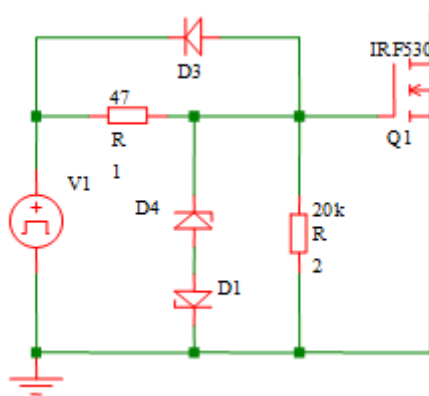
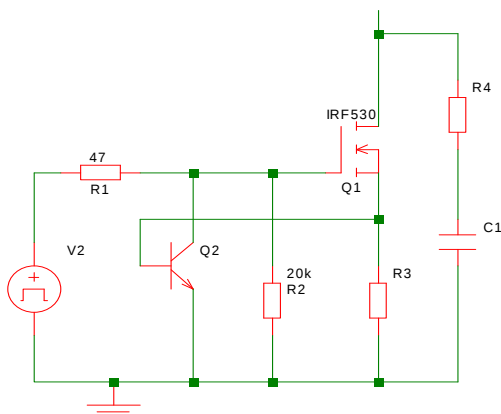


情境一 复习思考题

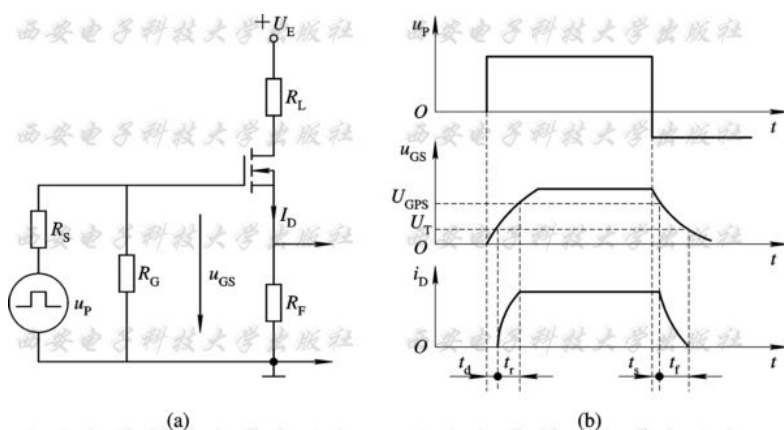
1. 简述开关电源与传统的线性稳压电源相比，有何优点？
2. 开关电源产品在日常生活中得到了广泛的应用，列举四个应用到开关电源的产品？
3. 标志开关电源特性参数的七个方面分别是？
4. 开关电源按照输入输出电压类型分为哪四类？
5. 画出离线式开关电源的结构框图？
6. 阐述开关电源的定义？
7. 开关电源为什么无法集成？
8. 哪些因素导致开关电源产品的种类非常多？
9. 功率场效应管（简称为 MOS 管）工作区域分为哪三个区域？每个工作区域有什么特征？
10. 对于 N 沟道增强型 MOS 管的驱动，分为哪三类？每一种驱动的应用场合？
11. 为什么要采用耦合驱动 MOS 管？画出采用耦合驱动的电路图。
12. 为什么采用互补三极管的结构形式驱动 MOS 管？
13. 画出采用互补三极管的结构来驱动 MOS 管的电路？
14. 直接驱动 MOS 管电路如下，简述电路的工作原理，即简述每个器件在电路中有何作用？



15. 画出 MOS 管的等效电路？
16. 在开关电源电路中，作为功率器件之一时，工作在哪两个工作状态，并简述 MOS 管的工作原理？
17. 分析下面 MOS 管的保护电路的工作原理？



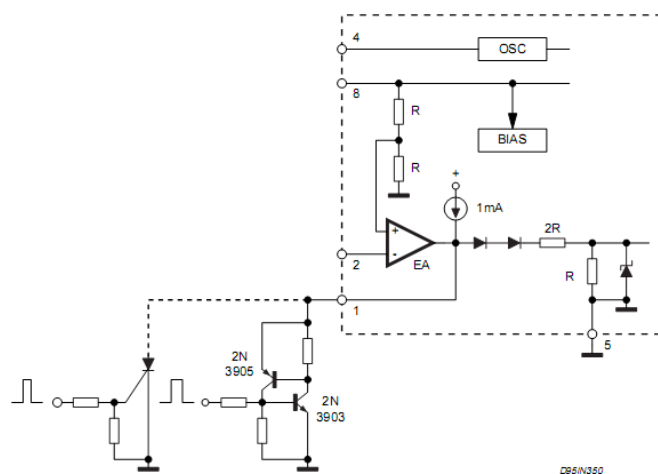
18. MOS 管是通过门极电压来控制漏极电流的，因此器件驱动时对驱动电路有何要求？
19. 简述 MOS 管的重要参数？
20. 列出 5 中不同封装形式的 MOS 管型号，并指出其封装？
21. MOS 管的开关过程如下图，分析其开关和工作的过程？



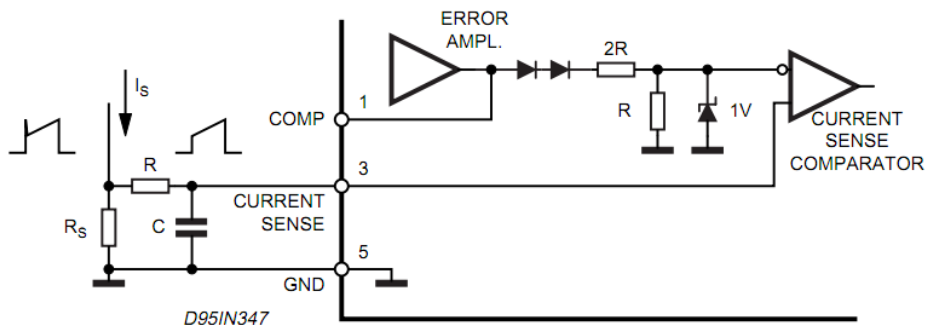
22. 简述如何用万用表判断 MOS 管的正常情况？
23. 开关电源中的拓扑结构按照输入输出是否共地分为哪两大类？非隔离拓扑结构中包括哪些基本的拓扑结构？
24. 画出 Buck 和 Boost 变换器的拓扑结构，并列出输入输出的基本关系式？
25. 简要分析 Buck 变换器在 CCM 模式下的工作原理？并画出滤波电感中电流的波形？
26. 控制芯片通常有哪两种控制方法？每一种方法的应用场合？
27. 简述 PWM 控制芯片 UC3842 的 8 个引脚名称及作用。
28. 简述 UC3842/43/44/45 最大占空比，开关频率和振荡频率之间的关系。对于 ST 公司的 UC3842 而言，开关频率为 100KHz，定时电阻 RT 和 CT 各为多少？（列出两种组合，并指出哪种组合输出的 PWM 波占空比最大）

29. 对于 PWM 控制芯片 UC384X 系列而言, 哪些引脚的电压会导致 pin6 没有 PWM 波的输出。

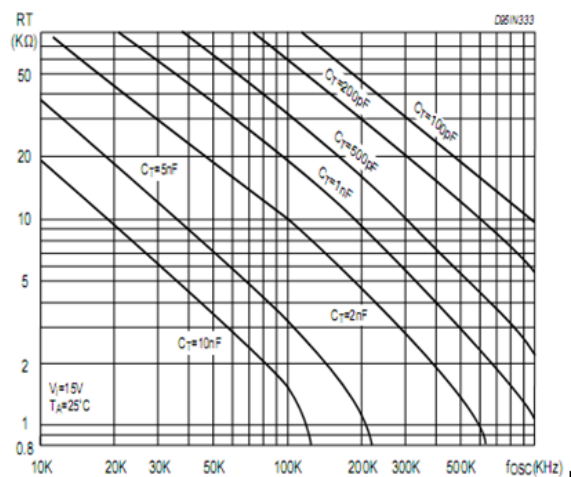
30. 简述下面保护电路是如何控制 UC3842 的第一引脚, 也就是外部信号为高电平和低电平时, pin1 的工作状态。



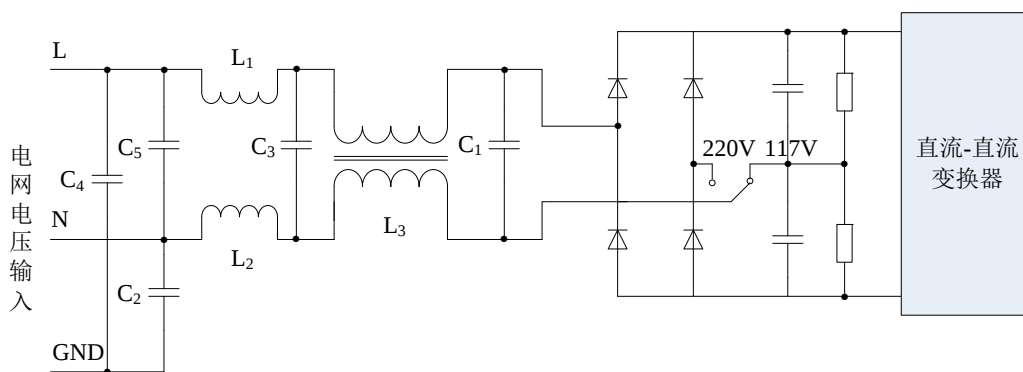
31. 利用控制芯片 UC384X 系列, 电流检测电路如下, 简述 RC 电路的作用, R_s 取值多少?



32. 振荡频率和振荡电阻之间的关系如下图, 如果振荡频率为 100KHz, 振荡电阻和电容各取多大值?



33. EMI 的全称，中文意思？
34. 为什么要采用功率因数校正？功率因数校正分为哪两大类？
35. 简述浪涌电流产生的原因？
36. 画出一种抑制浪涌电流的电路？
37. 有源功率因数校正中控制方法有 PWM 和 PFM 两种，列出每种控制方法中两种芯片型号？
38. 对于离线式运行的开关电源，有两种不同的整流滤波方式，画出其电路图，并指出有何不同之处？
39. X 电容和 Y 电容有何区别？作用分别是什么？
40. EMI 滤波电路如下图，指出每个电容和电感的作用及名称？

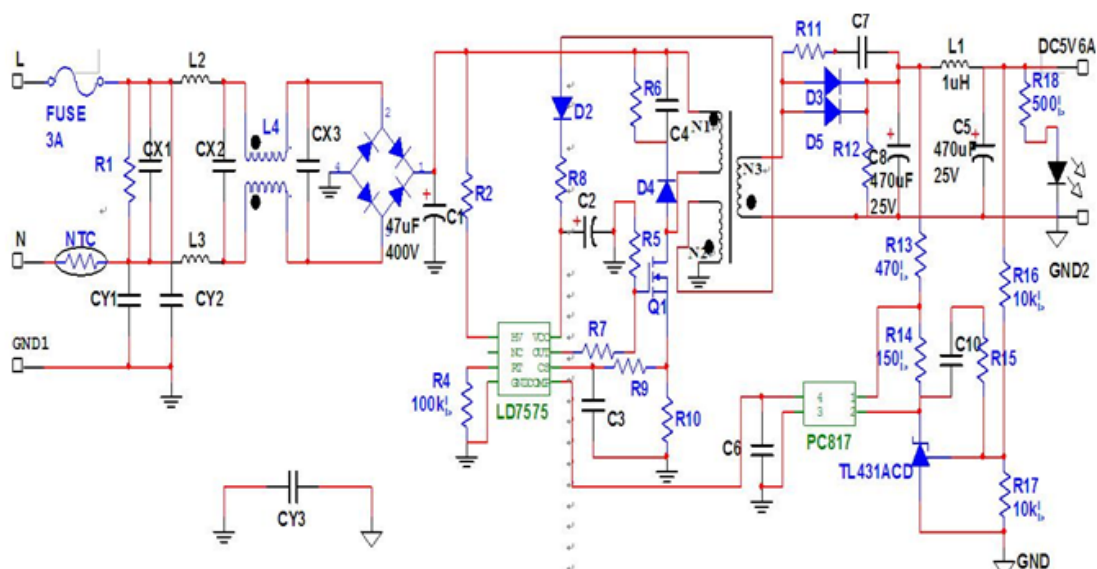


41. THD 的全称，中文意思。列出与 PF 值的关系？
42. 指出无源功率因数校正和有源功率因数校正的优缺点？
43. 简述保持时间的定义及增加保持时间的方法？

44. 用 UC3842 控制 Buck 变换器，画出驱动 MOS 管的电路图？
45. 对于 Boost 变换器工作于连续电流模式，输出滤波电感如何选择？

情境二 复习思考题

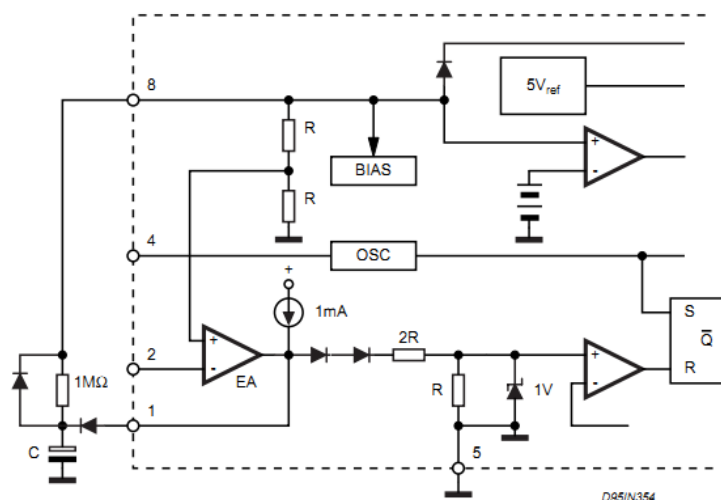
1. 简述变压器的作用，并画出反激变压器的等效电路？
2. 画出反激变换器的拓扑结构，并分析 CCM 模式下电路的工作原理？
3. 如何测试变压器的漏感和励磁电感？
4. 控制芯片 LD7575 控制的电源电路如下图，指出用的什么拓扑结构？



