

电力电子技术在电源设计中的应用: 开关电源控制器

邓隐北, 汪幸胜, 夏秀兰 编译

芜湖市科邦新能源科技有限公司

1 SMPS 的控制器芯片

大范围专用的 SMPS 控制器芯片可有效利用, 这可使基于开关模式技术的电源、设计和制造任务大为简化, 并提高其可靠性和改善性能。利用专用的控制器芯片能明显减少组成部件的数目和减小电路板的尺寸。同时还能以合理的价格从若干部件的零销商和在线的信息源获得现成的开关式调压器。

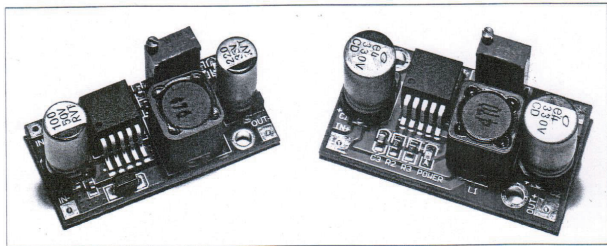


图 1 廉价的降压(左)和升压(右)调节器

SMPS 控制器通常兼备变换器的功能(带或不带一外部功率开关器件), 还有基于脉宽调制(PWM)振荡器的调节器和开关电源。振荡器是由一误差放大器和电压基准而工作的。另一特点, 例如, 内部的电压基准, 电流的传感与限制, 软启动和备用的功率控制, 也均能结合到控制器芯片内。

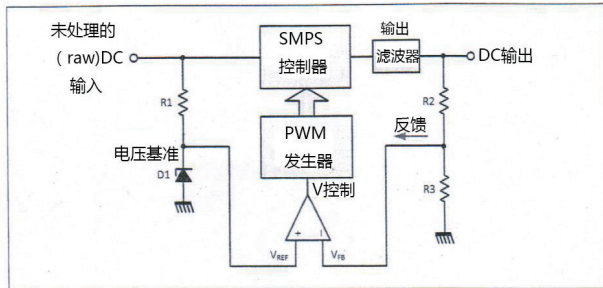


图 2 结合变换器和调压器功能的 SMPS 控制器简化配置方案

由美国得克萨斯州(Texas)仪器公司制造的 UCx84x 系列控制器, 可提供为控制 SMPS 所需的诸多特点。UC3842 简化的内部总体结构如图 3 所示。图 4 表示 UC3842 的 SMPS 控制器芯片可用于简单的降压调节器, 它可产生 4.5V、100mA 的输出, 而勿须外部的开关三极管。图 4 所示为基于 UC3842 的降压调节器。这一期间的操作运行来自仅 11mA 的电源电流, 但却具有大得多的输出驱动性能。注意到 UC3842 的输出, 经常是配有附加的肖特基(schottky)二极管(图 4 中未显示), 以防护芯片的基片变成负的偏置(偏压)。另一系列构件(例如

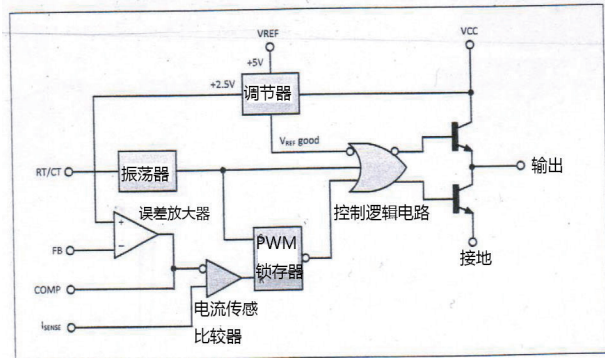


图 3 UC3842 SMPS 控制器的简化内部结构

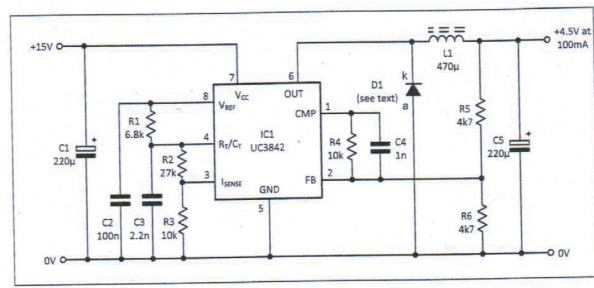


图 4 基于 UC3842 SMPS 控制器的降压调节器, 该电路由额定 15VDC 输入, 可输出 4.5V、100mA

UCC3802 和 UCC3809), 具有小电流的互补型 CMOS 输出, 故不需要这一预防措施。该器件是由 500KHz 以内的开关频率操作, 内部振荡器的频率, 借助单个的电阻器和电容器 (图 4 中 R2 和 C3) 进行调整。

