

一种基于数字控制的直流电流源技术研究*

荣军¹,张敏¹,李一鸣²,陈曦¹

(1.湖南理工学院 信息与通信工程学院,湖南 岳阳 414006;

2.湖南理工学院 计算机学院,湖南 岳阳 414006)

摘要: 基于 ATMEL 公司的 AT89S52 新型数字控制的直流电流源,区别传统的模拟控制直流电流源,数控直流电流源输出电流范围宽,控制、测量精度高以及纹波电流、噪声小,是今后恒流源研究的一个热点。

关键词: 恒流源;数字控制;AT89S52

中图分类号: TM46

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)23-0071-03

The technology study of DC current source based on digital control

RONG Jun¹,ZHANG Min¹,LI Yi Ming²,CHEN Xi¹

(1.Department of Information and Communication Engineering,Hunan Institute of Science and Technology,Yueyang 414006,China;

2.Department of Computer,Hunan Institute of Science and Technology,Yueyang 414006,China)

Abstract: This research studies the new digital control DC current source based on ATMEL's AT89S52. Being different from the past, the digital control DC current source improves the output current range, improving the accuracy of control and measurement, and reducing the ripple current and noise. Therefore, digital control DC current source is hot for future study of constant current source.

Key words: constant current source; digital control; AT89S52

直流电流源是电子技术常用的设备,广泛应用于教学和科研等领域。然而传统的模拟控制直流电流源功能简单、精度低、体积大及读数不方便,在对工作电流稳定度、纹波电流大小等要求较高的领域(如电镀、精密加工及激光器等)受到了限制。本文设计的基于单片机 AT89S52 的数控直流电流源很好地解决了以上模拟控制直流电流源的不足,它能输出稳定直流电流,并且可用数控方式调节和稳定输出电流。

直流电流源由恒流源、供电电源、数控系统三个部分组成。论文阐明了软硬件设计依据,给出了系统功能和性能测试结果。

1 数字控制直流电源系统

本文设计了基于 AT89S52 数控直流电流源,由恒流源、供电系统、数控系统三个部分组成,其数控直流电流源系统框图如图 1 所示。恒流源主调整器采用了 LM350、超低噪声运算放大器 AD797 和 OP07 及高性能

锰铜采样电阻等器件构成负反馈电路,实现了对电流的精确控制。供电电源采用 LM350、LM337、LM7805 作为主稳压器,为整机提供了稳定的直流供电;控制系统以 89S52 单片机为核心,高精度 12 位 A/D 芯片 AD1674 实现采样输入;12 位 D/A 芯片 DAC1230 产生控制输出,实

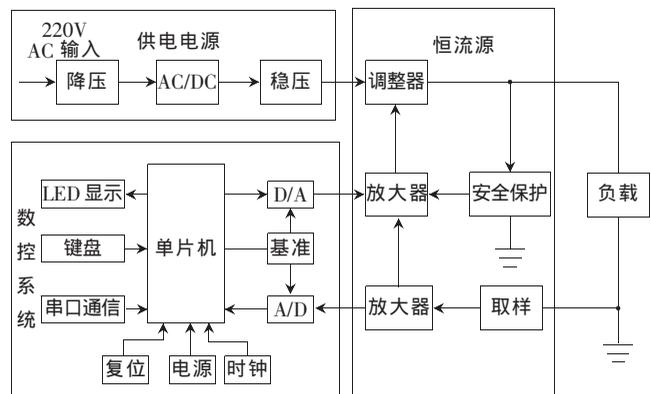


图1 数控直流电流源系统框图

* 基金项目:湖南理工学院科研项目(2010/06)

技术与方法

Technique and Method

现了输出电流的精确设定和检测,系统还设置了串口通信功能。

1.1 恒流源变换电路设计

常见的恒流源电路方案有^[1]:脉冲调宽式和线性负反馈方式。其中脉冲调宽式恒流源电路目前应用于空间技术、计算机、通信以及家用电器中。开关电源的调整器应用成本工作在开关状态,功率损耗小、效率高,可达70%~90%,应用成本比较经济,但是纹波电流大、辐射干扰强、恒流精度低、设计困难。线性负反馈恒流源电路具有失真小、稳定度高、纹波小等特点,主要应用于高精度场合,由于其设计简单,被广泛采用。

线性负反馈恒流源的设计方法有分立元件和集成电路两种形式^[2],其中分立元件稳流电路有二极管、三极管和电子管稳流等形式,此种恒流电路的器件选择需要根据输入输出的电压、电流和负载来确定,电路调试复杂。而集成电路恒流源可直接由三端稳压器或运放构成,电路结构简单、性能稳定。

