

第 3 章

搞定电源

俗话说：“兵马未动，粮草先行。”可见粮草的重要性非同一般！那么在电路里，起到粮草一样重要作用的是什么呢？不错，就是电源！有了稳定的电源，电路才能顺利地工作。而在单片机电路中常用的两类电源芯片分别是线性稳压器和 DC-DC。

3.1 线性稳压器

3.1.1 什么是线性稳压器

线性电源是指用于电压调整的管子工作在线性区。直接说线性电源可能知道的人不多，但如果说 7805，知道的人应该就很多了，它出现在市场上已经有几十年的时间，因为价格便宜，使用简单，输出电流大，它几乎成了每个玩弱电的人都用过的一款电源芯片。

线性电源的工作特性如下。假设有一个 12V 的直流电源，想通过 7805 得到一个 5V 的电源，给耗电量为 100mA 的设备供电，工作流程如图 3.1 所示，负载即为耗电量 100mA 的设备。

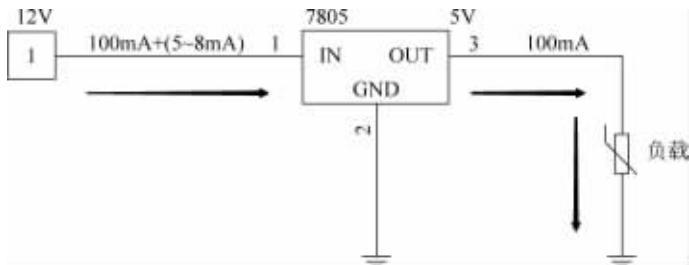


图 3.1 7805 的工作流程

在这个框图里流入 7805 的电流和流出 7805 的电流几乎一致，为什么？因为这是线性电源的特性决定的，输出端需要多大的电流，输入端就送入多大的电流。但是，根据能量守恒定律，送入的能量是（括号内的小电流暂时不考虑）

$$12\text{V} \times 100\text{mA} = 1.2\text{W}$$

输出端送出的能量是

$$5\text{V} \times 100\text{mA} = 0.5\text{W}$$

剩下的 $(12\text{V} - 5\text{V}) \times 100\text{mA} = 0.7\text{W}$ 去哪里了？它们几乎都转化为热量，慢慢释放到空气里。所以说，输出端的负载耗电量越大，或者输入端与输出端的压差越大，产生的热量就越大。电路上出现大量的热肯定不是一件好事，所以必须有相应的办法把热量快速地扩散掉，常用的办法就是使用散热片。

散热片是一种给电器中的易发热电子元件散热用的装置，多用铝合金或黄铜做成片状（增加与空气的接触面积）。其外形如图 3.2 所示，右侧图为装了散热片的 7805，这种应用方式在一些低成本的电路板上比较常见。

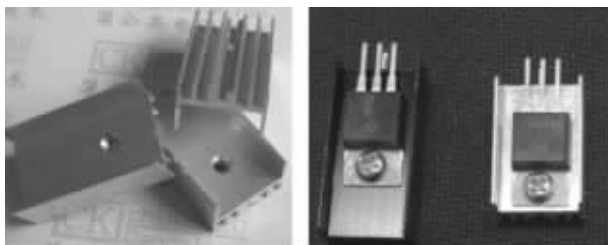


图 3.2 散热片和安装了散热片的 7805

那么输入端括号里的 $5 \sim 8\text{mA}$ 电流是怎么回事？它是 7805 的静态电流，参数如图 3.3 所示（该图截自 7805 的器件手册）。只要 7805 输入端接了电源，它自身就会消耗这些电流，就像一部手机，虽然处于待机状态，但是依然有耗电量。

I_Q	Quiescent Current	$T_J = +25^\circ\text{C}$	—	5.0	8.0	mA
-------	-------------------	---------------------------	---	-----	-----	----

图 3.3 器件手册中 7805 的静态电流参数

除了 7805，还有一个词也比较常见，那就是 LDO。它是英文 Low Dropout Regulator 的缩写，意为低压差线性稳压器，它是相对于传统的线性电源稳压器来说的。它和传统的线性电源有什么区别？以 7805 为例，想要使输出端输出稳定的 5V 电源，输入端的电压至少要在 7V 以上，否则输出端电压可能会被拉低或者出现其他异常情况。但是，随着 3.3V 用电芯片的流行，很多电路需要一个 3.3V 的电源， 3.3V 与 5V 之间只有 1.7V 的压差，这种情况下，传统的线性电源已经无法解决问题了，怎么办？于是出现了 LDO，它的输入端与输出端的压差可以低到 1.2V ，性能好的可以低到 1V 以内，而输出端可以提供高达几百毫安的电流。

3.1.2 7805 及其应用电路

78XX 系列用了这么多年，口碑还是挺好的。不要以为它是地摊货，编者曾经在奥迪车的部分控制器上看到过它的身影。在一些耗电量比较大，输入端与输出端压差不是很大的时候，它是性价比非常高的选择。

由于 78XX 系列问世比较早，所以生产厂家很多。这里以安森美半导体公司（公司网址

<http://www.onsemi.cn/>)的 MC7800 系列为例进行讲解。

该类稳压器被设计为固定输出电压的单片集成电路,广泛适用于各种工作环境。这些稳压器内部使用了限流、热关断、安全区域补偿等技术。只要有足够的散热措施,它们能提供超过 1A 的输出电流。尽管它们被设计成输出固定的稳压器,但是配合一些外部器件,能获得输出可调的电压和电流。其外形结构如图 3.4 所示,主要特性参数如下:

