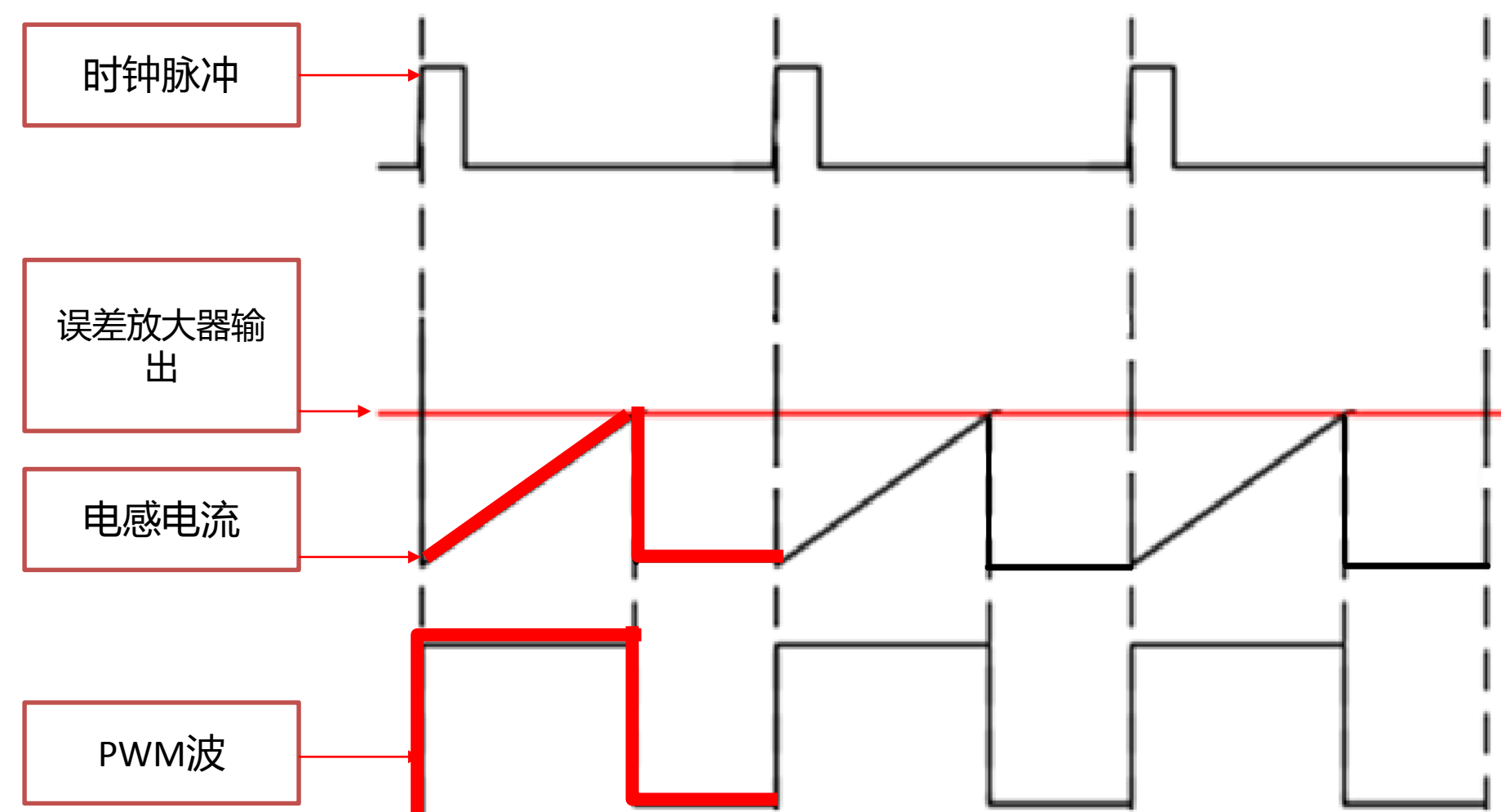




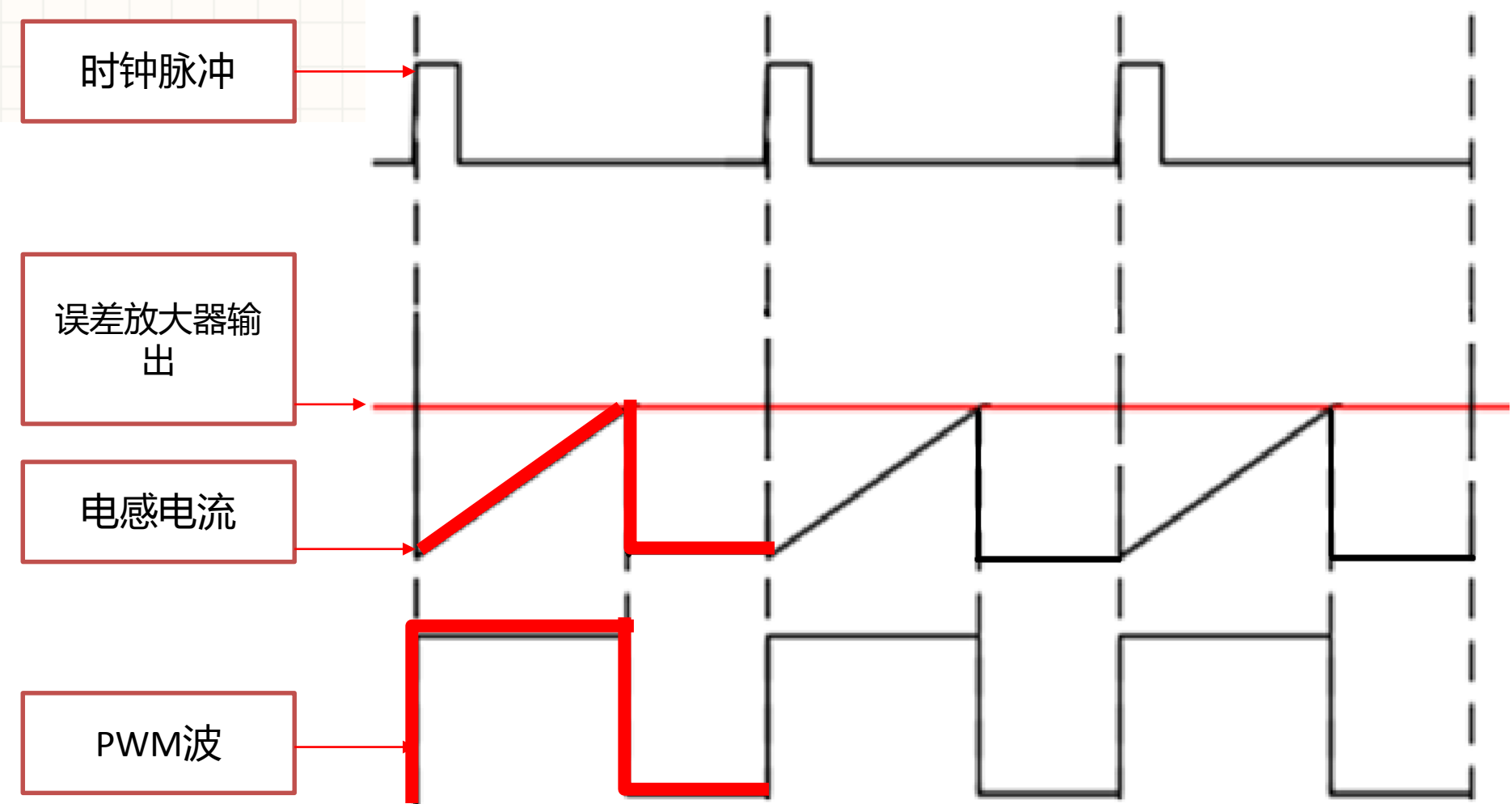
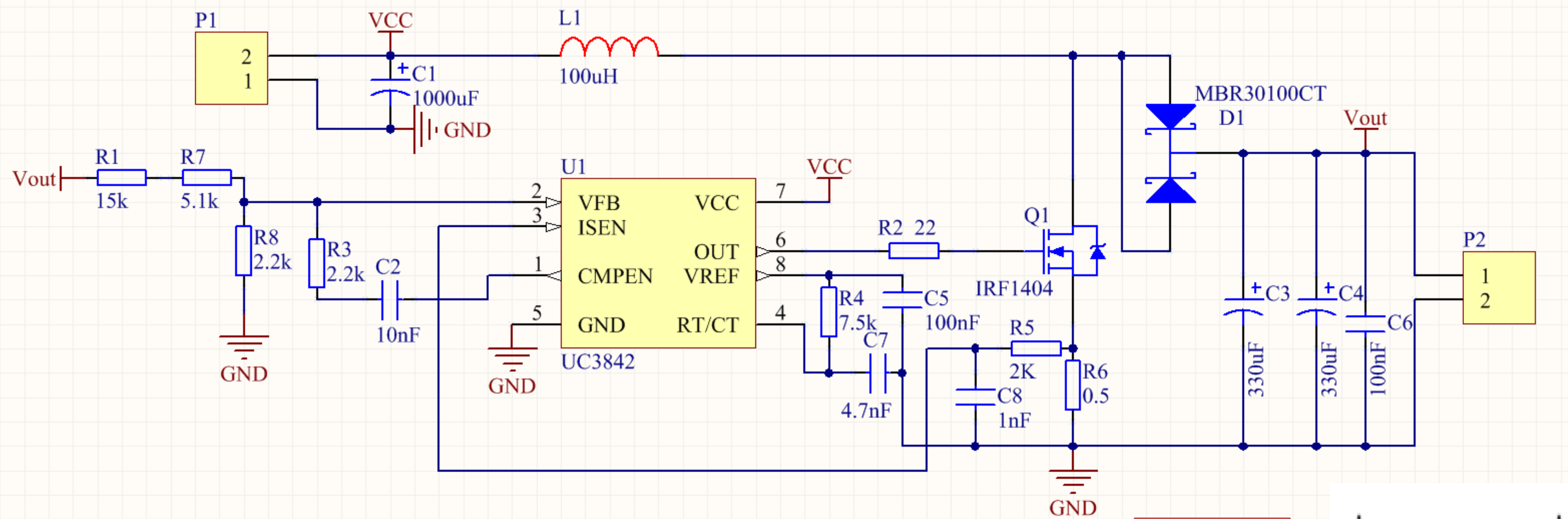
# 电流型控制