1.2 数控电路设计

数控电路组成包括单片机最小系统、A/D 采样输入电路和 D/A 控制输出电路。其中数控直流电流源的控制电路采用单片机最小系统对电路各部分进行控制。最小系统由 MCU、采样输入、控制输出、串口通信电路及复位电路、键盘、显示电路组成,单片机最小系统电路如图 2 所示。MCU 选用 ATMEL 公司的 AT89S52 单片机^[3]: AT89S52 是一种低功耗、高性能 CMOS 工艺的 8 位单片机,与标准 MCS-51 的引脚和指令完全兼容。其外接晶振频率范围为 0 Hz~33 MHz,内置 256 B 片内 RAM,3 个 16 位定时器/计数器,片内看门狗。其性能好于常用的 89C52 系列单片机。

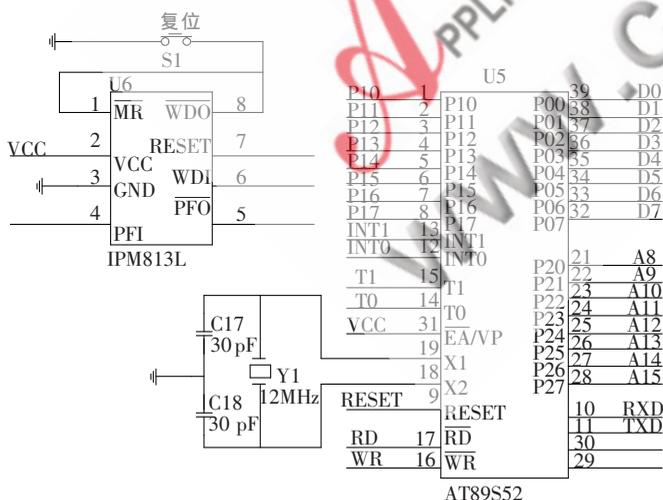


图2 单片机最小系统电路

时钟设计要求微处理器采样周期设置为 0.5 s,并且实测值和设定值间隔显示变换周期约 2 s,采用 12 MHz 晶振,可满足系统设计要求。数控直流电流源具有键盘显示功能。采用自制键盘对电流进行设定,采用两个四

位数码管交替显示实测值和设定值,高位显示标志位,第 2 位~第 5 位显示整数值单位 mA,最低位显示小数位,采用 UC7291 芯片电路作为显示控制和驱动端,其优点是显示位数多、节约 I/O 端口、使用方便、价格合理。串口通信电路可以方便地与计算机连接,选用 MAX232 芯片进行计算机远程在线调节电流大小、读数、键盘锁定、解除锁定等功能控制。

A/D 采样输入电路如图 3 所示,为了满足取样精度需要,选择 12 位 A/D 转换器和 12 位 D/A 转换器,使步进小于 1 mA。在电路中 A/D 启动后,先读高 8 位结果,再读低 4 位;D/A 则先写入高 8 位,再写入低 4 位。

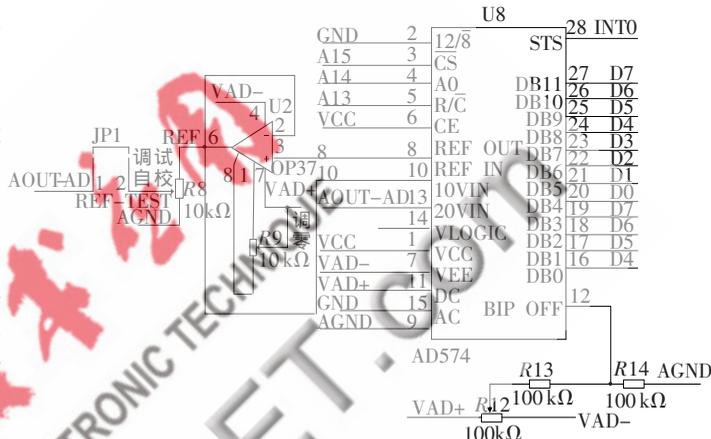


图3 A/D 采样输入电路

D/A 控制输出电路如图 4 所示,该单片机的输入信号为经过 12 位 A/D 转换器的数字量,送入单片机处理后产生输出数字量经 D/A 转换器转换后送入恒流源,因而这种数控恒流源的精度最终取决于电路中 A/D、D/A 转换器的转换精度。设计中采用 12 位 A/D、D/A 转换器,精度可达 0.5 mA。

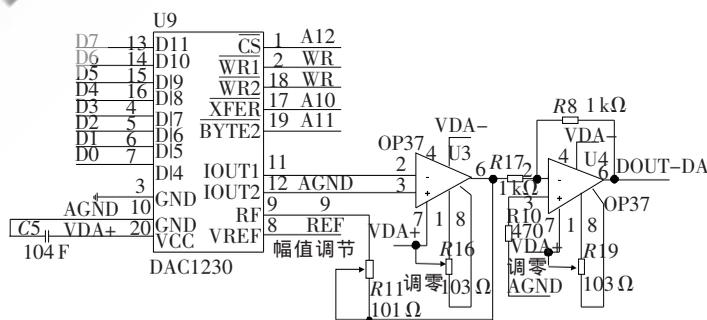


图4 D/A 控制输出电路

1.3 系统控制算法软件实现

单片机数字控制能够实现较模拟控制更为高级、复杂的策略,与模拟控制电路相比较,数字控制电路拥有更多的优点:由数字 PID 代替传统的模拟 PID,数字 PID 系统相对于模拟 PID 系统具有设计周期短、灵活多变、易于实现模块化管理,能够消除因离散元件引起的不稳定和电磁干扰等^[4]。数字控制系统主程序如图 5 所示,主程序的主要工作是进行初始化、扫描键盘,并响应键

