

基于数字电位器的多通道程控高压调节系统设计

许凤慧¹ 肖韶荣¹

摘要

介绍了一种以数字电位器(MCP42010)和单片机(AT89S52)为核心的多通道程控高压调节系统的原理和结构.该系统电路简单、控制方便、成本低廉,它由多个被同一单片机控制的双通道数字电位器以及普通高压电源模块组成,能够实现两大功能:多通道选择和高压程控.通道的选择和具体电压大小的实现都通过一个带串口调试的图形化编程语言(VB)界面设置数据来控制,其应用程序采用面向硬件C语言程序(KEIL C)和VB编写.

关键词

多通道; 高压电源; MCP42010; AT89S52; KEIL C; VB

中图分类号 TM547

文献标志码 A

0 引言

Introduction

光电探测系统中的部分光电器件,例如具有外光电效应的光电倍增管(Photomultiplier Tube, PMT)和具有内光电效应的雪崩光电二极管(Avalanche Photo Diode, APD),其使用电压大小直接影响器件本身的灵敏度,即电压越大,灵敏度越高^[1-3].传统的可调高压电源通常是通过串联电阻分压来实现的,或者是通过传统的手动电位器来实现分压,这种输出稳定高压的模块基本不具有自动调节和程控的功能,需要借助数字电位器来实现^[4].另外,已有的高压电源模块每次只能给一个用电器(光电倍增管)供电,而无法实现多通道同时或者分时工作,更无法实现多通道的程控高压任意调节.为了能够满足利用一个单片机来控制输出多个稳定高压,本文以数字电位器(MCP42010)和单片机(AT89S52)为核心,以高压电源 HB-Z122-1.5C 为例,设计了多通道选择和程控电路,研制成一种输出电压稳定、输入调节方便,具有通道选择、显示等功能的多通道程控高压调节系统.

1 MCP42010 的功能及其编程

Functions and programming of MCP42010

目前已有的可调高压电源模块中使用的电位器基本都是机械电位器,使用机械电位器去手动调节电压大小时,由于振动等因素很难保证电压精确度,而且不同时间调节的电压值要保持一致也很困难.为了能够保证得到输出电压值精度高的可调高压电源模块,本文选用数字电位器来代替传统的机械电位器.数字电位器不仅克服了机械电位器噪声大、磨损大、怕振动、寿命短的缺点,还具有控制方便、可编程、易实现微调的优点.

1.1 数字电位器的原理

数字电位器具有无噪声、抗震动、尺寸小、寿命长等优点. MCP42010 是具有 256 个抽头的双 10 k Ω 的数字电位器,引脚排列如图 1 所示.各引脚功能分为 PW0(1)——电位器 0(1) 的滑动触头; PA0(1)、PB0(1)——电位器 0(1) 的两端; VDD——电源正极, +5 V; VSS——电源负极, 接地; CS——片选输入; SCK——串行时钟输入; SI——串行数据输入; SO——串行数据输出,用于实现多个数字电位器的菊花链连接; RS——复位输入,低电平有效,可将电位器滑动触头硬件复位至半量程; SHDN——关断模式输入,低电平有效,关断模式下所有 PW 端与相应的 PB 端短接.

收稿日期 2010-03-03

作者简介

许凤慧,女,硕士生,研究方向为光电信号与信息处理. fh.xu@163.com

肖韶荣(通讯作者),男,教授,博导,主要研究光电信号与信息处理. sr.xiao@163.com

¹ 南京信息工程大学 电子与信息工程学院, 南京, 210044

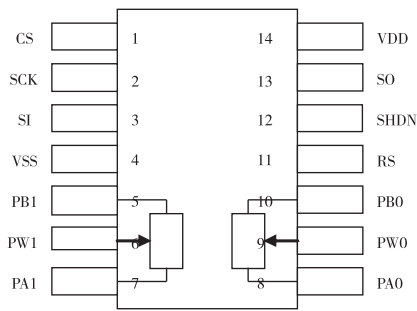


图1 MCP42010 引脚排列

Fig. 1 Pins of MCP42010

MCP42010 的控制可通过 SPI 串行接口实现. 要注意 MCP42010 可工作在模式 0 和 3. 这两种模式的区别是: 当使用模式 3 时, 时钟的空闲状态为高电平; 而模式 0, 时钟的空闲状态为低电平. 这两种模式都在 SCK 上升沿输入数据到移位寄存器, 在 CS 上升沿将数据转入数据寄存器从而确定电位器滑动触头的位置. 图 2 是模式 0 的时序. 由图 2 可知, 串行输入数据包括 1 个命令字节和 1 个数据字节. 数据字节范围 0 ~ 256 kB^[5].

