

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2016.06.010

一种小型音乐喷泉的设计制作

屈子琦, 胡正国, 吕诗如

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 通过对比目前各种喷泉控制系统的控制方式, 利用单片机作为控制芯片设计制作一个喷泉控制系统, 选用小型直流电机控制水型变化, LED彩灯进行灯光渲染, 音频功放电路实现音乐播放。通过仿真测试及实物制作验证, 该方法切实可行, 能够很好地实现音乐、喷泉、灯光之间的配合。

关键词: 音乐喷泉; 模数转换; PWM控制

中图分类号: TP368

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2016)06-0050-05

Design and Production of a Miniature Musical Fountain

QU Ziqi, HU Zhengguo, LÜ Shiru

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Based on a comparison made between various control modes of current fountain control systems, a new fountain control system, with a single chip computer (SCM) its control chips, has been designed. This system uses a small DC motor to control water patterns, uses LED lights for lighting and color rendering, and uses audio power amplifier for music playing. Simulation tests of the physical models verify the feasibility of this concept, which helps to realize a perfect coordination between the music, fountains, and lights.

Keywords: musical fountain; analog digital conversion (ADC); PWM control

0 引言

现代喷泉能借助水泵将低处的水加压后经管道压至喷头, 再经过喷头的各种动作形成按照人们意愿变化的水型^[1]。在社会经济迅猛发展的浪潮下, 人居环境逐步提升^[2]。尤其在钢筋混凝土构成的城市中的人们, 渴望在闲暇之余欣赏一段美妙的音乐, 观赏一段精彩的喷泉表演。因此, 实际应用中产生了一种将音乐与喷泉相结合的音乐喷泉, 它将现代控制技术与艺术融为一体, 通过计算机强大的控制功能将声、光、色完美结合, 并产生千变万化的灯光水型变化。音乐喷泉不仅能满足人们的精神需求, 还能够降低空气温度, 特别对于当前频发的雾霾天气, 也能起到净化空气的作用。

收稿日期: 2016-09-21

作者简介: 屈子琦(1993-), 男, 湖南衡阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为电力网络自动化技术及应用,

E-mail: 294672609@qq.com

1 控制系统发展现状

近年来随着计算机控制技术的广泛应用, 喷泉控制技术也越来越科学。为了满足人们的需求, 各种最新的技术应用于其中。从最初的预先编写好程序让喷泉按照设定的程序动作, 到后来的根据音乐节奏进行编码控制喷泉动作, 再到现在的实时声控, 每一种技术都体现了当时最新的技术。

目前, 大型音乐喷泉的应用已经非常广泛, 技术也已经相当成熟, 但在小型音乐喷泉的研究上尚未完全成熟, 许多方面还不尽人意。由于应用的场地不同, 大型喷泉一般规模较大, 所采用的控制方式较复杂, 所需的控制电路也相应变得复杂, 大型

喷泉上应用的设备也不能很好地移植过来, 并且大多数喷泉只能在室外现场观看, 无法进入室内。当前大部分音乐喷泉只是简单地将音乐跟喷泉相对应^[3], 而很少真正通过喷泉去表现音乐的旋律。为此, 有针对性地设计一种小型的多功能音乐喷泉。其功能包括音乐播放、空气加湿、养鱼、喷泉、盆景等, 同时具备位置可移、水流可控、音乐可随时更换等特点。

2 控制系统工作原理

在当前的喷泉控制中, 最常采用的是 PLC 控制系统、工控机控制系统和单片机控制系统^[4]。PLC 控制系统简单、可靠性高, 但因其成本较高, 一般只应用于大型控制系统中。工控机是一种专门为各种工业现场设计的控制系统, 它能够适应各种环境, 且能长时间工作但造价较高。而喷泉一般是间歇性工作^[5], 在此选用性价比相对较高的单片机进行控制, 它能够基本实现对喷泉系统的控制, 且体积小、结构相对简单、成本较低。