UC3842



# UC3843 BOOST电路实例



# 双向DCDC

## 双向 DC-DC 变换器 (A 题) 【本科组】

### 一、任务

设计并制作用于电池储能装置的双向 DC-DC 变换器，实现电池的充放电功能，功能可由按键设定，亦可自动转换。系统结构如图 1 所示，图中除直流稳压电源外，其他器件均需自备。电池组由 5 节 18650 型、容量 2000~3000mAh 的锂离子电池串联组成。所用电阻阻值误差的绝对值不大于 5%。

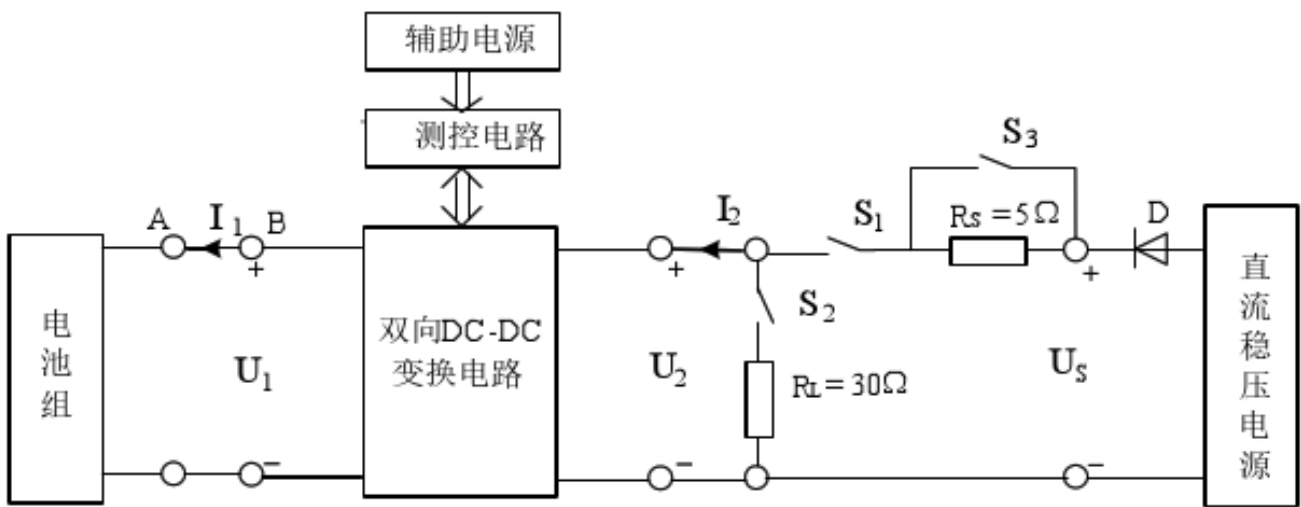


图 1 电池储能装置结构框图

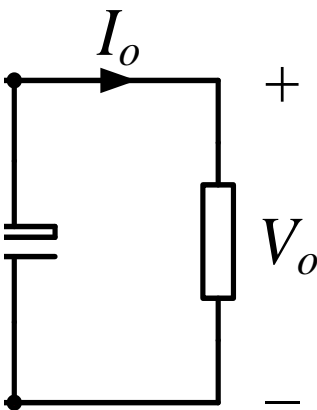
### 二、要求

#### 1. 基本要求

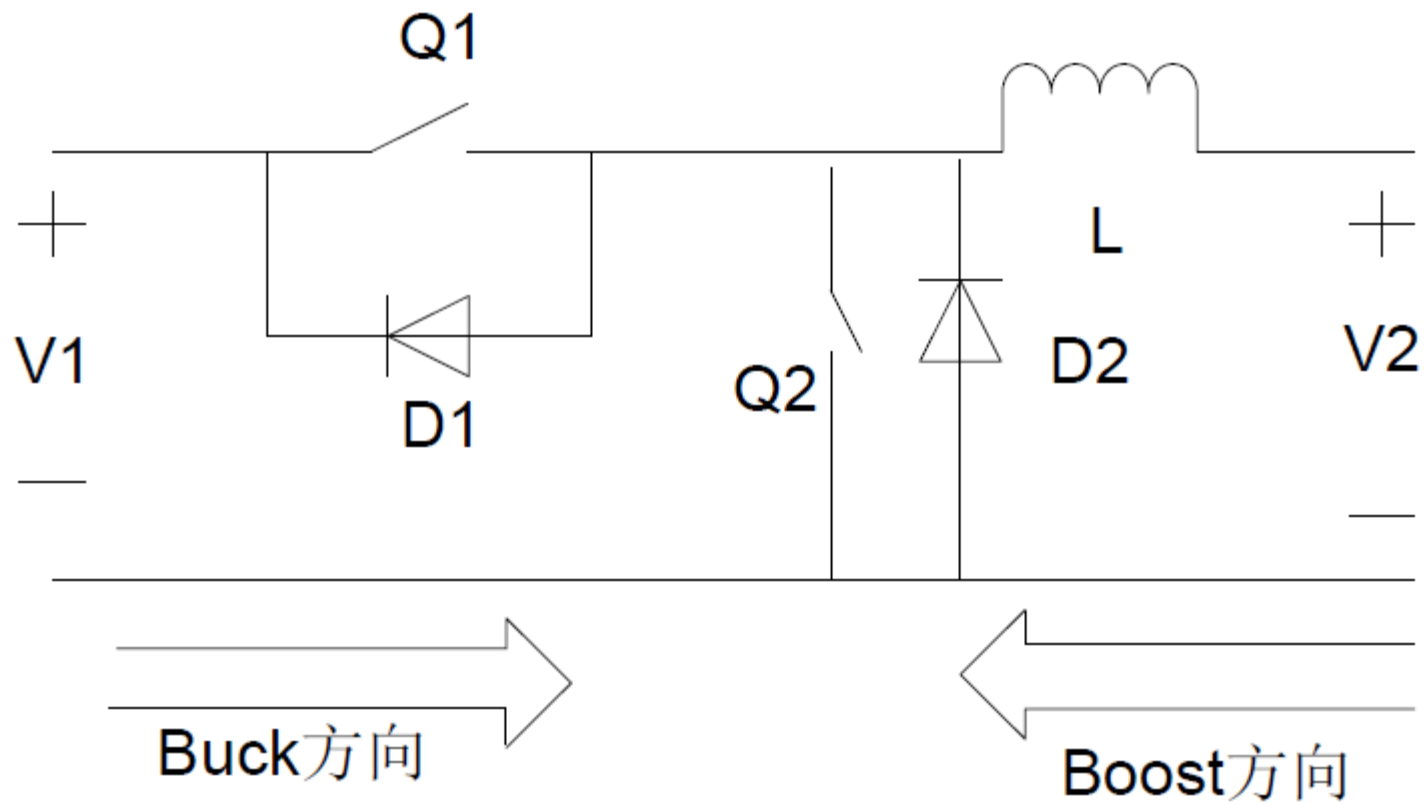
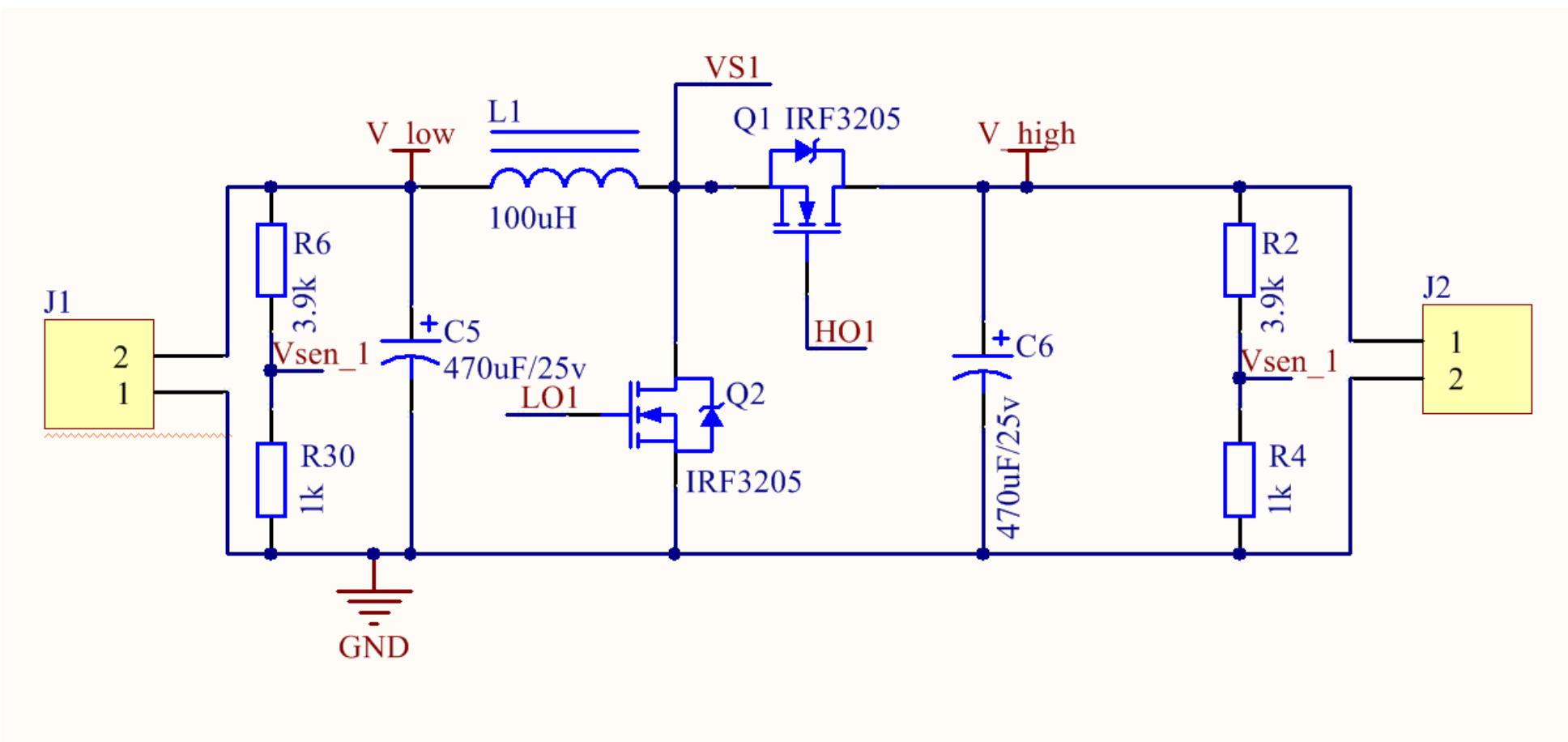
接通  $S_1$ 、 $S_3$ ，断开  $S_2$ ，将装置设定为充电模式。

