

Design and Realization of High-Precision Digital Control Direct Current Power Supply

Haixia Jing^{1,2,a}, Zhengguo Liu^{1,3,b}, Haiyan Wang^{1,c}, Xiaohong Shen^{1,c}

1. School of Marine Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shanxi, China

2. College of Engineering, Xi'an International University, Xi'an Shanxi, China

3. China Shipbuilding Industry Corporation, Beijing, China

a. jinghaixia2003@163.com; b. liuzg@csic.com.cn; c. xhshen@nwpu.edu.cn

Abstract—A high-precision digital control DC power supply based on singlechip STC89C52, A/D converter AD7705, D/A converter DAC7512 and three terminal adjustable regulator LM317 is designed and realized, which uses MCU as the center, and adopts 12 DAC DA7512 to realize digital control and 16 ADC AD7705 and LCD to the measurement and display of output voltage. The voltage adjustment range of this system is 0-13V, and the deviation of display value and set value is not more than 1%, voltage step value is 0.01 V. The experimental result shows that the system can well solve the accuracy of output adjustable voltage, and is characterized by high precision, easy to use and simple circuit.

Keywords-DC power supply; digital control powe; AD7705; DAC7512 ; voltage regulation

I. 引言

直流稳压电源是常用的电子设备，用以保证在电网电压波动或负载改变时,输出稳定的电压。低纹波、高精度的稳压电源在仪器仪表、工业控制及测量领域都有重要的实际应用价值 [1]。线性稳压电源由于其纹波小、工作可靠、抗干扰强，被广泛用于工作环境恶劣的电子设备 [2]。传统的直流稳压电源大部分采用串联反馈式稳压原理,通过调整输出端采样电路的电位器来调整输出电压。由于电位器属于模拟器件，无法实现输出电压的数字化调整及微机控制 [3]。另外，随着使用时间的增加，波段开关及电位器难免接触不良，对输出会有影响。常常通过硬件对过载进行限流或截流型保护，电路构成复杂,稳压精度也不高 [4]。

本文设计了一种以单片机为核心的智能化直流稳压电源，通过 D/A 和 A/D 变换技术，实现稳压电源的数字化控制与精密测量。

II. 硬件电路设计

A. 系统总体结构

本设计是基于 STC89C52 单片机的硬件设计，系统总原理框图如图 1 所示。

系统主要由放大电路、A/D 转换电路、单片机、D/A 转换电路、放大器、稳压器等组成；为了得到稳定的电压输出，采用闭环控制的方式进行处理。稳压过程如下：首先

由单片机获取键盘输入的电压设定值，并通过 D/A 将其转换为模拟电压，然后送入运算放大器与采样电压值进行比较放大，将结果送入电压调整电路，调整输出电压的大小，从而实现数字控制稳压。系统通过按键可以对电压进行设置，并经由 LCD 显示所按下的电压值。

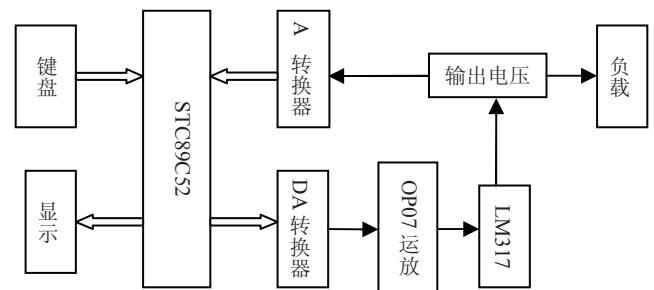


Figure 1. 系统原理框图

B. A/D 转换电路

模/数转换电路部分，采用 16 位、双通道、低成本、高精度模/数转换功能的 AD7705 [5] [6]。

AD7705 是 AD 公司推出的 16 位 $\Sigma-\Delta$ (电荷平衡式) A/D 转换器，包括由缓冲器和增益可编程放大器 (PGA) 组成的前端模拟调节电路、 $\Sigma-\Delta$ 调制器及可编程数字滤波器，能直接对来自传感器的微弱信号进行 A/D 转换。此外他还具有高分辨率、宽动态范围、自校准，低功耗及优良的抗噪声性能，因此非常适用于仪表测量和工业控制等领域。使用时通过单片机控制其单双极性、增益倍数、选择通道的输入和工作模式的选择等；用 AD584 基准芯片为 AD7705 采集模块提供基准电压，使 AD7705 可以正常且稳定的工作。