5. 直流变换器分为非隔离和隔离两大类，画出隔离型变换器中两种基本的拓扑结构。
6. 电源的基本要求如下：输入 220Vac/50Hz，输出 12V/2A。画出功率电路即主电路的拓扑结构。
7. 茶
8. 在输出端加 12V 的电压，把万用表的档位调到二极管档，测量 C₈ 两端，万用表显示的结果？
9. D₁、R₇ 和 C₇ 有何作用？
10. 把输出电压由 12V 改到 5V，R₁₉ 的值是多少？
11. 如果把输出调到 5V/5A，需要调整电路中哪些参数？如何调整？
12. 描述一个电容要包含哪些参数？
13. 描述一个电阻要包含哪些参数？
14. 对于 SMD 电阻而言，最常用的尺寸有哪六种，对应的功率分别是多少？
15. X 电容和 Y 电容有何区别？作用分别是什么？
16. 二极管的主要参数包含哪些（四个方面）？

18. 简述二极管的反相恢复时间？

19. UC3842 的软启动电路如下图，分析其工作原理，指出两个二极管有何作用？



20. 通常讲一个电阻的功率多大，指什么温度下的功率。当电阻温度升高时，功率会如何变化？

21. 如何区分二极管的极性并判断是否正常？（从外形和万用表两方面）

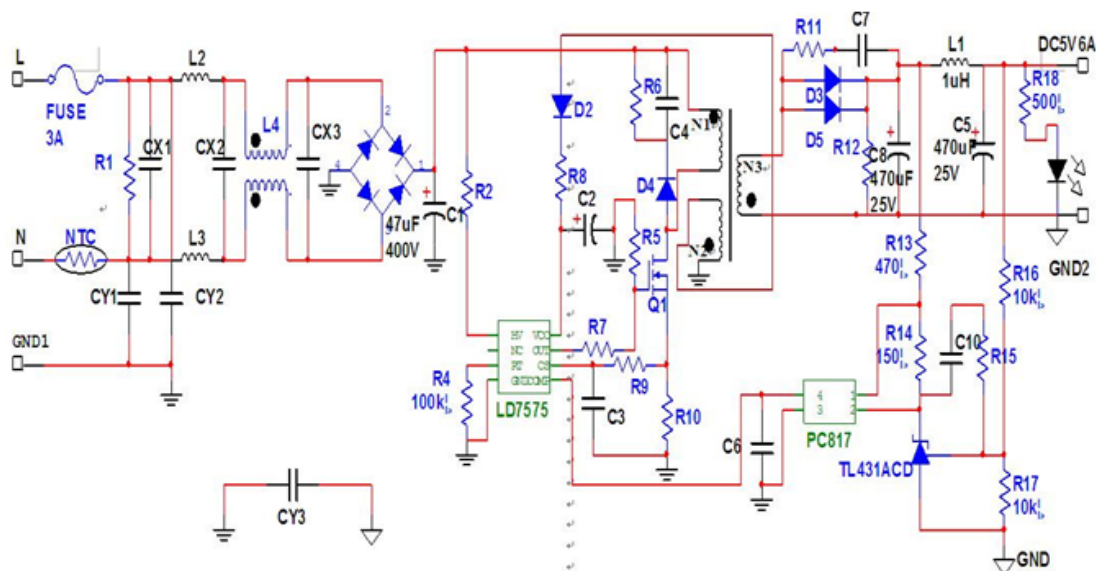
22. 列出五种不同封装的二极管型号及对应的封装形式？

23. 如何测量变压器的原边电感和漏感？

24. 如何判断变压器的同名端和异名端？（用 LCR 电桥或示波器和信号发生器两种不同的仪器设备来判断）

情境三 复习思考题

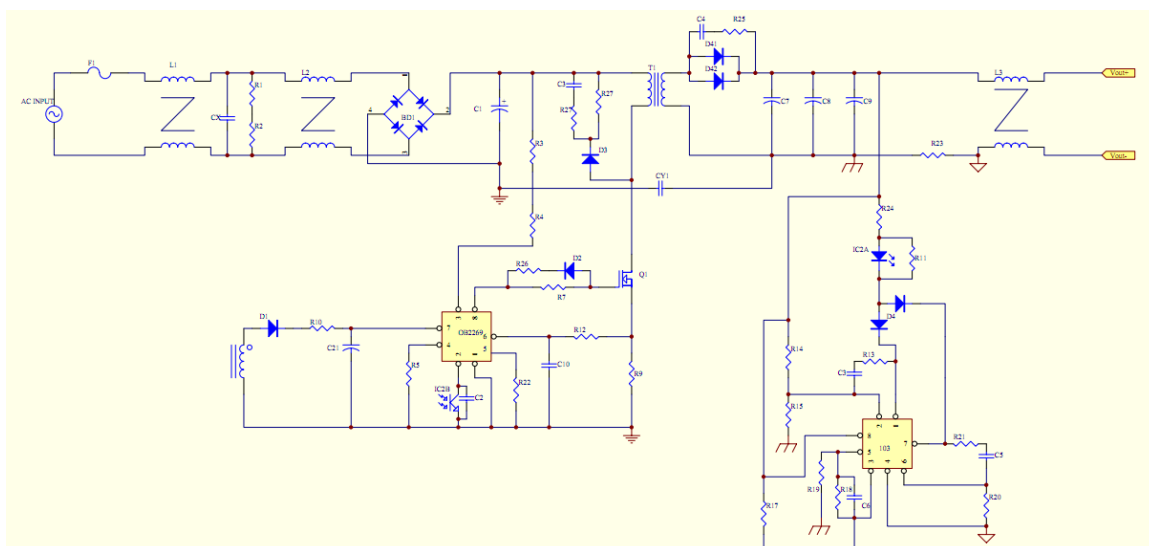
1. 画出带磁复位正激变换器的拓扑结构，并分析 CCM 模式的工作原理？
2. 画出双管正激变换器的拓扑结构，并列出输入和输出的基本关系式？
3. 简述正激变压器的作用？
4. 如何测试变压器的漏感和励磁电感？
5. 简述反激变换器和正激变换器中变压器的区别？
6. 正激变换器中变压器为什么要进行磁复位？列出磁复位的四种方法，画出其中两种带磁复位的正激拓扑结构？
7. 简述电流变压器、驱动变压器和功率变压器之间的相同和不同之处？
8. 控制芯片 LD7575 控制的电源电路如下图，指出用的什么拓扑结构？



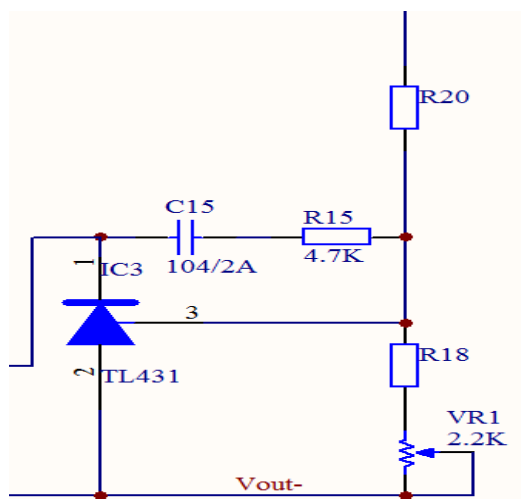
9. 直流变换器分为非隔离和隔离两大类，画出隔离类变换器中两种基本的拓扑结构？
10. 电源的基本要求如下：输入 220Vac/50Hz，输出 400V/1A。画出功率电路即主电路的拓扑结构？
11. 若用 UC3842 控制双管正激变换器，画出上位和下位 MOS 管的驱动电路？
12. 在哪些情况下要采用电流变压器来检测电流？画出采用电流变压器检测电流时副边电路

图？

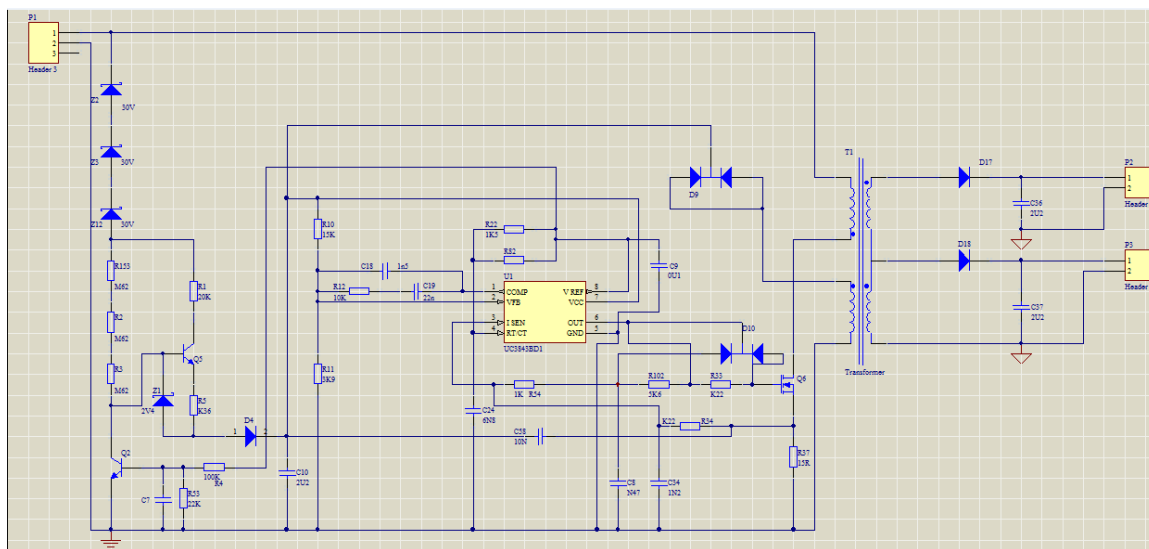
13. 简述双管正激变换器的工作原理，并推导出最大占空比不能大于 50%？
14. 采样输出电压反馈通常有哪三种方法？
15. 如果采用辅助绕组进行采样电压反馈，画出用辅助绕组采样的电路，并指出输出和辅助绕组匝数之间的关系。
16. 电源的基本要求如下：输入 220Vac/50Hz，输出 5V/6A。画出电路图。（包括 EMI 滤波和浪涌电流抑制电路）
17. 控制芯片 OB2269 控制的反激式电源，输出 12V/5A，如果没有输出电压，分析可能引起没有输出的原因；分析电路图有哪几部分组成，每一部分电路的作用。



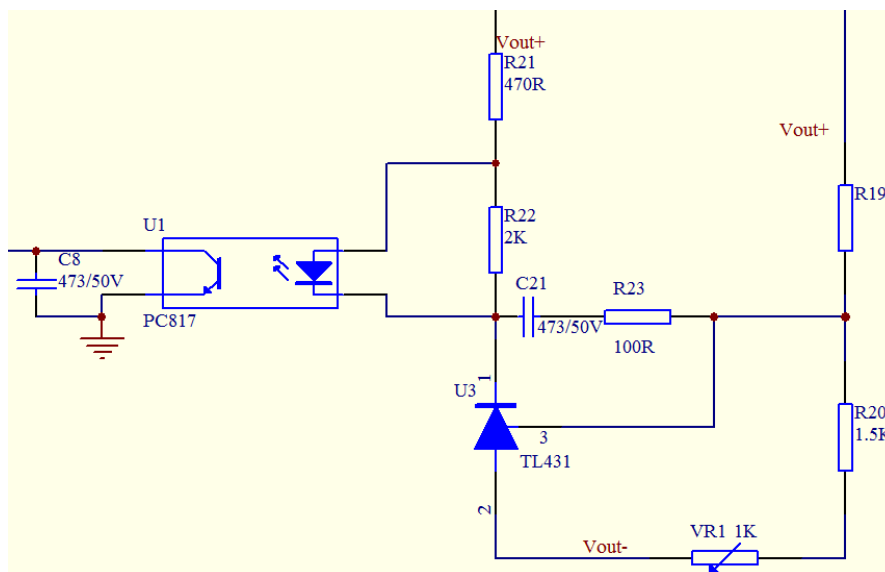
18. 电源的输出检测电路如下，如果输出电压是 12V，计算 R20 和 R18 的值分别是多少？



