

基于 MSP430 单片机的红外遥控智能节能系统

Infrared Remote Control Low Power System Based on MSP430

李娟 赵宇 (上海交通大学电子信息与电气工程学院,上海 200240)

摘要

TI 公司的 MSP430 系列单片机是一个超低功耗性能的单片机品种。文中采用 MSP430 实现了一种应用于大型场所信息导航设备的红外遥控节能系统。该系统具有超低功耗、使用方便、全自动运行的特点,已经过可靠性验证,应用极其广泛。

关键词: MSP430F413, 红外, 超低功耗

Abstract

TI's MSP430 family form of MCUs answers market demands for ultra-low power applications. This paper introduces the design of infrared remote control system based on MSP430, which is widely applied in information navigation devices in large-scale areas. This system has been proved to be reliable and to have the following advantages: ultra-low power, convenience for use, automatic operation. It can be widely used.

Keywords: MSP430F413, infrared, ultra-low power

信息导航器是主题公园、会展中心等大型场所的常见设备。目前,大部分场所的信息导航器常年不间断运行,处于长期通电状态,设备容易老化,且浪费电能;此外,需要人工控制电源的通断,操作极其不方便。因此,对导航器进行低功耗设计以及智能遥控便成为了一个有意义的话题。本文基于 TI 公司的 MSP430F413 芯片,提出了一种红外遥控节能系统,满足了信息导航器长期稳定工作,超低功耗和自动运行的需求。

1 系统构成以及功能说明

1.1 系统构成

整个设计分为遥控器(发射模块)和接收器(接收模块)两个部分。遥控器由工作人员操作,设定所需工作参数;接收器安装在信息导航器内,通过红外接收控制信号,以控制导航器的电源。整个方案需要解决三个问题:遥控器设计,接收器设计,遥控器和接收器之间的通信。

遥控器主要由 MSP430 单片机,电源模块,人机界面(液晶显示、键盘输入),红外发射装置所构成;接收器主要由 MSP430 单片机,电源模块,红外解调模块与导航器电源驱动模块构成(见图 1)。

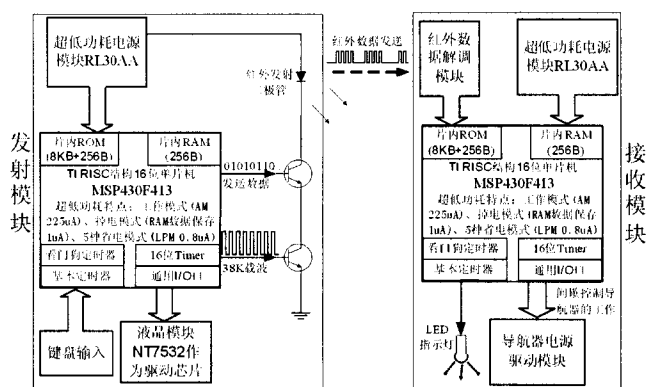


图 1 系统结构图

1.2 功能说明

本系统的主要功能体现在两个模块——遥控器和接收器。遥控器主要是设定导航器电源工作参数,并将参数通过红外传输给接收器;接收器接收信号,实现超低功耗控制。基于系统方

案,具体实现的功能如下:

(1) 遥控器(发射模块)

数据输入:工作人员通过键盘设定信息导航器的工作参数:当前时间、开/关时间、工作频率。比如设备每天工作时段为早上 9 点至下午 5 点,期间每 5s 工作 1s。

显示功能:液晶显示工作人员设定的信息。

信息发送:工作人员通过红外把设定信息发送给接收器。

(2) 接收器(接收模块)

信息接收:通过红外接收用户设定信息,LED 指示灯反馈是否接收成功。

低功耗执行:按设定的运行计划控制信息导航器的电源通断,实现超低功耗运行。

导航器电源驱动:MSP430 根据所设定的工作参数控制两级功率放大电路的通断,驱动信息导航器的电源。

2 硬件设计

2.1 电源模块

系统发送、接收模块都采用电源芯片 RH5RL30AA,这是一款超低功耗低压差线性稳压芯片,能产生稳定的 3V 输出电压。同时,还采用了有低压检测功能的电源芯片 R3111H301C,当输入电压低于 3V 的时候,单片机输出中断信号,采取相应保护措施。

2.2 红外发送接收模块

红外通信:利用波长为 900~1000nm 的红外波作为信息的载体,发射装置把二进制信号经过高频调制后发送出去,接收装置把接收的红外高频信号解调为原来信息。经过载波调制的红外发射抗干扰性强,平均功耗小,这对于采用锂电池供电的发射器十分重要。

MSP430F413 单片机的管脚 P1.5/ACLK 可作为系统的低频辅助时钟输出,可通过通用的 32.768KHz 时钟晶振直接驱动,无须采用额外的外部元件。利用单片机这个功能,选取频率为 32.768KHz 的晶振作为控制器单片机的基准时钟源,从而红外发射利用 P1.5 驱动三极管 Q1 产生频率为 32.768KHz 的载波。同时利用 MSP430F413 单片机的一个通用 I/O 口(P4.2)驱动三极管 Q0 进行二进制数据信号“0”和“1”的传输。