模/数转换部分电路如图 2 所示。

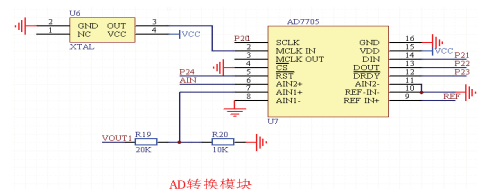


Figure 2. AD 转换电路

接收数据时，首先要判断 CS 的引脚电平，若为低电平，则表明已有有效的转换数据在芯片的数据输出寄存器中。这样，单片机置位 REN=1，此时，接收数据开始，当接收到 8 位数据时，中断标志位 RI 置位，一次串行接收结束，单片机自动停止发送移位脉冲，该 8 位数据从串行口缓冲器读入内存，并使用软件清除 RI 标志，单片机又开始发送移位脉冲，直到又收到 8 位数据，则另一次串行接收结束。这样，这次的 8 位数据与刚才接收的高 8 位数据组合成为 16 位数据，即一次 A/D 转换的结果。这种接口方法直接利用了单片机本身的硬件资源，从而简化了电路的设计。

C. D/A 转换电路

为了提高系统的精度，D/A 转换电路采用了低功耗单片 12 位数模转换器 DAC7512 [7]。

DAC7512 是 TI 公司生产的具有内置缓冲放大器的低功耗单片 12 位串行数模转换器，其片内高精度的输出放大器可获得满幅（供电电源电压与地电压间）任意输出。DAC7512 带有一个时钟达 30MHz 的通用三线串行接口，因而可接入高速 DSP；其接口与 SPI、QSPI、Microwire 及 DSP 接口兼容，因而可与 intel 系列单片机、Motorola 系列单片机直接连接而无需任何其它接口电路；其需要消耗的功率也相当的低，故其是极佳的 D/A 转换器。

DAC7512 采用三线制（SYNC，SCLK 及 DIN）串行接口，写操作开始前，SYNC 要置低，DIN 的数据在串行时钟 SCLK 的下降沿依次移入 16 位寄存器。在串行时钟的第 16 个下降沿到来时，将最后一位移入寄存器，可实现对工作模式的设置及 DAC 内容的刷新，从而完成一个写周期的操作。此时，SYNC 可保持低电平或置高，但在下一个写周期开始前，SYNC 必须转为高电平并至少保持 33 ns 以便 SYNC 有时间产生下降沿来启动下一个写周期。若 SYNC 在一个写周期内转为高电平，则本次写操作失败，寄存器强行复位。由于施密特缓冲器在 SYNC 高电平时的电流消耗大于低电平时的电流消耗，因此，在两次写操作之间，应把 SYNC 置低以降低功耗。

DA 转换部分需要为其提供一个基准电压，由 TL431 完成此功能，其参考端与放大器的负端相连来提供电压。

D/A 转换电路如图 3 所示。

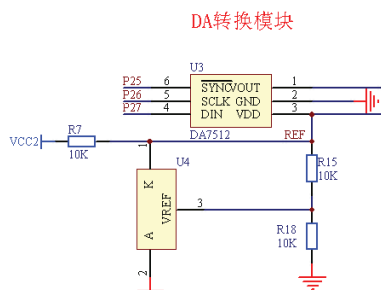


Figure 3. DA 转换电路

D. 放大电路

采用了 OP07 进行放大，OP07 是低噪声高精度运算放大器，并具有极低的输入失调电压、极低的失调电压温漂、极低的输入噪声电压幅度及长期稳定等特点。经过放大之后将其电压送到三端正电压稳压器 LM317。如图 4 所示。

