

第3章 电源电路设计

电源电路是电子系统设计中必不可少的重要组成部分，是保证电子系统正常工作所必需的能量提供者。电源电路性能的好坏，将直接影响整个电子系统的稳定性和可靠性。

3.1 设计要求及注意事项

3.1.1 设计要求

(1) 设计一个实用的电源电路，将市政电网中的 220V/50Hz 交流电变换成指定直流电。

(2) 逐级设计各单元电路，详细分析各单元电路的设计过程，画出单元电路原理图，分析说明各主要元器件的选择依据。

(3) 设计各单元电路的实现、调试、测试方案和实验数据记录表格，完成单元电路测试，分析各单元电路的测试数据和输入、输出波形是否满足设计要求。

(4) 根据前面的设计和分析，画出系统设计框图或系统设计流程图。

(5) 根据系统设计框图逐级级联各单元电路，每增加一级电路，必须先测试并检验级联电路是否满足设计要求。级联电路满足设计要求方可继续级联下一级电路；如果级联电路不满足设计要求，则必须先定位问题所在点，完成纠错后方可继续级联下一级电路。否则，一旦系统电路出现故障，就很难排查。

(6) 设计系统电路的测试方案和实验数据记录表格，测试系统电路的实验数据和输入、输出波形，详细分析系统电路的测试数据和输入、输出波形是否满足设计要求。

(7) 用计算机辅助电路设计或仿真软件（如 Altium Designer、Multisim 等）画出系统电路原理图，记录分析在电路设计过程中遇到的问题，总结并分享电路设计经验。

3.1.2 注意事项

调试电源电路时，应注意以下几个问题。

(1) 安装电路前，应检测电源变压器的绝缘电阻，以避免因电源变压器漏电而损坏实验设备，否则严重时甚至会危及人身安全。通常情况下，应采用兆欧表测量各绕组之间、各绕组与屏蔽层之间，以及绕组与铁芯之间的绝缘电阻，绝缘电阻应不小于 $1000\text{M}\Omega$ 。

(2) 切记电源变压器的初级绕组和次级绕组不能接反。如果将初级绕组和次级绕组接反，会损坏电源变压器并引起电源故障，严重时甚至会危及人身安全。

(3) 在使用集成稳压器前，应先查阅生产厂家提供的产品数据手册，弄清每个引脚的

正确接法。要特别注意公共端引脚不能开路，否则电源电路的输出电压将不稳定。

(4) 电源电路的参数受温度、通风、散热等条件的影响较大，因此，在设计电源电路时，应合理考虑并施加散热措施，如加散热片等。

(5) 搭接实验电路时，应尽量坚持少用导线、用短导线，盲目使用导线会引入不必要的寄生参量，使实际设计出来的电路参数发生偏离，并增大电路出错概率。

3.2 设计指标

- (1) 电源变压器初级交流输入电压： $\sim 220\text{V}/50\text{Hz}$ 。
- (2) 电源变压器次级交流输出电压：能够满足后级负载电路的设计要求。
- (3) 电源变压器输出功率：能够满足后级负载电路的设计要求。
- (4) 整流电路：能够满足后级负载电路的设计要求。
- (5) 滤波电路：能够满足后级负载电路的设计要求。
- (6) 稳压电路：能够满足所设计系统的供电要求。

3.3 系统设计框图

常用的直流稳压电源系统设计框图如图 3.1 所示。

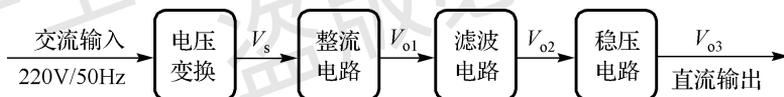


图 3.1 常用的直流稳压电源系统设计框图

3.4 设计分析

多数电子系统的电源电路都从市政电网获取能量，将 $220\text{V}/50\text{Hz}$ 的市政交流电经电压变换、整流、滤波、稳压后，输出直流电给负载使用，如图 3.1 所示。

如果稳压电路所需能量不是从市政电网获得的，而是直接从电池或者其他直流电源获得的，则在设计电源时，不需要加电压变换、整流电路和滤波电路，可以直接用稳压电路将不稳定的输入电压进行升压或降压处理后给负载使用。

3.4.1 电压变换电路

常用的交流电压变换电路是电源变压器。电源变压器（Transformer）是利用电磁感应原理变换交流电压的一种装置，主要由初级线圈、次级线圈、铁芯或磁芯等构成。通常将连接

在 220V/50Hz 市政电网上的绕组定义为初级线圈，将其余绕组定义为次级线圈。次级线圈可以是一个绕组，也可以是多个绕组。每个次级绕组都可以提供至少一组交流输出电压。

电源变压器的主要作用是从市政电网获取电路系统所需的能量。下面通过具体的实例介绍电源变压器的主要技术参数及其选型依据。

表 3.1 所示为 T8 系列电源变压器的主要技术参数。

表 3.1 T8 系列电源变压器的主要技术参数

型 号	初级工作电流		次级工作电压		次级最大电流/mA	次级等效阻抗/ Ω
	空 载	满 载	空 载	满 载		
T8-01	$\leq 28\text{mA}$	$\leq 51\text{mA}$	7.5V	6V	1333	1.3
T8-01B			9.3V	7.5V	1067	2.1
T8-02			11.2V	9V	889	3
T8-03			14.9V	12V	667	5.3
T8-04			18.7V	15V	533	8.3
T8-05			22.4V	18V	444	12
T8-05B			26.1V	21V	381	16.3
T8-06			29.9V	24V	333	21.3
T8-06B			33.6V	27V	296	27