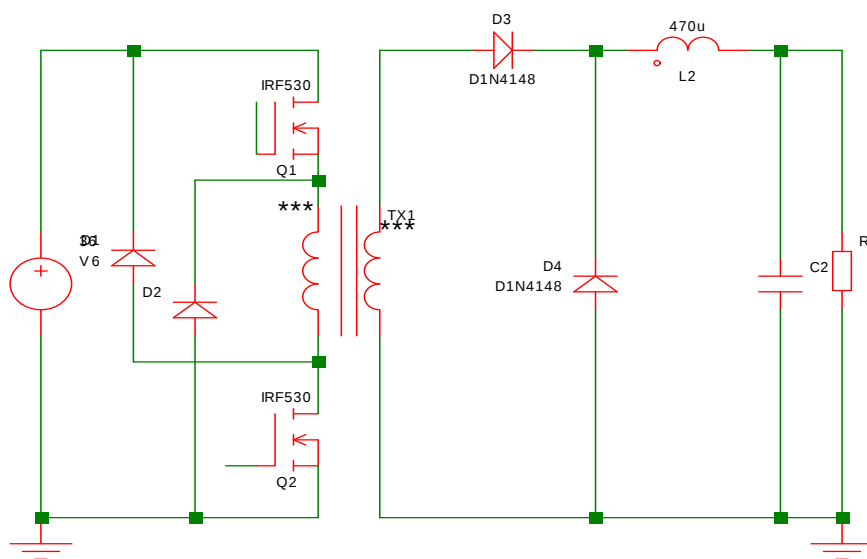
19. 在开关电源中，输出是低电压大电流时，为什么要采用同步整流技术？如功率电路拓扑是双管正激变换器，画出副边同步整流电路。（只画拓扑结构）
20. UC3842/3/4/5 正常启动电压和工作电压分别是多少伏？正常工作电流大概是多少 mA？
21. 指出下面电源电路用的什么拓扑结构，采用哪种方式来稳定输出电压。



22. 电源的输出采样和反馈电路如下，如果输出电压 V_{out+} 是 24V，计算 R19 的范围是多少？
- 如果在输出端加 24V 的电压，把万用表的档位调到二极管档，测量 C8 两端，万用表显示的结果？



23. 双管正激变换器如下图，指出四个二极管的作用及名称。



情境一 复习思考题答案

1. 简述开关电源与传统的线性稳压电源相比，有何优点？

>>>开关电源的优点：（1）体积小，重量更轻（体积和重量只有线性电源的 20~30%）；（2）转换效率高，更省电（开关电源效率一般高于 70%，而线性电源只有 30~40%）；（3）自身抗干扰性强、电压范围宽。当然，跟线性电源相比，开关电源也有不足之处，比如，输出纹波大；因为以开关方式工作，所以会有较大的电磁干扰。

2. 开关电源产品在日常生活中得到了广泛的应用，列举四个应用到开关电源的产品？

>>>（1）电脑适配器（2）变频空调的电源（3）电冰箱（4）投影仪

3. 标志开关电源特性参数的七个方面分别是？

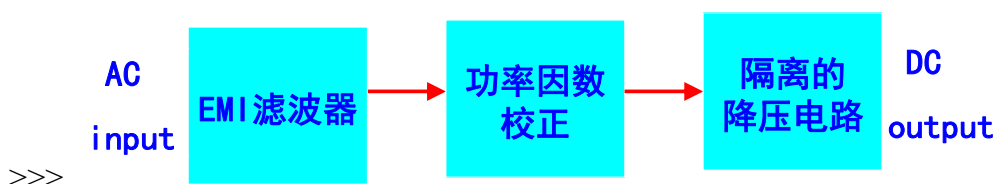
>>>功率、电压、电流、功率密度、可靠性、效率、体积

4. 开关电源按照输入输出电压类型分为哪四类？

>>>按输入输出电压的类型可以分为以下几类：

- （1）AC-DC（交流一直流），又称离线式开关电源（direct-off-line switching power supply）；
- （2）DC-DC（直流一直流），又称模块电源；
- （3）DC-AC（直流一交流），又称逆变电源(UPS)；
- （4）AC-AC(交流--交流)。

5. 画出离线式开关电源的结构框图？



6. 阐述开关电源的定义？

>>>采用电力电子器件作为开关管，通过对开关管的高频开通与关断控制，将一种电能形态转换成为另一种电能形态的装置，叫做开关变换器。以开关变换器为主要组成部分，用闭环自动控制来稳定输出电压，并在电路中加入保护环节的电源，叫做开关电源。

7. 开关电源为什么无法集成？

>>>开关电源无法集成的原因：（1）电源的功率一般很大，从几瓦到几千瓦。

（2）不同的设备需要不同的电源，包括电压、电流、功率密度、体积、效率、EMI 等等。

(3) 变压器、电感、大的电解电容也无法集成。

(4) 电源的功率大，损耗也很大，散热也是一个问题，也导致无法集成。

8. 哪些因素导致开关电源产品的种类非常多？

>>>标志电源特性的参数有功率、电压、电流、功率密度、可靠性、效率、体积等。因此，电源产品的品种是非常多的。

9. 功率场效应管（MOS 管）工作区域分为哪三个区域？每个工作区域有什么特征？

>>>根据门极电压的大小，MOS 管可以工作在四个不同的区域。

1. 截止区： $V_{GS} < V_{TH}$ ， $I_D = 0$ 。

2. 非饱和区： V_{GS} 稍大于 V_{TH} ， $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$ ，当 V_{GS} 不变时， I_D 几乎不随 V_{DS} 的增加而变化，近似为常数。

3. 饱和区： $V_{GS} \gg V_{TH}$ ，一般大于 8V， V_{DS} 很小（ $R_{DS(on)}$ 很小，一般为毫欧级）， I_D 比较大。

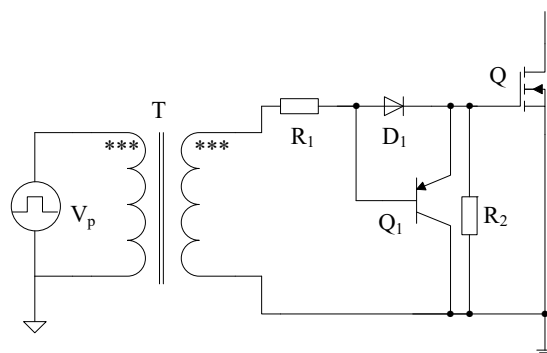
10. 对于 N 沟道增强型 MOS 管的驱动，分为哪三类？每一种驱动的应用场合？

>>>（1）直接驱动：当 PWM 控制芯片与拓扑结构中的 MOS 管共地时，PWM 信号驱动 MOS 管时，可以直接驱动；（2）互补三极管驱动：当 MOS 管的功率很大时，而 PWM 控制芯片输出的 PWM 信号不足以驱动 MOS 管时，加互补晶体管来提供较大的驱动电流来驱动 MOS 管。

（3）耦合驱动（利用驱动变压器进行耦合驱动）：当驱动信号和拓扑结构中的 MOS 管不共地或者 MOS 管的源极浮地的时候，利用变压器进行耦合驱动。

11. 为什么要采用耦合驱动 MOS 管？画出采用耦合驱动的电路图。

>>>当驱动信号和拓扑结构中的 MOS 管不共地或者 MOS 管的源极浮地的时候，比如 Buck 变换器、双管正激变换器、半桥变换器和全桥变换器等中的上位 MOS 管，利用变压器进行耦合驱动。驱动变压器的作用：（1）解决 MOS 管浮地的问题。（2）解决 MOS 管与驱动信号不共地的问题。（3）减少干扰。

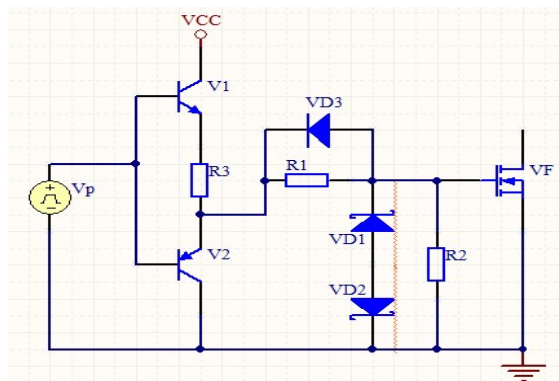


(c) 耦合驱动

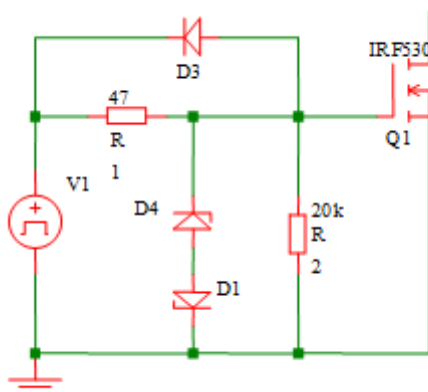
12. 为什么采用互补三极管的结构形式驱动 MOS 管？

>>>当 MOS 管的功率很大时，而 PWM 控制芯片输出的 PWM 信号不足以驱动 MOS 管时，加互补三极管来提供较大的驱动电流来驱动 MOS 管。

13. 画出采用互补三极管的结构来驱动 MOS 管的电路。

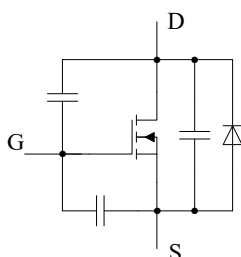


14. 直接驱动 MOS 管电路如下，简述电路的工作原理，即简述每个器件在电路中有何作用？



>>>当 PWM 控制芯片与拓扑结构中的 MOS 管共地时，PWM 信号驱动 MOS 管时，可以直接驱动，电阻 R1 的作用是限流和抑制寄生振荡，一般为 10 到 100 欧左右，R2 是为关断时提供放电回路的；稳压二极管 D1 和 D4 是保护 MOS 管的门源极不被击穿而造成的永久性破坏；二极管 D3 是加速 MOS 管的关断。

15. 画出 MOS 管的等效电路。



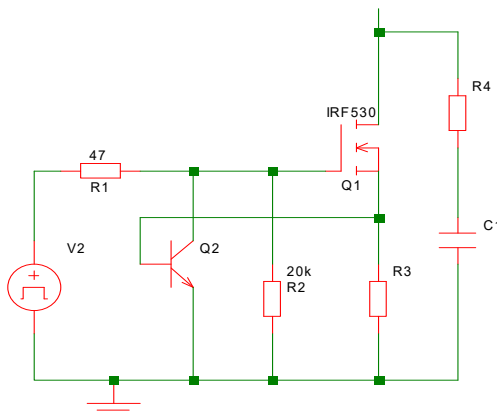
>>>

16. 在开关电源电路中，作为功率器件之一时，工作在哪两个工作状态，并简述 MOS 管的工

作原理。

>>> (1) 完全导通 (2) 截止；通过 GS 间的电压来控制 D、S 的导通情况。

17. 分析下面 MOS 管的保护电路的工作原理。



>>>当漏极电流大到一定程度，使 R3 的压降大于 0.7V 时，三极管 Q2 导通，把 MOS 管门极电压拉到底电平，MOS 管关断，起到过电流保护的作用。

18. MOS 管是通过门极电压来控制漏极电流的，因此器件驱动时对驱动电路有何要求？

>>>要求：(1) 可向栅极提供所需要的电压，以保证 MOS 管的可靠导通和关断；(2) 为提高器件的开关速度，应减少驱动电路的输入电阻以及提高门极充放电速度；(3) 通常要求主电路与控制电路间要实现电气隔离；(4) 应具有较强的抗干扰能力，这是因为 MOS 管的工作频率和输入阻抗都较高，易被干扰。

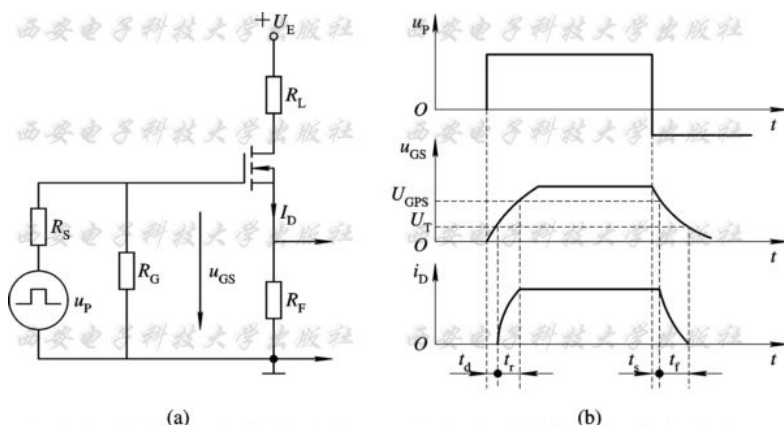
19. 简述 MOS 管的重要参数。

>>>：(1) 漏-源导通电阻 (2) 跨导 (3) 寄生电容 (4) 最大漏极电流 (5) 漏源击穿电压 (6) 阈值电压 (7) 漏源极间的体内二极管

20. 列出 5 中不同封装形式的 MOS 管型号，并指出其封装。

>>>：TO-220F (DIP)、IPAK (DIP)、DPAK (SOP)、LFAK (SOP)、TO-247 (DIP)