由于设计的是一种小型的音乐喷泉, 所以不再采用传统的电磁阀进行喷泉水型变化的控制, 而是选用

直流电机控制^[6]。通过单片机处理产生的 PWM (pulse width modulation) 控制信号控制喷泉水型变换^[7]。

设计的喷泉控制系统其工作原理如图 1 所示, 控制思路是利用信号采集处理电路进行信号的采集处理, 经过预处理的信号为模拟信号, 进行模数转换后送至控制芯片内部, 通过程序控制芯片对电路中的执行机构和彩灯发出相应的控制信号, 从而实现喷泉、灯光、音乐的完美结合。其中电路执行机构利用直流电机实现, 由单片机向其发送 PWM 信号控制电机转速变化, 从而间接改变喷泉水型变化^[8]。

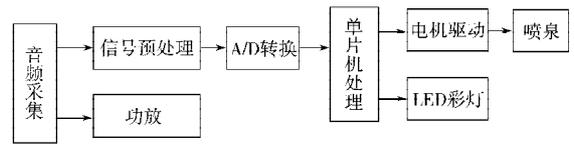


图1 控制系统原理框图

Fig. 1 A schematic diagram of the control system

3 硬件电路设计

采用价格较便宜的STC89C52RC单片机作为整个系统的控制芯片, 系统硬件电路原理如图2所示。

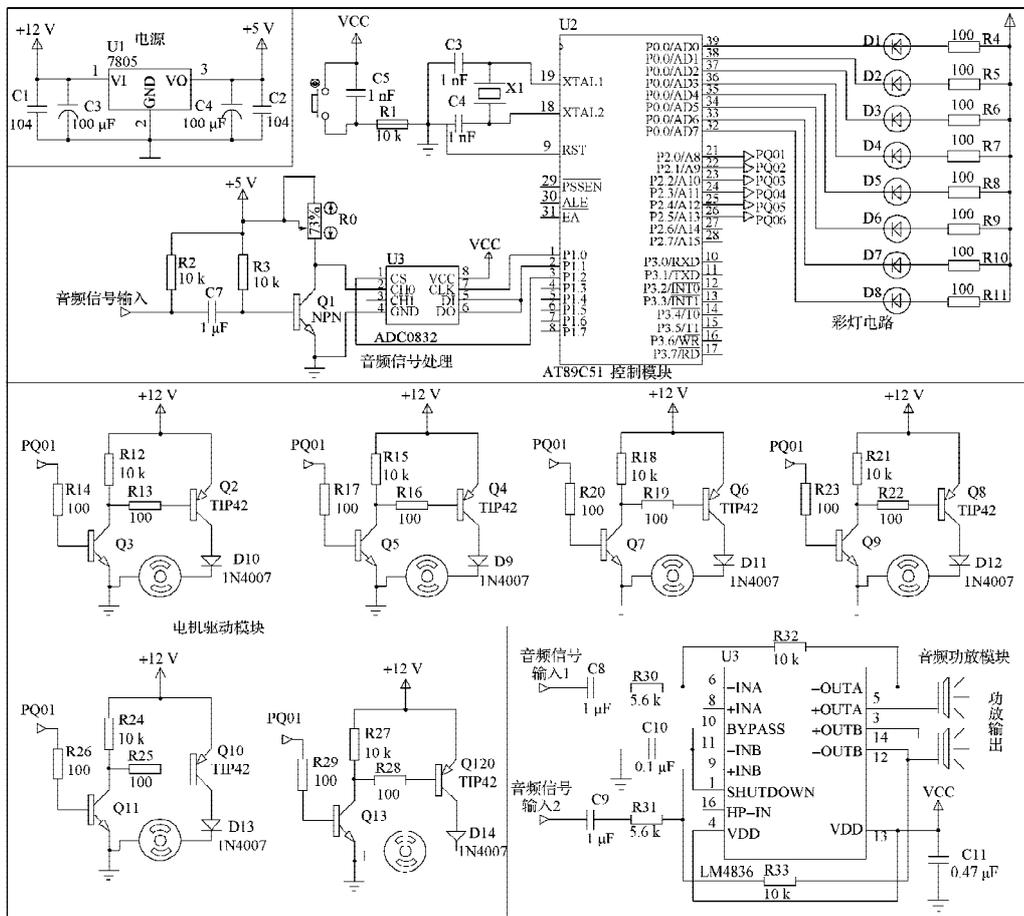


图2 硬件电路原理图

Fig. 2 Schematic diagrams of the hardware circuit

电路整体分为电源转换、信号采集及转换、主控制电路、音频功放、电机驱动几个部分。以下是对其中主要电路进行简要说明。

3.1 电源电路的设计

由于喷泉采用的水泵电机是12 V直流电机,为减少系统成本,采用一个12 V直流电源供电,但单片机芯片的正常工作电压为5 V,因此必须设计一个12 V转5 V的降压电路^[9]。在此,直接采用一个三端集成的稳压管L7805进行降压,该芯片内部集成过流、过热保护电路,用一个简单电路即可实现12 V到5 V的电压转换,在稳压管的输出端输出5 V直流电为单片机供电。

3.2 信号采集及转换

此次设计的信号来源是针对音乐播放器所播放的歌曲,一般从外部所采集的信号较弱,且该信号为连续的模拟信号,为此须先对采集信号进行放大滤波处理,然后经模数转换器将该信号转换成单片机能识别的数字信号,送到单片机的内部进行处理。

