基于 LM5117 的降压型直流开关电源的实现

◆刘　璐　颜雁军　王明洁　杨　丽

（成都理工大学核技术与自动化工程学院　四川成都　610059）

摘要：开关电源是利用现代电力技术，控制开关管开通和关断的时间比，维持输出稳定电压的一种电源，开关电源一般由脉冲宽度调制（PWM）控制 IC 芯片和 MOSFET 开关管构成。本文采用 TI 公司的 LM5117 芯片和 CSD18532KCS MOS 场效应管为核心，设计了一款降压型直流开关稳压电源，该电源利用 LM5117 的稳压功能，设置恰当的反馈电阻值，将 16V 的输入电压，通过 LM5117 芯片及外部电路输出稳定的 5V、3A。此设计实现了输出纹波噪声控制在 50mV 以内；从满载至轻载（20%满载）的条件下，负载调整率低至 2.66%；在输入电压 13.6V 至 17.6V 的变化范围内，电压调整率低至 0.04%。该电路还有限流和限压保护设计，增加了电源系统的稳定性，对开关电源的设计和制作具有一定的参考意义。

关键词：降压型直流开关电源；LM5117；CSD18532KCS 场效应管；限流保护

0.引言：随着便携式电子产品在通信、计算机及消费电子等领域的不断增长。电力电子技术得到迅速发展。而 DC-DC 开关电源因为其重量轻、效率高、功耗小、体积小、稳压范围宽等优点而被广泛应用。随着工艺制造水平的提高，开关电源正逐渐向高频化进军，高频化使得开关电源小型化，从而可以进入更广泛的应用领域。目前市场上出售的开关电源一般是采用双极性晶体管制成的开关频率在 100KHz 左右的电源，以及用 MOSFET 制成的 500KHz 电源。但是这样的频率还远远不够，当前未来开关电源的发展方向主要是高可靠、高频、低噪声、低功耗、抗干扰和模块化。本设计虽然效率一般，但是减小了纹波，并且加入了限流电路，增加了系统的稳定性。

1.降压型 DC-DC 开关电源原理

1.1 降压型 DC-DC 开关电源的组成。其主要电路图如下：

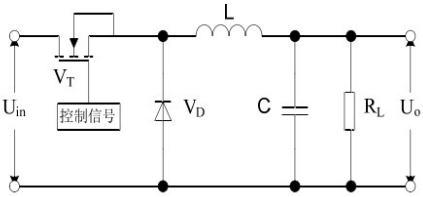

图 1.1 降压型 DC-DC 开关电源电路

其中开关调整元件 MOSFET，它的导通和关断由 PWM 控制信号决定。电感 L 为储能元件、电容 C 为滤波元件。当开关管截止时，二极管 VD 可以保持输出电流连续，所以称为续流二极管。控制信号使开关管 VT 导通时，滤波电感 L 中的电流逐渐增加，储能逐渐增大。当控制信号使开关管关断时，电感 L 中的电流将减少，L 两端产生的感应电压使二极管 VD 导通，电感 L 储存的能量通过续流二极管传输到负载，当控制信号周期足够小就可以通过控制开启关断 VT 的时间来控制输出电压的大小。

1.2 控制信号：控制信号类型按照原理来分大致有三种：1)脉冲宽度调制(PWM),固定开关频率，通过改变脉冲宽度来调节占空比，稳定输出电压。优点是方便控制，缺点是输出电压不能宽范围调节，而且要防止空负载。现在大多数的集成开关电源芯片都是采用的脉冲宽度调制，该设计采用的 LM5117 芯片就是使用的脉冲宽度调制。2)脉冲频率调制(PFM)，将脉冲宽度固定，通过改变开关频率来调节占空比，稳定输出电压。脉冲频率调制的输出电压调节范围很宽，而且可以不接负载。3)混合调制，是指脉冲的频率和宽度都不固定，可以改变的调制方式。