技术与方法 Technique and Method

盘和设定电流值。

电路中 A/D 采样周期为 130 ms, 当定时器 T0 中断后进行一次采样, 单片机处理后, 输出 D/A 进行调节并显示。A/D 中断(INT0), 中断的功能有: 读采样数据、与设定值比较、控制调整电压和传送显示。设电压变化为 Δ , 当前电压为 V_n , 则新的值为 $V_{n+1} = \Delta \times M$ 。M 为常数, 可根据实际电路参数要求设定, 而且在程序进行中要考虑到 D/A 为 12 位, 电压有上、下限。在显示时考虑可视性, 测量值和设定值交替显示。定时器中断程序流程图如图 6 所示。

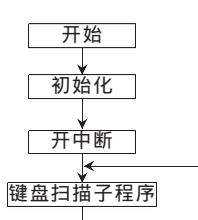


图5 系统主程序流程图

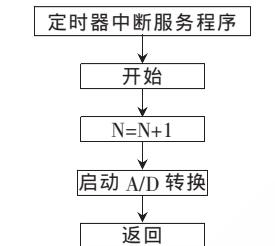


图6 定时器中断程序流程图

2 实验结果及分析

设计指标^[5]: 输入电压 180 V~250 V/50 Hz; 输出电流范围 20 mA~2 000 mA; 具有“+”、“-”步进调整功能, 步进 ≤ 10 mA; 输出电流绝对值 $<$ 输出电流值的 1%, 纹波电流 < 2 mA。

在给定电流 200 mA 作用下, 负载稳定度曲线如图 7 所示, 其中负载稳定度是指一定的工作情况下, 负载变化引起的输出电流变化。测试数据表明负载电压在 0~10 V 变化时, 输出电流最大偏差为 2 mA, 满足输出电流绝对值小于输出电流值的 1% 的设计要求。

纹波电流特性如图 8 所示, 取负载电阻 $R_L = 10 \Omega$, 纹波电流 = 纹波电压/负载, 从测试结果可以看出负载电流变化引起的纹流变化范围 < 2 mA, 其原因是因为所设计的电源输入和输出进行了稳压处理以及进行了高频滤波, 因此纹波特性较为理想, 达到了设计指标的要求。

本文设计了基于单片机数字控制的直流电流源, 优点为: (1) 采用数字化处理和控制在, 可避免模拟信号传递的畸变、失真, 减少杂散信号的干扰; (2) 该数字控制电

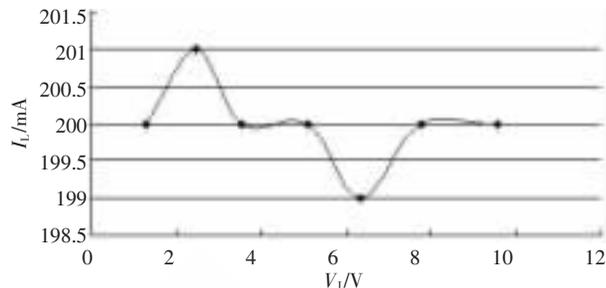


图7 200 mA 恒流特性图

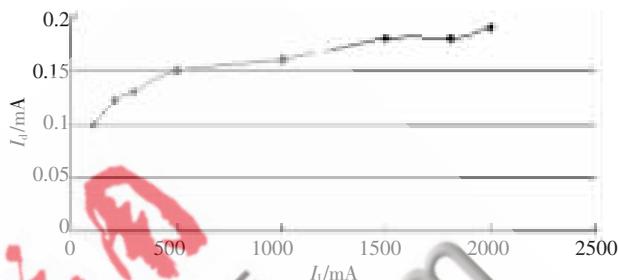


图8 纹波电流特性图

路相对于模拟控制电路具有设定准确、输出电流恒定、可调范围宽等优点。数字控制直流电流源随着控制策略不断完善, 将成为直流源电源发展的一个热点。

参考文献:

- [1] 何希才. 新型稳压电源及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [2] 郑琼林, 耿文学. 电力电子电路精选—常用元器件·实用电路·设计实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.
- [3] 孙涵. MCS-51/96 系列单片机原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.
- [4] 刘华毅, 李霞, 徐景德. 基于单片机的宽范围连续可调直流稳压电源[J]. 电力电子技术, 2001, 35(6): 7-9.
- [5] 曲学基. 稳定电源电路设计手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.

(收稿日期: 2010-04-12)

作者简介:

荣军, 男, 1978年生, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 开关电源技术研究。