21. MOS 管的开关过程如下图，分析其开关和工作的过程。



>>>当 U_{GS} 电压低于阈值电压 U_T 时，MOS 管截止，当 U_{GS} 继续增加到 U_{GPS} ，MOS 管完全导通；当 U_p 由高电平变为零时，GS 间的寄生电容通过 R_s 放电， U_{GS} 电压减小到 U_T 时，MOS 管处于不完全导通状态，当 U_{GS} 小于 U_T 时，MOS 管就截止。

22. 简述如何用万用表判断 MOS 管的正常情况。

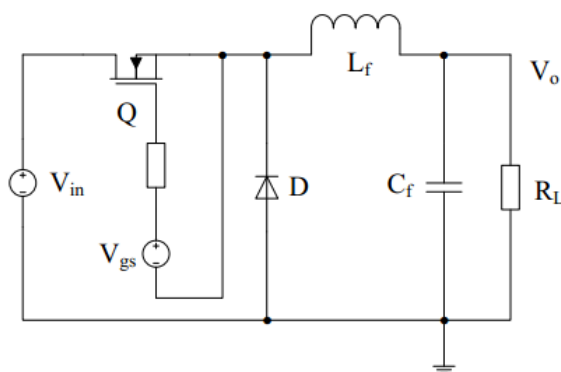
>>>：由于漏源极间的体内二极管，所以只要把万用表打到二极管的档位，检测漏源极之间是否正常。若红表笔接漏极，黑表笔接源极，万用表显示“1”，反过来接，万用表显示“500”左右，则 MOS 管是正常的。否则 MOS 管不正常。另外，GS 之间在正常情况下也是断开的，不会导通。

23. 开关电源中的拓扑结构按照输入输出是否共地分为哪两大类？非隔离拓扑结构中包括哪些基本的拓扑结构？

>>>隔离式直流变换器和非隔离式直流变换器。非隔离式直流变换器包括：降压式（Buck）变换器、升压式（Boost）变换器、升降压（Buck-Boost）变换器、Cuk 变换器、zeta 变换器和 Sepic 变换器；隔离式直流变换器包括：单管正激、反激，半桥变换器，推挽变换器，双管正激变换器，有源钳位正激变换器，双管反激变换器，全桥变换器。

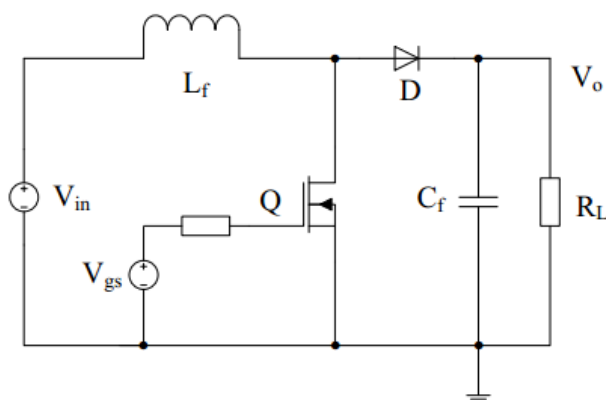
24. 画出 Buck 和 Boost 变换器的拓扑结构，并列出输入输出的基本关系式。

>>>Buck 变换器的拓扑结构



输入输出的关系是： $V_o = V_{in} D$

>>>Boost 变换器的拓扑结构



$$V_o = \frac{V_{in}}{1-D}$$

输入输出的关系是：

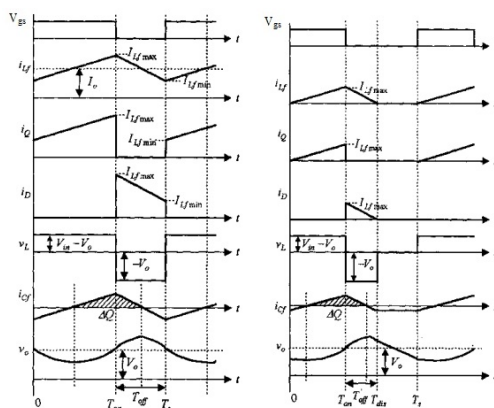
25. 简要分析 Buck 变换器在 CCM 模式下的工作原理？并画出滤波电感中电流的波形？

>>>Buck 变换器的在 CCM 模式下的工作原理及波形如下：

(1) 模态 1 $[0-T_{on}]$ 在 $t=0$ 时, Q 导通, V_{in} 通过 Q 加到二极管 D 和输出滤波电感 L_f 、输出滤波电容 C_f 上以及给负载供电, 因此续流二极管 D 因承受反向电压而截止, 电源 V_{in} 对电感 L_f 充电, 其电流 i_{L_f} 线性上升, 上升斜率为 $(V_{in}-V_o)/L_f$ 。(后面详细分析输入电压 V_{in} 为什么大于输出电压 V_o)

在 $t=T_{on}$ 时, i_{L_f} 达到最大值 $I_{L_{fmax}}$ 。在 Q 导通期间, i_{L_f} 的增长量 $\Delta i_{L_f(+)}$ 为:

$$\Delta i_{L_f(+)} = \frac{V_{in} - V_o}{L_f} T_{on} = \frac{V_{in} - V_o}{L_f} D T_s$$



(a) 电感电流连续

Buck 变换器在连续模式和不连续模式的主要波形

(2) 模态 2 $[T_{on}-T_s]$ 在 $t=T_{on}$ 时, 开关管 Q 关断, i_{L_f} 通过二极管 D 继续流通。加在 L_f 上的电压为 $-V_o$, i_{L_f} 线性减小。下降斜率为 $-V_o/L_f$ 。

在 $t=T_s$ 时, i_{L_f} 达到最小值 $I_{L_{fmin}}$ 。在开关管 Q 截止期间, i_{L_f} 的减小量 $\Delta i_{L_f(-)}$ 为:

$$\Delta i_{Lf}(-) = \frac{V_o}{L_f}(T_s - T_{on}) = \frac{V_o}{L_f}(1-D)T_s \quad (3-2)$$

在 $t=T_s$ 时，开关管 Q 又导通，开始下一个开关周期。

26. 控制芯片通常有哪两种控制方法？每一种方法的应用场合？

>>>控制芯片通常有 PWM 和 PFM 两种控制，即脉冲宽度调制和脉冲频率调制，PWM 主要应用在 DC-DC 和 PFC 电路中，PFM 主要应用在 PFC 电路和谐振电路中。

27. 简述 PWM 控制芯片 UC3842 的 8 个引脚名称及作用。

引脚号	引脚名称	说明
1	补偿	该引脚为误差放大器输出，并用于环路补偿。
2	电压反馈	该引脚是误差放大器的反相输入，通常通过一个电阻分压器连接到开关电源输出端。
3	电流取样	一个正比于电感电流的电压接至此输入，脉宽调制器使用此信息中止输出开关的导通。
4	R_T/C_T	通过将电阻 R_T 连接至 V_{ref} 以及电容 C_T 连接至地，使振荡器频率和最大输出占空比可调。工作频率可达 500KHz。
5	地	该引脚是控制电路和工作电源的公共地。
6	输出	该输出直接驱动功率 MOSFET 的栅极，高达 1.0A 的峰值电流经此管脚拉与灌。
7	V_{CC}	该引脚是控制集成电路的正电源。
8	V_{ref}	该引脚是参考输出，它通过电阻 R_T 向电容 C_T 提供充电电流。

28. 简述 UC3842/43/44/45 最大占空比，开关频率和振荡频率之间的关系。对于 ST 公司的 UC3842 而言，开关频率为 100KHz，定时电阻 R_T 和 C_T 各为多少？（列出两种组合，并指出哪种组合输出的 PWM 波占空比最大）

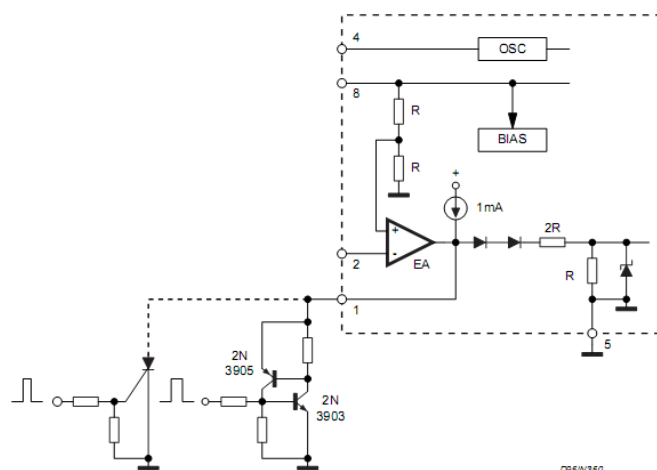
>>>UC3842/43 最大占空比为 96%，开关频率=振荡频率，UC3844/45 最大占空比为 48%，开关频率=振荡频率/2；对于 ST 公司的 UC3842 而言，开关频率为 100KHz，定时电阻 R_T 和 C_T 分别为 10K，2nF 和 20K，1nF；20K，1nF 组合的 PWM 波占空比最大。

29. 对于 PWM 控制芯片 UC384X 系列而言，哪些引脚的电压会导致 pin6 没有 PWM 波的输出。

>>>引脚 3—电流检测引脚，高于 1V 时，导致 pin6 没有 PWM 波的输出；引脚 1—补偿引脚低于 2V 时，导致 pin6 没有 PWM 波的输出；引脚 7— V_{CC} 引脚，芯片工作电压不够高或者不能提供足够的功率启动芯片，引脚 6 也同样没有 PWM 波的输出。

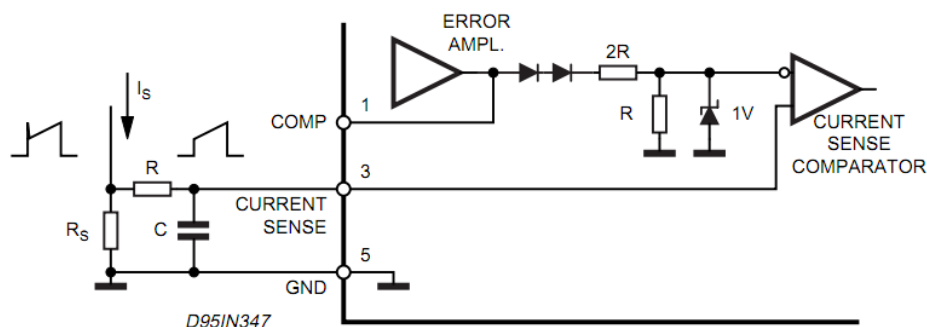
30. 简述下面保护电路是如何控制 UC3842 的第一引脚，也就是外部信号为高电平和低电平

时，pin1 的工作状态。



>>>当外部信号为高电平时，NPN 三极管导通，把发射极电平拉低，PNP 三极管导通，把引脚 1 电平拉低，芯片 UC3842 就停止工作；当外部信号为低电平时，NPN 三极管就截止，PNP 三极管也截止，芯片 UC3842 就维持原来的工作。

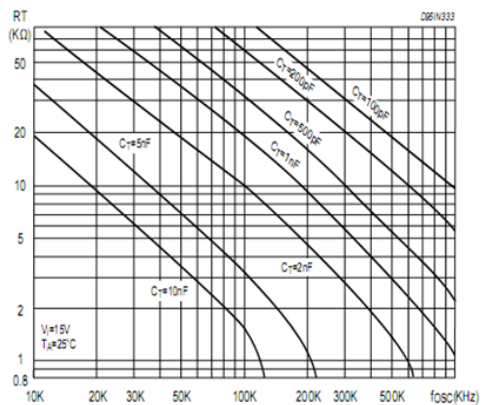
31. 利用控制芯片 UC384X 系列，电流检测电路如下，简述 RC 电路的作用， R_s 取值多少？



>>>RC 电路为低通滤波器，吸收电压尖峰， R_s 最大值为 $1/I_{sense}$ 。

32. 振荡频率和振荡电阻之间的关系如下图，如果振荡频率为 100KHz，振荡电阻和电容各取多大值？

>>>振荡频率为 100KHz，振荡电阻和电容各取 10K，2nF。



33. EMI 的全称，中文意思？

>>>EMI 的全称：Electromagnetic Interference，中文意思：电磁干扰。

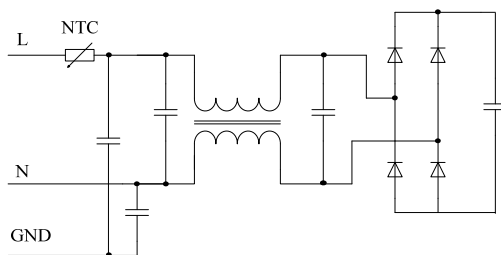
34. 为什么要采用功率因数校正？功率因数校正分为哪两大类？

>>>整流器-电容滤波电路是一种非线性元件和储能元件的组合。因此，虽然输入交流电压 v_{in} 是正弦的，但输入交流电流 i_{in} 波形却严重畸变，呈脉冲状。功率因数校正分为：无源功率因数校正和有源功率因数校正。