为进行模数转换,选用一种常用的双通道模数转换芯片ADC0832进行A/D转换,该芯片是一个8位分辨率、双通道的模数转换器,利用它可将输入的模拟量转换成数字量输出。表1为芯片引脚功能说明。

表1 ADC0832 引脚功能说明
Table 1 ADC0832 pin functions

引脚	功能	引脚	功能
\overline{CS}	片选使能端,低电平有效	VCC	电源
CH0	模拟信号输入通道0	CLK	芯片时钟输入
CH1	模拟信号输入通道1	D0	数据信号输入,转换数据输出
GND	芯片参考0点位	D1	数据信号输入,选择通道控制

在芯片片选使能端为高电平时不进行模数转换,在使能端为低电平时开始进行模数转换并需保持至转换完成。由单片机发出信号到D0和D1端口进行数据传输通道的选择,开始转换时芯片接受外部时钟脉冲信号。输入通道的选择由第2,3个脉冲下降沿到来之前D1端的数据决定。数据转换从第4个脉冲开始。

3.3 主控制电路

控制芯片选用STC89C52RC单片机。这是一种集成CPU、RAM、ROM、I/O和中断系统、定时/计数器于一体而构成的一个微型计算机系统^[10]。它具备计算机的基本功能,且结构简单,其内部能够根据程序对输入信号进行处理并输出相应的控制信号。以此控制芯片作为喷泉控制系统的核心,主要功能是对模数转换芯片发出转换指令,并将处理过的音频信号转换成相应的PWM信号控制电机及彩灯。单

片机最小系统由复位电路、时钟电路及电源组成,是一个能保证单片机正常工作的最小单元电路。

3.4 电机驱动电路

由于本设计的喷泉是一种小型的音乐喷泉,传统利用电磁阀控制水型变化的方式会使整个系统体积增加,为此采用一种微型水泵对喷泉水型变化进行控制。经综合考虑拟选用一种12 V直流电机作为水泵,其工作电流为1 A,垂直的最大扬程50 cm。从单片机I/O口输出的电流值一般较小,达不到电机正常工作的电流,因此设计一个电机驱动电路,根据单片机输出的高低电平控制电机转动。驱动电路的放大元件选用NPN三极管8050和PNP型中功率三极管TIP42C,其中的二极管选用1N4007,作为电机的反接保护。本设计中只采用了6个电机进行喷泉模拟,根据不同情况,若需要控制更多的电机可在单片机的输出端口扩展输出,相应地只需在程序中做一些微调。