- (1) 输出电流可超过 1A。
- (2) 外部元件很少,应用电路非常简单。
- (3) 内部热过载保护,当芯片温度过高时,能够自动关断,保护芯片。

(4) 内部短路电流限制,当电路中出现短路,导致负载电流超出一定值时,将开启保护。

(5) 输出晶体管安全面积补偿,通过增大散热面积,控制输出晶体管的结温。

(6) 输出电压的误差范围为 1.5%、2% 和 4%,精度与厂家和器件后缀相关。

(7) 支持表面贴装标准的三角晶体管(图 3.4(a))、D²PAK-3(图 3.4(b))和 DPAK-3(图 3.4(c))封装样式。

(8) NCV 前缀支持如下情况:汽车或其他应用中对应用场所要求特殊或控制需求变更时;通过 AEC-Q100 认证,并有能力实现 PPAP(Production Part Approval Process,生产件批准程序)。

(9) 无铅器件,符合环保的要求。

需要注意的是,78XX 系列的芯片最大输入电压一般是 35V 左右,输出的最大峰值电流一般在 2.2A 左右,但是在实际的产品设计中,至少要预留出 20% 的余量,同时根据发热量设计好散热措施。如果电源余量不足,会发生很多意想不到的故障,而这些故障绝对会让你手足无措。

7805 的应用电路如图 3.5 所示,这是把 220V 交流电变为 +5V 直流电的应用电路。如果是直流变直流,那么只要留下整流桥后面的电路即可。

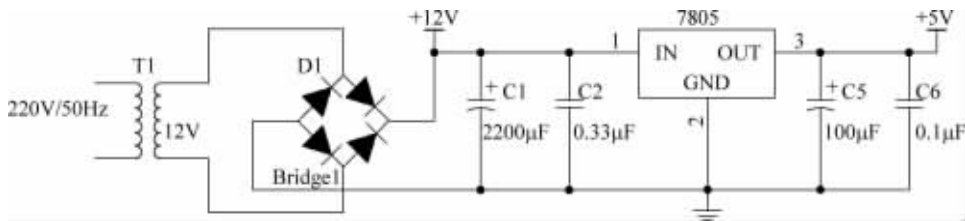


图 3.5 7805 的应用电路

T1 为变压器,把 220V/50Hz 的交流电变为 12V/50Hz 的交流电,送入 D1。

D1 为整流桥,把 12V/50Hz 的交流电变为方向不变、大小变化的直流电,经过 C1、C2,送入 7805。

0.33μF 和 0.1μF 的电容是旁路电容,作用是抑制电路中可能产生的自激振荡,应尽量放在引脚根部。其中引脚 1 的电容大于引脚 3 的电容,是为了防止 1 处的电容漏电时放电速度大于 3 处(输出端)的速度,导致稳压器倒置而损坏。

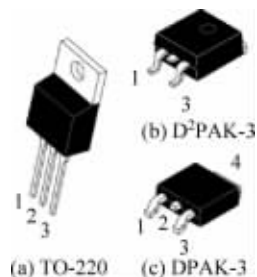


图 3.4 7805 的外形结构

2200 μ F 和 100 μ F 的电解电容起到滤波、稳压的作用。由于输入端接的是整流桥输出的电压,电压变化比较大,所以容值尽量大一些。输出端的电解电容不宜过大,以 220 μ F 以下为宜,避免上电时 7805 承受过大的(充电)电流。

如此就可以组成一个常用的电源电路。

3.1.3 AMS1117 及其应用电路

接下来介绍 AMS1117 系列,它是 AMS-SEMITECH 公司生产的低压差线性稳压器(LDO)。这个应用也是非常多,市面上很多产品都用它生成 3.3V 的电源,它的使用方法和应用电路与 7805 类似。AMS1117 系列的可调电压稳压器和固定输出电压稳压器都能达到 1A 的电流输出,能在输入端仅比输出端高 1V 的情况下运行。需要输出最大电流时,输出端只需比输入端高 1.3V 电压,而其他情况下,电压差还能更低。

AMS1117 的主要特性如下:

(1) 三端可调模式和固定输出模式(固定输出电压 1.5V、1.8V、2.5V、2.85V、3.3V 和 5V)。

(2) 输出电流可以达到 1A。

(3) 输入端与输出端的压差可以低至 1V。

(4) 电源电压调整率最大 0.2%。

(5) 负载调整率最大 0.4%。

(6) 支持 SOT-223、TO-252 以及 SO-8 三种封装。

AMS1117 的应用范围如下:

(1) 高效率线性稳压器。

(2) 用于开关电源的后置稳压器。

(3) 5V 转 3.3V 的线性稳压器。

(4) 电池充电器。

(5) 主动式 SCSI 终端。

(6) 用于笔记本电脑的电源管理。

(7) 电池供电的仪器仪表。

首先看输出电压固定的 AMS1117 的应用电路,器件型号的后缀不同,输出的电压就不同。例如,AMS1117-3.3 可以输出稳定的 3.3V 电源电压,AMS1117-1.8 可以输出稳定的 1.8V 电源电压。它的使用方法和 7805 非常相似,只需要在输入端和输出端加几个电容即可。

当输出 3.3V 电源电压时,为防止输入端与输出端压差过大而产生大量的热量,通常是在输入端加一个 5V 左右的电源电压。应用电路如图 3.6 所示。

AMS1117 系列的最大输入电压只有 15V 左右,相比 78XX 系列低了很多,在使用的时候一定要注意。为确保电源能正常工作,输入端至少要比输出端高 1.3V,否则输出电流有可能不足。

然后是输出电压可调的系列,就是 AMS1117-ADJ,ADJ 是 adjustable 的缩写,即可调节线性稳压电源,通过输出端外接两个电阻,可以控制输出电压的大小,其应用电路如图 3.7 所示。