35. 简述浪涌电流产生的原因？

>>>输入交流电压的任意时刻通过开关管的控制传递能量给负载，电路刚开始启动工作时，大的储能电容相当于短路，如果在这时输入电压的峰值给电容充电，就会产生一个很大的电流，该电流由 EMI 滤波器的电阻和其它整流器之前的电阻所限制，该浪涌电流可能是额定情况下系统峰值电流的 20~1000 倍，可能对储能电容、整流器和功率开关管造成破坏性影响。

36. 画出一种抑制浪涌电流的电路？

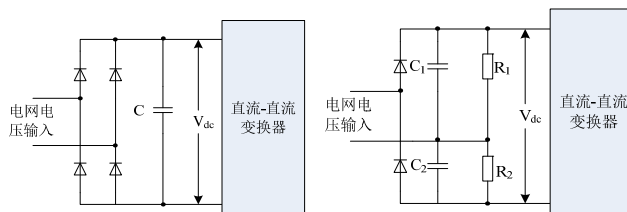


37. 有源功率因数校正中控制方法有 PWM 和 PFM 两种，列出每种控制方法中两种芯片型号？

>>>PFM 控制的 IC：L6561、L6562、L6563(ST) NCP1601、MC33262(ONSemi)；PWM 控制的 IC：ICE2PCS01(Infineon) IR1150(IR)

38. 对于离线式运行的开关电源，有两种不同的整流滤波方式，画出其电路图，并指出有何不同之处？

>>>全波整流滤波和全波倍压整流滤波。电路图如下：



全波整流滤波

全波倍压整流滤波

不同之处是：当输入电压一样时，全波倍压整流输出的电压是全波整流输出电压的两倍。

39. X 电容和 Y 电容有何区别？作用分别是什么？

>>>X 和 Y 电容都是安全电容，区别是 X 电容接在输入线两端用来消除差模干扰，Y 电容接在输入线和地线之间，用来消除共模干扰。

安规电容安全等级 应用中允许的峰值脉冲电压过电压等级（IEC664） 8Ga91 vl 6

X1 >2.5kV ≤4.0kV X2 ≤2.5kV X3 ≤1.2kV

安规电容安全等级 绝缘类型 额定电压范围

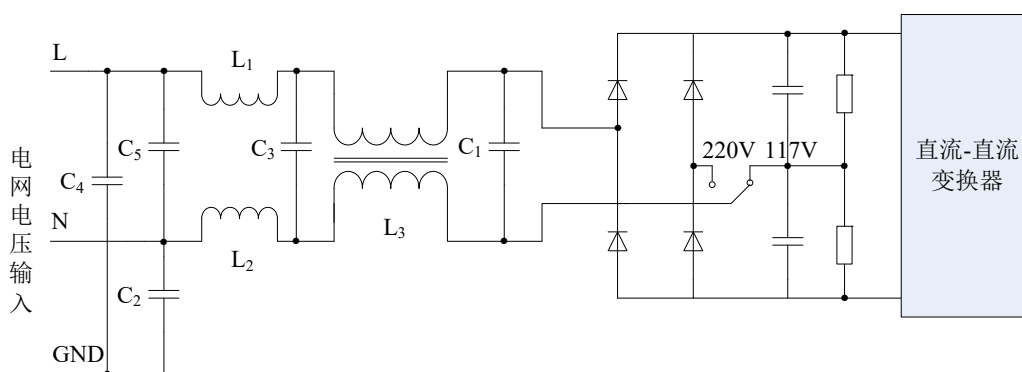
Y1 双重绝缘或加强绝缘 ≥ 250V

Y2 基本绝缘或附加绝缘 ≥150V ≤250V

Y3 基本绝缘或附加绝缘 ≥150V ≤250V

Y4 基本绝缘或附加绝缘 <150V

40. EMI 滤波电路如下图，指出每个电容和电感的作用及名称？



>>>C1、C3、C5 通常是 X2 电容，滤除差模信号；C2 和 C4 通常是 Y2 电容，滤除共模信号；L1 和 L2 是差模电感，滤除差模信号；L3 是共模电感，滤除共模信号。

41. THD 的全称，中文意思。列出与 PF 值的关系？

>>>Total Harmonic Distortion，总谐波畸变，THD 与 PF 值关系如下： $PF = \frac{I_1}{I} = \frac{1}{\sqrt{1+THD^2}}$

42. 指出无源功率因数校正和有源功率因数校正的优缺点？

>>>无源功率因数校正的主要优点是：简单、成本低、可靠性高、EMI 小。其主要缺点是：尺寸、重量大，难以得到高功率因数（一般可提高到 0.9 左右），工作性能与频率、负载变化及输入电压变化有关，电感和电容间有大的充放电电流等；

有源功率因数校正的主要优点是：可以得到较高的输入功率因数，如 0.97~0.99，甚至接近 1；THD 小；可在较宽的输入电压范围（如 90~264VAC）和宽频带下工作；体积、重量小；输出电压也可保持恒定。其主要缺点是：电路复杂、MTBF 下降、成本高（例如两级 PFC 变换器结构中，成本将提高 15%）、效率有所降低。

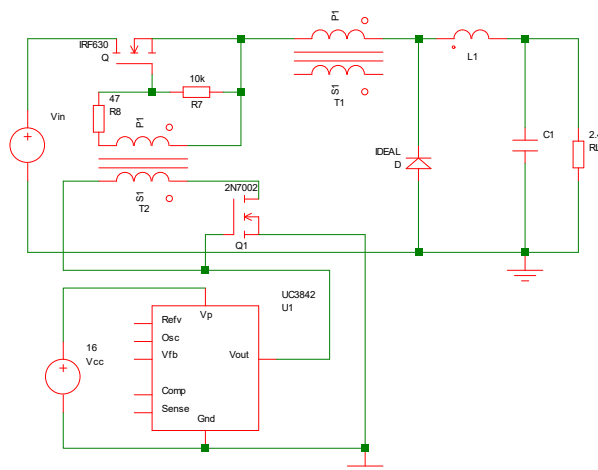
43. 简述保持时间的定义及增加保持时间的方法？

>>>保持时间的定义：在输入电压降为零之后，输出电压降到正常输出值的 80%的时间。增

加保持时间采用两种方法：（1）增加输出的储存能量，可以通过采用大量输出电容实现；（2）采用有源功率因数校正。

44. 用 UC3842 控制 Buck 变换器，画出驱动 MOS 管的电路图？

>>> 驱动 MOS 管的电路图如下：



45. 对于 Boost 变换器工作于连续电流模式，输出滤波电感如何选择？

>>>对于 Boost 变换器工作于连续电流模式，电感值要满足以下关系式：

$$L_1 \geq \frac{V_{in} D(1-D)}{f_s \Delta I} = \frac{V_{in} D(1-D)}{2K f_s I_o} = \frac{V_o(1-D)}{2K f_s I_o}$$

式中 ΔI ——电感纹波电流

K——电感电流纹波系数， $K = \Delta I / (2I_o)$

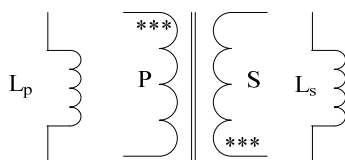
情境二 复习思考题答案

1. 简述变压器的作用，并画出反激变压器的等效电路？

>>>变压器的作用如下：

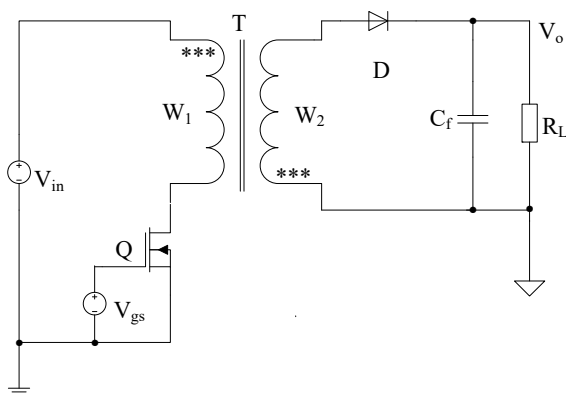
- (1) 电气隔离；
- (2) 变比不同，达到电压升、降；
- (3) 大功率整流副边相移不同，有利纹波系数减小；
- (4) 磁耦合传送能量；
- (5) 测量电压、电流。

反激变压器的等效电路如下：



2. 画出反激变换器的拓扑结构，并分析 CCM 模式的工作原理？

>>>反激变换器的拓扑结构



(1) 模态 1 在 $t=0$ 时，Q 导通， V_{in} 通过 Q 加在原边绕组 W_1 上，因此，铁芯磁化，铁芯磁通 Φ 增加，增加斜率为 V_{in}/W_1 。

副边绕组 W_2 上的感应电压为： $V_{w2} = -V_{in} \times W_2/W_1$ ，其极性为“***”端为“+”，使整流二极管 D 截止，负载电流由滤波电容 C_f 提供。此时变压器副边绕组开路，只有原边绕组工作，相当于一个电感，其电感量为 L_1 ，因此原边电流 i_p 从 I_{pmin} 开始线性增加。在此过程中，变压器磁芯被磁化，其磁通 Φ 也线性增加。磁通 Φ 的增加量为：

$$\Delta\phi_{(+)} = \frac{V_{in}}{W_1} DT_s$$

(2) 模态 2 在 T_{on} 时刻，关断 Q，原边绕组开路，副边绕组的感应电势反向，其极性为“***”端为“负”，

使整流二极管 D 导通，储存在变压器磁场中的能量通过 D 释放，一方面给 C_f 充电，另一方面向负载供电。此时变压器只有副边绕组工作，相当于一个电感，其电感量为 L_2 。副边绕组上的电压 $v_{W2}=V_o$ ，副边电流 i_s 从 I_{smax} 线性下降。在此过程中，变压器磁芯被去磁，其磁通 ϕ 也线性减小。磁通 ϕ 的减小量为：

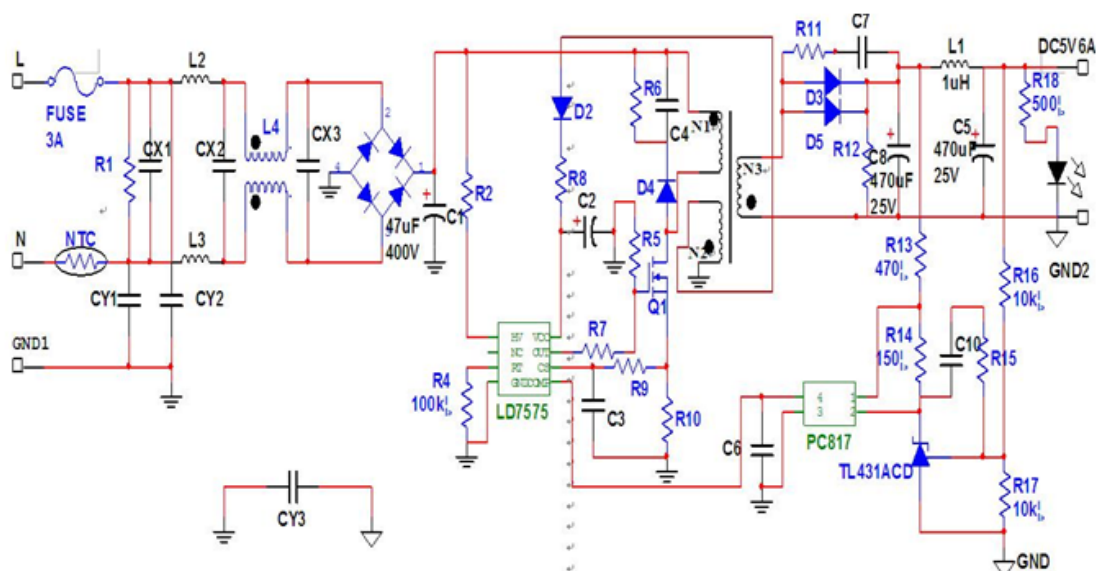
$$\Delta\phi_{(-)} = \frac{V_o}{W_2} (1-D)T_s$$

3. 如何测试变压器的漏感和励磁电感？

>>>把除变压器的原边外的其他副边都给短路，然后测量原边的电感量，这时候的电感量就是漏感；让变压器的所有绕组都处于开路的状态，然后测量原边的电感量，这时候的电感量就是励磁电感。