3.5 LED彩灯控制电路

为增加喷泉的视觉效果,还设计了彩灯电路,灯光效果利用不同颜色的LED灯珠实现,由于单片机输出引脚为高电平时其输出电流较小,直接接到LED灯不能点亮LED灯。当输出为低电平时引脚上允许通过的电流更大,所以将LED灯珠的负极与单片机P0口相连,灯珠正极经一个100 Ω 电阻接到5 V电源。根据音乐的变化,彩灯作相应的改变,以此达到一个更好的视觉效果。

3.6 音频功放电路

为了使音乐喷泉能实现真正的音乐播放与喷泉的结合,在该电路上还加上了一个音频功放电路。通过该电路可对采集的音乐信号进行功率放大实现音乐的实时播放,给用户带来更好的听觉享受。

整个电路采用双通道的音频功率放大器LM4863D芯片进行功率的放大,其工作电压为5 V,能够给一个4 Ω 负载提供持续3 W的功率。采用表面贴装技术只需要简单的外围电路即可实现功率放大,内部的双通道设计使电路能提供立体声的音乐播放。

4 系统软件设计

整个系统软件部分采用模块化程序设计,利用C语言进行程序编写,系统程序分为主程序、A/D转换程序和延时程序^[11]。软件部分的主要功能是通过单片机控制A/D转换芯片对采集的音频模拟信号进行处理,对于处理后的数字信号单片机再对其进行处理,根据处理后的离散信号幅值大小确定输出PWM

波占空比的大小。软件设计流程图如图3所示, 图3a为模数转换子程序流程图, 图3b为主程序流程图。

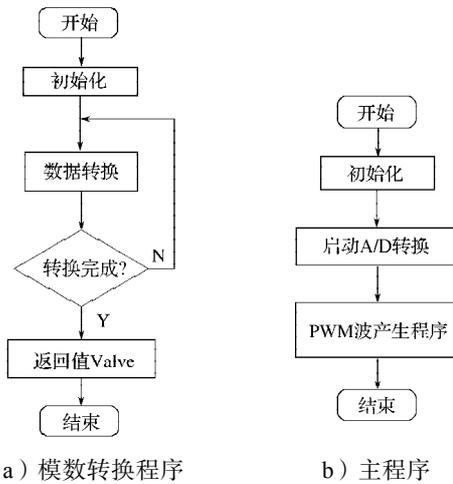


图3 软件流程图
Fig. 3 Software flow chart

5 系统仿真及实物制作

在进行硬件电路设计、软件程序的编写之后, 为验证所设计的控制系统能可靠工作保证该系统能真正的用于实际之中, 必须在硬件电路制作之前进行软件仿真。仿真能使制作的实物调试更方便, 更好地实现喷泉控制。

在此采用 Proteus 仿真软件进行电路仿真, Keil uVision2 软件进行程序的编译。Proteus 具有电路原理图绘制、电路仿真的作用。它可以为用户提供数千种元器件, 供用户进行数字电路、模拟电路、交流和直流的仿真^[12]。内部的各种仿真仪表可供用户进行电路运行状态的测量。Keil uVision2 是一种能利用汇编语言或 C 语言进行软件开发的系统, 利用它可以实现将编写好的 C 文件生成可执行文件, 并可导入到 Proteus 中进行仿真实验。利用 Proteus 绘制整个系统电路图, 并将 Keil uVision2 软件编译生成的可执行文件导入到 Proteus 的单片机内部进行仿真实验。