T8 系列电源变压器的视在功率为 $8\text{V} \cdot \text{A}$ ，空载时的自损耗 $\leq 0.6\text{W}$ ，变压器的电压调整率 $\leq 20\%$ ，正常工作时温升 $\leq 22^\circ\text{C}$ ，体积为 $45\text{mm} \times 37\text{mm} \times 33\text{mm}$ ，自重为 195g。

电压调整率是电源变压器的重要指标，其定义为当输入电压不变且负载电流从零变化到额定值时输出电压的相对变化量，通常用百分数表示

$$dV = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\%$$

式中， V_0 是电源变压器空载时的输出电压， V 是电源变压器热平衡后的额定满载输出电压。

在选择和使用电源变压器时，应注意以下几个问题。

(1) 电源变压器的输出功率必须能够满足电源负载的设计要求，在工程计算时应给出 20%~50% 的设计裕量。具体计算时，除应考虑电源负载功率需求外，还应将电压变换、整流、滤波、稳压等环节的热损耗计算进去。

(2) 对于降压型稳压电路，电源变压器的满载输出电压经整流、滤波后，应高于稳压器件的最低输入电压要求。但所选电源变压器的输出电压不能太高，如果电源变压器的满载输出电压偏高，那么会导致稳压器件本身的压降偏高，热损耗偏大，散热难度加大。稳压器件长时间工作在高温条件下将会缩短其使用寿命，严重时会造成永久性损坏。

(3) 如果产品设计成本、布线空间等条件允许，应尽量选用绕组线圈多、体积大的电源变压器。尽量避免选用绕组线圈少的电源变压器，因为绕组线圈越少，电源变压器的热损耗越大，电压调整率越高，带载能力越差。

(4) 如果电子系统对电源噪声、电磁干扰等要求较高，也可以考虑选用转换效率高、电

磁干扰小、震动噪声小的环形电源变压器。

(5) 在使用电源变压器时一定要注意用电安全，应在断电条件下安装、连接电源变压器。上电后，不要用身体的任何部位直接接触电源变压器。

3.4.2 整流电路

整流电路负责将电源变压器输出的交变信号变换成脉动的直流电，从而输出给滤波电路使用。整流电路主要利用二极管的单向导电性完成整流，因此，整流二极管是构成整流电路的主要器件。根据整流方式的不同，整流电路可以由一个或多个整流二极管构成。

1. 半波整流电路

半波整流电路结构简单，用一个二极管就可以实现。在不考虑整流效率的情况下，可以采用半波整流电路对交流信号进行整流。半波整流电路如图 3.2 所示。

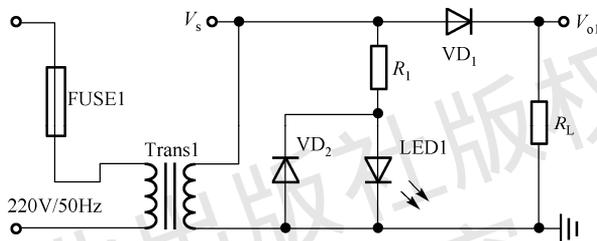


图 3.2 半波整流电路

在图 3.2 所示的电路中，二极管 VD_1 负责整流，其他元器件都是辅助元件。其中 FUSE1 是电源保险丝；Trans1 是电源变压器；LED1 是电源指示灯； R_1 是限流电阻，用于保护发光二极管 LED1； VD_2 是保护用二极管，在交流信号的负半周导通，用以防止发光二极管 LED1 因反向电压过高而被烧毁； R_L 是负载电阻，如果没有负载电阻 R_L ，就不能构成完整的整流回路。在负载电阻 R_L 上可以测到整流后的输出波形，如图 3.3 所示。

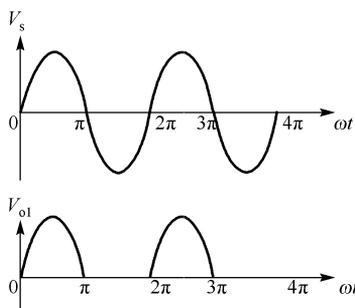


图 3.3 半波整流电路的输入、输出波形

从图 3.3 可知，半波整流电路的输出波形只有输入波形的一半。并且，由于整流二极管 VD_1 也消耗一定的能量，因此，半波整流电路的整流效率理论上应小于 50%。

在设计半波整流电路时，主要考虑整流二极管的额定正向工作电流应高于负载电路所要

求的最大工作电流；整流二极管所能承受的最高反向工作电压应高于交流输入信号的峰值电压。实际设计时，整流二极管的额定正向工作电流和最高反向工作电压还应给出 50% 以上的设计裕量，以防止不必要的电路噪声损坏二极管。

2. 桥式全波整流电路

在图 3.4 所示的桥式全波整流电路中，4 个整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 按桥式连接构成整流电路。在交流输入的正半周，电流从电源变压器的 A 端流出，经二极管 VD_1 、负载电阻 R_L 、二极管 VD_3 后，流回到电源变压器的 B 端，整个过程构成一个完整的电流回路。在交流输入的负半周，电流从电源变压器的 B 端流出，经二极管 VD_4 、负载电阻 R_L 、二极管 VD_2 后，流回到电源变压器的 A 端，整个过程也构成一个完整的电流回路。在输出负载电阻 R_L 上可以测到桥式全波整流电路的输出波形。桥式全波整流电路的输入、输出波形如图 3.5 所示。