在红外接收模块,利用红外接收管 TSOP1833 解调高频红外信号。当 TSOP1833 接收到高频红外信号时,接收管输出低

电平;当 TSOP1833 没有接收到高频信号时,接收管将输出高电平。经接收管红外解调后的数据通过 P1.4 输入单片机 MSP430 进行相应的处理。

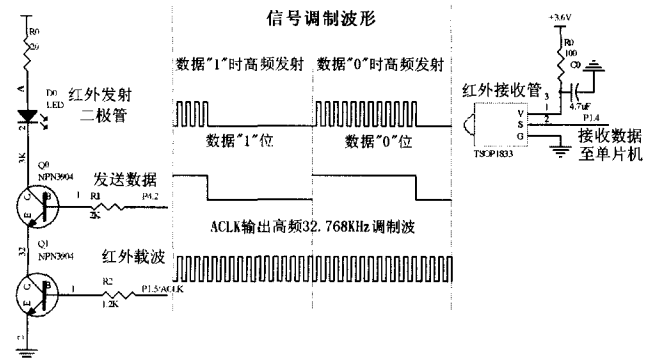


图2 红外收发硬件以及载波调制波形图

2.3 人机界面模块(液晶显示模块)

本系统中选用 3V 电压驱动的 CGR12864 液晶显示模块。CGR12864 是内置 NT7532 控制器的 128 * 64 点阵式液晶显示模块,具有高分辨率,功耗低以及体积小等优点,常用于各种便携式低功耗设备的显示。此液晶模块驱动属于比较新的产品,市面上应用较少。因此,对于单片机和液晶接口的软硬件设计也是一种较新的探索。

这款液晶自带升压电路,当外部供电电压较低时,即可通过外接升压电容(图3中C11~C20)的方式达到驱动电压要求。此外,本设计的液晶模块采用了串行方式与MSP430进行数据通讯。其中单片机的I/O口P4.5、P3.5、P3.6、P4.0、P3.7分别作为串行通讯数据总线的CS(片选口)、RES(复位口)、A0(数据控制/显示选择口)、SCL(时钟)、SI(串行数据输入口)与液晶模块连接。

工作人员对遥控器进行操作时,可设定液晶为背光模式;设定完毕,即可取消背光模式,以便实现系统低功耗要求。

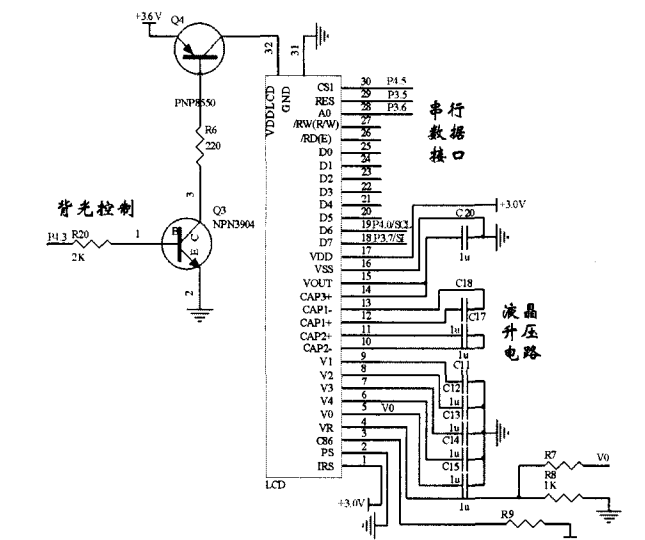


图3 液晶模块硬件接口

2.4 导航器电源驱动模块

本设计采用两级功率放大管来驱动导航器电源。由于MSP430 I/O口的驱动能力比较弱,最大驱动电压只能达到3.6V,无法驱动MOSFET,故驱动电路前级采用三极管以提供场效应管所需的电压;后级选用IRF9540/P型/100V/19A的场效应管,因为它是以电压驱动的,几乎不消耗驱动功率。由于IRF9540的内阻小,温升很小,可以将它装在面积比较小的接收器上。

2.5 低功耗在各模块里的体现

整个设计对系统功耗提出了很高的要求:接收器系统工作电流需低至10μA左右;休眠时电流需低至1μA左右。故在设计时各模块都考虑了低功耗:①MCU采用超低功耗设计的MSP430芯片,它在待机模式下耗电仅为0.8μA,RAM保持模式低至0.1μA,运行时功耗为225μA/MIPS,仅需1μs时钟启动。另外,单片机选择较低频率(32768Hz)的晶振,降低了程序运行时的芯片功耗;②电源芯片选择低电压低功耗设计的RH5RL30AA;③采用了体积小功耗较低的CRG液晶模块。工作人员可以选择只在操作时打开液晶背光;而在其他时候背光关闭。④红外发射采用载波调制,减小平均发射功耗。