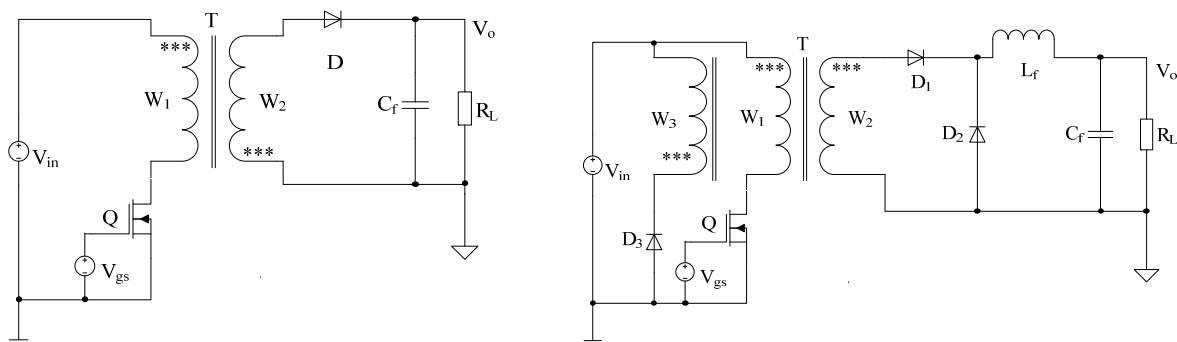
4. 控制芯片 LD7575 控制的电源电路如下图，指出用的什么拓扑结构？

>>>用反激拓扑结构。



5. 直流变换器分为非隔离和隔离两大类，画出隔离型变换器中两种基本的拓扑结构？

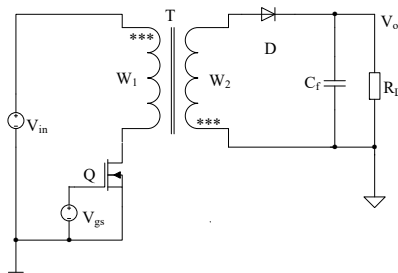
>>>隔离型变换器中两种基本的拓扑结构如下：



6. 电源的基本要求如下：输入 220Vac/50Hz，输出 12V/2A。画出功率电路即主电路的拓扑

结构？

>>>根据输入输出的关系及输出功率的大小，主电路拓扑结构为反激式变换器：



40W 单片集成反激电源电路如图 2-1，简要回答 7-12 题。

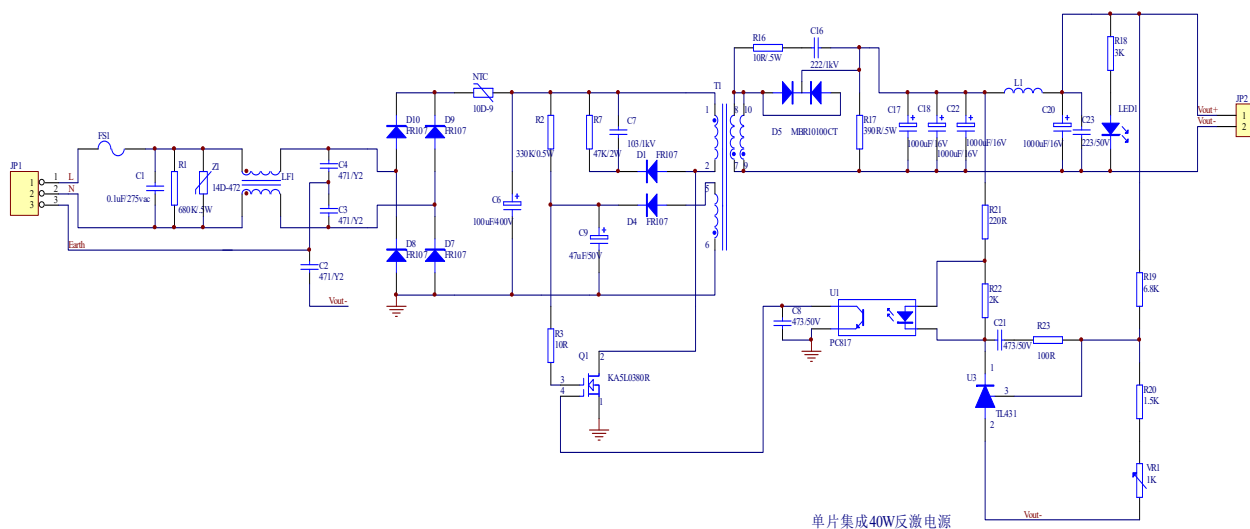


图 2-1 40W 单片集成反激电源电路

7. 图中的 NTC 有何作用？解释其工作原理？

>>>NTC 起抑制浪涌电流的作用，电路刚开始工作时，NTC 阻值较大，工作之后，消耗功率，温度升高时，电阻值降低。

8. 如果没有输出电压，可能哪些原因引起没有输出？

>>>电路中只要有一个地方不正常，都会引起没有输出。要调试和检查电路的各个部分。比较容易出问题的电路：保险丝，整流桥，输出检测和反馈网络（TL431 和 PC817 构成的电路），R2 阻值是否过大等等。

9. 在输出端加 12V 的电压，把万用表的档位调到二极管档，测量 C₈ 两端，万用表显示的结果？

>>>把 TL431 的引脚 3 输入电压调到 2.5V，电路正常的话，万用表会发出响声。

10. D₁、R₇ 和 C₇ 有何作用？

>>> D₁、R₇ 和 C₇ 构成吸收网络，吸收变压器的尖峰。

11. 把输出电压由 12V 改到 5V, R_{19} 的值是多少?

>>>当 $VR1=0K$ 时, $R_{19}=1.5K$, 当 $VR1=1K$ 时, $R_{19}=2.5K$, 所以 R_{19} 可以取 1.8K, 2K, 2.2K, 2.4K。

12. 如果把输出调到 5V/5A, 需要调整电路中哪些参数? 如何调整?

>>>需要调整电路有: 输出检测反馈网络及变压器参数。主要有 R_{17} 、 R_{18} 、 R_{19} 、 R_{21} 及变压器的原副边匝数之比及电感量。具体的计算过程可参考《开关电源原理与分析》, 梁奇峰主编。

13. 描述一个电容要包含哪些参数?

>>>描述一个电容要包含的参数: 电容值、耐压值、尺寸、材料、容差和温度

14. 描述一个电阻要包含哪些参数?

>>>描述一个电阻要包含的参数: 电阻值、耐压值、尺寸、材料、容差和温度

15. 对于 SMD 电阻而言, 最常用的尺寸有哪六种, 对应的功率分别是多少?

>>>对于 SMD 电阻而言, 最常用的尺寸有六种: 0402、0603、0805、1206、1210、2512, 对应的功率分别是 1/16W, 0.1W, 0.125W, 0.25W, 0.5W, 1W。

16. X 电容和 Y 电容有何区别? 作用分别是什么?

>>>X 和 Y 电容都是安全电容, 区别是 X 电容接在输入线两端用来消除差模干扰, Y 电容接在输入线和地线之间, 用来消除共模干扰。

安规电容安全等级 应用中允许的峰值脉冲电压过电压等级 (IEC664) 8Ga91 vl 6

$X1 >2.5kV \leq 4.0kV$ $X2 \leq 2.5kV$ $X3 \leq 1.2kV$

安规电容安全等级 绝缘类型 额定电压范围

Y1 双重绝缘或加强绝缘 $\geq 250V$

Y2 基本绝缘或附加绝缘 $\geq 150V \leq 250V$

Y3 基本绝缘或附加绝缘 $\geq 150V \leq 250V$

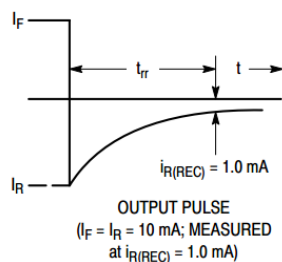
Y4 基本绝缘或附加绝缘 $< 150V$

17. 二极管的主要参数包含哪些 (四个方面)?

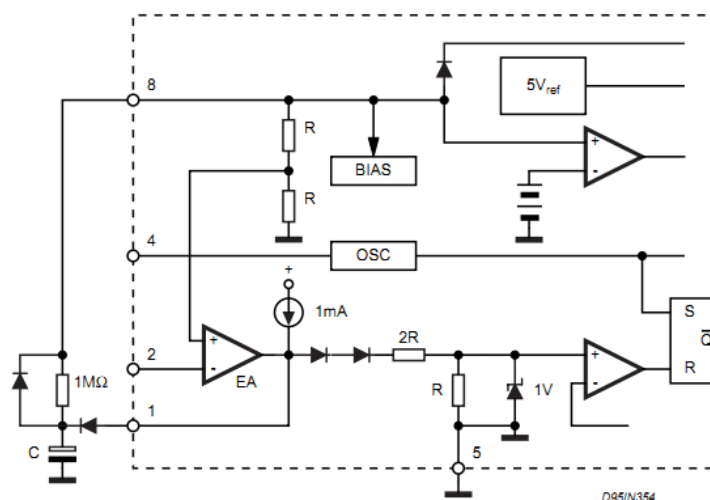
>>>二极管的主要参数: 1. 电压特性 VR , $VRWM$, $VRRM$; 2. 电流特性 $IFAV$, $IFRMS$, $IFSM$; 3. 饱和压降 VF ; 4. 最高工作结温 T_j 。

18. 简述二极管的反相恢复时间 t_{rr} ?

>>>当二极管由导通变为截止时, 反相电流减小到小于 1mA 的时间称为反相恢复时间 t_{rr} , 如下图所示。 t_{rr} 一般很小, 为纳秒级, 根据实际情况来选择合适的二极管, 是否对反相恢复时间有要求。



19. UC3842 的软启动电路如下图，分析其工作原理，指出两个二极管有何作用？



>>>与 $1M\Omega$ 电阻并联的二极管起加速电容 C 的放电速度，引脚 1 和电容之间的二极管起到箝位作用。

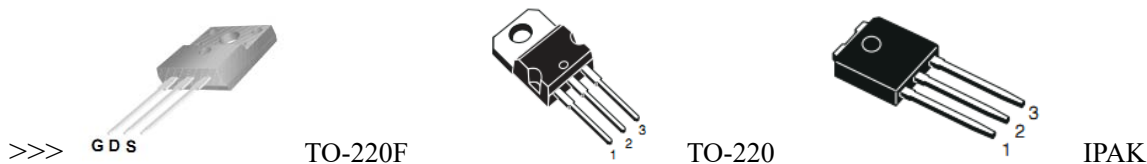
20. 通常讲一个电阻的功率多大，指什么温度下的功率。当电阻温度升高时，功率会如何变化？

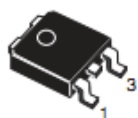
>>>指温度低于 75 度时的功率，当电阻温度升高时，功率会降低。

21. 如何区分二极管的极性及判断是否正常？（从外形和万用表两方面）

>>>外形：有标记的一端为阴极，另外一端为阳极。数字万用表测量：红表笔和黑表笔各接一端，再反过来接一次，显示为 500—600 和 1 两种数据，说明二极管正常；否则就不正常。显示为 500—600 时，红表笔接的是阳极，黑表笔接的是阴极。

22. 列出五种不同封装的二极管型号及对应的封装形式。





DPAK



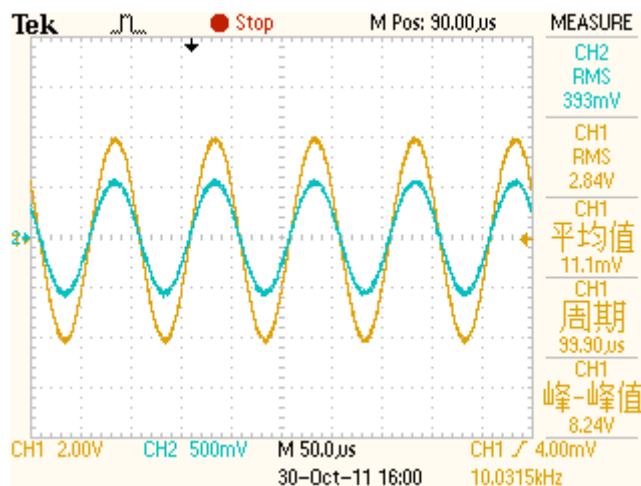
D²PAK

23. 如何测量变压器的原边电感和漏感？

>>>副边开路，用 LCR 电桥测量变压器原边，得到的就是原边电感；副边短路，测量原边得到的就是漏感。

24. 如何判断变压器的同名端和异名端？

>>>有两种方法：（1）示波器+信号发生器判断：信号发生器输出一个 10KHz 正弦波，接到变压器的原边，示波器的两个通道分别接到原边和副边测得波形如下，同时接示波器通道的正极为同名端。另外，波形的幅值之比得出原副边匝数之比。

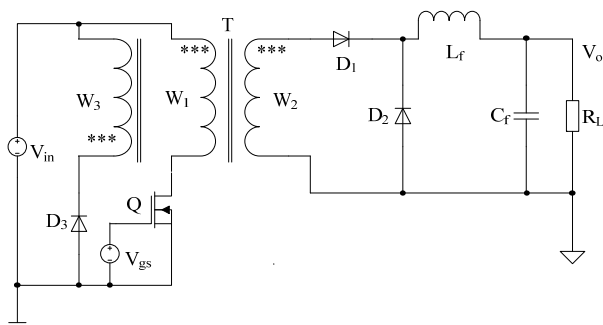


（2）用 LCR 电桥测量：分别测量原边和副边的电感为 L_1 和 L_2 ，原边和副边各一端连在一起，测量原副边另外一端，电感量为 L_3 。若 $L_1 + L_2 < L_3$ ，原副边连在一起的一端为异名端；若 $L_1 + L_2 > L_3$ ，原副边连在一起的一端为同名端。