2.系统总体设计

2.1 系统总体框图

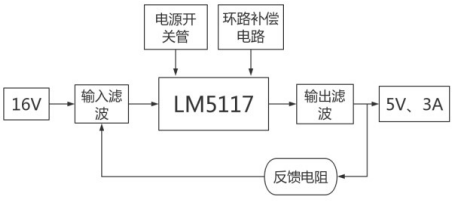

图 2-1 系统总体框图

3.稳压电路设计分析与运算

LM5117 内部虽然集成了许多运算放器，但要实现它的功能，仍需要配置相应的外围电路，比如配置定时电阻 RT 来设置开关频率；还有电流检测电阻 RS、输出电感 L0、斜坡电容 CRAMP 和斜坡电阻 RRAMP 等。下面就是对此设计需要用到的配置电路元件的具体描述。

3.1 定时电阻

开关电源选择一个合适的开关频率是十分重要的，开关频率越高，开关电源就可以做的更小，提高效率，减少纹波，但是太高的开关频率会使 MOS 管的损耗增加，使得效率下降。综合考虑此设计的电路工作效率和电压纹波的大小，最终选择开关频率 FW 为 425KHz。在这样的开关频率下，电路工作效率能满足 85%以上，噪声纹波也在 50mv 以下，其定时电阻 Rt 计算公式如下：

$$R_T = \frac{5.2\times10^9}{F_W} - 948 = 11.3K\Omega \tag{3-1}$$

R_T 选定了 11.3kΩ 的标准值。

3.2 输出电感

输出电感是储能元件，IPP 是电感峰-峰纹波电流值，IPP(MAX)是峰峰电流值的最大值，可以在 20%至 40%的满载电流（3A）之间选择。考虑到电感铜损和磁芯损耗。这里选择 IPP(MAX)为满载电流 3A 的 40%。开关电源的最大输入电压 VIN(MAX)为 17.6V。电感值可以用以下公式计算：

$$L_o = \frac{V_{OUT}}{I_{PP(MAX)}\times F_{SW}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}(MAX)}\right) \tag{3-2}$$

带入数值得：

$$L_o = \frac{5V}{3A\times0.4\times425kHz} \times \left(1 - \frac{5V}{16V}\right) = 6.8\mu H \tag{3-3}$$

4.测试结果及其分析

4.1 测试分析

1）由测试的结果可知，输出的电压可以稳定在 5V 左右，但是会有 60mv 的误差，这是由于电容存在充电的过程，解决的办法是减少反馈端的电阻就可以让电压重新回到 5V

2）最大输出电流反映的是开关电源带负载的能力。本设计能达到 3.11A

3）带载输出的纹波有 30mv 的波动。其主要原因是走线的线宽太小和走线过长，包括电感值大小、走线方向、布局这些因素都会对输出的电压波形产生巨大的干扰

4）负载调整率是开关电源在带负载情况下的稳压的能力。开关频率的大小会影响负载整率，开关频率越大效率越高但是带负载能力下降，开关频率越小效率越低但是带负载能力上升。本设计达到了 2.6%的负载调整率。

5）电压调整率是体现了开关电源的稳压能力，在输入电压在 17.6V 到 13.6V 变化的时候稳压输出的能力。本设计电压调整率几近于零。

6）开关电源的效率主要是计算额外损耗的大小，在本系统中最主要的就是 mos 管的损耗。本设计效率达到 85%以上

7）过流保护电流的大小取决于采样电阻的大小，采样电阻越大，过流保护电流越小。设计设置的是 3.15A 的过流保护电流。

参考文献：

[1]侯清江，张黎强，许栋刚.开关电源的基本原理及发展趋势探析[J].制造业自动化，2010,32(9)：160-162

[2]脱立芳.降压型 PWM DC-DC 开关电源技术研究 [D].西安：西安电子科技大学，2008

作者简介：刘璐（1997-），女，本科，学生，主要研究方向：系统电路设计。颜雁军（1996-），男，本科，学生，主要研究方向：开关电源设计。王明洁（1996-），男，本科，学生，主要研究方向：模拟集成电路。杨丽（1997-），女，本科，学生，主要研究方向：测试分析。

基金：2017 年成都理工大学国家级大学生创新创业训练计划项目（项目编号：201710616005）。