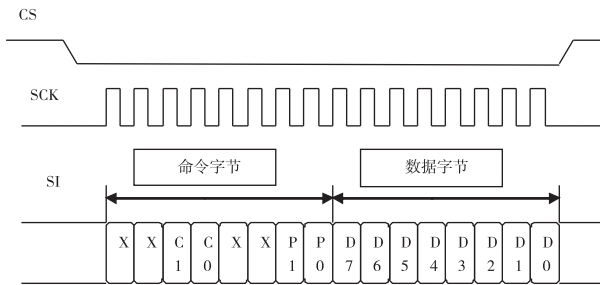


图2 MCP42010 模式 0 的时序

Fig. 2 Timing diagram of MCP42010 in mode 0

据此, 现给出单片机 AT89S52 控制 MCP42010 实现双通道的部分主要 C 程序如下:

```
void main()
{
    MCP42010_RS = 1;
    MCP42010_SHDN = 1;
    MCP42010_SCK = 0;
    _nop_();
    _nop_();
    Write_RES1();
    Write_RES2();
    while(1);
}
```

1.2 菊花链配置

可以用菊花链连接多个 MCP42XXX 器件, 一个器件的 SO 引脚连接到下一个器件的 SI 引脚. SO 引脚上的数据是 16 位移位寄存器的输出. 菊花链配置允许系统设计人员在不为每个器件单独使用 CS 线的情况下与多个器件通信. 菊花链的配置时序如图 3 所示. 图 3 显示了 3 个器件的菊花链配置, 用这种配置可以连接任意数目的器件 (阻值相同或不同). 虽然不能在开头或中间使用 MCP41XXX (因为它没有串行数据输出 (SO) 引脚), 但可以在链尾使用它. 数据在时钟的下降沿送出 SO 引脚. SO 引脚有一个 CMOS 推挽式输出, 在 CS 为高电平时会驱动为低电平. 在 CS 为高电平时 SO 引脚不会进入高阻状态. 当使用菊花链配置时, 最大时钟速率降到 5.8 MHz 左右, 这是因为 SO 引脚输出数据存在传播延时.

使用菊花链时要切记, 只要一执行命令, 每个器件的移位寄存器就会自动装载零 (CS = 高电平). 因此当 CS 变为低电平时, SO 输出的前 16 位将始终为零. 这就意味着当器件装入第一个命令时, 器件始终会将一条 NOP 命令移入链中的下一器件, 因为命令位 (和其他位) 始终为零. 利用该功能, 器件只需向链中需要新命令的最远器件发送命令和数据字节. 例如, 如果链中有 3 个器件, 需要向中间的器件发送命令, 那么只需发送 32 个字节的数据. 链中最后一个器件会从前一器件得到 NOP 命令, 所以当 CS 引脚上升为高电平执行命令时不会影响任何寄存器. 用户必须始终确保 CS 低电平时间为 16 个时钟周期的整数倍, 如果不是, 那么所有命令都会中止^[5].

2 原理

Principles

2.1 单通道高压电源

单通道程控高压电源要实现的功能要求是电压输入为 (12 ± 2) V 的情况下, 输出电压为可调电压, 其范围是 0 ~ 1 200 V.

具体原理是通过对单片机输入指令, 来控制数字电位器抽头位置变化, 从而控制输出电压的变化. 其中数字电位器和单片机的电气连接如下:

```
sbit RES_CS = P0^0;
sbit MCP42010_SCK = P0^1;
sbit MCP42010_SI = P0^2;
sbit MCP42010_SHDN = P0^3;
sbit MCP42010_RS = P0^4;
```

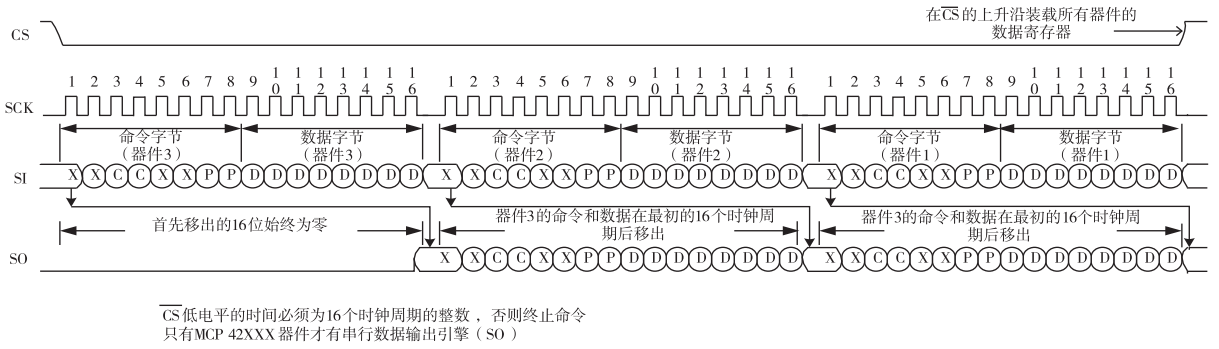


图3 菊花链配置时序

Fig.3 Timing diagram of daisy-chain configuration

具体工作流如图4所示.