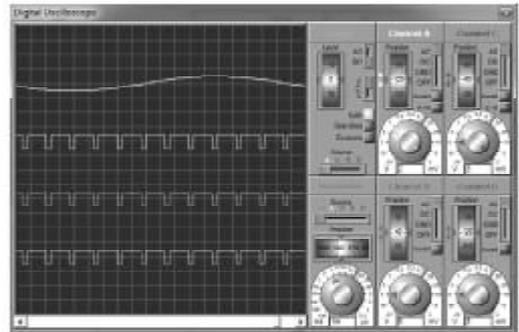
5.1 仿真测试及结果分析

由于本设计信号的来源是音频信号, 在仿真中利用一个正弦波形信号代替音频信号进行仿真, 由于仿真是为了验证该控制系统是否能达到控制电机的目的, 即在单片机的输出口是否能产生一个 PWM 波, 为此利用软件自带的示波器测试单片机输出端的输出波形进行仿真验证。

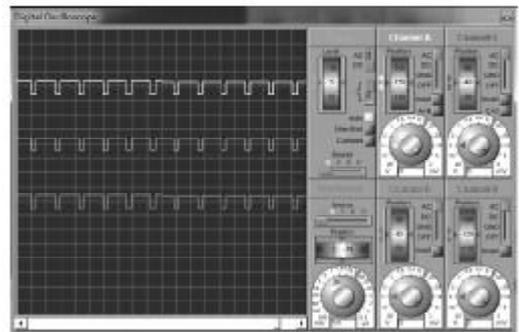
该控制系统所控制的输出有 6 路, 为将输入信号的波形与输出波形形成对比故在仿真时也对输入波形进行了测量, 一共进行了 7 路信号的测量, 通过软

件提供的仿真仪表示波器对这 7 路波形进行显示。波形如图 4 所示。

图 4a 中的 4 条波形最上面的为输入的正弦波形, 下面 3 条为单片机输出口 P2.0~P2.2 的波形, 图 4b 中上面 3 条为单片机输出的电机控制信号。由示波器的图形可看出输出的为矩形波, 由此验证该控制系统能够将外部输入的信号转换成对应的 PWM 波形输出从而达到控制喷泉的目的。



a) 音源输入及单片机 P2.0~P2.2 端口输出



b) 单片机 P2.3~P2.5 端口输出

图4 输入输出仿真波形图

Fig. 4 Input and output simulation wave-forms

对比示波器上的波形可知, 在输入音频信号为正弦波时, 能够输出相应的 PWM 波形来控制电机, 在 PWM 波的高电平时电机旋转, 低电平时电机停止, 以此来控制喷泉电机转速。由此可知该控制系统能根据程序将输入信号转换成相应的 PWM 波形对电机进行控制, 基本满足预期要求。

5.2 实物制作验证

根据电气原理图确定该控制系统的元器件清单, 进行元器件的购买。焊接之前首先要根据原理图合理布置好各个元件的位置并进行实物制作, 制作出来的喷泉控制电路的电路板如图 5 所示, 左侧为 6 路电机驱动信号输出, 中间为单片机控制芯片, 右上角为音频采集及处理电路, 右下角为电源供电部分, 8 颗 LED 彩灯进行灯光渲染。将微型水泵按照所需造型固定摆放好并连接到六路电机驱动信号输出端, 接通电源及音乐信号即可实现喷泉水柱跟随音乐而

变化。由此,设计的小型音乐喷泉基本能达到预期要求,制作的实物也能很好地实现音乐与喷泉的结合。

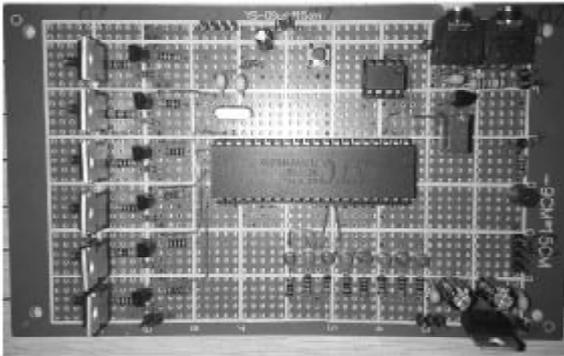


图5 控制电路实物图

Fig. 5 A physical map of the control circuit

6 结语

系统经过软件仿真及实物测试验证之后基本能达到预期效果,并且大多数音乐喷泉的背景音乐是不可更换的,而本设计很好地解决背景音乐不可更换的问题。在此设计中只是为了验证控制系统能够实现灯光音乐水型的配合,故只设置了6路信号输出控制电机,在不同场合可根据实际情况扩展输出,达到更好效果。由于系统是利用程序控制输出信号,若需要更改相应的水型进行配合只需要在程序中做一些改动即可实现。