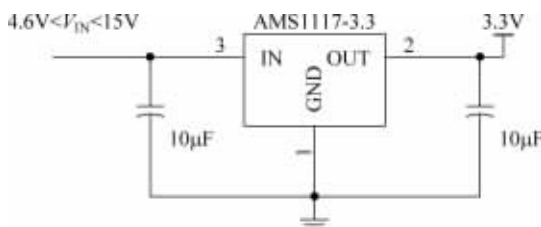


图 3.6 AMS1117-3.3 的应用电路

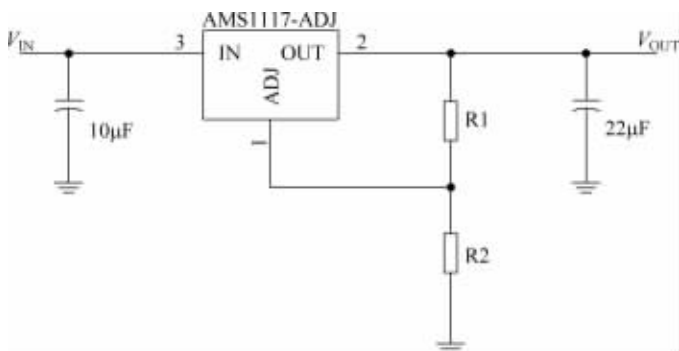


图 3.7 AMS1117-ADJ 的应用电路

固定输出系列和 ADJ 系列最大的区别在于 1 脚的功能不同,前者 1 脚为 GND,后者 1 脚为调节终端(ADJ)。调节终端和输出端之间有一个固定的 1.25V 基准电压。如图 3.7 所示,输出端通过 R1 连接到调节终端,产生一个固定的电流,同时该电流从 R2 流入 GND,从而设定输出端的电源电压。通过选择 R1、R2 的阻值,流过 R1、R2 的电流通常被限定在 10mA 左右。输出电压计算公式如下:

$$V_{OUT} = V_{REF} * (1 + R2/R1) + I_{ADJ} * R2$$

其中, $V_{REF} = 1.250V$, $I_{ADJ} = 50\mu A$ 。例如,要输出 3.0V 的电源电压,可以选择 $R1 = 124\Omega$, $R2 = 175\Omega$,代入上述公式,可以得到 $V_{OUT} \approx 3.02V$ 。

注意: V_{REF} 与 I_{ADJ} 参数均参考相应的器件手册得来,不同器件可能会存在差异,建议大家以器件手册为准。

3.1.4 低静态电流的 MCP1790

实际工作中,也见到同事使用了微芯公司的一款电源芯片——MCP1790。微芯的芯片有一点做得很好,就是大部分 datasheet 都有中文版。虽然英文的也能看,但毕竟中文才是咱们的母语,看起来也最舒服。MCP1790 的输入电压范围是 6.0~30V,固定输出电压 3.0V、3.3V 和 5V。乍一看,它跟 78XX 系列或者 AMS1117 系列区别不大,但是它有两个参数很重要,如图 3.8 所示。

• 固定输出电压: 3.0V、3.3V 和 5.0V
• 低静态电流: 70 μA (典型值)
• 低关断静态电流: 10 μA (典型值)
• 在整个温度范围内输出电压容差为 $\pm 2.5\%$
• +125°C 结温下最大输出电流为 70 mA

先看 MCP1790 的最大输出电流,只有 70mA,怎么

图 3.8 MCP1790 的主要参数

这么小？要知道 7805 和 AMS1117 系列电源芯片的输出能到 1A 左右。再看另一个参数：低静态电流 $70\mu\text{A}$ （典型值），有没有感觉这个参数也是异常的小？对比一下 AMS1117 的静态电流，如图 3.9 所示。

Quiescent Current	AMS1117-1.5/-1.8/-2.5/ 2.85/-3.3/-5.0	$V_{\text{IN}} < 12\text{V}$		5	10	mA
-------------------	--	------------------------------	--	---	----	----

图 3.9 AMS1117 的静态电流

AMS1117 的静态电流是毫安级别，大家也可以查一下 7805 系列的静态电流，也是毫安级别。而 MCP1790 的静态电流是微安级别，根本不是一个数量级。

那么这样的性能有什么好处？可以应用在一些对功耗要求比较严格的场合。当功耗要求尽量小的时候，可能增大一点阻值，降低一点 LED 的电流，设备功耗就会降低一些。但是，即使 LED 全部熄灭，MCU 也进入休眠状态，可如果电源芯片那里还有五六个毫安的耗电量，这样的设计也不能称为低功耗。所以在低功耗的设计中，对电源芯片的选型也很重要。

MCP1790 的应用电路也非常简单，datasheet 中有可参考的典型电路，这里不再做过多解释，大家可以自己看一下。

3.1.5 线性稳压器的优点与缺点

但凡一个产品设计出来，必然会有与其伴随的优点与缺点，线性稳压器也不例外。先说这一类器件的优点。

（1）价格便宜。7805 的价格在一元钱左右，再加上前后两个旁路电容，2~3 元钱就能搞定。AMS1117 的价格更低，根据品牌不同，价格略有不同，但是基本不会超过五角钱。MCP1790 的价格高一些，因为它的静电流低，可以满足汽车电子工作环境的要求，成本自然高一些，价格在 2~3 元一片，具体价格根据采购量来决定。

（2）应用简单。使用方法非常简单，datasheet 上面都会有推荐的典型应用电路，通常情况下芯片的输入端和输出端各接一个电容就能用，电容值可以根据电路耗电量进行选取。只要不是大电流电路或者比较极端的工作环境，电路方面的初学者甚至外行人都可以依葫芦画瓢地使用。

（3）节省空间。不知道大家有没有看过锤子手机的发布会，老罗说他为了达到质量较高的音效，想使用一款音频 IC，但是硬件工程师不建议他这样做，一是价格高，二是手机电路上寸土寸金，使用 IC 太占空间了。大家有没有注意到，他用了“寸土寸金”这个词来形容手机电路板上的空间！其实不光是手机行业，很多行业都很珍惜电路上的空间，所以当对空间要求比较高，但是对电源效率和散热要求不高的情况下，选择 LDO 是一个非常明智的决定。