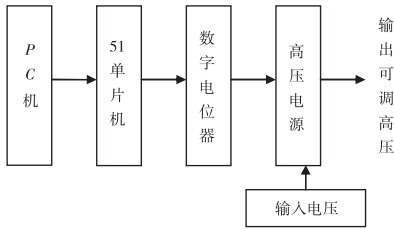


图4 单通道高压电源系统架构

Fig.4 Structure of single-channel high-voltage power supply system

2.2 多通道高压电源

为了满足能利用一个单片机来控制输出多个稳定高压,也就是在能够实现电压任意调节的基础上,增加了通道选择的功能. 本文针对这一要求,研究了这种多通道程控高压电源系统,其电压大小调节原理等同于单通道高压电源. 其中多通道的实现有菊花链方式和译码器方式.

1) 菊花链配置. 使用菊花链设置程序电路连接简单,数据输入准确,但每次调节一个电位器抽头需要输入多组数据,不方便多通道电压的随意控制. 以改变第5个电位器抽头为例,必须要向链中需要新命令的最远器件发送命令和数据字节,即器件需要输入其中1到5的电位器抽头值,才能改变第5个电位器的抽头. 菊花链这种每次调节一个电位器抽头需要输入多组数据的特性,只适合实验室调试,不适用于工业控制中^[6-7].

2) 译码器配置. 译码器设置时电气连接简单,其中每个电位器和单片机的电气连接(除片选输入CS外)和单通道时相同,16个电位器的CS端分别连接着51单片机的输入输出端口P0口和P2口.

另外,为了实现能够每次任意调节一个通道的电位器,基于单片机(AT89S52)的输入输出特性,利用C语言实现4—16译码器功能. 本系统利用译码器来实现32通道的程控高压电源,此译码器系统通过KEIL设计程序实现4—16译码功能. 4—16译码器分别通过P0口和P2口输出. 实现译码器功能的子程序如下:

```

if(a <= 0X07)
{
    m = 1 << (a & 7);
}
if(a > 0X07)
{
    n = a - 0X08;
    k = 1 << (n & 7);
}

```

这样就能实现单片机的每个输入输出端口电平和CS端电平保持一致,从而很好地实现通道选择功能.

译码器功能通过软件编程来实现,不需要另加硬件配置,具有电路简单、控制方便的优点. 经反复测试,稳定性好、精度高、性价比高,适合在实验室和工业中使用.

经过比较发现,利用译码器配置实现多通道,可简化电路,控制方便,输出数据精确,适合调节高压电源通道选择的任意性和数据要求的精确性,因此在系统设计中采用译码器配置.

多通道高压电源系统组成如图5所示.

3 多通道高压电源硬件电路设计

Circuit design of multi-channel high-voltage power supply system

基于HB-Z122-1.5 C的多通道程控高压电源

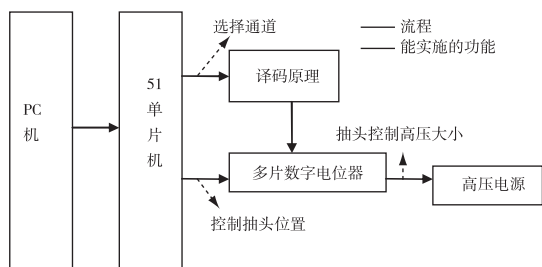


图5 多通道高压电源系统架构

Fig.5 Structure of multi-channel high-voltage power supply system

原理如图6所示.其中通道的选择由AT89S52通过C语言程序来设计软件控制;高压模块输入电压由数字电位器MCP42010产生,其滑动触头的位置通过SPI接口由AT89S52控制.高压模块HB-Z122-1.5C的输入电压大小是 (12 ± 2) V,输出电压大小取决于数字电位器的滑动触头的位置,即电位器的抽头位置取值越大,电压就越大.高压电源的通道选择和输入电压大小这两个数值由用户在PC机界面上设置并通过串口输入到单片机,再由单片机控制高压电源.