该电路的设计是用于更替那种效率稍欠佳的低压电源, 这种电源基于 4.7V 并联的齐纳二极管。该电路由定额 15V 的 DV 输入, 输出为 4.5V、100mA, 运行效率则近似 90%, 而线性模式的并联调节器若取代它, 仅运用了 30% 左右。图 5 和图 6 分别表示图 4 电路的线性调节特性和负载调节特性。

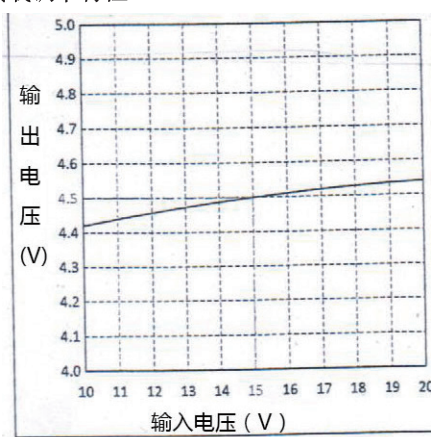


图 5 图 4 电路的线性调节特性

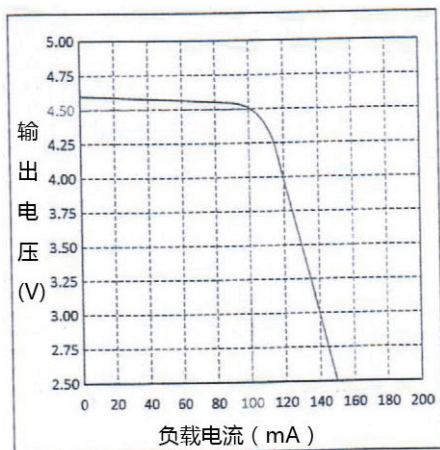


图 6 图 4 电路的负载调节特性

2 LM2596 SMPS 控制器

美国德克萨斯州仪器公司的调节器 LM2596HV 系列为一单片的集成电路, 也能提供整个范围的功能, 适于

广泛种类的 SMPS 应用中。这些器件适用于 3.3V、5V、12V 的稳定输出电压, 也适用于可调节的输出型式。该芯片可用于标准的 5 引线 TO-220 包装 (组件) 内, 也适于 5 引线 TO-263 表面安装和 SOP-8 包装件内。对于绝大多数家用结构设计, 我们推荐 5 引线 TO-220 型式, 因这一包装件的操作处理容易得多。

利用很经济的 30 μ A 后备电流, LM2596 编入了一个外部关闭的特点。输出开关包括逐个周期 (cycle by cycle) 的电流限制以及热关闭。最后, 尤其 LM2596 控制器利用四个外部元件, 则有可能容易制造而又功能齐全的 SMPS。

图 7 为基于 LM2596-V5.0 的很简单的降压调节器。该电路可提供 +5V、3A 的稳定输出, 并能极好且高度有效的取代稳定的三端线性调压器。

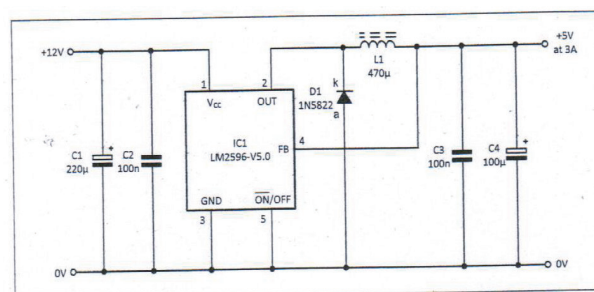


图 7 基于 LM2596-V5.0 的降压调节器,
该电路可提供稳定输出 +5V, 3A ;
并能极好取代稳定的三端线性调压器

3 利用现有流行的 (off-the-shelf) SMPS 模块

记住这点很重要: 现有流行的 SMPS 模块, 以其非常适中的价格正在广泛被有效利用, 而且与其按正规从零开始 (from scratch) 力图设计和制造 SMPS, 还不如研究现成的模块更有价值。图 8 所示为基于 LM2596 芯片的可变输出型式 3.3V、3A SMPS 调节器的完整电路。该电路的 PCB 安装型式 (参见图 9), 能容易从若干零售商和在线的信息源低价获得。图 8 电路的性能是杰出的, 且能根据负载调节特性 (图 10 所示) 进行测量和评估。图 10 中的曲线清晰表明; SMPS 调节器的输出电压 (3.3V), 在负载电流达到额定最大输出 3A 的整个范围内都保持实质性的恒定。