- (1)  $U_2=30V$  条件下，实现对电池恒流充电。充电电流  $I_1$  在 1~2A 范围内步进可调，步进值不大于 0.1A，电流控制精度不低于 5%。
- (2) 设定  $I_1=2A$ ，调整直流稳压电源输出电压，使  $U_2$  在 24~36V 范围内变化时，要求充电电流  $I_1$  的变化率不大于 1%。
- (3) 设定  $I_1=2A$ ，在  $U_2=30V$  条件下，变换器的效率  $\eta_1 \geq 90\%$ 。
- (4) 测量并显示充电电流  $I_1$ ，在  $I_1=1\sim 2A$  范围内测量精度不低于 2%。
- (5) 具有过充保护功能：设定  $I_1=2A$ ，当  $U_1$  超过阈值  $U_{1th}=24 \pm 0.5V$  时，停止充电。

A-1/3



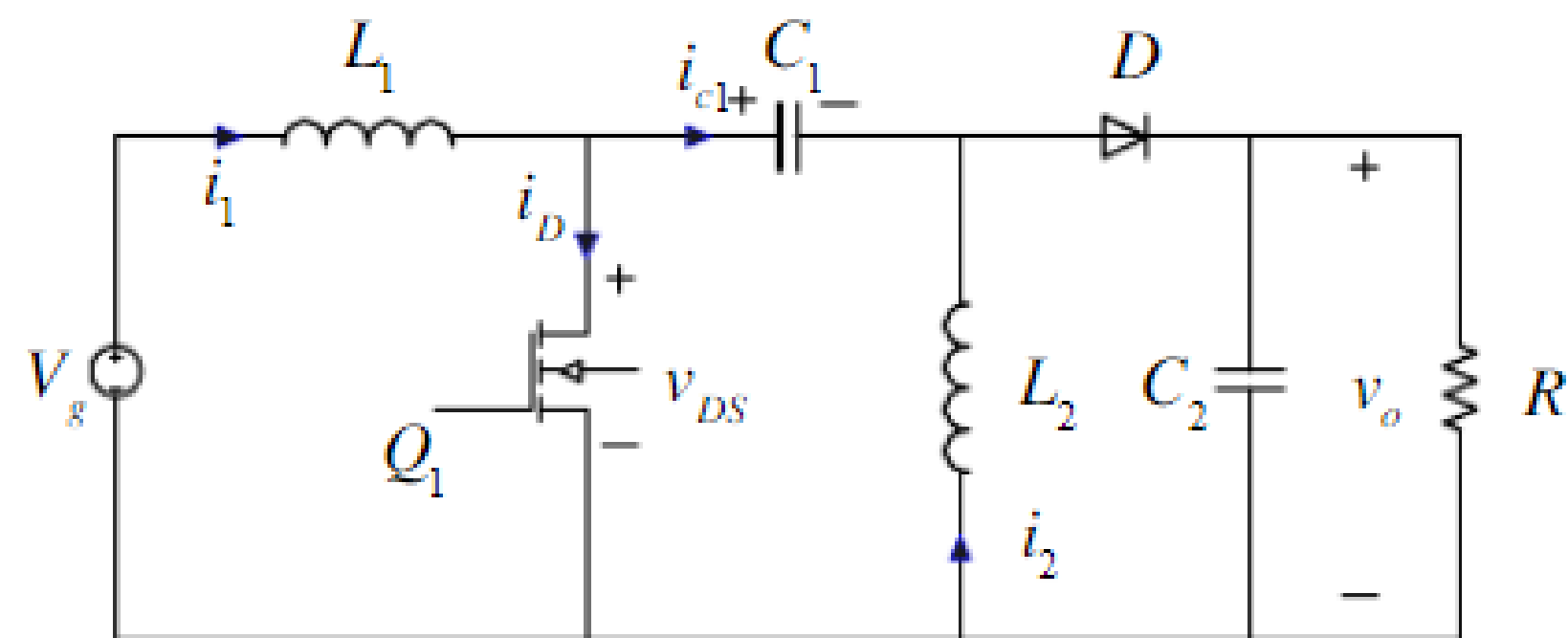
V2



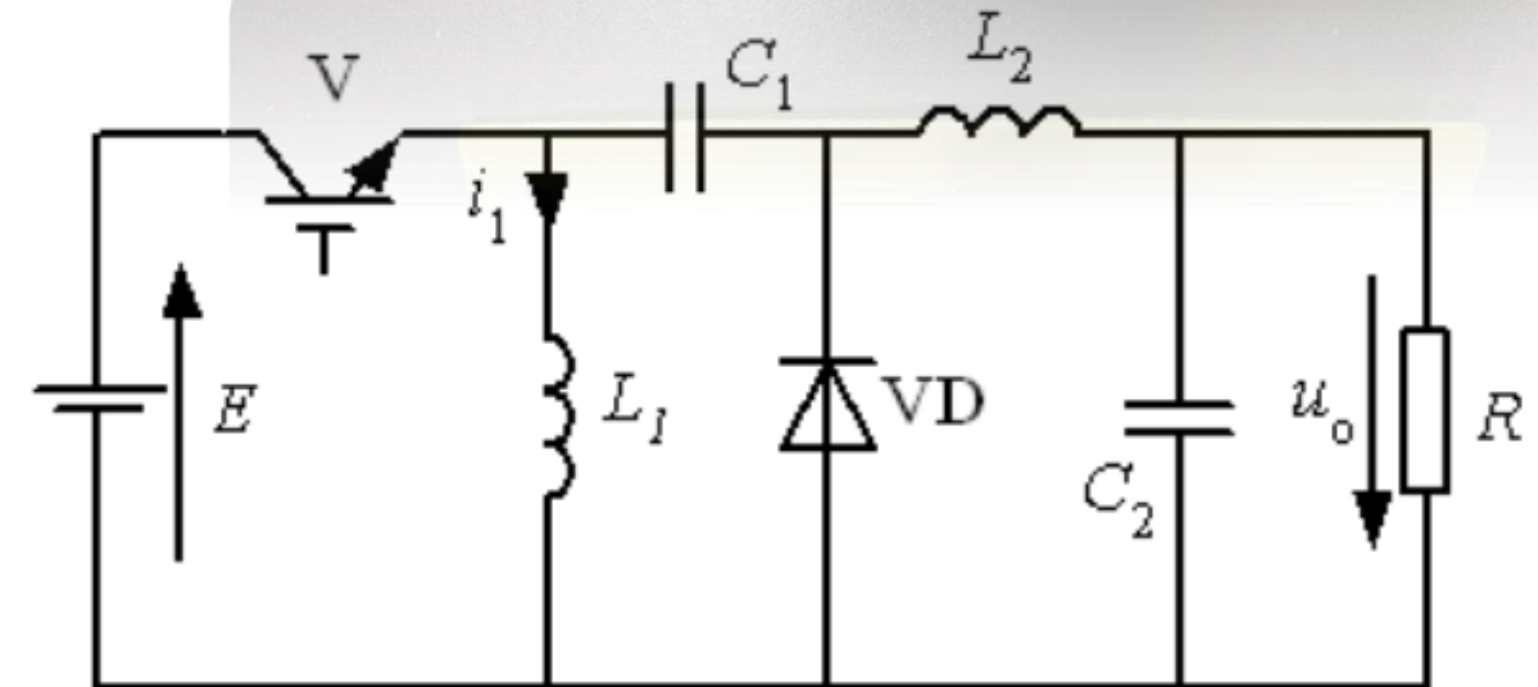


# SEPIC、ZETA升降压电路

BUCK-BOOST与CUK为反极性电路，处理比较麻烦

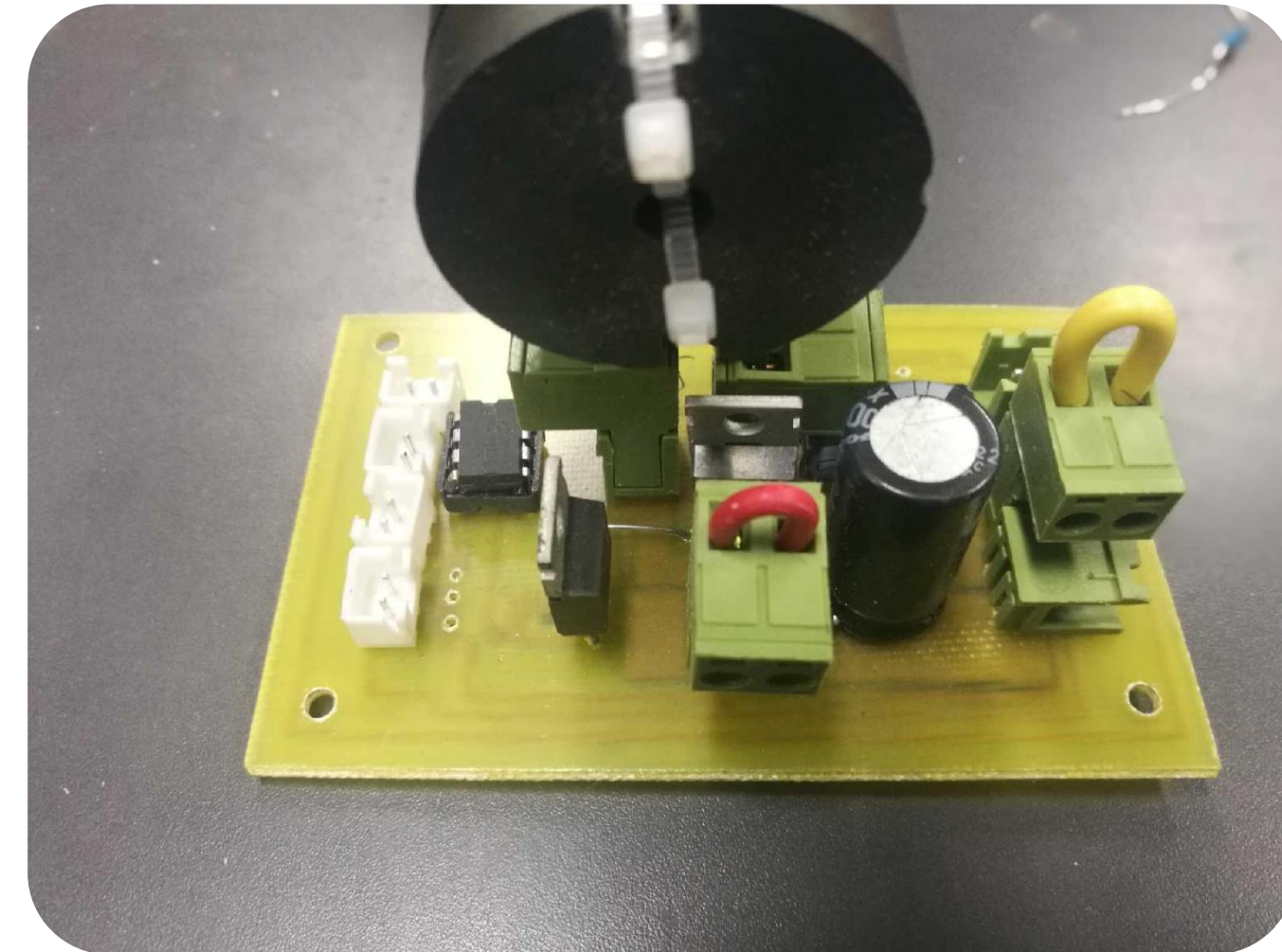


SEPIC电路



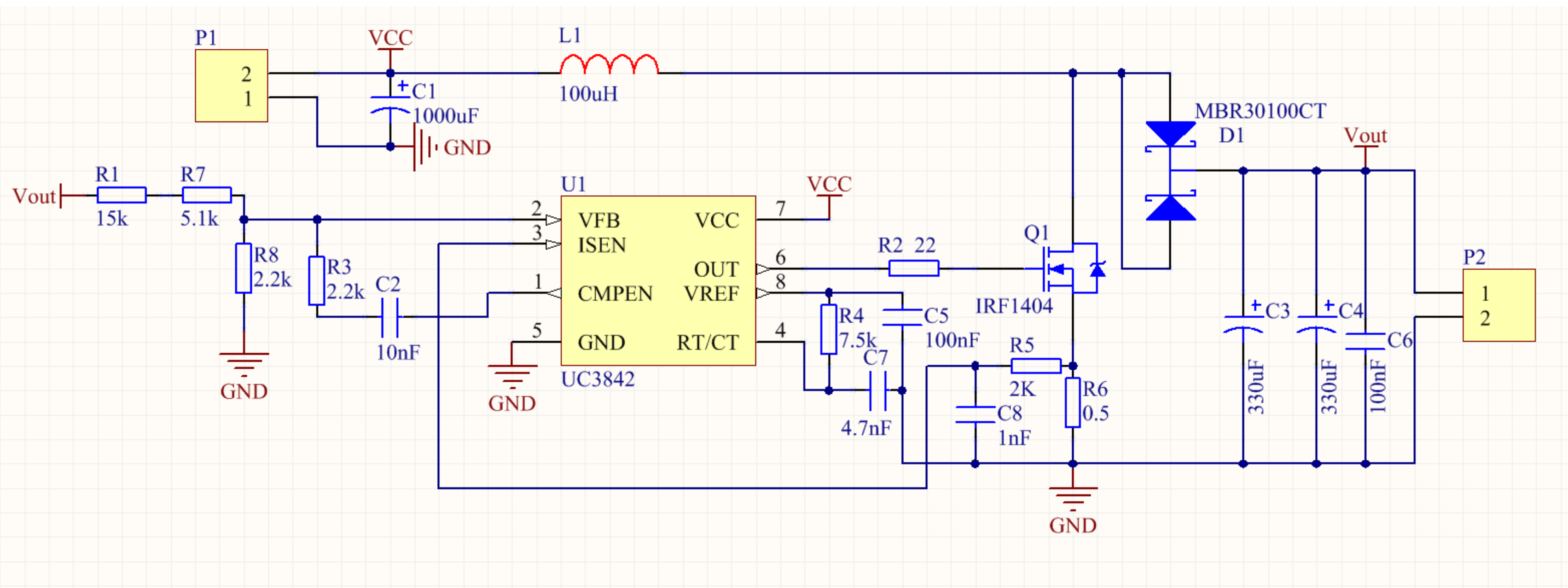
ZETA电路

$$V_o = \frac{D}{1-D} V_{in} \quad D \text{ 为 } 50\% \text{ 时 } V_o = V_{in}$$





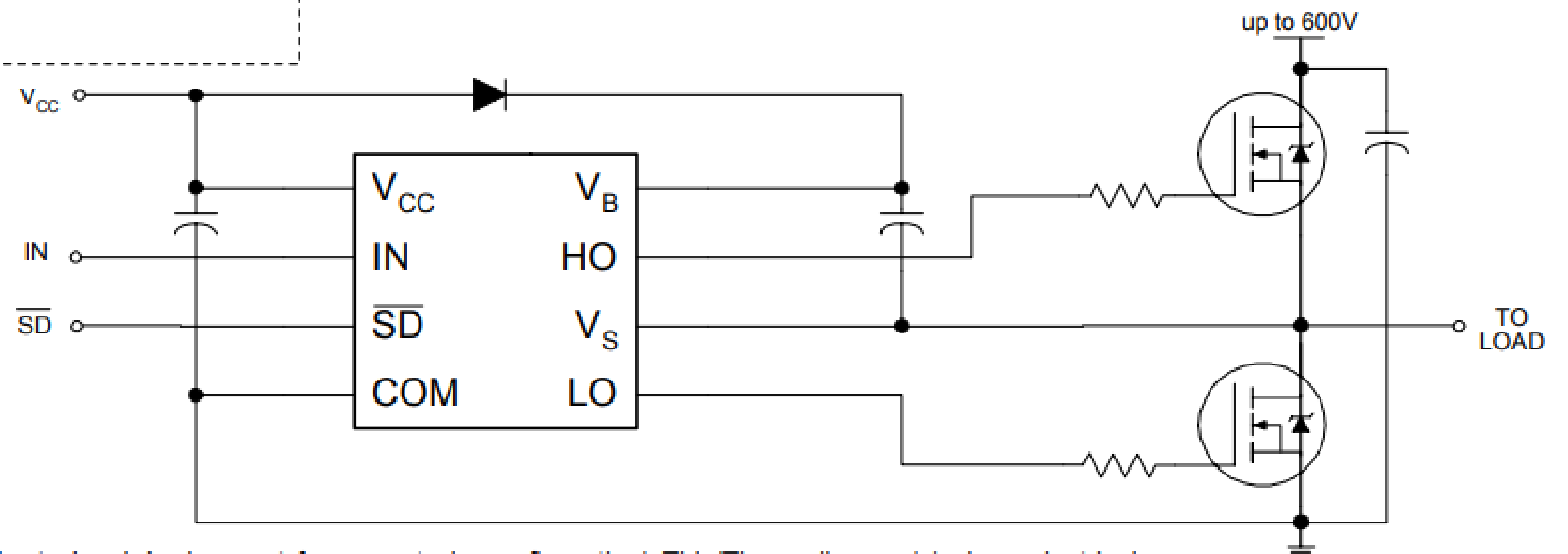
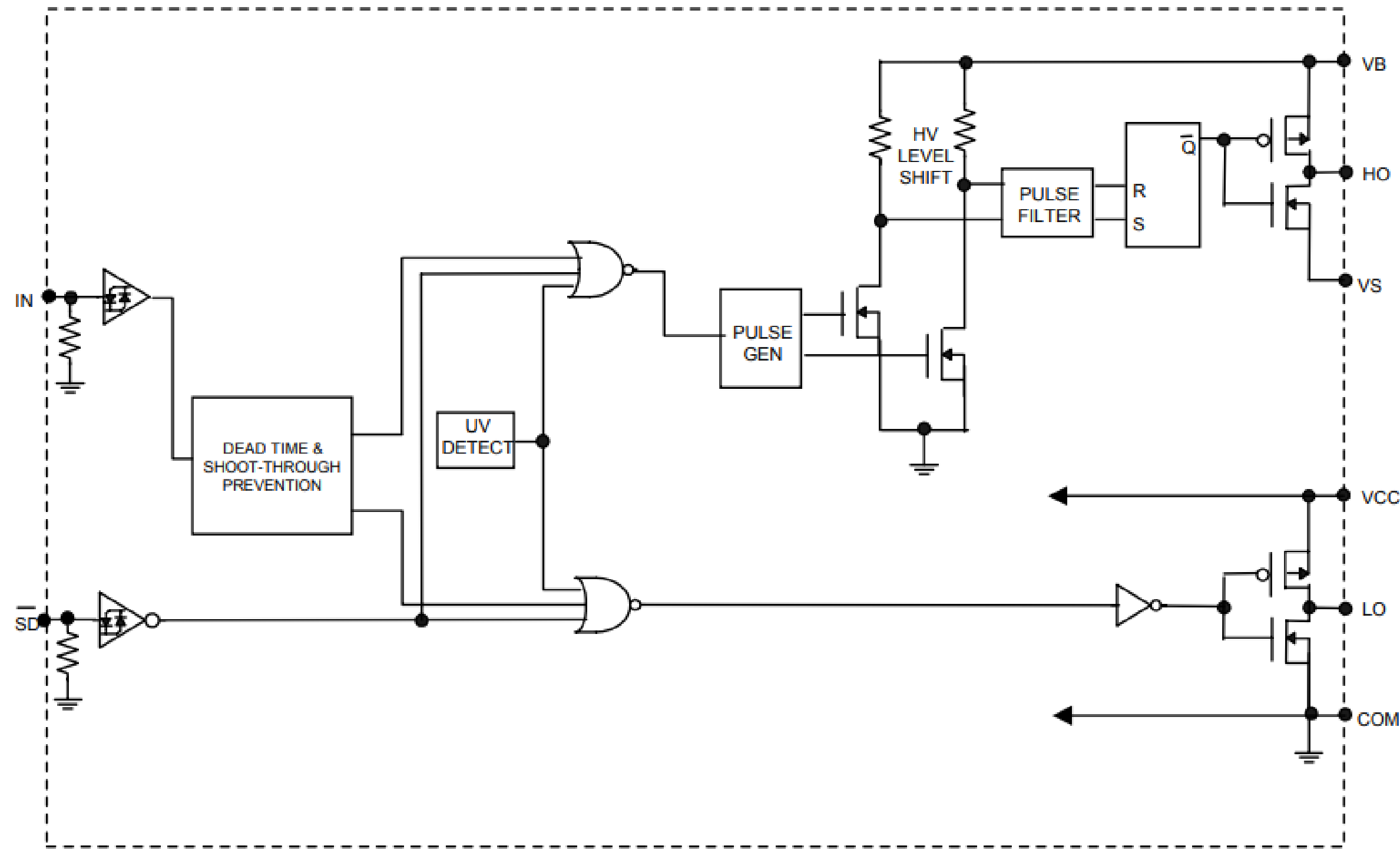
# 电源常见指标、布线



