

基于可调稳压芯片的数控恒流源

苗新法

(兰州交通大学电子与信息工程学院 兰州 730070)

摘要: 针对数控直流恒流源的设计进行了探讨,对比已有的恒流源实现方式,分析了其缺点,重点介绍1种高效率的基于可调稳压芯片的数控恒流源。给出了电路原理图,就整机工作原理、相关参数计算做了详细介绍。从系统组成角度分别介绍了核心模块、反馈模块及其实现方法。其基本原理是利用核心芯片的反馈引脚,把并联反馈改为串联反馈,从而实现恒流性能。系统具有输出电流可预置、输出纹波电流低等特性。采用设计的恒流源电路在自行研制的某仪器已推广应用。

关键词: 恒流源; 数字控制; TPS5430

中图分类号: TM46 **文献标识码:** A

Digital constant current source based on the adjustable voltage regulator

Miao Xinfa

(School of Electronic and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070)

Abstract: Briefly discusses the design of DC constant current source, and discusses the existing devices, analyses their disadvantages, mainly introduces an efficient digital controlled constant current source which is based on adjustable voltage regulator. The schematic diagram of the circuit is given. The author introduces the principle of the system and the relation parameter in detail. Kernel model and feedback model are introduced from the point of view of system composition. The principle of the system is using the kernel chip's feedback pin, changing the parallel feedback to serial feedback. This system has function of current preset and low current ripple etc. An instrument developed by the author employs the constant current circuit designed in this paper and has got popular applications.

Keywords: constant current source; digital control; TPS5430

0 引言

恒流源是电子系统中广泛使用的1种单元电路或测试平台,在实际工程中也有广泛的用途,是蓄电池充电、LED驱动、传感器设计、电镀、激光器驱动等领域常用的供电方式,并且是电导测量、开关电源、功放等场合不可替代的检测设备^[1-3]。然而,目前绝大多数恒流源采用D/A+运放+功率管的形式或者使用分立元件组成的开关电源形式,这2种形式的恒流源均存在着这样或那样的缺点。本文在分析传统恒流源技术的基础上提出了1种基于电压可调开关型集成稳压芯片的恒流源方案,取得了较好的效果。

1 传统恒流源的缺点

传统数控恒流源主要有2种形式,一种是D/A+运放+功率管的形式,其反馈通过A/D芯片来实现,其原理如图1所示^[4-7]。其中控制电压 V_C 来自D/A芯片,反馈电压 V_f 输出至A/D芯片。流过负载 R_L 的电流 $I = \frac{V_C}{R_s}$ 。此设

计虽然可以通过高位数的A/D和D/A芯片能够获得较高的精度,但也使得成本大为增加。另外,此设计属于线性电源,线性电源虽然可以获得较小的纹波电流,但效率很低,大部分功率以热量的形式消耗在MOS管上,对散热系统设计也提出了较高的要求。另一种形式是由分立元件组成的开关恒流源,其原理如图2所示^[8-10]。由于采用了开关技术以及分立元件,所以电源效率以及最大功率均可以得到较大提升。但由于采用了分立元件以及A/D、D/A芯片,使得成本增加、布线困难,并且由于采用了较多的分立元件使得器件离散性加大,系统整体精度降低。

2 基于集成稳压芯片的数控恒流源

基于以上分析,本文提出1种基于电压可调开关型集成稳压芯片的数控恒流源的设计方案。此处选择的芯片为TPS5430。TPS5430是降压(step-down)开关型集成稳压芯片,可提供3A连续电流输出(峰值电流可达4A),效率