（4）电源噪声低。电源噪声也是电源芯片的一个重要参数。中学物理课中讲到一个理想电源能输出几伏特的恒定电压，然后画出一条平滑的直线，表示电压波形。然而实际中的电压是不可能如此完美的，上面或多或少都会有一些无规律的毛刺，这些毛刺的多少直接影响电路工作的稳定性。而线性电源可以有效地降低输入端伴随的毛刺。

线性电源也有以下缺点：

（1）只能用于输入电压高于输出电压的场合。通过 3.1.1 节的原理可以知道，使用

7805 时,输入电压要比输出电压高 $2\sim 3\text{V}$ 时才能稳定工作。虽然 LDO 的出现拉低了两端之间的压差值,但是依然要保证输入电压高于输出电压。例如使用锂电池供电,电压 4.2V ,但如果负载里面有工作电压是 5V 的芯片,对这种情况线性电源是无能为力的。

(2) 容易发热。负载耗电量越大,输入端与输出端压差越大,发热量越大。虽然 7805 的最大输出电流是 1A ,但是通常用不到这么大,一般 $200\sim 300\text{mA}$ 就差不多了。而且使用线性电源一定要考虑散热,如果发热量低,可以使用贴片式的电源芯片,但是要预留出散热的区域;如果发热量比较大,就使用直插式的,同时背部接上散热片。

(3) 电源利用率低。想要 3.3V 的电源,但是手上能找到的都是 5V 的手机充电器,怎么办? 只能用 LDO 实现。高出的 1.7V 几乎都化为无用功,而且耗电量越大,无用功越多。

3.2 DC-DC

3.2.1 什么是 DC-DC

DC-DC 是开关电源,指利用电容、电感的储能特性,通过可控开关(MOSFET 等)进行高频开关的动作,将输入的电能储存在电容(电感)里,当开关断开时,电能再释放给负载以提供能量。其输出的功率或电压的能力与占空比(由开关导通时间与整个开关的周期的比值)有关。以 Buck 型开关电源为例,原理框图如图 3.10 所示。

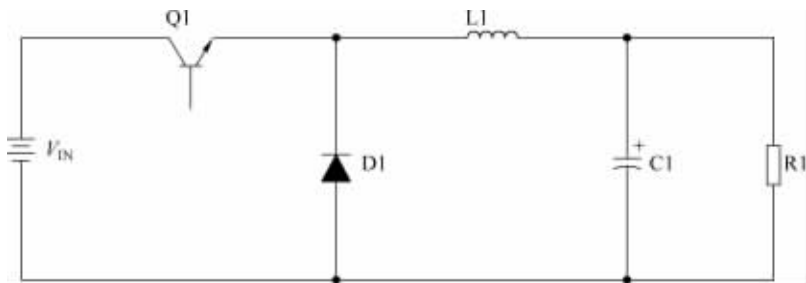


图 3.10 Buck 型开关电源的原理框图

电路由开关管 $Q1$ 、续流二极管 $D1$ 、储能电感 $L1$ 、滤波电容 $C1$ 组成, $R1$ 为负载。当开关管闭合时,电源通过 $Q1$ 和电感 $L1$ 给负载供电,并将部分电能储存在电感 $L1$ 和电容 $C1$ 中。由于电感的自感,在开关接通后,电流增大得比较缓慢,也就是说输出不能立刻达到 V_{IN} 的电压值。一定时间后,开关断开,由于电感 $L1$ 的自感作用,电流不会立即断开,即从左向右继续流,电流流过负载 $R1$,从地返回,流到续流二极管正极,返回到电感 $L1$ 的左端,形成一个回路。通过控制开关闭合与断开的的时间就可以控制输出电压。

DC-DC 按照输入端与输出端的电压高低可以分为降压型 DC-DC 和升压型 DC-DC。对于初学者来说,对 DC-DC 的原理只需要大致了解即可,毕竟它相对于 LDO 显得比较复杂。除非以后专门从事电源设计的工作,否则在应用上还是坚持拿来主义,只要保证拿来以后能够正常使用即可。

在应用中,建议大家在绘制 PCB 的时候务必参照厂家 PCB 文件的布局布线。因为开关式的 DC-DC 工作时会有快速的开关切换,交流通路和散热方面的考虑都非常重要,如果布局布线不合理会大大影响电源性能,甚至形成一个严重的噪声源。

3.2.2 LM2576 及其应用电路

LM2576 系列是美国国家半导体公司生产的单片集成电路,具有降压开关稳压的功能。它凭借优秀的线路和负载调节功能可以驱动 3A 的负载。该器件可用于输出固定电压 3.3V、5V、12V、15V,同时还有可调节输出的型号。如图 3.11 所示,左侧为 LM2576 实物图,右侧为原理图,它的主要特性如下:

- (1) 具有 3.3V、5V、12V、15V 和输出可调的芯片版本。
- (2) 可调节的输出电压范围从 1.23~37V(高压耐压芯片输出上限可达到 57V)。
- (3) 确保 3A 的最大输出电流。
- (4) 输入电压的范围很宽,高压版本的芯片输入电压可达到 60V。
- (5) 应用电路简单,仅需要 4 个外部元件。
- (6) 内部振荡器的固定频率为 52kHz。
- (7) 具有 TTL 电平关机功能和低功耗待机模式。
- (8) 电源转化效率高。
- (9) 应用电路上采用现成的标准电感。
- (10) 具有热关断和过流保护功能。
- (11) P+产品增强测试。