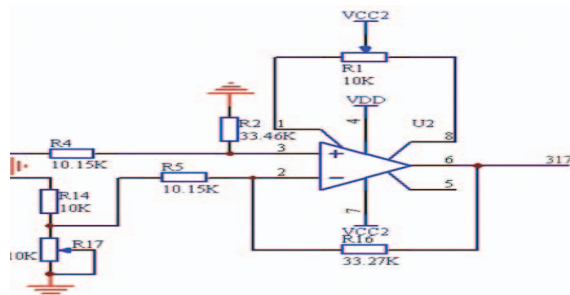


Figure 4. 放大电路

E. 稳压输出电路

LM317 是美国国家半导体公司的三端可调正稳压器集成电路 [8]。在输出电压范围 1.2 伏到 37 伏时能够提供超过 1.5 安的电流；它的使用非常简单，仅需两个外接电阻来设置输出电压。此外它的线性调整率和负载调整率也比标准的固定稳压器好，且内置有过载保护、安全区保护等多种保护电路。如图 5 所示。

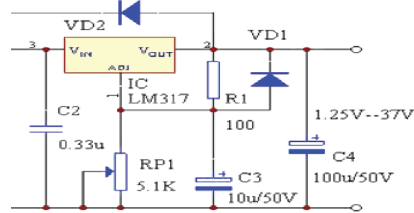


Figure 5. 稳压电路

F. 键盘电路

键盘采用 4 个独立按键组成非编码键盘，如图 6 所示。按键 S1 为功能加键，按一下可对电压设置，进行加操作；S2 为功能减键，进行减操作；S3 键为最大值键，按下去电压输出达到最大 13V；S4 键为最小值键，按下去电压输出为最小 0V。

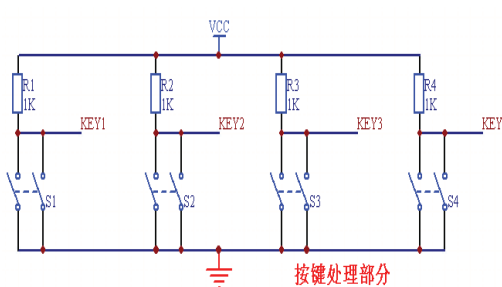


Figure 6. 键盘电路

G. 显示电路

考虑到系统的功耗问题，选择了 LCD 显示器作为显示装置。LCD 显示器有多种类型，由于系统仅显示电压及设定参数等简单信息，所以选用 RT1602C 字符 LCD 显示器。如图 7 所示。

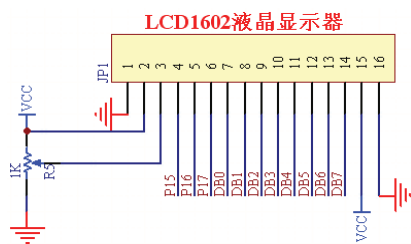


Figure 7. 显示电路

III. 软件设计

本系统中，主程序要通过 A/D 将当前的电压值在液晶显示屏上显示，完成对键盘的扫描进行判断，读取键值后通过单片机对 D/A 的控制使其输出不同，从而对当前输出电压进行控制 [9][10]。如图 8 所示。