本文于2011年5月收到。

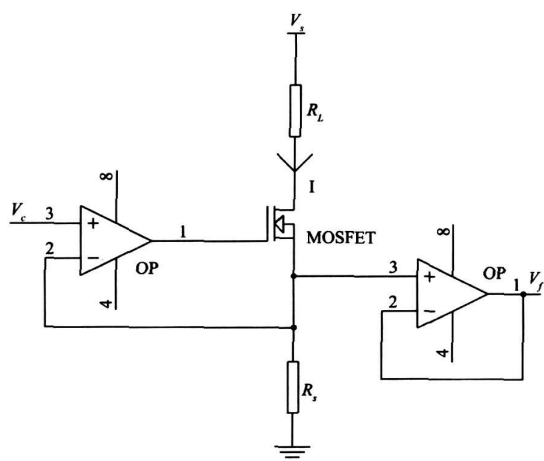


图1 线性恒流源原理

高(可达95%),它集成了固定频率振荡器(500 kHz)和基准稳压器(1.22 V),并具有完善的保护电路,包括过流保护及过热保护电路等。利用该器件只需极少的外围器件便可构成高效稳压电路。TPS5430 采用高度可靠的散热增强型 8 引脚 SOIC 封装,体积小,散热性能优良。通过反馈引脚(V_{SENSE}),把并联电压反馈改为串联电流反馈,从而把恒压电路变为恒流电路。其原理如图3所示。

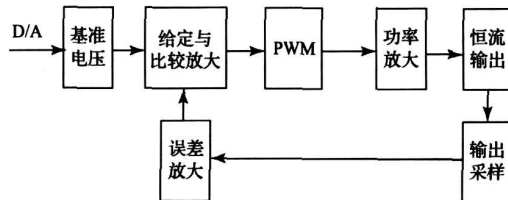


图2 由分立元件组成的恒流源

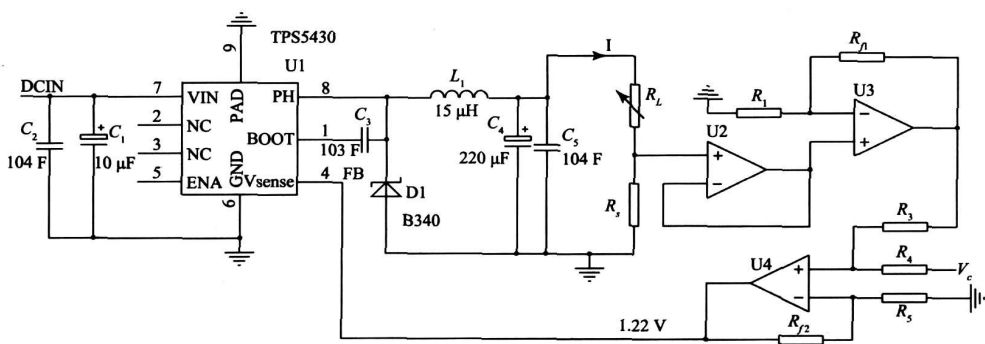


图3 由TPS5430构成的数控恒流源

图3中TPS5430为核心芯片; R_L 为负载; R_s 为串联反馈电阻,可使用精密功率电阻或康铜丝/锰铜丝。反馈部分如果仅使用模拟反馈,则响应速度快,输出纹波电流小,但不容易实现数控;如果仅使用数字反馈则电路简单,但响应速度慢,输出纹波电流大,所以本系统使用了模拟+数字反馈的形式,使系统同时具有2种反馈形式的优点。 $U_2 \sim U_4$ 为调理及反馈控制电路,其中 U_2 组成跟随器,提高反馈电路输入电阻,减小反馈电路对主电路的影响; U_3 与 R_1 、 R_{f1} 组成同相放大电路,如果不进行放大处理,直接使用 R_s 上的电压作为反馈信号,则需要较大阻值的反馈电阻才能获得较高的电流分辨率,那么 R_s 消耗的功率会比较大,系统效率降低; U_4 与 R_3 、 R_4 、 R_5 、 R_{f2} 组成加法器, V_c 为控制电压,由D/A芯片控制。

由图3可知:

$$\left\{ R_s I \left(1 + \frac{R_{f1}}{R_1} \right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} + V_c \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right\} \left(1 + \frac{R_{f2}}{R_5} \right) = 1.22 \text{ V}$$

取 $R_3 = R_4$, $R_5 = R_{f2}$ 则上式化简为:

$$R_s I \left(1 + \frac{R_{f1}}{R_1} \right) + V_c = 1.22 \text{ V}$$

若 $R_s = 0.1 \Omega$, $R_{f1} = 4R_1$,则 $I = \frac{1.22 - V_c}{0.5}$,若选择

10位的D/A芯片,参考电压为2.048 V,则电压分辨率2 mV, V_c 端电压范围为0 ~ 2.046 V,实际使用范围0 ~ 1.22 V,对应D/A控制字范围为0 ~ 610,则输出电流范围为0 ~ 2.44 A,电流分辨率为4 mA,611级步进可调。