情境三 复习思考题答案

1. 画出带磁复位的正激变换器的拓扑结构，并分析 CCM 模式的工作原理？

>>>带磁复位的正激变换器的拓扑结构如下：



在 CCM 模式下的工作原理简述如下：

(1) 模态 1 在 $t=0$ 时，Q 导通， V_{in} 通过 Q 加在原边绕组 W_1 上。因此，铁芯磁化，铁芯磁通 Φ 增加。变压器的励磁电流 i_M 从 0 开始线性增加。

此时，整流二极管 D_1 导通，续流二极管 D_2 截止，滤波电感电流 i_{L_f} 线性增加，这与 Buck 变换器中开关管 Q 导通时一样，只是电压为 V_{in}/K_{12} 。

(2) 模态 2 在 T_{on} 时刻，关断 Q，原边绕组和副边绕组中没有电流流过，此时变压器通过复位绕组 W_3 进行磁复位，励磁电流 i_M 从复位绕组 W_3 经过二极管 D_3 回馈到输入电源中去。

此时，整流二极管 D_1 关断，滤波电感电流 i_{L_f} 通过续流二极管 D_2 续流，与 Buck 变换器中开关管 Q 关断时类似。

电源电压 V_{in} 反向加在复位绕组 W_3 上，故铁芯去磁，铁芯磁通 Φ 减小。

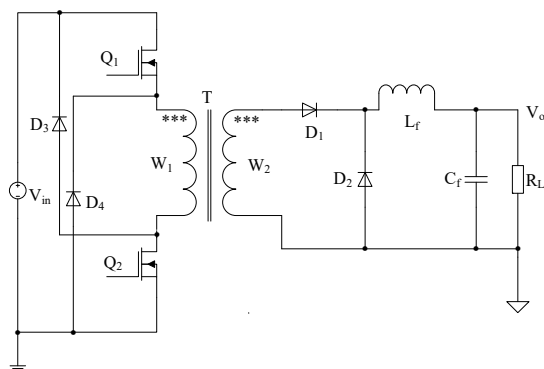
励磁电流 i_M 从原边绕组中转移到复位绕组中，并且开始线性减小。

在 T_r 时刻， $i_{W3}=i_M=0$ ，变压器完成磁复位。

(3) 模态 3 在 T_r 时刻，所有绕组中均没有电流，它们的电压均为 0，滤波电感电流继续经过续流二极管续流，与 Buck 变换器在开关管关断时一样。此时，加在开关管 Q 的电压为 V_{in} 。

4. 画出双管正激变换器的拓扑结构，并列出输入和输出的基本关系式。

>>>双管正激变换器的拓扑结构



输入输出电压之间的关系为：
$$V_o = \frac{V_{in}}{N} D$$

3. 简述正激变压器的作用。

答：1、电气隔离。2、变比不同，达到电压升、降。3、磁耦合传送能量。

4. 如何测试变压器的漏感和励磁电感。

>>>把除变压器的原边外的其他副边都给短路，然后测量原边的电感量，这时候的电感量就是漏感；让变压器的所有绕组都处于开路的状态，然后测量原边的电感量，这时候的电感量就是励磁电感。

5. 简述反激变换器和正激变换器中变压器的区别。

>>>正激变压器的一次绕组的电流由励磁电流和负载电流两部分组成，在一次绕组有电流的同时，二次绕组也有电流，一次侧负载电流分量去平衡次级电流，激励电流分量会使磁芯顺着磁滞回线移动。而一次侧负载安匝数相互抵消，它们不会使磁芯顺着磁滞回线来回移动，而励磁电流占一次侧总电流很小一部分，一般不大于总电流 10%，因此不会造成磁芯饱和。而反激式变换器大不相同，它的工作分成两步：（1）开关管导通，母线通过一次绕组将电能转换为磁能储存起来。（2）开关管关断，存储的磁能通过二次绕组给电容充电，同时给负载供电。

6. 正激变换器中变压器为什么要进行磁复位？列出磁复位的四种方法，画出其中两种带磁复位的正激拓扑结构。

>>>开关管关断后到下一次导通前必须使励磁电流降为零，否则在下一开关周期内，励磁电流将在本周期结束前的剩余值基础上继续增加，并在以后的开关周期中依次累加，导致变压器励磁电感饱和。饱和后励磁电流迅速增长，会损坏开关器件。

磁复位的四种方法：（1）在输入端接复位绕组（2）RCD 复位（3）LCD 复位（4）有源箝位。

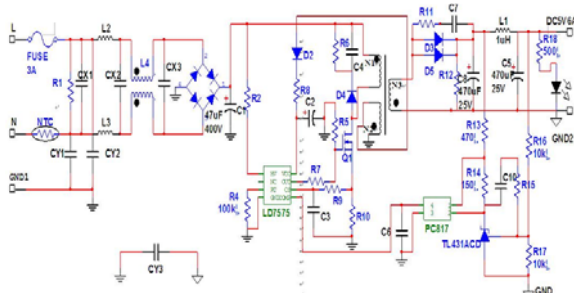
7. 简述电流变压器、驱动变压器和功率变压器之间的相同和不同之处。

>>>相同之处：变压器的工作原理都一样，电压之比等于匝数之比。电流之比等于匝数的反

比；不同之处：电流变压器用来检测电流，不需要储存能量，原副边匝比为 $1:n$ ；驱动变压器，原边和副边匝比为 $1:1$ ，主要是耦合信号，解决浮地和不共地的问题，也不需要储存能量；功率变压器主要是储能能量和传递能量，原副边匝比要依据电路来计算。

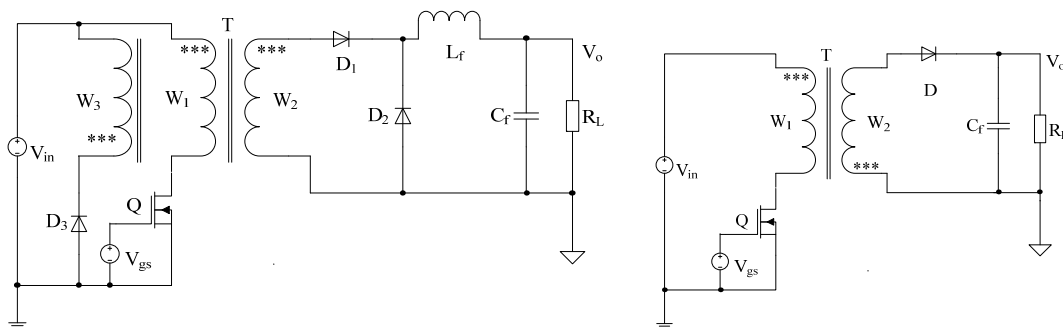
8. 控制芯片 LD7575 控制的电源电路如下图，指出用的什么拓扑结构。

>>>用反激拓扑结构。



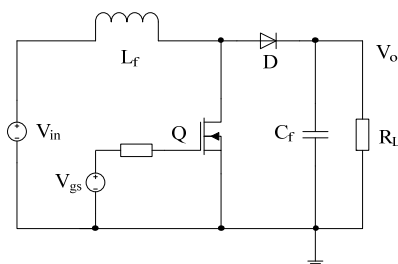
9. 直流变换器分为非隔离和隔离两大类，画出隔离类变换器中两种基本的拓扑结构？

>>>隔离类变换器中两种基本的拓扑结构如下：

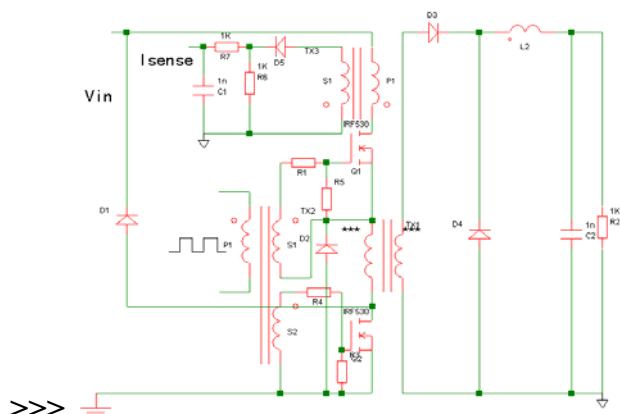


10. 电源的基本要求如下：输入 $220V_{ac}/50Hz$ ，输出 $400V/1A$ 。画出功率电路即主电路的拓扑结构。

>>>根据输入输出的关系，主电路拓扑结构为升压式变换器。



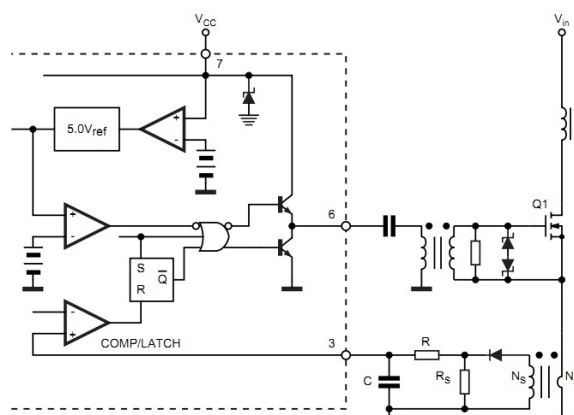
11. 若用 UC3842 控制双管正激变换器，画出上位和下位 MOS 管的驱动电路。



驱动变压器就是 TX2。

12. 在哪些情况下要采用电流变压器来检测电流？画出采用电流变压器检测电流时副边电路图？

>>>检测电流比较大，或者检测电流时电压是浮地的，也就是检测电流的电压两点中无一点是地线，比如 Buck 变换器，检测的电压浮地，要采用电流变压器检测。电流检测电路如下， R_s 为电流检测电阻。



13. 简述双管正激变换器的工作原理，并推导出最大占空比不能大于 50%。

>>>变压器要完成磁复位，也就是增加的磁通量等于减小的磁通量，即 $\Delta\phi_{(+)} = \Delta\phi_{(-)}$

$$\frac{V_{in}}{W_1} DT_s = \frac{V_{in}}{W_1} \Delta DT_s \Rightarrow D = \Delta D$$

确定最大占空比 D_{max} ：由于 $\Delta D \leq 1 - D$

那么， $D + \Delta D \leq 1 \Rightarrow D_{max} = 50\%$ 。

通常，双管正激变换器中，最大占空比为 46% 左右。

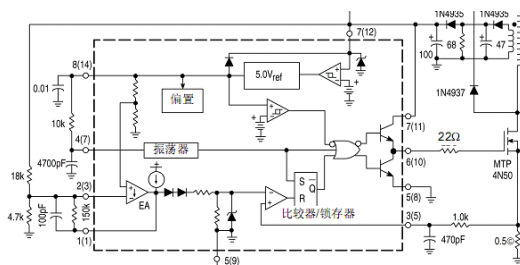
14. 采样输出电压反馈通常有哪三种方法？

>>> (1) 输出电压直接采样，用电阻分压器；(2) 用光耦和基准源（比如 TL431）采样输出

电压进行反馈；（3）采用辅助绕组进行间接采样电压反馈。

15. 如果采用辅助绕组进行采样电压反馈，画出用辅助绕组采样的电路，并指出输出和辅助绕组匝数之间的关系。

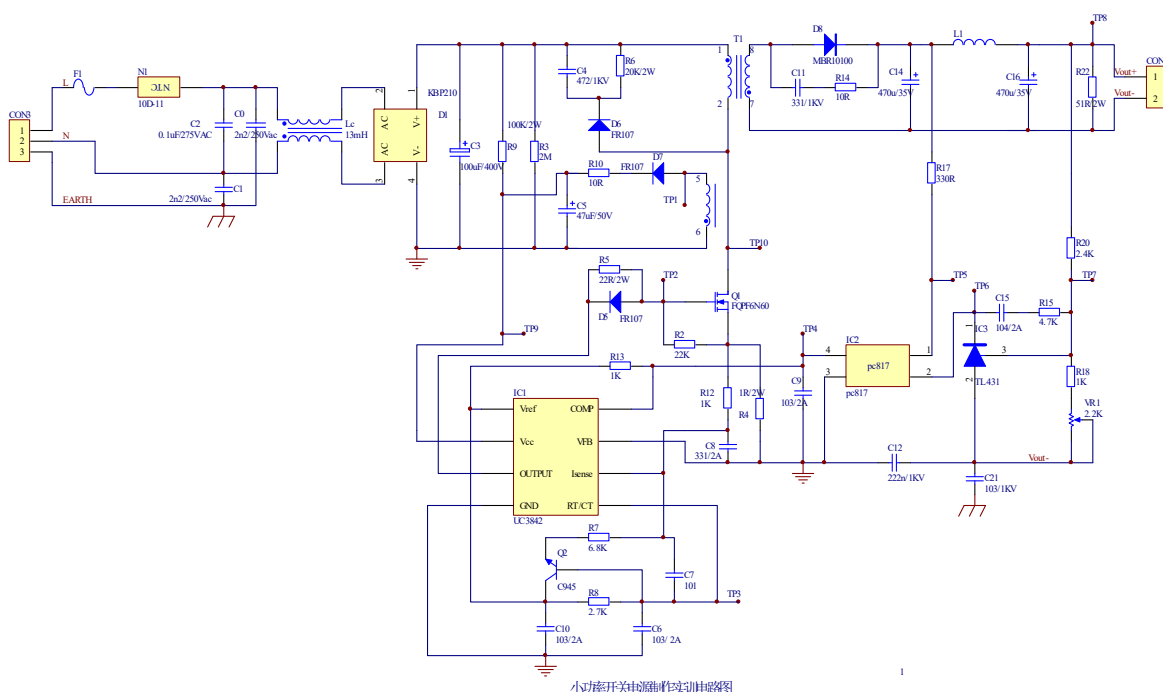
>>>辅助绕组采样的电路如下：



$$\frac{V_{out}}{V_s} = \frac{N_{out}}{N_s} \quad \text{其中 } 18K、4.7K \text{ 为采样电阻。}$$