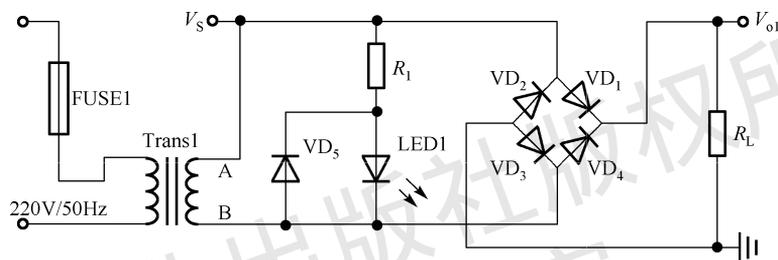


图 3.4 桥式全波整流电路

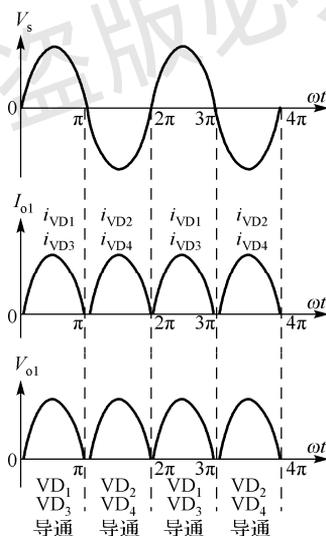


图 3.5 桥式全波整流电路的输入、输出波形

桥式全波整流电路的热损耗主要来自 4 个整流二极管，因此，在不加辅助设计器件时，桥式全波整流电路也不可能将输入信号的全部能量传递给负载，并且，整流电压越低，相对损耗越大，整流效率越低。

和半波整流电路相比，桥式全波整流电路的整流效率高，实际应用中较为常见。

在选用整流二极管时，桥式全波整流电路也应考虑整流二极管的额定正向工作电流要高于负载要求的工作电流；整流二极管所能承受的最高反向工作电压应高于交流输入信号峰值电压的一半。实际电路设计时，整流二极管的额定正向工作电流和最高反向工作电压应给出 50% 以上的设计裕量，以防止不必要的电路噪声损坏二极管。

某些生产厂家将 4 个整流二极管封装在一起，做成专门用于桥式全波整流的集成整流器件，被称为整流桥（Bridge Rectifier），或称整流桥块。在实际应用中，这种已经封装好的专门用于全波整流的整流桥块较为常见。

3. 正负双路输出桥式全波整流电路

正负双路输出桥式全波整流电路如图 3.6 所示。与单路输出桥式全波整流电路相比，正负双路输出桥式全波整流电路也是由 4 个整流二极管 $VD_1 \sim VD_4$ 按桥式连接构成的。但在正负双路输出桥式全波整流电路的输入端有两个对称的串联绕组，这两个串联绕组的公共端必须和直流输出电压的参考地连接在一起，共同构成电源系统的直流参考地。

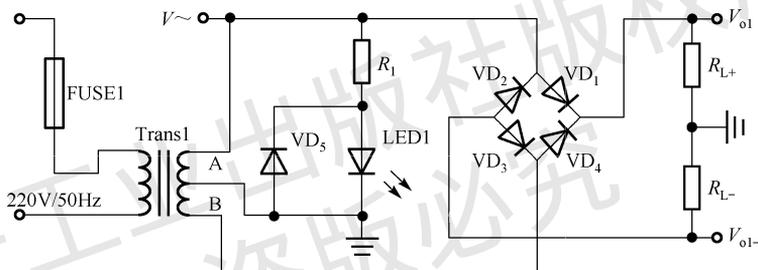


图 3.6 正负双路输出桥式全波整流电路

和单路输出桥式全波整流电路一样，在选用整流二极管时，正负双路输出桥式全波整流电路也应考虑整流二极管的额定正向工作电流要高于电源负载所要求的工作电流；二极管所能承受的最高反向工作电压应高于单个绕组的峰值电压。实际设计时，二极管的额定正向工作电流和最高反向工作电压还应给出 50% 以上的设计裕量，以防止不必要的电路噪声损坏二极管。

4. 注意事项

在整流电路中，没有负载电阻就不能构成完整的整流回路，因此，在测试整流电路时，必须加负载电阻。

3.4.3 滤波电路

电容器和电感器都是储能元件。利用电容器两端电压的变化或流经电感器电流的变化，电容器或电感器可以完成先将能量存储，再释放的传递过程。

在图 3.7 所示的滤波电路中， V_{O1} 是整流电路输出的直流脉动信号。变化的直流脉动信号 V_{O1} 使电路中的电容器两端的电压或流经电感器的电流发生变化，通过抑制直流脉动信号的变化

趋势，电容器或电感器可以将直流脉动信号中的部分纹波滤除，达到平滑输入信号的目的。

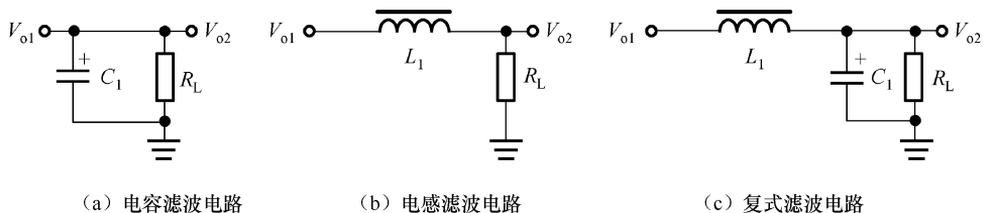


图 3.7 常用的滤波电路

比较常用的滤波电路有三种，如图 3.7 所示。其中图 3.7 (a) 是电容滤波电路，图 3.7 (b) 是电感滤波电路，图 3.7 (c) 是复式滤波电路。其中， R_L 是负载电阻。用电容滤波时，电容器应与负载电阻并联；用电感滤波时，电感器应与负载电阻串联。