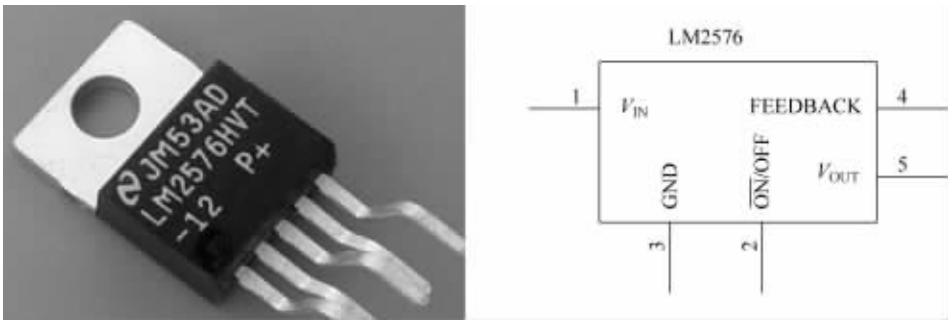


图 3.11 LM2576 实物图与原理图

如图 3.12 所示,通过 datasheet 可以知道,该芯片的静态电流(I_Q)是 5mA 左右,和 7805 的静态电流差不多,但是它还有一个低功耗模式,当 2 脚输入 5V 电平时,芯片进入低功耗模式,耗电量为 50 μ A 左右。

I_Q	Quiescent Current	(Note 6)	5	10	mA
					mA(Max)
I_{STBY}	Standby Quiescent Current	ON/OFF Pin = 5V (OFF)	50	200	μ A
					μ A(Max)

图 3.12 LM2576 的静态电流与低功耗模式电流

LM2576 的应用电路也是分为两类,一类是输出电压固定的;另一类是输出电压可调的。以 LM2576-5.0 为例,输出固定的 5V 电源电压,应用电路如图 3.13 所示。

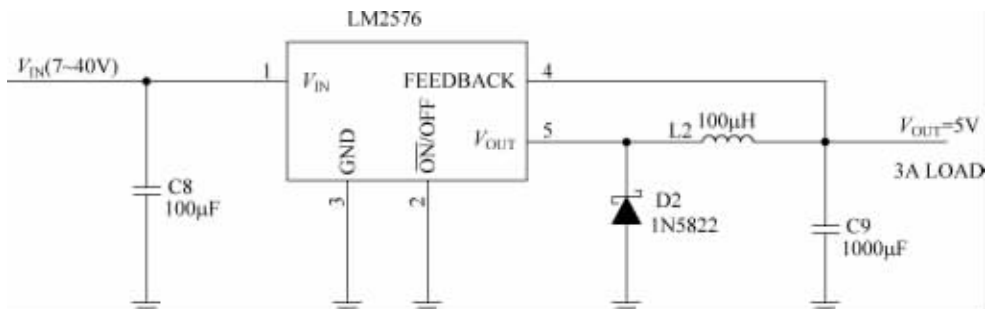


图 3.13 LM2576-5.0 的应用电路

外围元件的选择应注意如下事项:

(1) 输入电容 C8。要选低 ESR(等效串联电阻)的电解电容或钽电容作为旁路电容,防止在输入端出现大的瞬态电压。还有,当输入电压波动较大,输出电流较高时,容量一定要选用大一些的,470~10 000 μ F 都是可行的选择;电容的电流均方根值至少要为直流负载电流的 1/2;基于安全考虑,电容的额定耐压值要为最大输入电压的 2 倍。千万不要选用瓷片电容,否则会造成严重的噪声干扰。好的旁路电容是设计成功的一半!

(2) 续流二极管 D2。首选肖特基二极管,因为这类二极管开关速度快,正向压降低,反向恢复时间短。备选元件为 1N4000/1N5400 之类的普通整流管。

(3) 储能电感 L2。建议大家好好看看 datasheet 中的电感选择曲线,要求有高的通流量和对应的电感值,也就是说,电感的直流通流量直接影响输出电流。为什么呢? LM2576 既可工作于连续型也可工作于非连续型,流过电感的电流若是连续的为连续型,电感电流在一个开关周期内降到零为非连续型。

(4) 输出端电容 C9。推荐使用低 ESR 的电解电容。若电容值太大,反而会在某些情况(如负载开路、输入端断开)对器件造成损害。C9 用来输出滤波以及提高环路的稳定性。如果电容的 ESR 太小,就有可能使反馈环路不稳定,导致输出端振荡。

接下来介绍输出可调的 LM2576-ADJ。与 AMS1117-ADJ 类似,它的输出电压也是通过外接两个电阻进行调节的。其应用电路如图 3.14 所示。

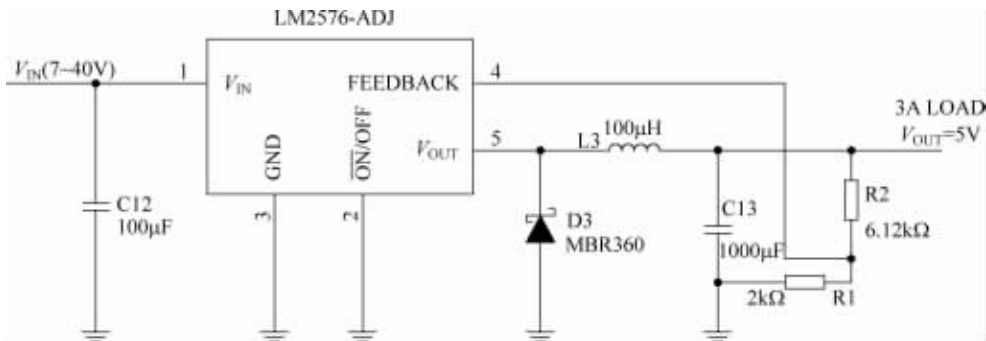


图 3.14 LM2576-ADJ 的应用电路

输出电压的计算公式如下:

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{REF}}(1 + R2/R1)$$

其中, $V_{\text{REF}} = 1.23\text{V}$ (datasheet 中提供), $R1$ 的值建议在 $1\text{k}\Omega$ 至 $5\text{k}\Omega$ 之间。在图 3.14 中选取了 $R1$ 等于 $2\text{k}\Omega$, 把 $R1$ 和 V_{REF} 代入上式后, 可计算得出 $R2 \approx 6.13\text{k}\Omega$ 。由于常用电阻中没有 $6.13\text{k}\Omega$, 所以选了和它接近的 $6.12\text{k}\Omega$ 电阻, 同时为了保证电压值准确, 务必选用精度为 1% 的电阻。

关于输出电压固定与输出电压可调这两类 LM2576, 使用的时候到底用哪个好?