## 常见指标：

1. 电压精度
2. 负载能力
3. 电压调整率
4. 负载调整率
5. 效率

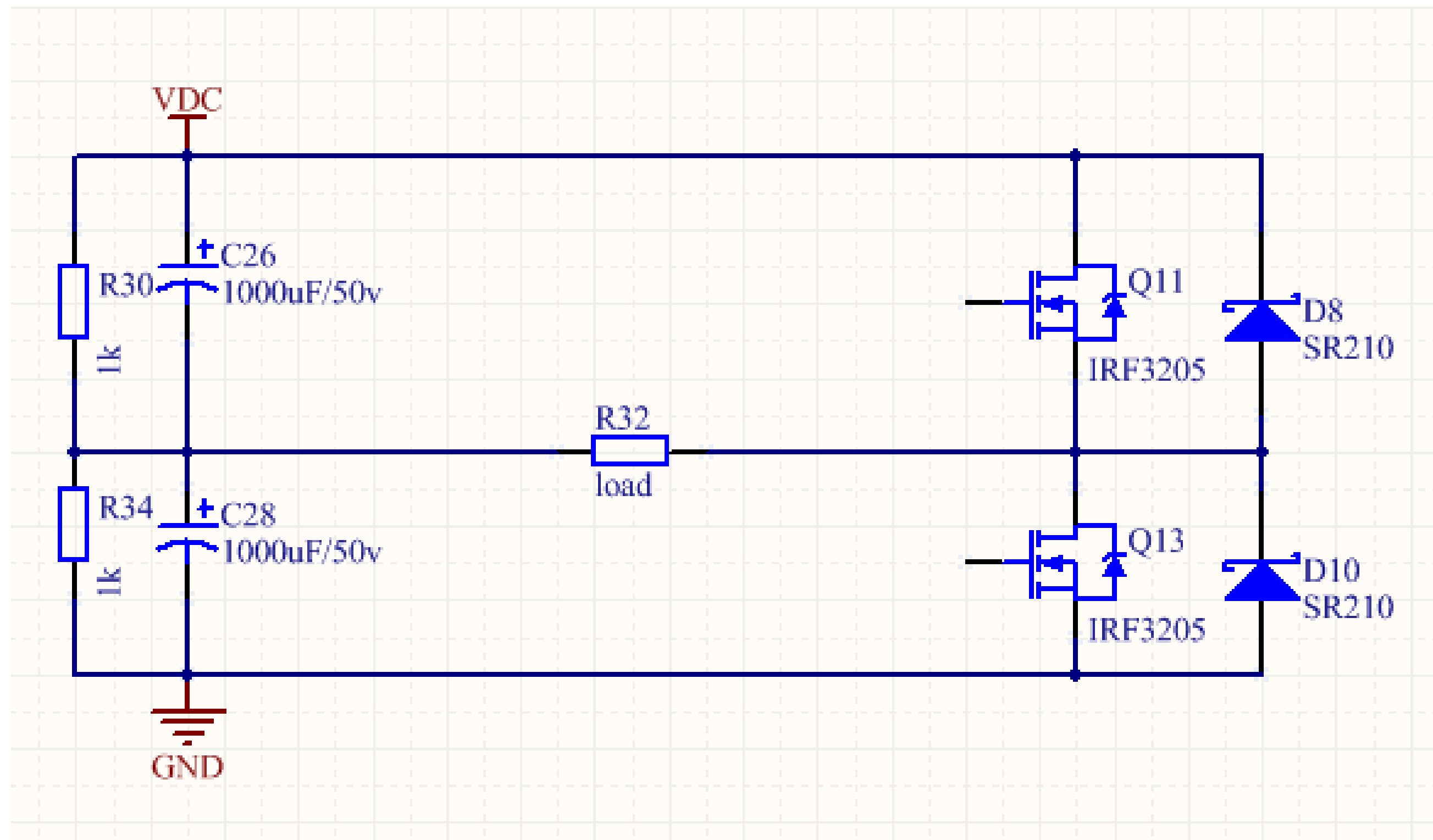
# 半桥驱动芯片工作原理讲解



Refer to Lead Assignment for correct pin configuration) This/These diagram(s) show electrical connections only. Please refer to our Application Notes and DesignTips for proper circuit board layout.

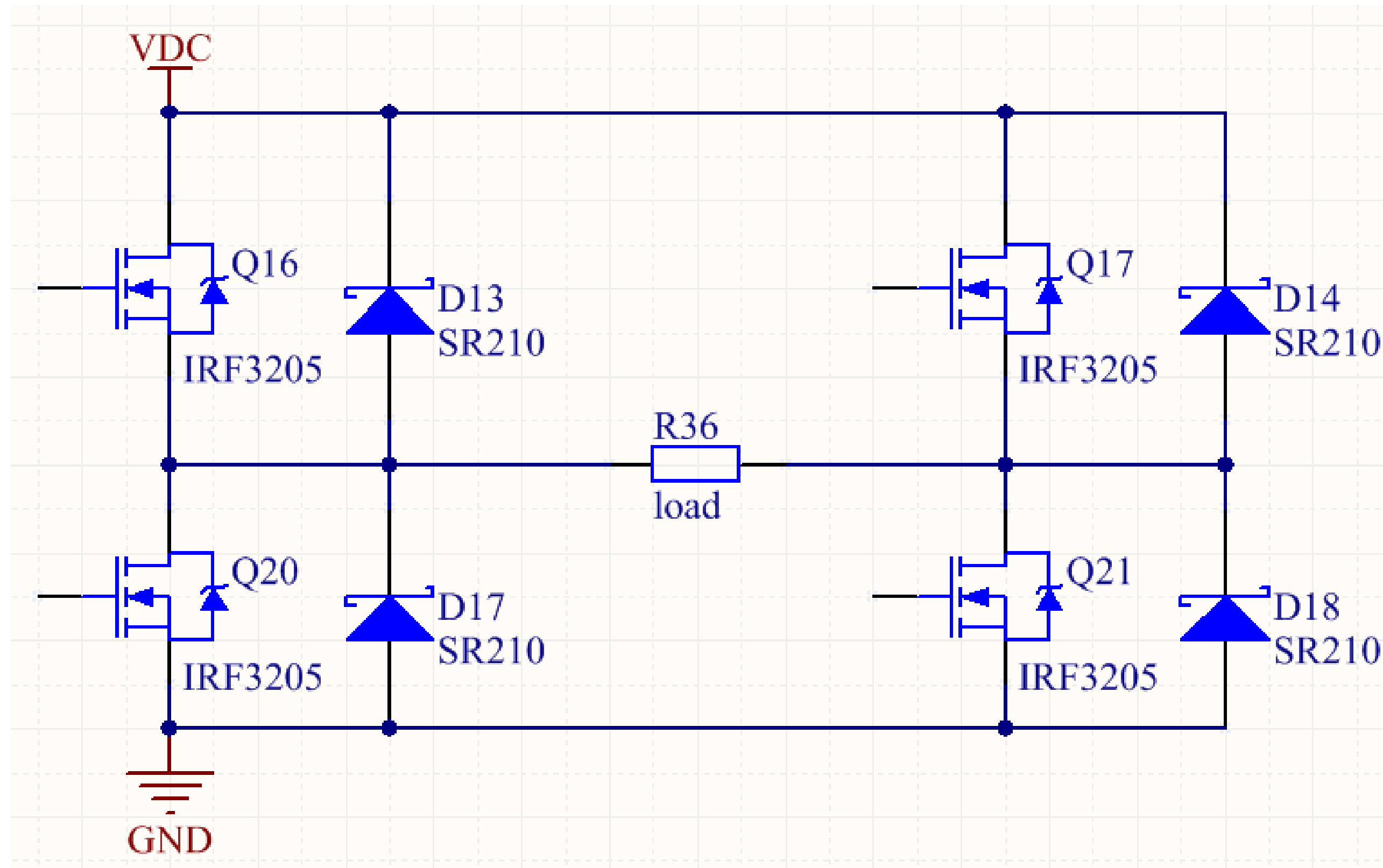


# 半桥逆变电路



1. 半桥需要两个开关管，电路简单且使用器件少。
2. 半桥输出的电压峰值为 $1/2V_{DC}$ ，开关管的耐压为直流输入电压。
3. 直流侧需要两个电容器串联，工作时还需要控制两个电容器电压的均衡。