1. 滤波电路设计

在图 3.7 (a) 所示的电容滤波电路中，当输入脉动信号 V_{o1} 上升时，滤波电容 C_1 进行充电，完成储能过程；当输入脉动信号 V_{o1} 开始下降时，滤波电容 C_1 开始充当电源，将存储的能量释放。在每个变化周期内，滤波电容都能完成一次能量的存储和释放过程，使输出电压 V_{o2} 维持在一个相对稳定的电压值上，其输入、输出波形如图 3.8 所示，图中虚线表示 V_{o1} ，实线表示 V_{o2} 。

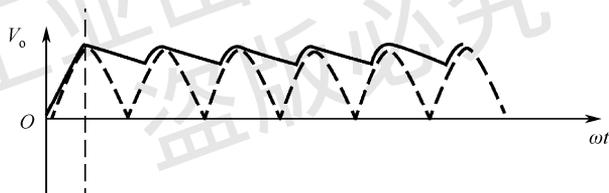


图 3.8 电容滤波电路的输入、输出波形

电容滤波电路主要在负载电流相对较小的电源电路中使用。

选择滤波电容时，必须保证在电容两端能量释放的过程中，电容器不能将存储的能量全部释放。并且，为保证滤波电路输出电压 V_{o2} 的纹波较小，滤波电容在放电过程中所释放的相对能量应越小越好，即充放电时间常数 $\tau = R_L C_1$ 越大越好。式中， R_L 是负载电阻值， C_1 是滤波电容值。

由以上分析可知，滤波电容值越大，其释放能量的相对速率越低，输出电压纹波系数越小，输出电压越平滑，滤波效果越好。因此，在设计条件允许的情况下，应尽量选用电容值较大的电容器作为滤波电容。

在选择滤波电容时，除了要考虑电容值，还要考虑电容器的标称耐压值。电容器的标称耐压值应高于加在电容器两端的最大电压值。并且，在工程设计时，通常还要求电容器的标称耐压值至少高于加在电容器两端最大电压值的 50%。

大容量滤波电容器有较大的寄生电感，寄生电感会使滤波电容器的高频旁路作用大打折扣。为了滤除高频噪声，应在大容量滤波电容器的两端并联一个或多个电容值不同的小电容，如独石电容或瓷片电容等。不同电容值的小电容可以滤除输入信号中不同频率的高频噪声。

有些电容器的引脚分正、负极，安装电路时，切记电容器的正、负引脚不能接反。

当输入电流变化较快，且电源负载工作电流较大时，考虑滤波电容器的体积和电路成本等条件制约，这时可以考虑采用电感器进行滤波，如图 3.7 (b) 所示。

选用电感器进行滤波时，应将电感器与负载串接。当输入电流增大时，流过电感器的电流也发生变化，电感器将一部分电能转化成磁场能量并存储起来。当输入电流开始减小时，电感器产生反向电动势阻止输入电流变化，即将存储的磁场能量释放，从而滤除输入信号中的部分纹波，达到平滑输入信号的目的。

选用滤波电感时，要求基波感抗足够大，即 ωL 应足够大，最好能远大于负载电阻 R_L ；同时，还应考虑滤波电感器的额定工作电流必须满足设计要求。

有时为了改善滤波效果，在电感滤波电路的输出端对地并接一个或多个滤波电容，构成复式滤波电路，如图 3.7 (c) 所示。

2. 注意事项

输出电压纹波系数是滤波电路的重要参数，如果测得的输出电压纹波系数较大，应考虑增大滤波电容值或滤波电感值。在复式滤波电路中，也可以考虑同时增大这两个参数值。如果在增大滤波电容值或滤波电感值之后，输出电压纹波系数还不能满足设计要求，则应考虑在滤波电路的输出端对地接一个或多个电容值不同的小滤波电容，以进一步滤除输出信号中的高频噪声。

应特别注意：在测试滤波电路时，必须加负载电阻以构成回路。

3.4.4 稳压电路

经过整流、滤波处理后的直流电源虽然比较平滑，但稳定性较差，当输入电压发生波动或者负载发生变化时，都会导致输出电压变化。对于要求稳定供电的电子系统，还必须对整流、滤波后的电源信号进行稳压处理才能使用。

根据稳压电路所采用的稳压器件的不同，稳压电路可分为：线性直流稳压电源、开关型直流稳压电源和电压基准源。

1. 线性直流稳压电源

线性直流稳压电源多采用线性集成稳压器件进行稳压。用线性集成稳压器件设计的稳压电路具有外围电路简单、输出电压稳定、纹波系数小、电路噪声低等优点。

线性集成稳压器件有多种不同的分类方法。按稳压器件自身压降的大小来区分，线性集成稳压器件可分为通用型线性稳压器件和低压差型线性稳压器件。按输出电压是否可调来区

分，线性集成稳压器件可分为固定输出线性稳压器件和可调输出线性稳压器件。按输出电压的极性不同来区分，线性集成稳压器件还可分为正电压输出线性稳压器件和负电压输出线性稳压器件等。

(1) 固定输出线性直流稳压电源

LM78××系列和 LM79××系列三端线性集成稳压器件是常用的固定输出线性集成稳压器件。其中，LM78××系列稳压器件的输出电压为正电压，LM79××系列稳压器件的输出电压为负电压。两种系列均有 5V、6V、9V、12V、15V、18V、24V 等输出电压产品。