这两类型号的价格是很接近的, 所以无论选哪一类, 成本上都不会有明显的优势。就编者而言, 刚接触的时候比较喜欢输出电压可调那一类的, 感觉其功能强大, 价格也不贵。但是随着接触的电路多了, 慢慢意识到, 选一个功能更复杂的芯片有时候不是一件好事。

因为如果选 ADJ 类的, 电路上就要多两个电阻, 空间和成本有一定的增加, 同时由于不一定能找到 100% 匹配的阻值, 所以输出电压多少会有些误差。这样看来, 在工作电压比较固定的情况下, 还是选用输出电压固定的 LM2576 系列比较稳妥。

3.2.3 MP2307 及其应用电路

MP2307 芯片为美国芯源系统有限公司 (MPS) 生产的一款单片同步降压稳压器。芯片内部集成内阻为 $100\text{m}\Omega$ 的 MOSFET, 在宽电压输入范围 $4.75 \sim 23\text{V}$ 内可为负载提供 3A 的持续电流。由于是电流控制模式, 可提供快速瞬态响应和逐周期的电流限制。

MP2307 可调节的软启动功能在导通和关断模式下能够阻止浪涌电流, 电源电流可低至 $1\mu\text{A}$ 。该器件采用 8 脚 SOIC 封装, 由于所需的外部器件非常少, 所以可作为一个非常紧凑的解决方案。图 3.15 左侧为 MP2307 的实物图, 右侧为原理图。其引脚功能如下:

(1) BS: 高侧栅极驱动升压输入。在 BS 和 SW 脚之间接一个 $0.01\mu\text{F}$ 或者更大的电容来给高侧开关供电。

(2) IN: 电源输入脚。输入电压范围为 $4.75 \sim 23\text{V}$, 同时在该脚与 GND 之间需要一个电容进行噪声滤波。

(3) SW: 电源开关输出脚。通过一个电容连接到 BS 脚。

(4) GND: 电源地。

(5) FB: 反馈输入脚。FB 检测输出电压并调节它。

(6) COMP: 补偿节点。COMP 用于补偿调节控制回路。连接一个串联的 RC 从 COMP 到 GND。

(7) EN: 使能开关。输入高电平时打开电源芯片, 输入低电平时关闭电源芯片。

(8) SS: 软启动控制输入引脚。通过在该引脚和 GND 之间接一个电容, 可以设置软启动的周期。一个 $0.1\mu\text{F}$ 的电容可设置软启动周期为 15ms, 如果不需要该功能, 直接留空即可。

该芯片主要特性如下:

(1) 最大可持续输出 3A 电流, 峰值输出电流可达到 4A。

(2) 宽电压输入范围为 $4.75 \sim 23\text{V}$ 。

(3) 内部集成内阻为 $100\text{m}\Omega$ 的功率 MOSFET 开关管。

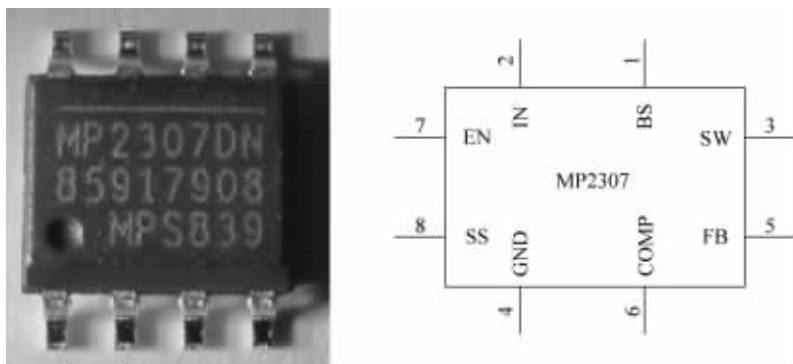


图 3.15 MP2307 实物与原理图

- (4) 输出电压从 0.925~20V 可调。
- (5) 电源转化效率最高可达到 95%。
- (6) 可编程软启动。
- (7) 输出端接低等效串联电阻的电容可保证工作稳定。
- (8) 固定的 340kHz 的开关频率。
- (9) 逐周期过流保护。
- (10) 输入欠压锁定。
- (11) 散热增强型 8 引脚 SOIC 封装。

单说 MP2307 可能玩电子的朋友印象不深,但是说到电源模块 3R33 估计很多人应该都知道,该模块的核心芯片就是 MP2307。KIS-3R33S 是一款广为使用的降压型 DC-DC 模块,不仅因为其性能好,指标较高,更主要的是可以非常便宜地买到(拆机件,量很大),价格一度为 0.6 元/只(甚至有更低的),目前也能以 0.7 元/只买到,因此被称为白菜电路,而且存货很多,有一些人上百片、上千片地采购。其主要应用电路如图 3.16 所示。