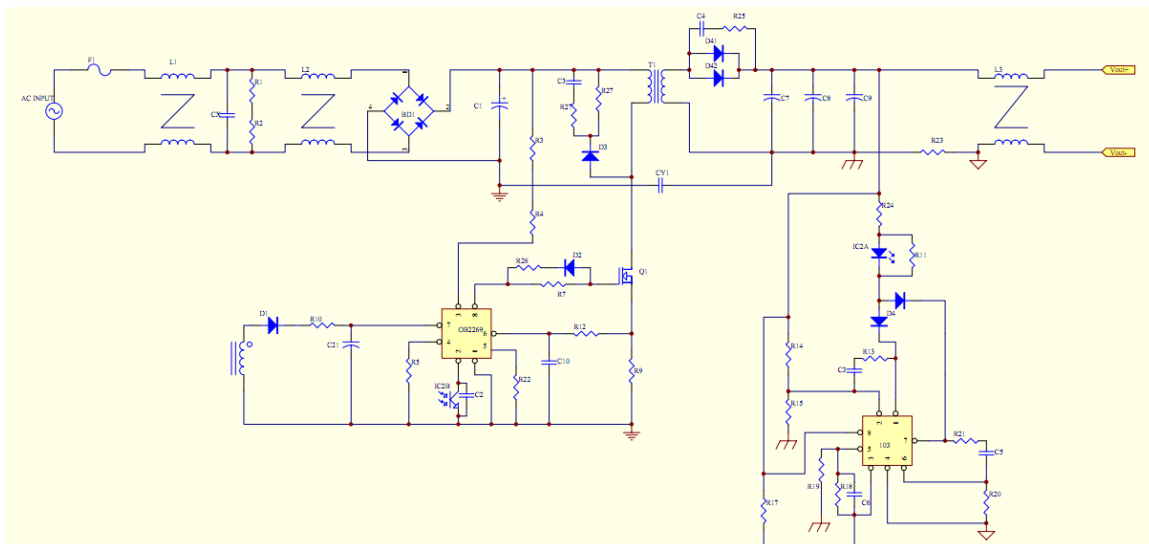
16. 电源的基本要求如下：输入 220Vac/50Hz，输出 5V/6A。画出电路图。（包括 EMI 滤波和浪涌电流抑制电路）

>>>根据输入输出电压的关系，拓扑结构一般选择反激式变换器（也可以选择正激变换器），控制芯片既可以选择 UC3842 之类的，也可以选择单片集成的控制芯片，如 KA5L0380 之类的。



小功率开关电源制作实训电路图

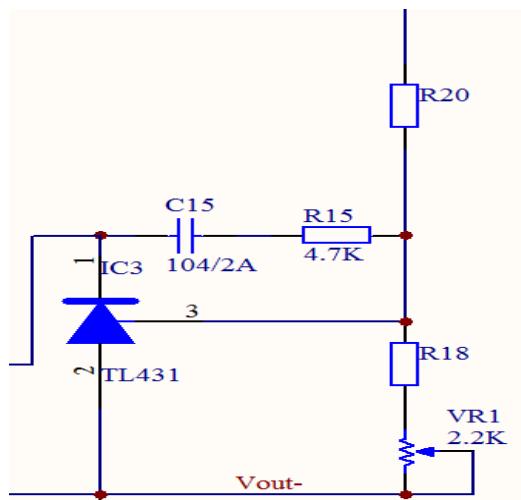
17. 控制芯片 OB2269 控制的反激式电源，输出 12V/5A，如果没有输出电压，分析可能引起没有输出的原因；分析电路图有哪几部分组成，每一部分电路的作用。



>>> (1) 检查整流滤波电路，即 C_1 前面那部分电路是否正常；(2) 电阻 R_3 、 R_4 是否太大，不能给芯片提供足够的启动电压和电流；(3) 电流检测电阻 R_9 是否损坏；(4) 调试 IC3 和光耦是否正常；(5) 驱动电路是否正常。

电路主要由四大部分电路组成：(1) EMI 整流滤波；(2) 反激变换器；(3) PWM 芯片控制电路；(4) 输出检测和反馈电路。

18. 电源的输出检测电路如下，如果输出电压是 12V，计算 R_{20} 和 R_{18} 的值分别是多少？



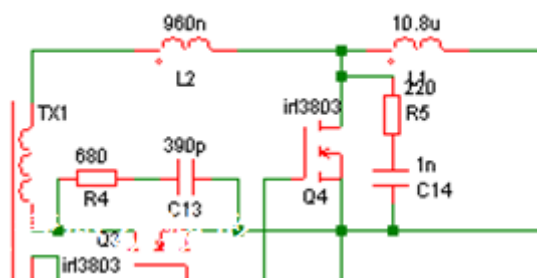
$$>>> \frac{V_o - V_{ref}}{V_{ref}} = \frac{R_{20}}{R_{18} + VR1} = \frac{12 - 2.5}{2.5} = 3.8, \text{ 若 } R_{20} \text{ 取 } 15K, R_{18} + VR1 = 3.95K, \text{ 那么 } R_{18} = 3.3K, 3K,$$

2.7K, 2.4K, 2K, 1.8K 中的任意一个。

19. 在开关电源中，输出是低电压大电流时，为什么要采用同步整流技术？如功率电路拓扑是双管正激变换器，画出副边同步整流电路。（只画拓扑结构）

>>> 输出是低压大电流时，输出整流二极管的压降为 0.7V，会产生很大的损耗，电路效率极

低。如功率电路拓扑是双管正激变换器，副边同步整流电路如下：

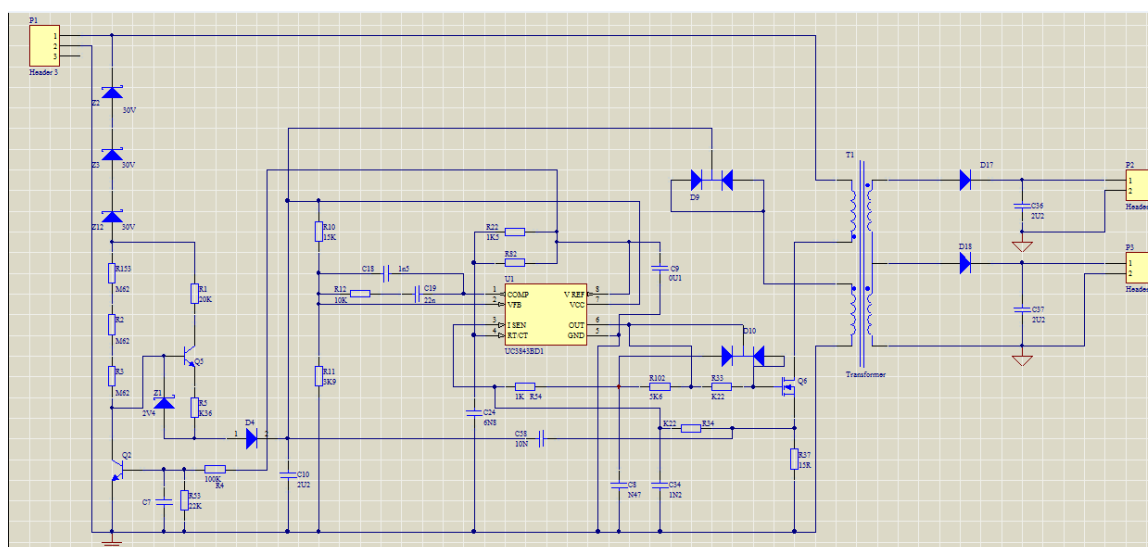


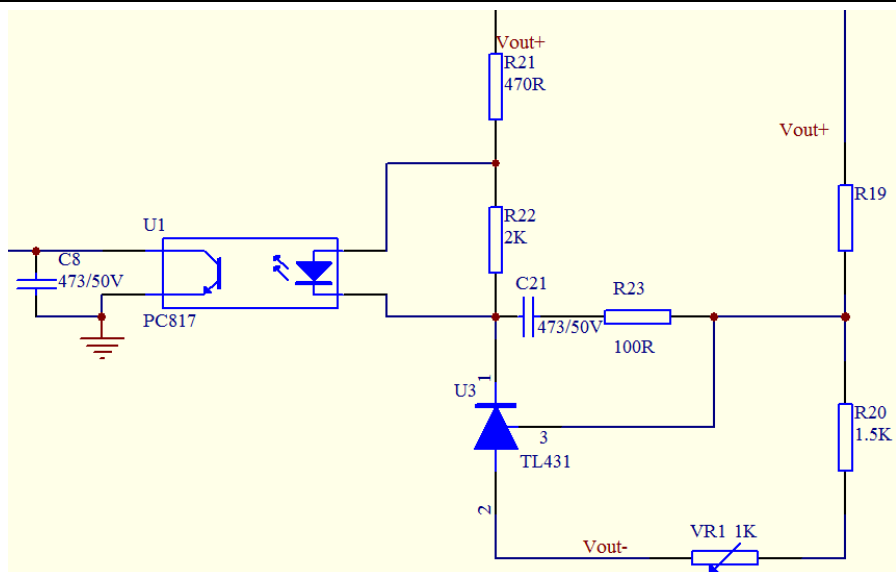
20. UC3842/3/4/5 正常启动电压和工作电压分别是多少伏？正常工作电流大概是多少 mA？

>>>UC3842/44 正常启动电压和工作电压分别是 16 伏和 12V，UC3843/45 正常启动电压和工作电压分别是 8.4 伏和 7.6V，正常工作电流大概是 12mA。

21. 指出下面电源电路用的什么拓扑结构，采用哪种方式来稳定输出电压。

>>>采用反激拓扑结构，采用辅助绕组反馈，间接稳定输出电压。



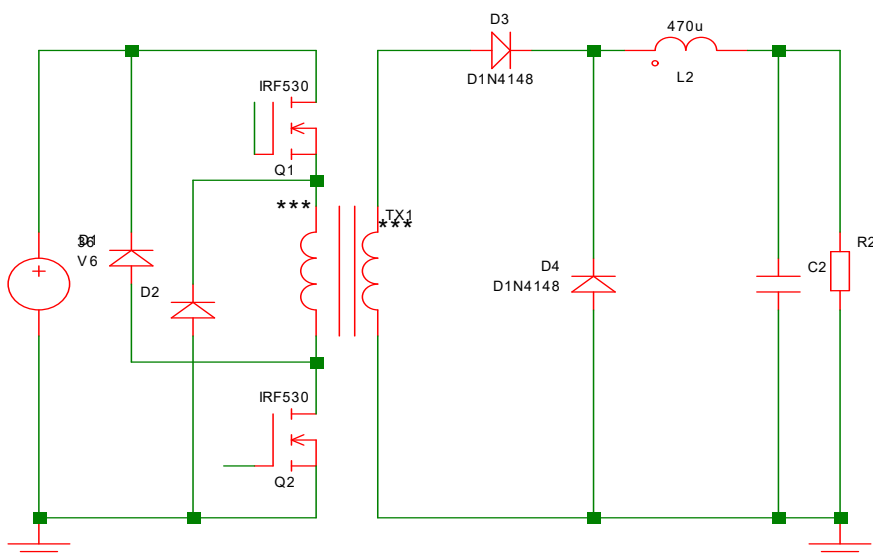


$$\ggg \frac{V_{out} - V_{ref}}{V_{ref}} = \frac{R_{19}}{R_{20} + VR1} = \frac{24 - 2.5}{2.5} = 8.6, \text{ 若 } VR1 \text{ 取 } 0, R_{19} = 1.5 \times 8.6 = 12.9K, \text{ 若 } VR1 \text{ 取 } 1K,$$

$R_{19} = 2.5 \times 8.6 = 21.5K$ 那么 R_{19} 取 $13K \sim 21K$ 之间的一个值。

万用表会发出响声。

23. 双管正激变换器如下图，指出四个二极管的作用及名称。



$\ggg$ D1、D2 为变压器磁复位提供续流的回路；D3 起整流作用，D4 起续流作用。