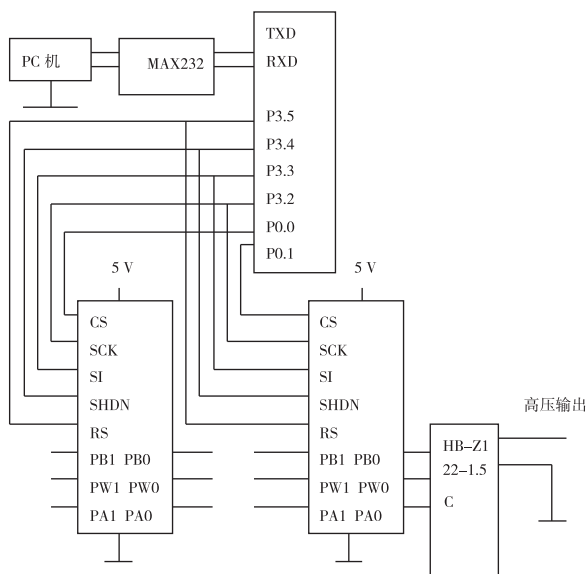


图6 多通道高压电源原理

Fig.6 Schematic of multi-channel high voltage power supply

4 上位机的通信软件

Communication software of host computer

下位机部分与具有强大数据处理能力和丰富软件资源的上位机组成分布式系统,上位机负责对整个系统参数的设定和数据处理.下位机部分通过单

片机的P3.0口和P3.1口分别与上位机实现串行通信.在上位机上用VB的通信控件MSComm编制实时检测系统软件,接受串行口送来的数据,并作出相应的处理.上位机的主要功能是在用户界面上实现数据的显示、系统的参数设置以及对下位机的控制^[8-9].上位机应用程序由图形化编程语言VB编写.VB程序由程序框图和操作面板两部分组成,程序框图相当于程序的源代码,实现所需要的功能,而操作面板类似于实际仪器的面板,使用者可在上面直观地设置运行参数、观察运行结果.VB程序可通过PC机与AT89S52的串口通讯实现对多通道高压电源的输入调节.高压电源操作面板如图7所示,可设置通讯参数(如串口号、波特率等)、高压电源输出电压、通道选择等并输出反馈值.

此VB界面是在串口调试助手功能的基础上,增加了通道选择,电压值转换成电位器抽头位置,以及电压初始化的功能,界面直观、使用方便,并通过反复实验,功能稳定、实用性强.



图7 多通道高压电源界面

Fig.7 Interface map of multi-channel high voltage power supply

5 实验结果及分析

Experimental results and analysis

5.1 单通道测试结果及分析

单通道高压电源输入电压要求是 (12 ± 2) V,输出电压范围要求是 $0 \sim 1\ 200$ V,在电压输入为 11.91 V时,实际输出电压大小范围为 $4.78 \sim 1\ 171.90$ V,且线性度好,数据离散度小,近似于连续调节,响应速度快,输出电压稳定性好,输入电压和平均实际输出电压基本呈线性,误差较小,精度高.单通道的电压测试如图8所示.

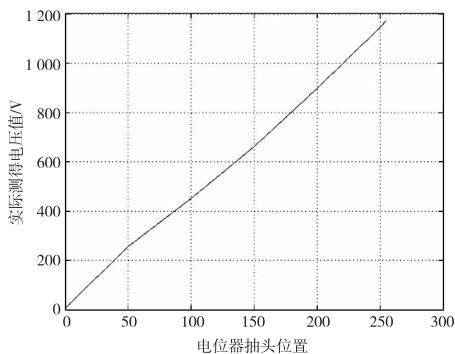


图8 单通道电压测试

Fig. 8 Test pattern of voltage of single-channel

由于数字电位器所提供的阻值为一系列离散值,在这些离散值中可能没有完全符合连续电阻要求,这是产生误差的重要原因之一,可以选用相对误差小、分辨力高的数字电位器来减小误差。

5.2 多通道测试结果及分析

多通道高压电源输入电压要求是 (12 ± 2) V,输出电压范围要求是 $0 \sim 1\ 200$ V,每个通道的线性度好,32通道的平均实际输出电压大小范围 $4.78 \sim 1\ 171.90$ V,数据离散度小,近似于连续调节,响应速度快,通道选择、输出电压稳定性好,输入电压要求和平均实际输出电压基本呈线性,误差较小,精度高,每个通道均能符合光电倍增管的供电要求。32通道平均电压测试如图9所示。