本系统使用核心芯片的自身的反馈引脚来进行控制,对控制器端是开环工作,简化了软件工作,节约了成本。

3 测试结果

测试时使用固定12 V输入,负载为 $2 \Omega/20 \text{ W}$ 功率电阻,对输出电流的调整是通过单片机控制D/A芯片来实现的,通过多次测试得到表1的测试结果。考虑到散热问题,测试时留有一定的裕量,最大设定电流为2 A。

从表1可以看出,设定电流与实际电流的误差小于电流分辨率,在电流较大和较小的时候系统效率略低,其他电流值的时候效率较高,另外经测试负载上的纹波电压小于负载两端电压的1%,在输入电压变化以及在负载电阻变化的时候分别测试其电压调整率与负载调整率,均达到了一般开关电源的技术指标。

表 1 测试结果

输入电流/ A	输入功率/ W	设定电流/ A	实际电流/ A	输出功率/ W	效率
0.01	0.09	0.16	0.159	0.05	0.58
0.02	0.23	0.3	0.301	0.18	0.77
0.05	0.56	0.5	0.498	0.50	0.88
0.06	0.77	0.6	0.597	0.71	0.93
0.15	1.74	0.9	0.898	1.61	0.93
0.27	3.23	1.2	1.197	2.87	0.89
0.42	4.99	1.5	1.502	4.51	0.90
0.65	7.76	1.8	1.797	6.46	0.83
0.82	9.80	2	2.002	8.02	0.82

4 结 论

本恒流源模块在某量产的测试设备中, 经长时间运行, 其效率、纹波、误差、温升等均能满足要求, 取得了良好的效果。基于本原理可以使用任意开关型可调稳压芯片设计恒流源, 如 LM2576ADJ 等。如果需要负载与系统共地, 则交换取样电阻与负载位置, 用于第 1 级采样的运算放大器使用差动放大器或仪表放大器即可。另外如果需要更大电流, 可以使用 LM2576ADJ 作为驱动芯片, 驱动外置 MOS 管, 详细请参考相关文献[11]。

参 考 文 献

- [1] 吴志祥, 徐磊, 方晓毅, 等. 数控恒流源设计[J]. 常州工学院学报, 2006, 19(4): 5-8.
- [2] 张金, 王伯雄, 叶丽娜. 便携式军用镍镉电池智能检测与充电装置设计与实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24(4): 359-364.
- [3] 乔攀科, 毕淑娥. 新型光伏智能快速充电系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(7): 49-52.
- [4] 贾宏志, 姜博实, 李倩倩, 等. 一种双极性输出大功率压控恒流源的设计[J]. 电测与仪表, 2008, 45(9): 62-64.

- [5] 袁宁, 王克亮, 孙小伍. 闭环程控直流电流源设计[J]. 电工技术, 2007(8): 54-55.
- [6] 杨永辉, 颜晓嫵, 郭恒, 等. 高精度工频恒流源设计[J]. 电测与仪表, 2009, 46(10): 72-75.
- [7] 鞠康, 何为, 何传红, 等. 基于直接数字频率合成的混合频率恒流源设计[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(9): 2110-2115.
- [8] 欧阳明星. 多路输出精密电镀恒流源设计[J]. 电测与仪表, 2007, 44(12): 55-58.
- [9] 崔瑞雪, 周涛, 毕亚军. 基于开关技术的数控恒流源[J]. 华北航天工业学院学报, 2006, 3(16): 16-18.
- [10] 许丽群. 基于 AT89S52 的数控直流电流源的设计[J]. 电子测量技术, 2009, 32(11): 85-88.
- [11] 刘佐濂, 杨汝, 何清平. 基于 ARM 的高效率数控 DC/DC 变换器设计[J]. 广州大学学报: 自然科学版, 2009, 2(8): 13-17.

作 者 简 介

苗新法, 男, 1979 年 2 月出生, 工学硕士, 讲师, 主要研究方向为嵌入式系统及应用。

E-mail: xinfa190@mail.lzjtu.cn