

# 基于 PIC16F877A 的太阳能与市电互补照明系统控制器的设计\*

王秀玲<sup>1</sup>, 王文兰<sup>1</sup>, 吴武臣<sup>2</sup>

(1. 内蒙古工业大学 电力学院自动化系, 内蒙古 呼和浩特 010051;

2. 北京工业大学 信息与控制工程学院 VLSI 实验室, 北京 100124)

**摘要:**介绍了一款以单片机 PIC16F877A 为控制核心的太阳能与市电互补照明系统控制器的设计。通过对蓄电池充电开关、放电开关和市电供电开关的控制, 实现了对系统中蓄电池的管理和系统运行控制等功能。对其功能和工作特性进行了测试分析。结果表明, 控制器各项功能完成良好, 具有较高的实用价值和良好的应用前景。

**关键词:**互补照明; PIC16F877A; 控制电路; 性能测试

中图分类号: TP39

文献标识码: A

## Design of illumination system controller using solar cells complemented by commercial power based on PIC16F877A

WANG Xiu Ling<sup>1</sup>, WANG Wen Lan<sup>1</sup>, WU Wu Chen<sup>2</sup>

(1. Inner Mongolia University of Technology, Inner Mongolia 010051, China;

2. VLSI and System Lab, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract:** In this paper an illumination system controller using solar cells complemented by commercial power based on PIC16F877A is introduced. The controller achieved control to lead-acid storage battery and the whole system through controlling charging switch, discharging switch and commercial power supply switch. Some performance parameters and functions of controller have been tested and analyzed. The result shows the controller can complete all control functions well. The controller has high practical value and a good application prospect.

**Key words:** complementary illumination; PIC16F877A; control circuit; performance test

利用太阳能照明是人类开发利用太阳能的一个主要用途, 然而, 由于太阳能辐射的不连续性和间歇性, 以及目前单纯太阳能照明系统的投资和成本较高、部分技术不够成熟等原因, 太阳能照明系统经常出现在连续阴雨天时, 由于蓄电池电压不足而导致负载不能点亮的情况。将太阳能与市电组成双电源互补供电照明系统, 不仅可以有效解决太阳能利用不稳定的问题, 还可以适当减小太阳能电池和蓄电池的容量, 降低开发利用太阳能技术的成本, 同时满足系统的可靠性和经济性要求<sup>[1-2]</sup>。

### 1 控制器的主要功能及组成

本文所设计的控制器供街道和住宅小区夜间利用

太阳能和市电互补照明系统使用, 根据照明实际状况, 设计控制器具有如下功能:

- (1) 支持 12 V 直流系统工作电压;
- (2) 支持最大至 4 A 的充放电电流;
- (3) 支持直流、脉冲两种充电方式;
- (4) 具有深夜使半导体照明灯具亮度减半的功能;
- (5) 蓄电池电量不足时, 自动切换到市电电源供电;
- (6) 能检测太阳能电池的电压, 自动转换工作模式;
- (7) 能检测蓄电池的电压, 对蓄电池的充、放电过程进行控制;
- (8) 具有防反充电保护、过充电保护、过放电保护和

\* 基金项目: 北京工业大学研究生科技基金(ykj-2007-1949)

负载短路保护功能;

(9)具有电子时钟和计时功能。

图 1 所示为以 PIC16F877A 为核心的控制器外围电路示意图<sup>[3]</sup>。主要由 PIC 单片机(内含 A/D)、时钟电路、电压采样电路、开关驱动电路、时钟控制和数码管显示电路组成。单片机 PIC16F877A 是控制器的核心,外围电路包括开关控制电路(C1~C3)、数码管显示及驱动(A~G/Dig\_EN1~Dig\_EN6)电路、工作状态显示等。

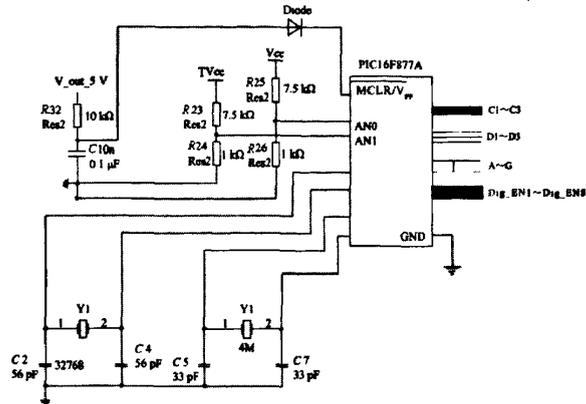


图 1 以 PIC16F877A 为核心的控制器电路示意图

## 2 主要电路设计及器件选型

### 2.1 PIC16F877A

单片机是控制器的核心,系统工作时需要采集太阳能电池和蓄电池的电压。太阳能电池的输出电压受温度和太阳辐射强度等外界因素影响较大,这就要求系统的实时性比较高,即要求系统的响应速度快。故设计中选用了内部含有 A/D 模块、具有 14 位指令宽度的中档 PIC 单片机 16F877A,属 PIC 中级产品,在保持低价格的前提下具有很高的性能。