LM78××系列和 LM79××系列三端线性集成稳压器件内部均设计有短路保护和过热保护电路，可以预防因电路瞬时过载而造成的器件永久性损坏。

LM78××系列和 LM79××系列产品后面的两位数字代表该器件可以输出的标称电压值。两种系列产品的引脚封装顺序并不相同，如图 3.9 所示，使用时要特别注意。

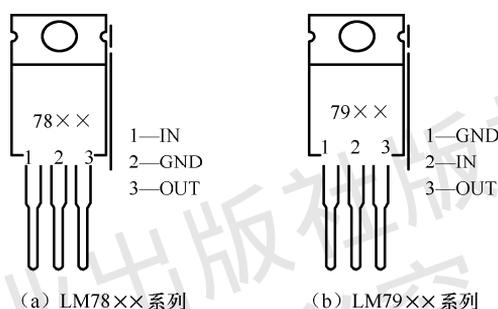


图 3.9 三端固定输出线性集成稳压器件 TO-220 的引脚封装图

图 3.10 所示为用三端线性集成稳压器件 LM7805 和 LM7905 设计的±5V 输出直流稳压电源。该电源从 220V/50Hz 市政电网中获得能量，先由电源变压器 T15-07 进行电压变换，再经过桥式整流、电容滤波后输出给 LM7805 和 LM7905 进行稳压处理。

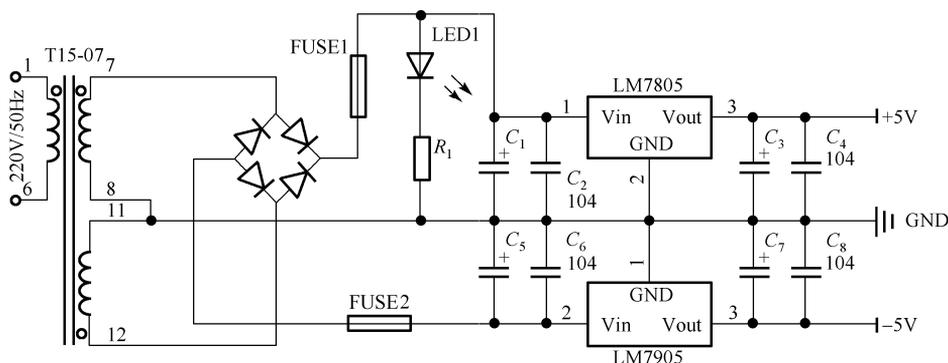


图 3.10 用 LM7805 和 LM7905 设计的±5V 输出直流稳压电源

在图 3.10 所示的电路中，在稳压器件 LM7805 和 LM7905 的输入端、输出端分别并联了两个电容值不同的电容，大电容用来滤除电源中的低频杂波，抑制负载变化引起的电压波动；小电容用于滤除电源中的高频杂波。

(2) 可调输出线性直流稳压电源

LM317 是三端可调正电压输出线性集成稳压器件, LM337 是三端可调负电压输出线性集成稳压器件。与三端固定输出线性集成稳压器件一样, 三端可调输出线性集成稳压器件 LM317 和 LM337 的内部也设计有过流保护和过热保护电路。两者之间的主要区别是: 三端可调输出线性集成稳压器件 LM317 和 LM337 用调整引脚 ADJ 代替了三端固定输出线性集成稳压器件的接地引脚 GND。图 3.11 所示为三端可调输出线性集成稳压器件的引脚封装图。

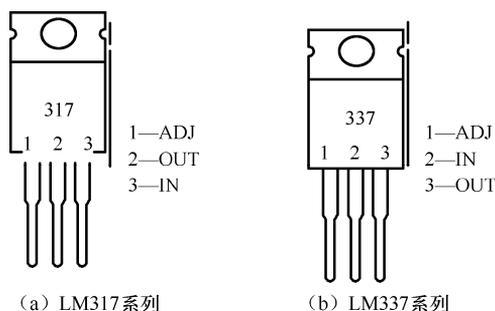


图 3.11 三端可调输出线性集成稳压器件 TO-220 的引脚封装图

由图 3.11 可知, 三端可调输出线性集成稳压器件 LM317 和 LM337 的引脚排序并不相同, 使用时要特别注意。

图 3.12 所示为三端可调输出线性集成稳压器件 LM317 的典型应用电路。

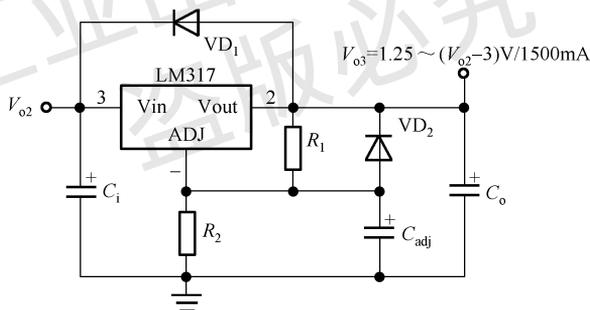


图 3.12 LM317 的典型应用电路

其中, 电阻 R_1 的取值范围为 $120 \sim 240 \Omega$ 。电阻 R_2 的取值范围可以根据输出电压要求通过计算得到。输出电压 V_{o3} 可以通过下式计算得到

$$V_{o3} = V_{\text{REF}} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{\text{ADJ}} \times R_2$$

式中, 电流 I_{ADJ} 是从调整引脚 ADJ 流出的电流, 其典型值为 $50 \mu\text{A}$, 多数情况下, 该电流对输出电压的影响很小, 可以忽略不计。参考电压 V_{REF} 是输出引脚 Vout 与调整引脚 ADJ 之间的电势差, 其典型值为 1.25V 。通过改变接在调整引脚 ADJ 上的两个电阻 R_2 和 R_1 的比值, 可以改变输出电压值 V_{o3} 。