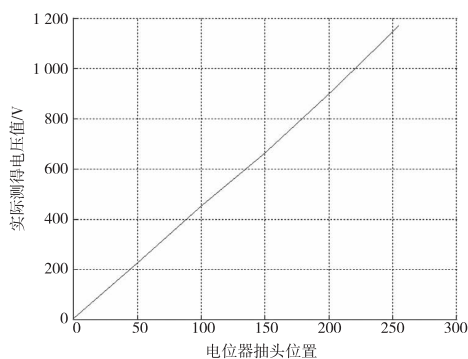


图9 32通道平均电压测试

Fig. 9 Test pattern of average voltage of 32 channels

利用多个数字电位器和单片机实现多通道程控高压电源,各电位器之间的实际测试数据大小本身也有不同,这是产生电压误差的主要原因。减少通道之间相对误差的方法是选用相似性高的一组数字电位器,能优化平均实际测量电压的线性度。

6 结论

Conclusion

该多通道程控高压电源系统无需太多电路,输入电压要求不高,具有控制方便、输出电压精度高、稳定性好、成本低廉等优点。从测量结果来看,系统的指标精度较高,具有一定的实用价值。已经过实验室实验,携带移动方便,操作简单。本系统能够实现高压电源的程控功能和多通道功能,使一个高压电源模块能同时满足多个用电器的供电。

本文创新点如下:1)利用带串口调试的多功能VB界面实现了多通道直流高压模块的程控;2)实现了多通道高压电源同时和分时工作。

参考文献

References

- [1] 王海科,吕云鹏. 光电倍增管特性及应用[J]. 仪器仪表与分析监测,2005(1):1-4
WANG Haike, LÜ Yunpeng. Characteristics and application of photoelectric magnification tube[J]. Instrumentation Analysis Monitoring, 2005(1):1-4
- [2] Kaufmann K. Photomultipliers: Low-light, high-speed specialists [M]. The Photonics Handbook, 2004: 91-93
- [3] 刘连峰,蒋月娟. 测色仪中光电倍增管的电源设计[J]. 光学仪器,2001,23(4):8-11
LIU Lianfeng, JIANG Yuejuan. Design of power applied for photomultiplier in color measurement[J]. Optical Instrument, 2001, 23(4):8-11
- [4] 王立新. 基于数字电位器 MCP42010 的程控高压电源[J]. 微计算机信息,2007,23(4):204-206
WANG Lixin. A digital potentiometer MCP42010-based programmable high voltage power supply [J]. Control & Measurement, 2007, 23(4):204-206
- [5] MCP41 × × × / MCP42 × × × : 采用 SPI 接口的单/双通道数字电位器[M]. Microchip Technology Inc, 2006:1-20
MCP41 × × × / MCP42 × × × : SPI interface with single/dual channel digital potentiometer [M]. Microchip Technology Inc, 2006:1-20
- [6] 王成亮,杨波,杨光. 基于 USB 的数字电位器的控制[J]. 电测与仪表,2009,46(10):76-80
WANG Chengliang, YANG Bo, YANG Guang. Control method of digital potentiometer based on USB[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2009, 46(10):76-80
- [7] 周玲,张记龙,苏世栋. 基于 X9241M 数字电位器的程控滤波器设计[J]. 中北大学学报:自然科学版,2008,29(1):85-89
ZHOU Ling, ZHANG Jilong, SU Shidong. Programmable filter design based on X9241M digital potentiometer[J]. Journal of North University of China: Natural Science Edition, 2008, 29(1):85-89
- [8] Hamamura S, Ninomiya T, Yamamoto M, et al. Combined PWM and PFM control for universal Line voltage of a piezo-electric transformer off-line converter[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2003, 18(1):270-277.
- [9] DONG Shanxu, TANG Wengqiang. Low cost digital thermometer based on DS18B20 and 6 pin PIC Mcu[J]. Science & Technology Information, 2009, 31: 409-410

Design of multi-channel programme-controlled highvoltage power regulatory system based on digital potentiometer

XU Fenghui¹ XIAO Shaorong¹

1 School of Electronic & Information Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract This paper presents the multi-channel programme-controlled high-voltage power regulatory system which is mainly based on digital potentiometers (MCP42010) and MCU (AT89S52) in theory and composition. This simple and convenient system consists of a general high-voltage power supply module, and several dual-channel digital potentiometers which are controlled by the same microcomputer. Channel selection and voltage requirements are controlled in a VB interface with serial interface. The system's application program uses the hardware-oriented C language program (KEIL C) and the graphical programming language (VB) to program.

Key words multi-channel; high voltage power supply; MCP42010; AT89S52; KEIL C; VB