本文设计的控制器主要用到 PIC16F877A 的如下一些资源:

(1)16 KB 的系统内可编程 Flash,1 KB 片内 SRAM,10 000 次擦写寿命。程序存储空间足够大,不需要额外扩展存储器;10 000 次的擦写寿命方便进行程序调试;

(2) 2 个具有独立预分频器和比较器功能的 8 位定时器/计数器。用于按键去抖和计时;

(3) 1 个具有预分频器、比较功能和捕捉功能的 16 位定时器/计数器。用作调节 PWM 控制信号的占空比,控制充电开关;

(4) 8 路 10 位 ADC。使用其中的 2 路 ADC 通道分别对太阳能电池工作电压、蓄电池工作电压采样;

(5) 使用 2 个中断源,外部中断和定时器中断,分别用于计时和按键;

(6) 可编程 I/O 口。部分 I/O 口使用其第二功能,其他用于控制器系统功能扩展。

### 2.2 电压采样电路

控制器需要采集 2 路电压信号,分别是太阳能电池

输出电压和蓄电池端电压,这两路信号均为变化的直流模拟信号,采样信号应能如实地反映检测量。设计中利用精度为 0.1% 的精密电阻组成简单的分压电阻网络来实现,并在分压电阻网络的输出端并联漏电流很小的精密电容和电感进行滤波,以减小电流泄漏对测量精度的影响<sup>[4]</sup>。采样电路如图 2 所示。

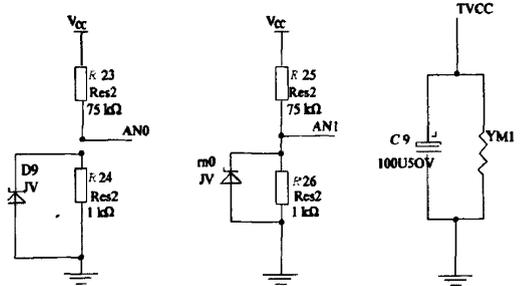


图 2 电压采集电路

### 2.3 控制开关驱动电路

控制器的主要控制对象是 3 个控制开关 C1~C3。分别是蓄电池的充电开关、蓄电池放电(供电)开关和市电供电开关。开关的状态由单片机根据系统的工作状态进行控制;白天太阳能电池向蓄电池充电,开关 C1 闭合,太阳能电池将太阳能转换为电能,储存在蓄电池中,当蓄电池电压出现过充时,控制器断开充电开关 C1;晚上主要由蓄电池向负载供电,开关 C2 闭合,当蓄电池电压不足(欠压)时,蓄电池供电开关 C2 断开,控制器自动切换为市电给负载供电(C3 闭合)。图 3、图 4 和图 5 分别为蓄电池充电、放电和市电供电时开关的驱动电路。

在充电控制电路中,用肖特基二极管来实现防蓄电池反充电保护,防止晚上蓄电池向太阳能电池反充电。同时设计了防止蓄电池过充的保护电路,为了控制蓄电池的充电方式,充电控制信号为单片机输出的 PWM 信号。蓄电池放电(供电)开关的控制信号由单片机输出的高低电平直接控制,实现了深夜半功率供电功能。市电供电开关电路中使用继电器<sup>[5]</sup>。