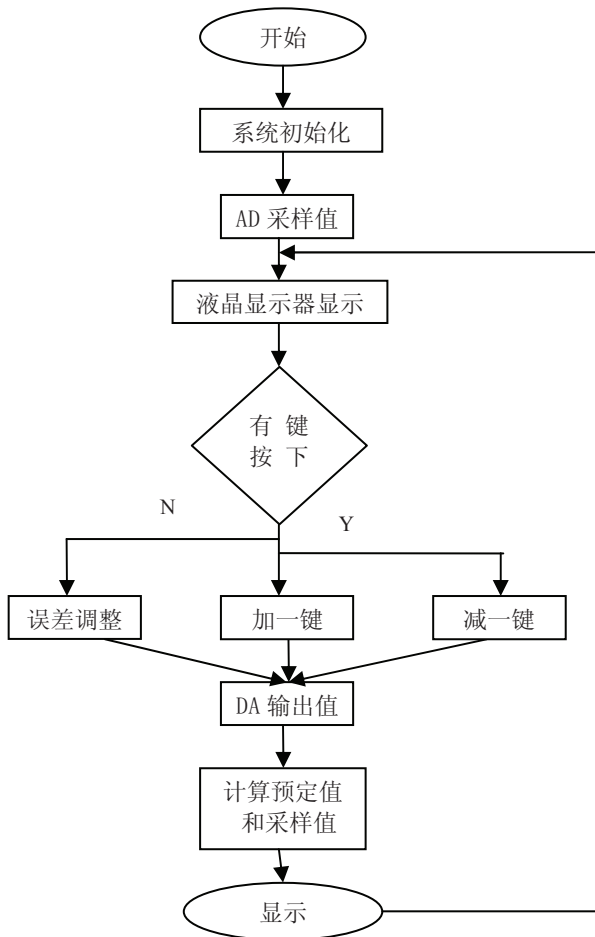


Figure 8. 软件流程图

IV. 试验及结果分析

电压预设值与实际输出值比较如表 1 所示。

TABLE I. 测试电压数据

预设电压值	实际输出电压值	绝对误差	相对误差 %
0	0	0	0
1.0	1.001	0.001	0.09
3.0	2.995	0.005	0.13
5.0	4.992	0.008	0.16
7.0	6.977	0.023	0.21
9.0	8.976	0.024	0.26
11.0	10.962	0.033	0.30
13.0	12.962	0.038	0.29

注：单位 (V)

由表可见，预设电压值与实际输出电压的误差属于正常范畴，设计方案通过。

V. 结论

本设计采用 STC89C52 系列单片机作为整机的控制单元。用单片机对电压进行实时采样，通过键盘来设置稳压电源的输出电压，设置步进等级可达 0.01V，并可由液晶显示实际输出电压值。充分利用 AD7705 内带校准系统，使 A/D 转换精度更好，同时采用 DA7512 完成 D/A 转换。采用软件方法来解决数据的预置以及电压的步进控制，使系统硬件更加简洁，各类功能易于实现。

通过实际使用和测试，本电源具有精度高、电路简单、性能稳定、操作简便等优点。

致谢

论文系国家科技重大专项“大型油气田及煤层开发” (20082X05026-001-06) 资助项目。

REFERENCES

- [1] Guiping Li and Youquan Huang, "Design of numerical control adjustable DC power supply," Electronic Design Engineering, vol.17(7), pp.76-80, July 2009 (In Chinese).
- [2] Zenggang Wang, Shujing Su and Chengwei Jia, "Design of Wide Range of Adjustable Power Supply," Automation & Instrumentation, No.2, pp. 54-57, February 2010 (In Chinese).
- [3] Wenjun Liang, Wanchang Lan, Henggui Chen, Xinhua Yu, Dong Yu, "Development of a Numerical-controlled and High Precision Direct Current Voltage-stabilized Source," Nuclear Electronics & Detection Technology, vol. 29(6), pp. 1439-1447, November 2009 (In Chinese).
- [4] Yanhui Xu, "Design and Development of one kind of intellectualization high accuracy digital adjustment direct source," Microcomputer Information, vol. 23(32), pp. 136-138, November 2007 (In Chinese).
- [5] Analog Devices, Inc., "AD7705 Data Sheet [OL]," <http://www.analog.com>.
- [6] Haixia Jing, Linbo Zhou, Rendao Wang, Na Liao, "The Design of Thermocouple Temperature Measurement System Based on SCM,"

Microcomputer Information, vol. 25(23), pp. 88-89, August 2009 (In Chinese).

- [7] Texas Instruments, “DAC7512 Data Sheet [OL] ,” <http://focus.ti.com.cn/cn/tihome/docs/homepage.tsp>.
- [8] National Semiconductor, “LM317 Data Sheet [OL]” <http://www.national.com/>

[9] Guangdi Li, Yuexiu Zhu, Zuqi Leng, Fundamentals of Single-chip Microcomputer, Beijing: Beihang University Press, June 2007 (In Chinese).

[10] Shouzhong Wang, Yuanming Nie, 51 SCM Development Introduction and Typical Examples, Beijing: Posts and Telecom Press, October 2009 (In Chinese).