# 全桥逆变电路

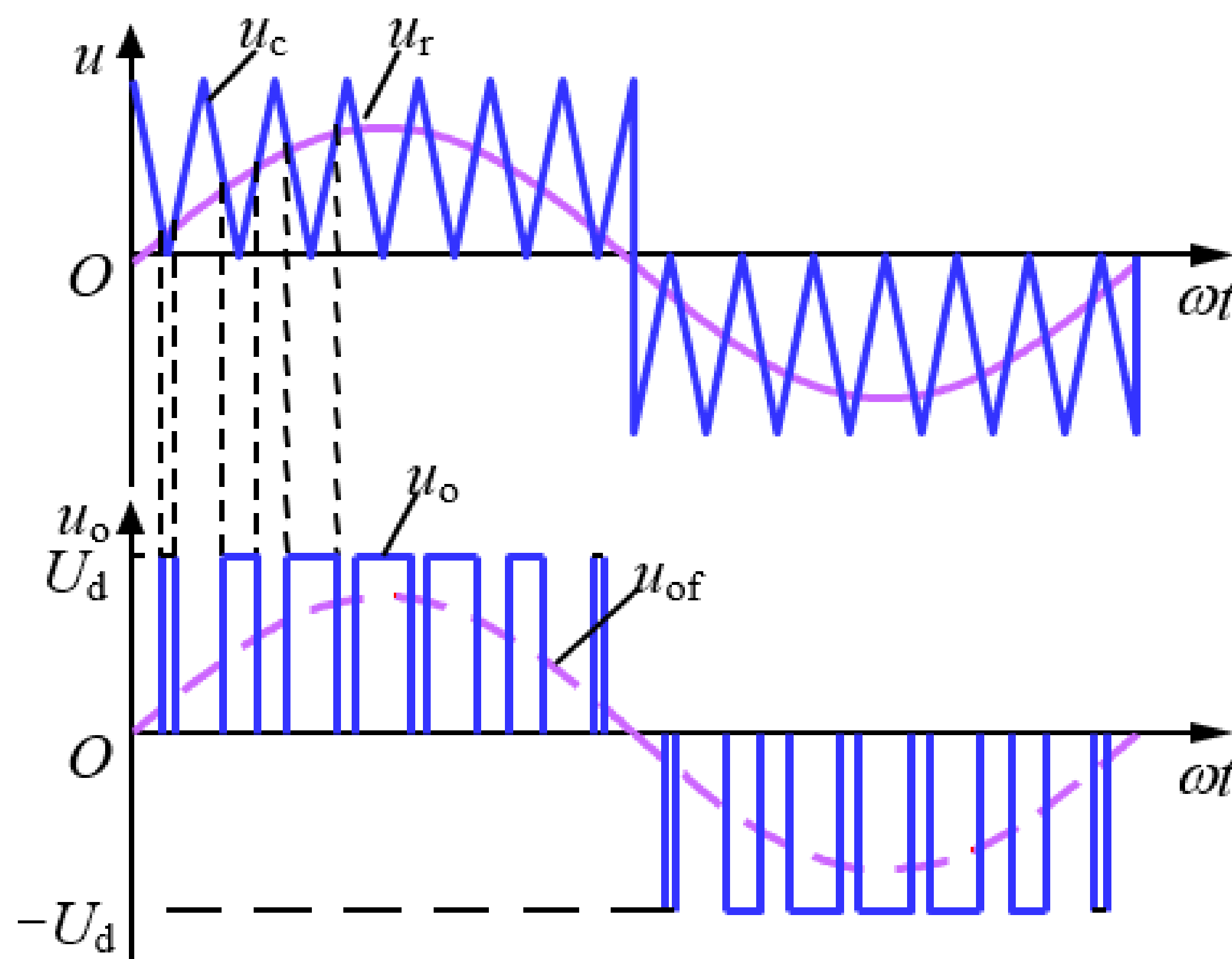


1. 全桥需要四个开关管。
2. 全桥输出电压的峰值是直流输入电压值，全桥的供电电压可以比半桥的供电电压低一半。
3. 直流侧不需要两个电容器串联，工作时也不需要控制两个电容器的电压的均衡问题