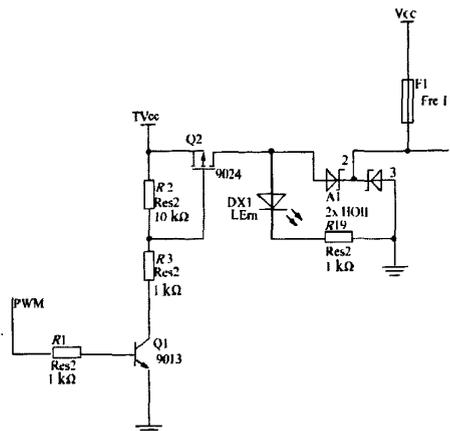


图 3 蓄电池充电开关驱动电路

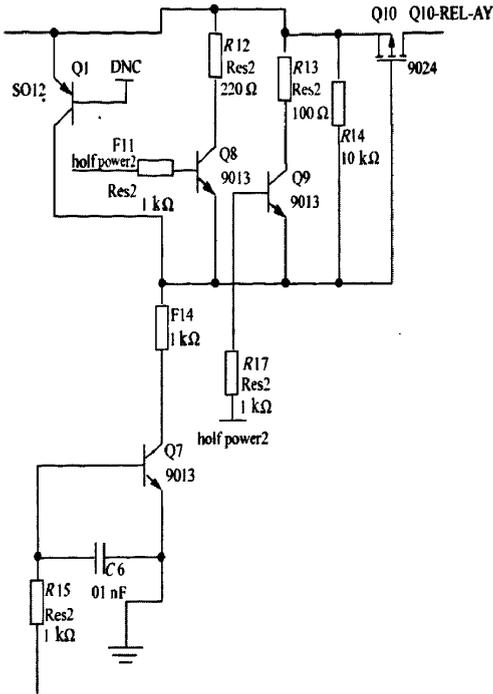


图4 蓄电池放电开关驱动电路

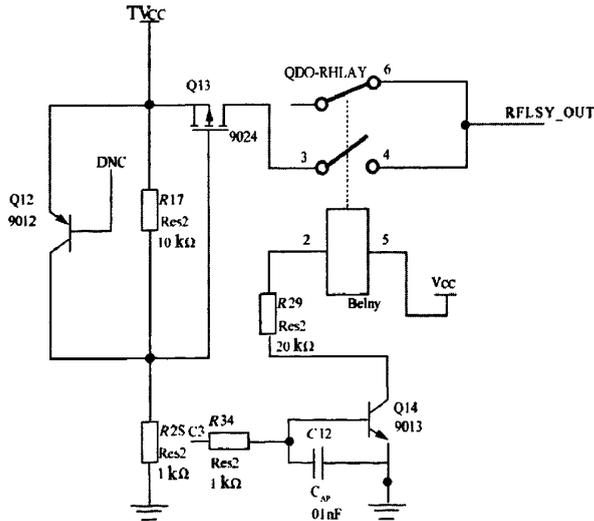


图5 市电供电开关驱动电路

3 控制器性能测试

本文对所设计的系统控制器的功能进行了初步测试,部分测试结果如下。

(1) 指示灯测试系统工作状态

蓄电池脉冲充电情况测试。当 TVcc > 0.7 V 时,天亮;此时 12 V < Vcc < 15 V,蓄电池脉冲充电,脉冲充电指示灯 DS2 点亮。如图 6 所示。

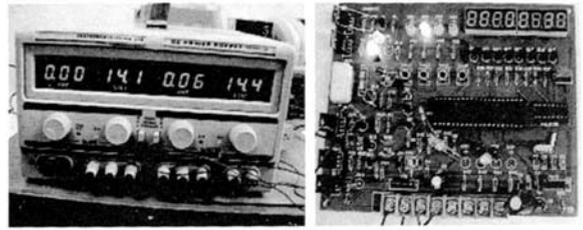


图6 蓄电池脉冲充电测试

(2) 示波器测试蓄电池充电波形

用示波器检测充电开关 Q2 的栅电压,检测蓄电池的充电情况。蓄电池脉冲充电情况下的输出波形为脉冲波形。

另外,还分别对控制器供电控制功能、充电和供电方式转换功能以及控制器工作时整个系统的性能进行了测试和分析,测试结果表明系统控制器可以很好地完成各项功能,并且运行良好。

本文所设计的基于 PIC16F877A 的系统控制器,充分利用单片机的内部资源,具有结构简单、功耗低等特点。经调试实验证明,控制器各项功能完成良好,具有较高的实用价值和良好的应用前景,对太阳能 LED 照明系统的推广应用具有参考意义。

参考文献

- [1] 朱建华,高俊. 智能太阳能半导体照明技术[J]. 轻工机械,2008,(4):111-113.
- [2] 单庆晓,任永益,潘孟春. 蓄电池脉冲充放电的微机控制[J]. 电测与仪表,1996,(9):36-38.
- [3] MARCHESONI M. High-performance current control techniques for applications to multilevel high-power voltage source inverters [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 1992,7(1):189-204.
- [4] 吴理博,赵争鸣,刘建政. 用于太阳能照明系统的智能控制器[J]. 清华大学学报(自然科学版),2003,43(9):1195-1198.
- [5] 陈继,沈辉,王东海,等. 太阳能半导体照明系统的智能控制器[J]. 清华大学学报,2003,43(9):1195-1198.

(收稿日期:2009-09-18)

作者简介:

王秀玲,女,1973年生,工学硕士、讲师,主要研究方向:电路与系统研究;

王文兰,女,1972年生,硕士、讲师,主要研究方向:控制理论与控制系统;

吴武臣,男,1947年生,教授、博导,主要研究方向:超大规模集成电路设计与系统集成。