实验证明,该系统在满足音乐喷泉的基本功能下,整体工作原理较简单,实现起来相对容易,并且成本低,可移植性好。能较好地应用于各种需要小型喷泉的场合。

参考文献:

[1] 朱翔远. 喷泉发展史: 起源、演变和展望[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
ZHU Xiangyuan. Development History of Fountain: Origin, Evolution and Prospect[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2008.

[2] 张可菊, 黄金菡. 基于单片机的音乐喷泉控制系统的设计[J]. 电子制作, 2014(4): 5.
ZHANG Keju, HUANG Jinhan. Design of Music Fountain Control System Based on Single Chip Microcomputer[J]. Practical Electronics, 2014(4): 5.

[3] 石小和. 我国音乐喷泉控制系统研究进展[J]. 科技创新与应用, 2014(20): 11-12.
SHI Xiaohu. Research Progress of Music Fountain Control System in China[J]. Technology Innovation and

Application, 2014(20): 11-12.

[4] 潘礼庆. PLC在大型音乐喷泉实时控制系统中的设计与应用[J]. 工业控制计算机, 2009, 22(6): 86-87.
PAN Liqing. Design and Application of PLC in the Real Time Control System of Large Musical Fountain [J]. Industrial Control Computer, 2009, 22(6): 86-87.

[5] 童克波. 音乐喷泉电气控制系统的设计与实施[D]. 天津: 天津大学, 2010.
TONG Kebo. Design and Implementation of Electric Control System for Musical Fountain[D]. Tianjin: Tianjin University, 2010.

[6] 茹占军, 谢家兴. 基于AT89S52单片机直流电机调速系统的设计[J]. 软件导刊, 2010, 9(8): 106-107.
RU Zhanjun, XIE Jiaying. Design of DC Motor Speed Control System Based on AT89S52[J]. Software Guide, 2010, 9(8): 106-107.

[7] 贺理, 龙永红, 滕峻林, 等. 基于PWM的机车雨刮控制器的设计[J]. 湖南工业大学学报, 2010, 24(6): 84-88.
HE Li, LONG Yonghong, TENG Junlin, et al. Design of Locomotive Wiper Controller Based on PWM[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2010, 24(6): 84-88.

[8] 陈欢, 凌云, 李飞, 等. PWM脉冲控制的晶闸管触发装置[J]. 湖南工业大学学报, 2014, 28(1): 49-52.
CHEN Huan, LIN Yun, LI Fei, et al. The PWM Pulse Controlled Thyristor Trigger Device[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2014, 28(1): 49-52.

[9] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 163-165.
WANG Zhao'an, HUANG Jun. Electric Power Electronic Technology[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2000: 163-165.

[10] 李全利. 单片机原理及接口技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 27-28.
LI Quanli. The Principle and Interface Technology of Single Chip Microcomputer[M]. Beijing: Higher Education Press, 2009: 27-28.

[11] 王效华, 牛思先. 基于单片机PWM控制技术的实现[J]. 武汉理工大学学报, 2010, 32(1): 94-98.
WANG Xiaohua, NIU Sixian. Realization of PWM Control Technology Based on Single Chip Microcomputer[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2010, 32(1): 94-98.

[12] 袁战军. 基于Proteus的直流电机PWM调速系统研究[J]. 电子设计工程, 2013, 21(15): 113-116.
YUAN Zhanjun. Research on Speed Regulating System of DC Motor PWM Based on Proteus [J]. Electronic Design Engineering, 2013, 21(15): 113-116.

(责任编辑: 申剑)