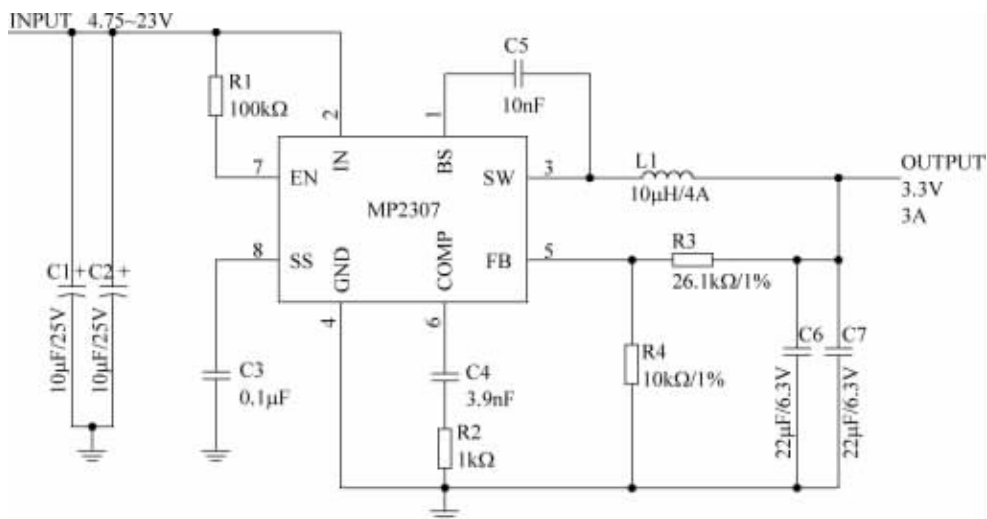


图 3.16 MP2307 应用电路

DC-DC 因为用得不多,本书只介绍这两款。首先,并不是让大家选这两款芯片进行电路设计,编者只是把见到的应用比较广的几款芯片写出来,让初学者有大致地了解。它们在这里只是起到抛砖引玉的作用,记住,它们只是“砖”。其次,DC-DC 芯片的选择需要考虑多方因素,例如价格、采购周期、输入电压范围、输出电流范围等,这是一个阅历与技术积累的过程。还可以把要求告诉供应商,让他给你推荐合适的型号。

最简单的选型技巧是向你所在的公司或者行业里的老大学习,看看他们都在用什么芯片,你跟着用就行了,至于为什么这样选型,可以在应用过程中慢慢领悟。

3.2.4 DC-DC 的优点与缺点

先来说说 DC-DC 的优点:

(1) 电源利用率高。如果用盖房子来打比方,线性电源就是在一整块石料中间掏个洞住人,掏出来的材料全部扔掉;而 DC-DC 是用砖头一块一块地砌,用多少砌多高,虽然也会有损耗,但是相比前一种方式浪费的少多了。一般来说,DC-DC 的电源效率都在 80% 以上,设计与应用环境得当的情况下能到 90% 以上。

(2) 发热量低。以图 3.1 为例,输入电压 12V,输出电压 5V,负载电流在 100mA 左右的情况下,7805 的发热量已经是相当大了,必须配有相应的散热措施,因为能量的使用率约为 $5/12=41.67\%$ 。如果是 DC-DC,能量的使用率可以达到 80% 以上,剩下的即使转化为热量,也可以快速散掉。

(3) 可用于升压电路。当然了,不是所有的 DC-DC 芯片都有升压的功能,仅仅是其中一部分,但是这也足够了。

再说说 DC-DC 的缺点:

(1) 占用空间较多。对比两类电路的原理图可以知道,线性电源的外围电路应该说是很简单了,一个主芯片,前后一两个旁路电容。但是 DC-DC 不行,它的外围电路一般由二极管、开关管、电感、电容组成。光是一个功率电感的个头差不多就跟蜂鸣器那么大了,钳位二极管一般也是标配。如果用到开关管,一般也是 SO-8 样式的 MOS 管。无论是外围电路的器件数量还是体积,都要比线性电源多很多。

(2) PCB 设计略显复杂。和这个缺点比起来,上面的缺点反倒不是很麻烦。钳位二极管的摆放位置、滤波电容与电源芯片的回路距离、多宽的线能走多大的电流等等,都是 DC-DC 在进行 PCB 设计时要考虑的问题。如果初学者仅仅凭着自己的感觉去设计这个 PCB,多半是有问题的,输出电流越大,问题越明显。一般来说,厂家会在 datasheet 中提供可参考的 PCB 布局布线图片,没有经验的人务必要进行参考。

(3) EMI 问题。EMI 是电磁干扰,简单来说,可以把它理解为噪声源。因为 DC-DC 是通过快速开关来实现电压的控制的,开关频率有的是几十千赫、几百千赫,还有的会达到兆赫级。如果处理不当,它就像一个天线一样不停地发射干扰信号,影响周边的电路。在一些工作环境比较复杂的电子设备上,大部分工程师都不愿意用 DC-DC,主要就是因为 EMI 问题不好处理。

3.3 方案的选择与思考

说一个客观的事实,如果你是从大学开始学单片机,4年时间能够掌握学习方法就算不错的了。如果研究得多一些,会分析现成方案里面的优缺点,进行方案的优化,那就是相当优秀的。更厉害的能力是什么?能否进行产品级的方案设计,一个产品从零开始,逐步设计、验证、实现。

3.3.1 电源芯片的主要参数

一款电源芯片的选取要考虑很多因素,例如品牌的口碑、应用的复杂程度、质量,当然还有最关心的价格,甚至供应商、供货周期等情况都要考虑进去。编者以前接触过一家做TVS的厂商,他们在行业里只能算二线甚至三线品牌,跟行业老大差距很大。但是他们在2014年的时候硬从行业老大那里抢了一部分业务,为什么?因为被抢的这家有一款TVS供货周期特别长,要10个月左右,很多客户等不及10个月的供货周期,只能粉转路人了。

其实,无论是电源芯片还是其他芯片的选型,都要考虑这些因素。所以,作为一个电子工程师,不光要会设计,还要会选型。

下面主要说一下电源芯片选型时需要主要考虑的参数。

(1) 电压输入范围,即电源芯片可承受的输入电压的范围。如果是电池供电或者稳定的直流电源供电,那么这个参数不用过多考虑。如果输入电压范围有一定的变化,那么就要慎重了,尽量选电压输入范围宽的芯片。