图 3.12 中的电容 C_i 、 C_o 、 C_{adj} 是滤波电容, 用于抑制电源信号中的纹波噪声。电容 C_{adj}

可以不加,但是如果加了电容 C_{adj} ,就必须加上保护用二极管 VD_2 。保护用二极管 VD_2 给电容 C_{adj} 提供了放电通路。 VD_1 也是保护用二极管,用于给电容 C_o 提供放电通路。两个保护用二极管主要用于在特殊情况下给对应电容提供放电通路,以防止存储在电容两端的电荷进入芯片内部的低阻抗回路从而烧毁稳压器件。

LM337 的用法与 LM317 相似,具体使用时可以参考生产厂家提供的产品数据手册。

2. 开关型直流稳压电源

线性直流稳压电源的缺点是当调整压差较大时,很大一部分能量会以发热的形式消耗在电压调整管上,转换效率低。

开关型直流稳压电源主要利用电压调整管的饱和导通与截止两种状态来调整输出电压,其饱和导通压降与截止穿透电流都很小,因此,开关型直流稳压电源的能量损耗小,转换效率高。多数开关型直流稳压电源的转换效率可高达 80%~90%。

开关型直流稳压电源的缺点是输出电压纹波系数高,通常会给电子系统带来高频干扰。并且开关型直流稳压器件对芯片外部的元器件要求较高,电路结构相对复杂。

LM2576 是一种较为常用的降压开关型集成稳压器件,其芯片内部集成了振荡器、基准源、保护电路等,只需少量外围器件,就可以实现高性能的开关型直流稳压电源。

图 3.13 所示为开关型集成稳压器件 LM2576 的引脚封装图。

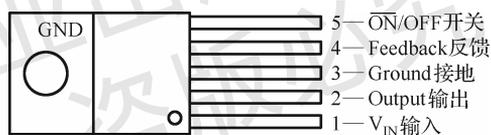


图 3.13 开关型集成稳压器件 LM2576 的引脚封装图

LM2576 系列开关型集成稳压器件的最大允许输入电压为 45V,最高可以提供 3A 的连续输出电流。固定输出电压有 3.3V、5V、12V 三种类型,可调输出电压在 1.23~35V 范围内连续可调。

图 3.14 所示为开关型集成稳压器件 LM2576-5 的典型应用电路。

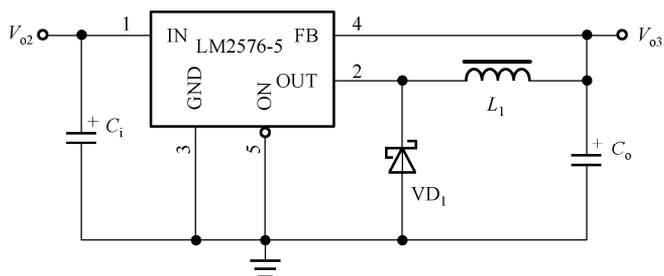


图 3.14 开关型集成稳压器件 LM2576-5 的典型应用电路

在图 3.14 中,电感值 L_1 的选取与电源的工作频率、输出电压的纹波、输出电流等参数有

关。在规定范围内，电感值越大，输出电压的纹波越小，电压转换效率越高，但最大输出电流会越小。反之，电感值越小，输出电压的纹波越大，电压转换效率越低，但最大输出电流会越大。在 LM2576 产品数据手册中，有详细的电感值选择表供用户参考。

图 3.14 中的二极管 VD_1 必须选用高频肖特基二极管，其额定正向工作电流应不小于电源负载要求的最大工作电流的 1.2 倍，最高反向工作电压应大于加在其两端最大电压的 1.25 倍。输入电容 C_i 和输出电容 C_o 可以根据产品数据手册选取，同时还必须考虑电容的额定耐压值应满足工程设计要求。

图 3.15 所示为用可调输出开关型集成稳压器 LM2576-ADJ 设计的可调输出开关型直流稳压电源。其电路结构、元器件参数与固定输出开关型直流稳压电源类似，不同的是，可以通过改变电阻 R_1 和 R_2 的比值达到调整输出电压 V_{o3} 的目的。

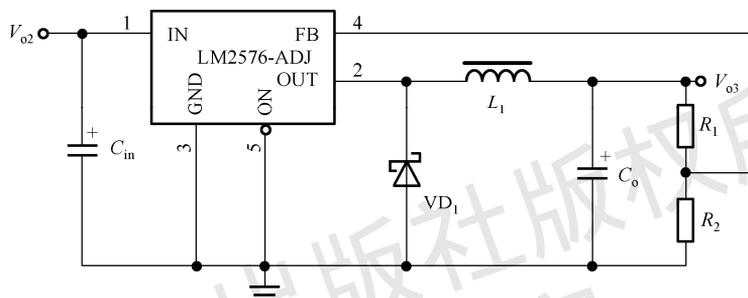


图 3.15 可调输出开关型直流稳压电源

输出电压 V_{o3} 可以通过下面的公式计算得到

$$V_{o3} = 1.23 \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

式中，1.23V 是反馈引脚的输出电压，该电压值由芯片内部决定。电阻 R_1 的取值范围为 1~5k Ω ，电阻 R_2 的取值范围需要根据输出电压的要求通过计算得到。

另外一种较为常用的开关型集成稳压器是 MC34063。与 LM2576 相比，MC34063 的输出能力相对较差，在采用 DIP8 封装的 MC34063 降压应用时，12V 输入，5V 输出，连续输出电流只有 0.5A。MC34063 体积小，温升高，不需要加散热片就可以正常工作，在小功率批量应用时具有价格成本优势。