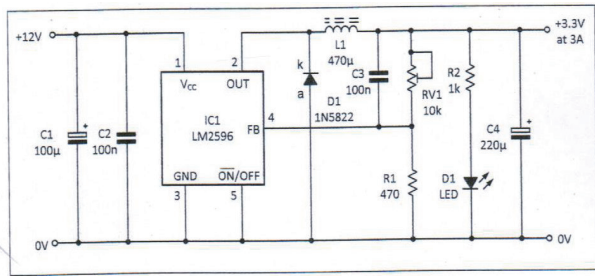


图8 基于LM2596芯片的可变输出型式的3.3V、3A SMPS 调节器的完整电路

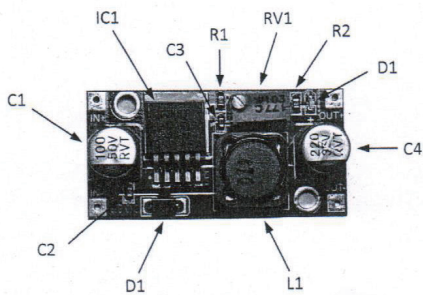


图9 基于图8电路的流行的低成本降压调节器

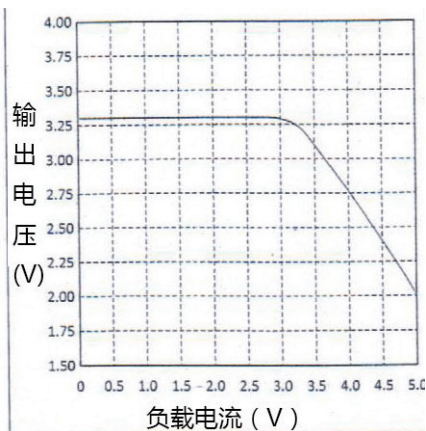


图10 图8所示降压调节器的负载调节特性

4 SMPS 调节器的实用化设计

本节的实用化设计为基于分立元件技术的 SMPS 调节器。利用单个的元件就能允许研究电路里边的各级电压与波形，也能允许对元件的数值做一些改变，这在 SMPS 控制器芯片内是不可能的。该电路已尽可能的简单，仅利用 4 个晶体三极管和 3 个二极管。

SMPS 调节器的设计，可产生 6V 的稳定输出电压，负载电流达到 2A。该电路还包括一个预置 (pre-set) 的调节，以使输出能典型调整在 5.6V 和 6.8V 之间。由车辆上的蓄电池或由不调节的 12V DC 电源适配器，在对小型微控制器供电时，该电路是理想的。

电路的规格参数如下：输入电压 10V-15V；输出电压 6V；调节范围 5.6V-6.8V；负载电流 2A 最大；开关频率 45KHz；噪音 小于 50mV (pk-pk) (在 1A 输出时)；线性调节 6%；负载调节 优于 4%；输出电阻 0.125Ω

图 11 所示为 SMPS 调节器的电路。由 TR2 和 TR3 形成的的差动配置，其作用宛如简单的带反馈电压的误差放大器，反馈电压则来自 R6、RV1 和 R7 组成的电位分配器。误差放大器的输出是来自 TR3 的集电极，并施加到 TR4，以此驱动功率开关 MOSFET (场效应晶体管的) TR1。

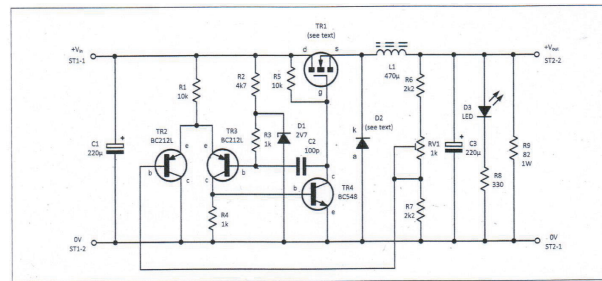


图11 基于分立元件的 SMPS 调节器 (实用化设计)

图中，R1、R5-10Ω 电阻；R3、R4-1KΩ 电阻；R2-4.7KΩ 电阻 R6、R7-2.2K；R8-330Ω；R9-89Ω

为提供开关脉冲，TR3 和 TR4 形成一非稳定的振荡器，并经过 C2 具有正反馈，以此调整开关频率 (近似 45KHz)。在 TR2 的漏极出现的方波脉冲波形，利用快速开关的二极管 D1 进行整流，C3 上则产生正的输出电压，电容器 C3 起到蓄能电容器的作用。LED D3 及其相连的限流电阻 (R8)，可显示 DC 输出电压的存在。

原文出处：Mike Tooley, Powering Electronics Part 4 : SMPS Controllers «Everyday Practical Electronics», April.2019.P44-48