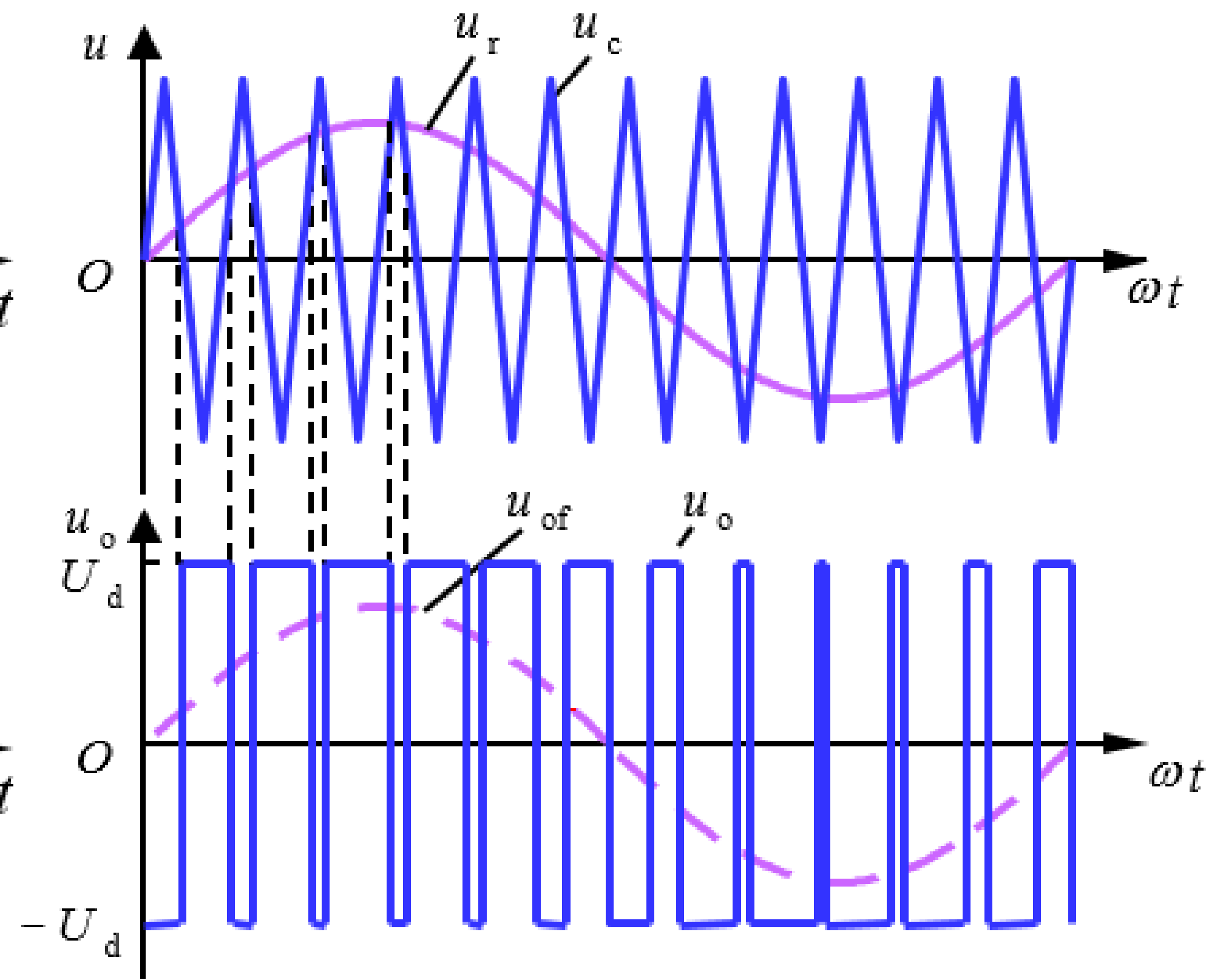


# SPWM

SPWM的产生方法：规则采样法  
初期可通过相关软件生成pwm列表，周期性改变单片机生成的占空比即可获得SPWM

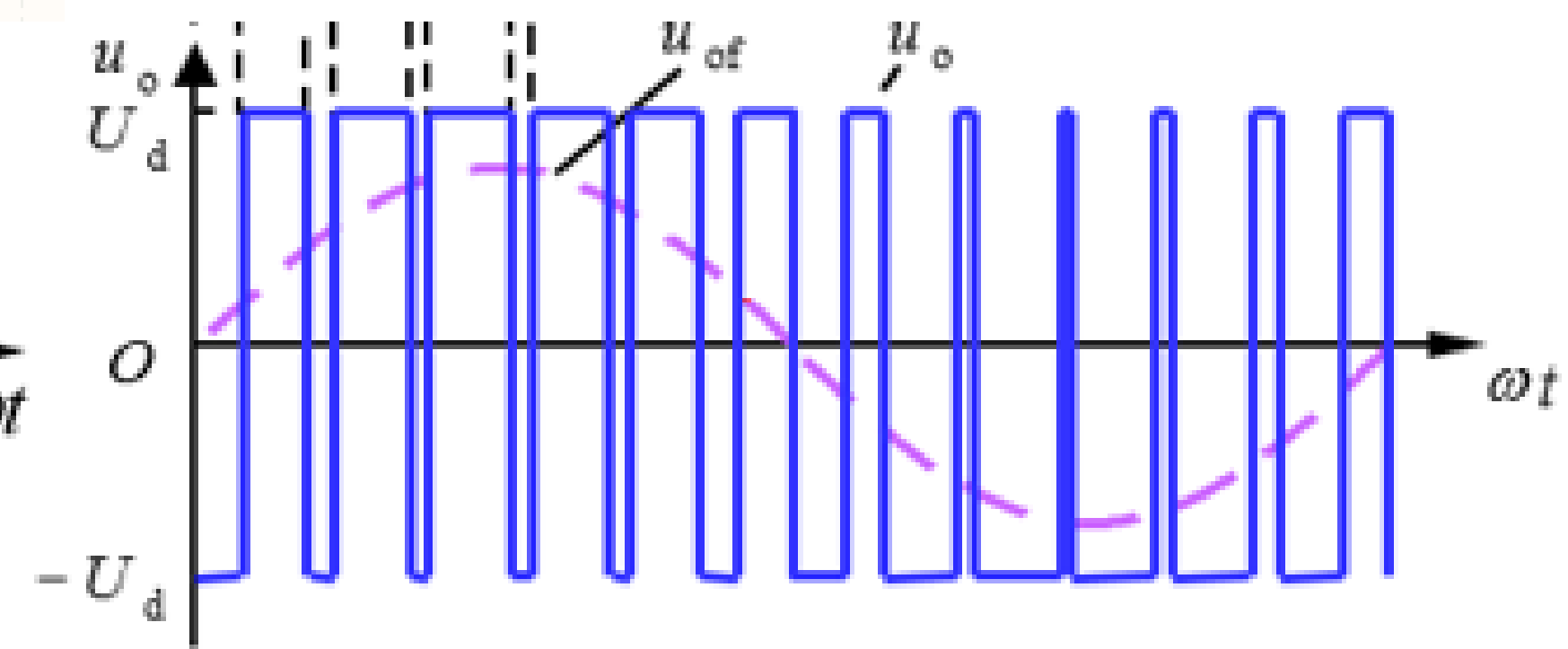
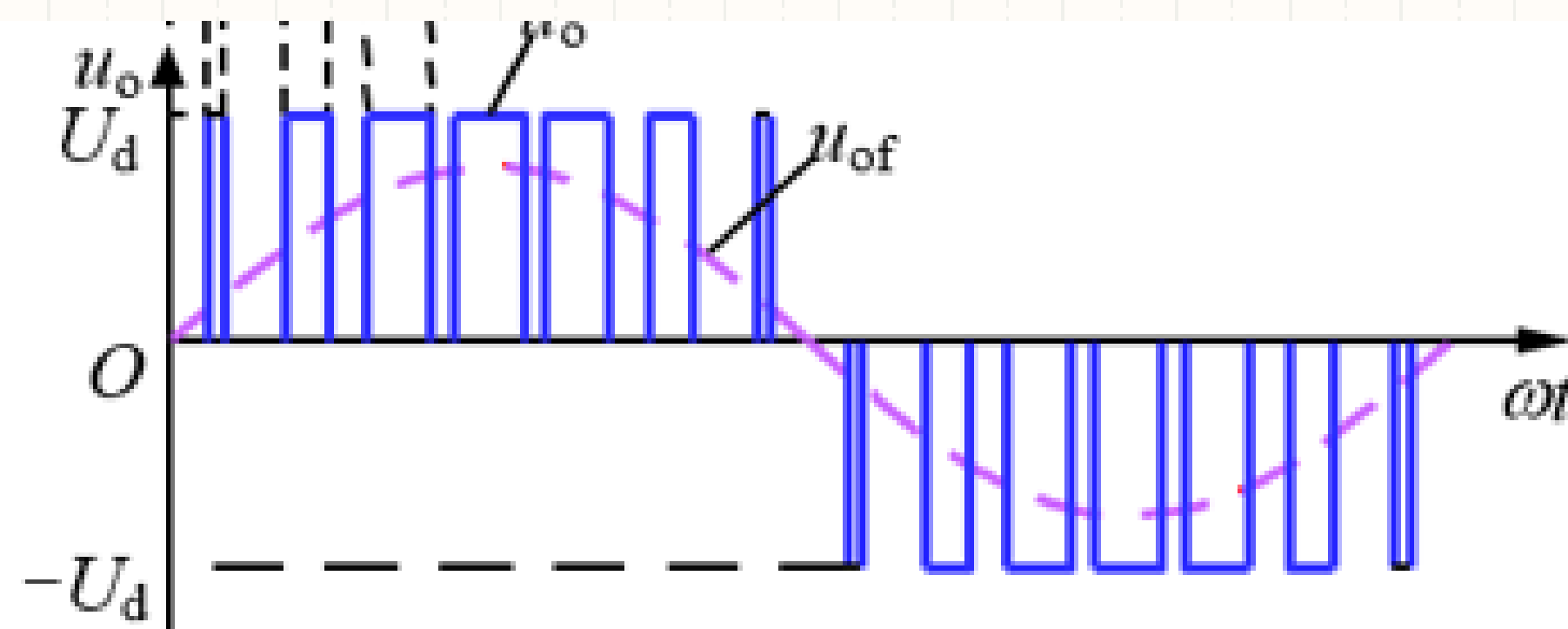
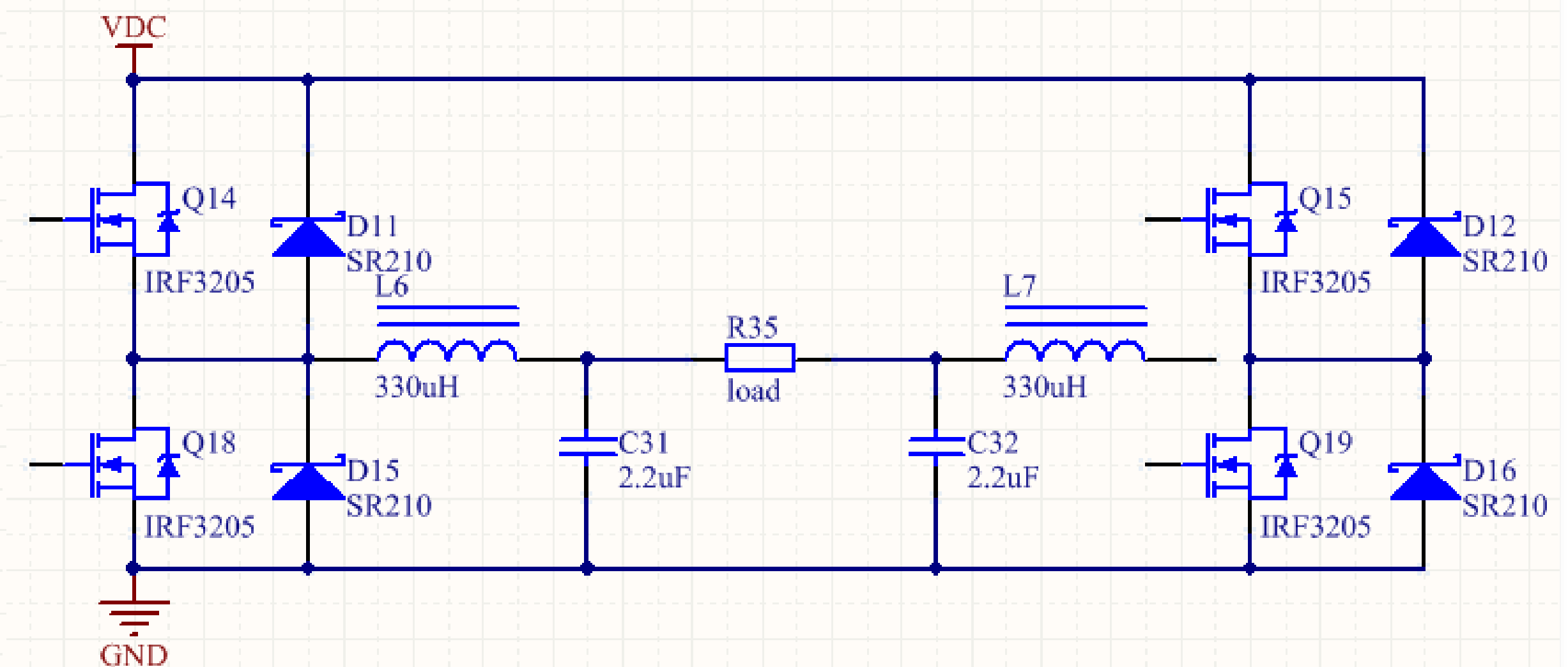
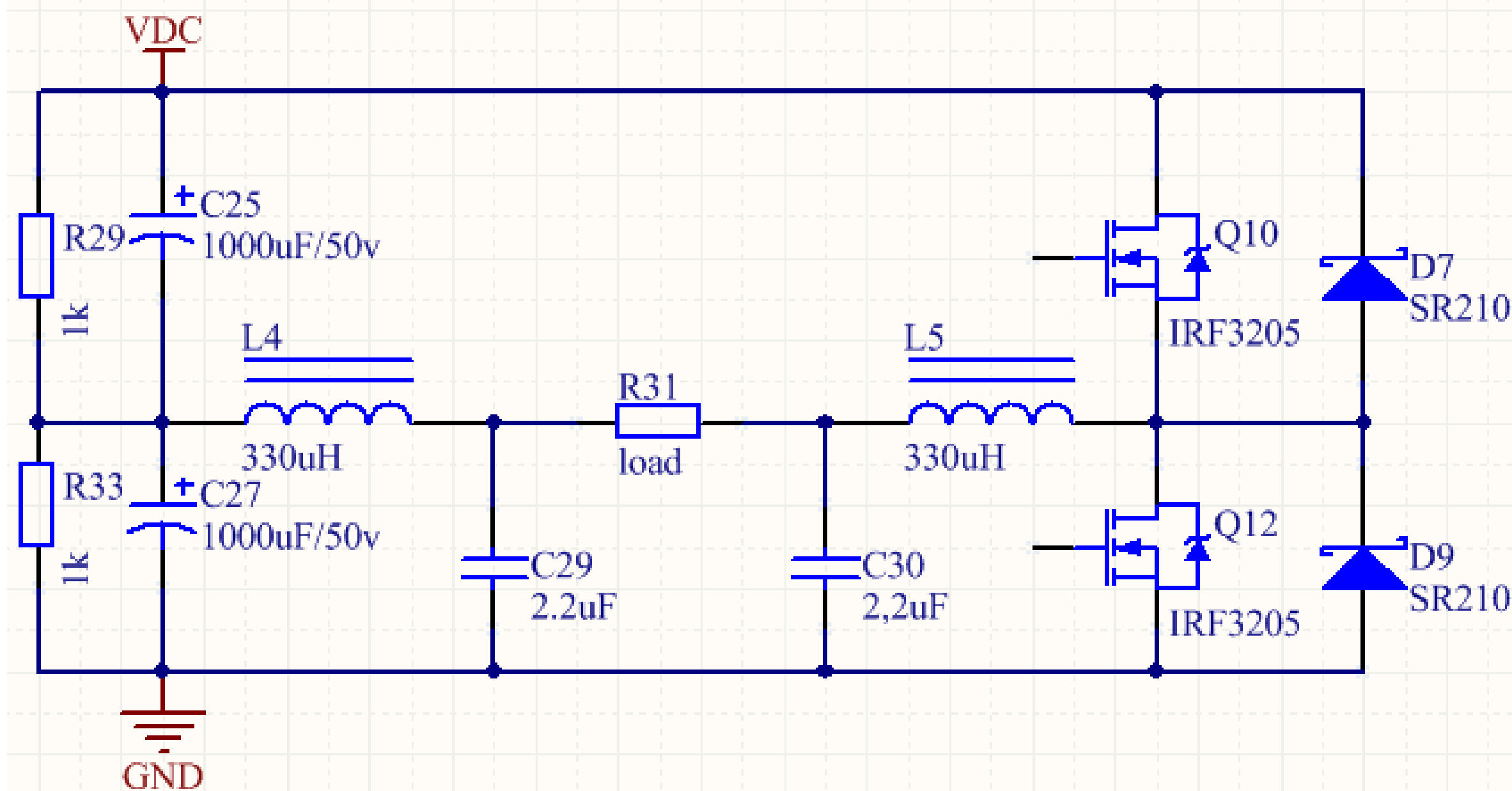