MC34063 有多种封装形式，图 3.16 所示为 MC34063 常用的双列直插引脚封装图。

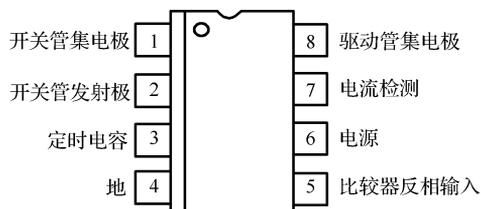


图 3.16 MC34063 常用的双列直插引脚封装图

采用不同接法，开关型集成稳压器件 MC34063 可以实现升压、降压、反向变换等多种电源。通过外扩开关管，MC34063 还可以实现更大的电流输出。

图 3.17 所示为用开关型集成稳压器件 MC34063 设计的降压型开关电源。

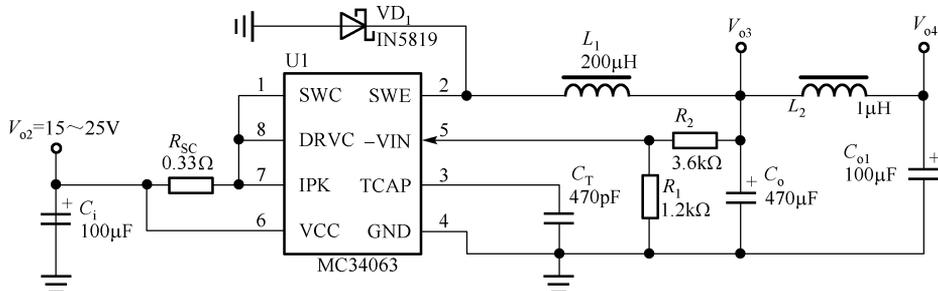


图 3.17 用开关型集成稳压器件 MC34063 设计的降压型开关电源

通过改变外部器件的连接方式，开关型集成稳压器件 MC34063 可以实现升压型开关电源，如图 3.18 所示。

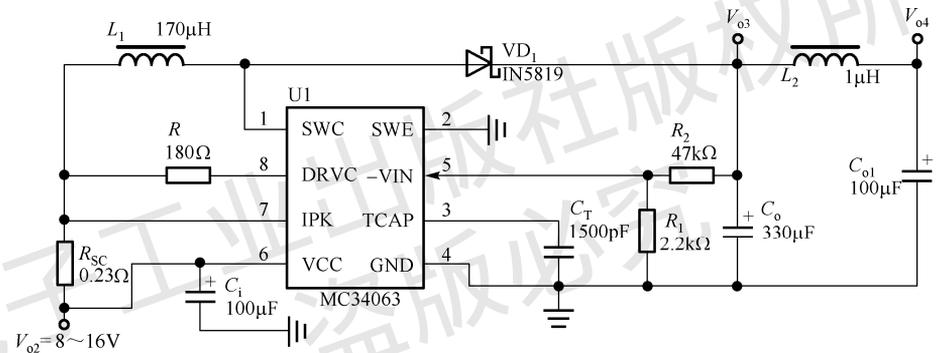


图 3.18 用开关型集成稳压器件 MC34063 设计的升压型开关电源

用开关型集成稳压器件 MC34063 设计的反向变换型开关电源如图 3.19 所示。

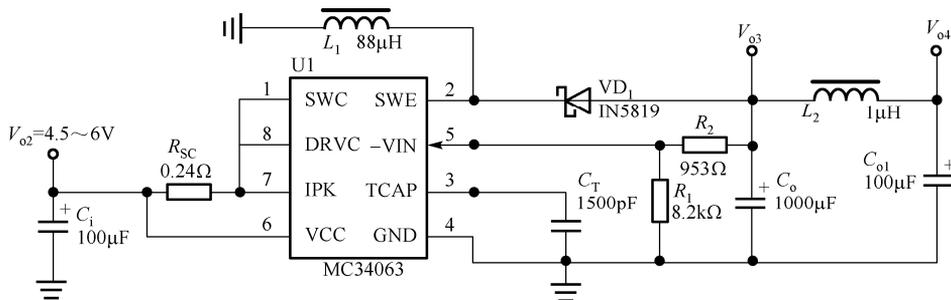


图 3.19 用开关型集成稳压器件 MC34063 设计的反向变换型开关电源

具体应用时，应充分发挥线性稳压器件和开关型稳压器件的优点，两者结合使用，以得到高效率、低纹波的稳压电源。例如，当需要从+40V 直流电源稳压到+5V 输出时，不可以直接用 LM7805 进行线性稳压，因为 LM7805 的最大允许输入电压是 25V。为了能够得到从+40V 变换到+5V 的直流稳压电源，可以先用开关型稳压器件 LM2576-ADJ 进行一次降压，输出 7.5V

的直流电源，然后用线性稳压器件 LM7805 进行进一步稳压，最后得到+5V 输出的线性直流稳压电源。

3. 电压基准源

理想的电压基准源应具有精准的初始电压，并且在负载电流、环境温度、连续工作时间等发生变化时，其输出电压应能保持不变。

在模拟集成电路中，电压基准源的应用十分广泛，它可以是串联型稳压器件、A/D 或 D/A 转换器件提供的电压基准源、为传感器提供的激励电压等。两种常用的电压基准源是齐纳电压基准源和集成电压基准源。

采用电阻分压的方式也可以得到参考电压，但采用电阻分压方式得到的参考电压并不稳定，其电压值会随负载的变化而变化。

二极管的正向导通压降相对稳定，对于特定型号的二极管，在驱动电流不变的条件下，其正向导通压降基本保持不变。因此，当电路对基准电压要求不高时，也可以用二极管的正向导通压降作为参考电压。