(2) 最大可输出电流,即一款电源芯片可持续输出的最大电流。首先要根据原理图估算出该电子设备的耗电量,然后根据耗电量去选择电源芯片。而且电流的使用尽量不要接近它的最大值,一般用到70%~80%就差不多了。例如,MCP1790这款电源芯片最大输出70mA电流,但是实际应用时最多用到50mA。

(3) 负载调整率,即电源负载的变化引起电源输出的变化。例如,一个5V电源外接50mA的负载,输出电压稳定在5V左右,但是当负载电流突然增大到100mA的时候,它的电压会有一定的跌落,可能会降到4.7V或者4.8V。当设计输出稳定电流的电路时,该参数无须过多考虑;但是当电路中有较大电流变化时,就要认真对待这个参数了。

(4) 电源噪声。这里说的噪声不是耳朵听到的噪声,而是指电源芯片的输出不恒定,会有一定的纹波。这些纹波有的是有规律的,有的是无规律的。一般来说,LDO的纹波会比DC-DC的纹波小。当进行一些简单的开关控制时,可以接受噪声大的电源;当进行一些语音、通信或其他精密方面的设计时,尽量选择噪声小的电源。

选型时主要考虑的参数就是上面几个。还有一些其他的参数,要根据实际需要进行相应的选择,例如电源精度、静态电流、工作温度等。

电源是一个系统的基础,良好的电源设计是系统稳定运行的前提。简单来说,电源的设计并不难!每款芯片的datasheet里面都会有它的典型应用电路,按照里面的参数配置就行

了。难就难在如何做精！对于初学者来说，只要熟练掌握几款电源芯片，同时会看 datasheet，这就足够了！

3.3.2 可调电源的一点联想

说到可调电源，一般都会想到实验室那些高大上的设备。它们的特性一般是输出电压可调，最大输出电流可调，短路保护，高档的还会有通信功能，可以通过串口读取电压值、电流值，还能发送指令控制电压、电流。

如图 3.17 所示，左图算是比较低档的电源了，它采用旋钮控制，数字显示，最大输出电流可调，是不是有短路保护就不知道了。一般价格是几百块钱，根据品牌和质量有所不同。这种电源算是比较廉价的，普通的实验室经常能见到，个人也能买得起。



图 3.17 实验室常用电源

右图是编者以前用过的一款高档电源，普通功能不必说，都有的，高端的地方在于它的输出电压和电流是编程可控的。例如，想输出一个周期为 1s，占空比为 50%，输出电压为 12V，最大输出电流为 15A 的电源，可以通过计算机上位机进行控制（编者操作过，用起来很爽），也可以通过内置的 RS232/485 接口控制（这个编者没试过）。

虽然编者之前没设计过电源类的产品，但是对这一类的设计还是比较好奇的。也幸好没设计过，也没有专门学习过，所以思路也是不按正常套路出牌的。从应用出发，结合市面上现有的东西，编者想到了一个低成本 DIY 可调电源的思路。

一个可调电源必须要有的几部分是直流输入电源、输出电压可调的电源模块和电压值显示部位。有的人可能用过 LM2596，这也是一款输出可调的 DC-DC 电源芯片。编者设计的电源和 LM2596 的使用方法类似，这里就不做过多的解释了。

这里并不是让大家自己动手去绘制 PCB，然后制作相应的电源模块。因为市面上有现成的电源模块，而且价格非常低，例如图 3.18 所示的 LM2596，这样的电源模块在某宝上的价格只有 2 元左右，相比自己动手去做，成本低得太多了。



图 3.18 LM2596 电源模块

想要输出多大的电压,只要调节模块中的电位器就行了。那么上哪里去找 40V 以内的直流输入电压? 编者有一个旧的笔记本电脑,其电源适配器如图 3.19 所示,它可以实现 20V/3.25A 的输出。20V 以内的电源对于常见的单片机电路调试足够了。如果没有 20V 的电源适配器,也可以买一个,市场价格为 25 元左右。



图 3.19 笔记本电源适配器

最后是电压值显示的问题,总不能一边调一边测吧? 答案依旧是寻找现成的解决方案: 数显电压表。要记住,有时候花费很大力气想要做的东西,市场上早就有现成的了,而且价格完全能接受。图 3.20 是某宝上的一款数字电压表,直接接在电源端两侧就能检测出电压值。



图 3.20 数显电压表

首先一定要说明的是,它真的不是一个普通的数码管,而是集成了电压检测、微调、数字显示功能的数显电压表。检测电压时,只需要把两条线接到电源正负极即可。因为没有额外的供电线路,所以电源也是从这两条线上获取的。因此这种电压表只能检测电源的电压值,无法检测一个信号的电压值,因为信号上不一定能提供足够的电源。它的测量范围最大为 30V,高于电源适配器的最大电压,所以也不用担心表头会被烧毁。

那么,这三样东西(DC-DC 模块、电源适配器、数显电压表)结合到一起,是不是就达到了预期的效果? 虽然它在外形上不如市面上的电源产品,但是功能基本满足要求,而且享受了动手的乐趣以及满满的成就感。

关于电源,啰哩啰嗦地说了不少,有时候真担心读者会受不了这些内容,没心思继续看下去。好在编者也有自知之明,对此懂得不多,所以写不出太复杂的东西,只是把常用的一些芯片、应用电路和设计经验分享了一下,可能对于高手来说,这些东西是不入法眼的,但是对于初学者来说,相信还是能带去不少有用的东西。之所以突发奇想攒一个可调电源出来,也是自己一时兴起,有的时候做设计是为了设计出自己想要的东西。可那些东西如果有现成的了,只需要组合一下,又何乐而不为呢!