单极性PWM控制方式波形

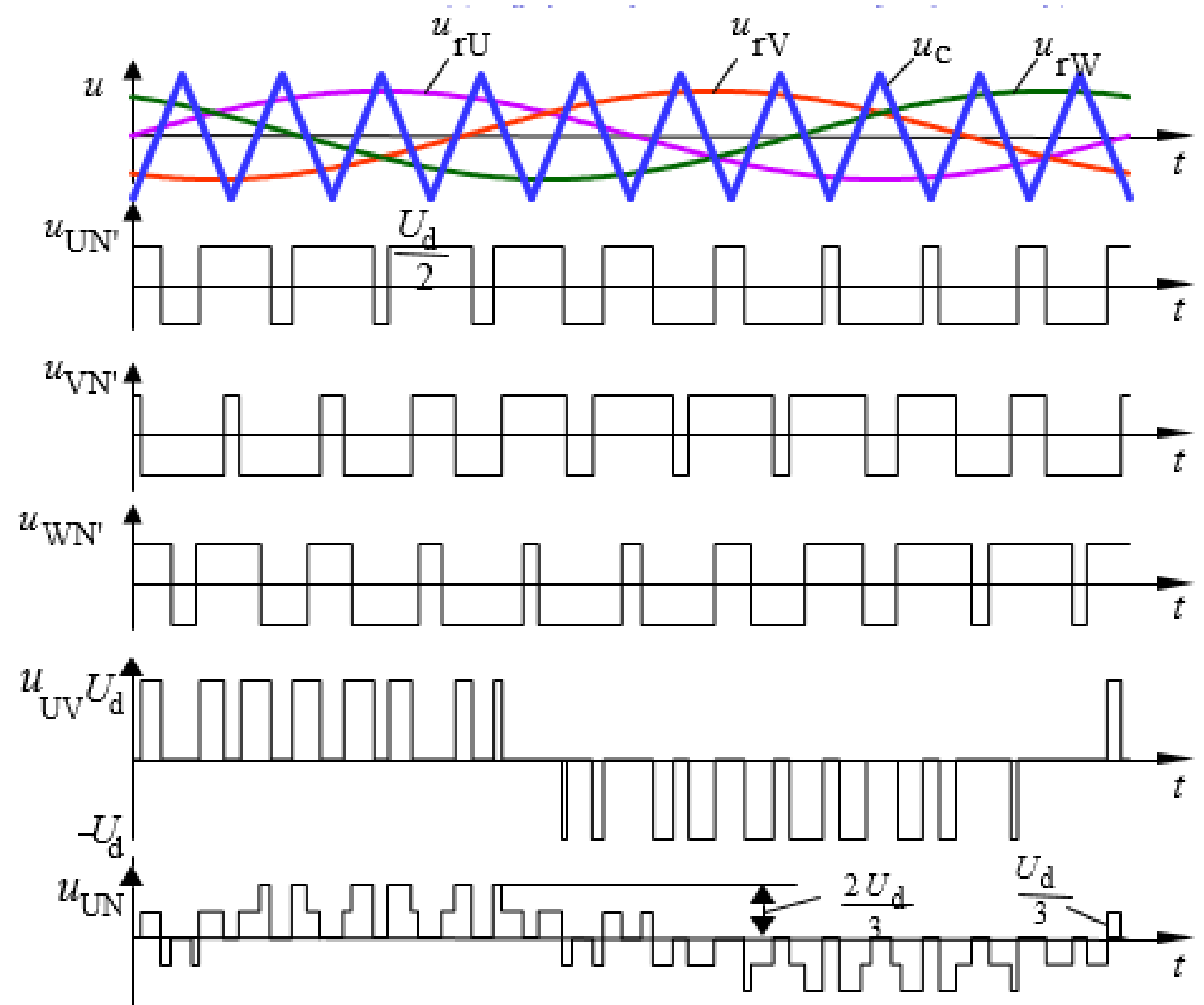
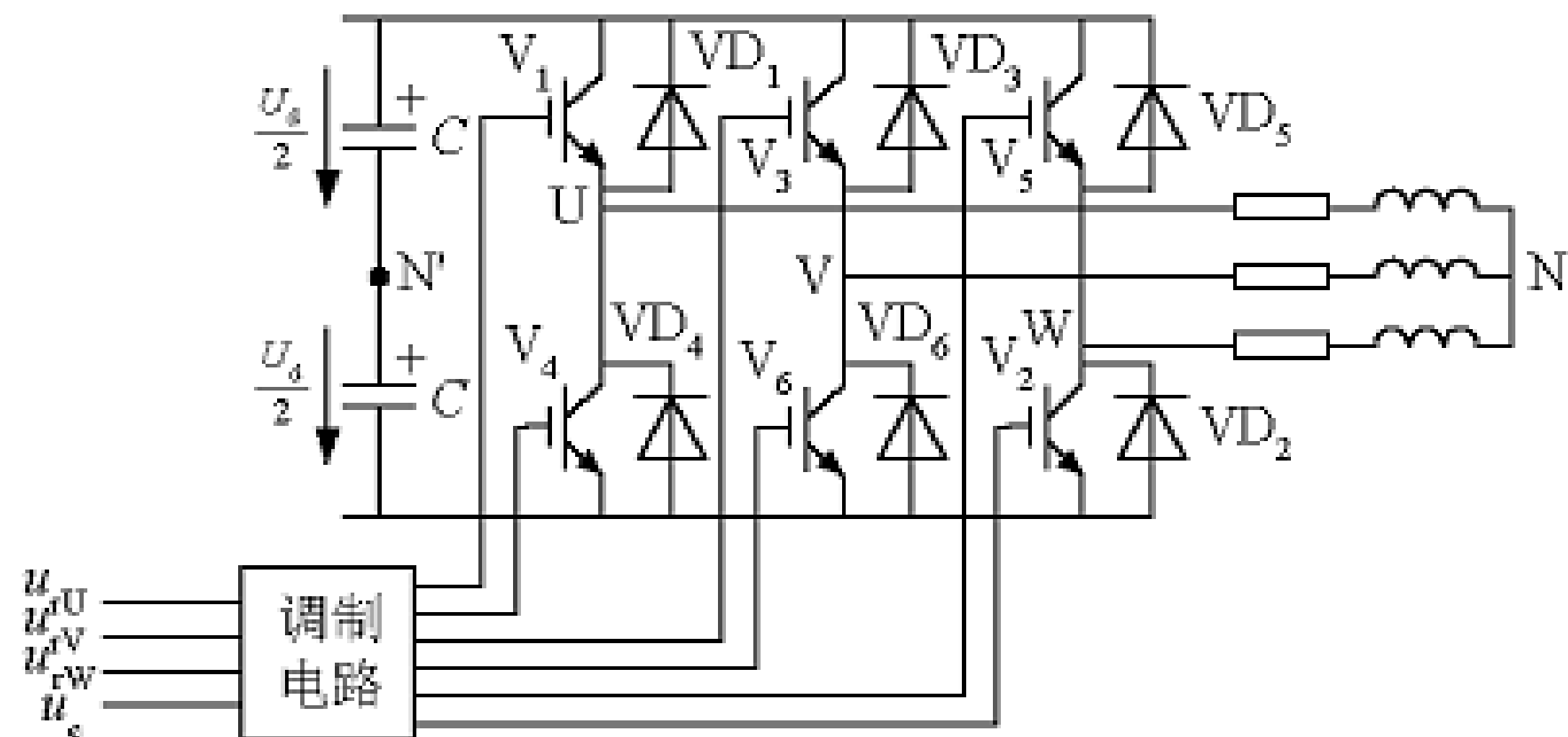


双极性PWM控制方式波形

# SPWM作用于全桥和半桥时电路结构



# 三相逆变电路







# 下期预告

5月15日  
电源类专项第六讲

电源题目功能电路设计，包括功率因数校正PFC、温度检测与保护电路、电压电流检测与保护电路、过载保护、程控设计、电源电路硬件与单片机控制电路结合等

欢迎各位同学继续观看学习

# CONTACT US

---



网址：www.moore8.com



邮箱：moore8@eefocus.com



微信：摩尔吧（微信号：moore\_8）



QQ群：摩尔吧电赛交流群：836323769

扫描微信二维码关注我们  
查看更多电赛资料





# THANKS

 摩尔吧 (moore\_8)  摩尔吧电赛交流群 : 836323769