齐纳二极管也称为稳压二极管，在工作条件满足设计要求的条件下，齐纳二极管可以克服普通二极管的缺点，输出较为稳定的基准电压。

图 3.20 所示为用稳压二极管设计的电压基准源。图中电阻 R 是限流用电阻，主要用于保护稳压二极管 VD_z ，电阻 R_L 是负载电阻。当流经稳压二极管 VD_z 的工作电流发生变化时，稳压二极管 VD_z 的输出电压 V_{DZ} 会产生微小的波动。当流经稳压二极管的工作电流不再满足稳压管工作条件的要求时，稳压管将不再稳压。

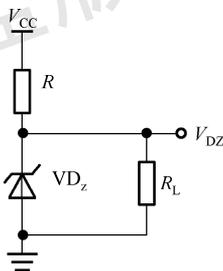


图 3.20 用稳压二极管设计的电压基准源

二极管的正向导通压降和稳压二极管的稳压值都受环境温度变化的影响较大，并且两者都存在负载能力弱、稳定性差、噪声大、基准电压可调性差等缺点。

集成电压基准源具有精度高、噪声低、温漂小、功耗低等优点，已被广泛应用于电压调整器、数据转换器（ADC、DAC）、集成传感器等器件中。

比较常用的集成电压基准源有 LM385 和 TL431。集成电压基准源 LM385 分为两大类：固定输出和可调输出。

图 3.21 所示为采用 TO-92 封装的 LM385 的引脚封装图。固定输出的 LM385 有两个有用

引脚、一个空引脚；可调输出 LM385 有三个有用引脚。

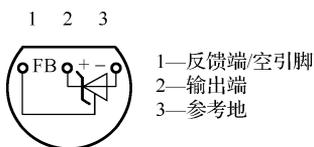


图 3.21 集成电压基准源 LM385 的引脚封装图（顶视）

集成电压基准源 LM385 的静态工作电流极小。固定输出 LM385 的最小工作电流只有 $15\mu\text{A}$ ，工作在 $100\mu\text{A}$ 时，输出电阻仅为 1Ω ，常用输出电压有 1.2V 和 2.5V 两种。可调输出 LM385 的工作电流为 $10\mu\text{A}\sim 20\text{mA}$ ，输出电压在 $1.24\sim 5.30\text{V}$ 范围内连续可调。集成电压基准源 LM385 的长期稳定性好，平均可达 20ppm/kHr 。

图 3.22 所示为集成电压基准源 LM385 的典型应用电路。其中电阻 R_1 是器件供电用限流电阻。 V_{o5} 是集成电压基准源 LM385 的输出电压。在图 3.22 (b) 中，可调输出电压 V_{o5} 可以通过改变电阻 R_2 、 R_3 的比值来调整，具体可以通过如下公式计算得到

$$V_{o5} = 1.24 \times \left(1 + \frac{R_3}{R_2} \right)$$

式中， 1.24V 是反馈端 FB 与参考地之间的电势差。

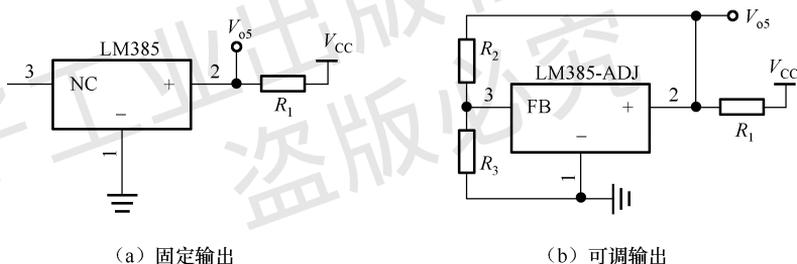


图 3.22 集成电压基准源 LM385 的典型应用电路

另外一种比较常用的可调输出集成电压基准源是 TL431。图 3.23 所示为集成电压基准源 TL431 的引脚封装图。两种封装形式的 TL431 都只有三个有用引脚，其中 SO-8 封装的 TL431 有 5 个空引脚。



图 3.23 集成电压基准源 TL431 的引脚封装图

集成电压基准源 TL431 的典型应用电路如图 3.24 所示。

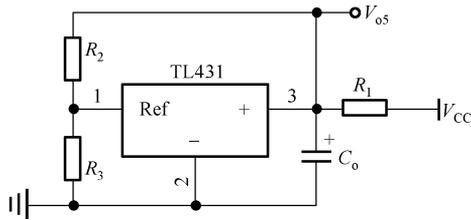


图 3.24 集成电压基准源 TL431 的典型应用电路

可调输出电压 V_{o5} 可以通过改变电阻 R_2 和 R_3 的比值, 根据以下公式计算得到

$$V_{o5} = V_{REF} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) + I_{REF} \times R_2$$

其中, 参考电流 I_{REF} 很小, 其典型值为 $1.8\mu\text{A}$, 多数情况下, 该电流对输出电压 V_{o5} 的影响可以忽略不计。 V_{REF} 是参考电压输出端 Ref 与参考地之间的电势差, 其典型值为 2.495V 。电阻 R_1 是供电用限流电阻。电容 C_o 是滤波电容, 主要用于滤除输出电压 V_{o5} 中的高频噪声。集成电压基准源 TL431 的输出电压范围宽, 可在 $2.5\sim 36\text{V}$ 范围内连续可调, 器件特点如下。

- (1) 最大输出电压: 36V 。
- (2) 动态输出电阻的典型值: 0.22Ω 。
- (3) 可供给负载电流: $1\sim 100\text{mA}$ 。
- (4) 最大连续工作电流: 150mA 。
- (5) 温度系数典型值: 50ppm/kHr 。

在设计电压基准源电路时, 应根据初始电压精度、温漂、供出电流、吸入电流、静态电流、长期稳定性、噪声、产品成本等指标综合考虑, 选出最佳设计方案。