3 软件设计

3.1 红外发送接收

MSP430F413 单片机包含两个 16 位的定时/计数器,这里使用了Timer_A产生红外发射数据波形。本系统设计时选择了辅助时钟ACLK(32768Hz)作为Timer_A的时钟源;同时,定时器A采用了增计数模式(即Timer_A从定时器寄存器的当前值开始计数,当计数值与比较寄存器CCR0值相等时,定时器复位,并又从0开始重新计数)。

在数据发送过程,该系统自定义了一种数据协议。该协议中,发送数据定义为四种数据类型:起始码、数据“0”、数据“1”、结束码。(注:1机器周期为1S/32768)

- 数据“0”-120 机器周期的高电平,40 机器周期的低电平;
- 数据“1”-40 机器周期的高电平,120 机器周期的低电平;
- 起始位-160 机器周期的高电平,40 机器周期的低电平;
- 结束位-200 机器周期的高电平,40 机器周期的低电平。

因为红外接收模块解调后的接收码和发送码互为反码,所以接收模块单片机选择了下降沿触发中断。红外收发的软件流程图如图4所示。

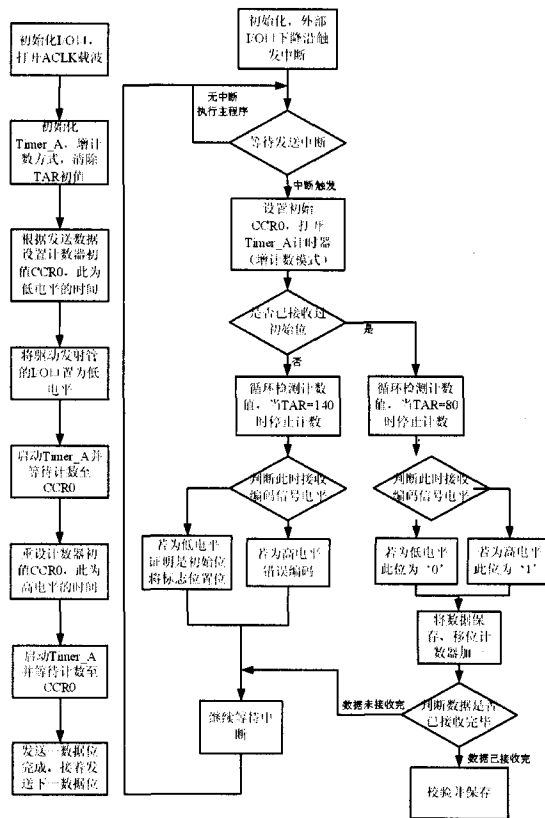


图4 红外编码收发流程(左为发送流程,右为接收流程)

3.2 人机界面

1) 键盘输入

在遥控器键盘上设定工作参数时,运用了一个简单而有效的逻辑对按键进行防抖动。在主程序里循环调用该逻辑程序来查询键值,代替了延时防抖动,增加了程序运行的效率。程序段及注释如下:

```
..... //前面的程序读取键值
if((key!=key_Last)&&(key<=KeyValid))//判断按键是否与上次不同而且为有效键值
key_Last=key; //将键值赋给下次调用
else //当按键后再次进入函数时或无效按键操作时 { key_Last=key; //将键值赋给下次调用
key=0; } //并将按键设为初值
..... //循环调用此程序,每次按键后,第三次调用
//完键值变量 key 与 key_Last 都会变回初值
```

2) 液晶显示

在与 NT7532 的串行通讯过程中,CS 脚为选通信号,低电平有效;A0 为数据/命令选择端;SCL 为串行时钟输入;SI 为数据输入口。SI 数据在串行时钟 SCL 的上升沿被读取,而且发送数据的时候要注意,发送一个 BYTE 要从高位向低位发送,即 D7、D6...D0。发送的 8Bit 数据在第 8 个 SCL 时钟的上升沿转变为一个 Byte 的数据并进行处理。A0 口用来决定传送数据是否为显示数据。A0="L"表示传送的是 8 位命令数据,A0="H"表示传送的是 8 位显示数据。所有数据传输只在 CS 为低电平时有效。

液晶菜单的编写采用层级嵌套的方式。具体说来,可用 Menu_0()代表最上级的菜单,在 Menu_0()里面嵌套低一级菜单 Menu_1()。这样一来层次鲜明,操作起来简单易懂。示意程序如下:

```
#define Enter 1 //确认
#define Cancel 2 //取消
#define Onofftime 3 //开/关时间
.....
#define Send 6 //发射(与当前时间的更改复用)
unsigned char key; //根据 key 值翻页菜单以及数字输入
unsigned char Menu_Level; //菜单分为 0 级和 1 级
void Menu_1(void) {
    if(Menu_Level==1) //菜单级数判定
    {
        .....
    }
    if(key==Cancel) Menu_Level=0; //如果按下返回键,回到 0 级菜单
    Menu_0
}
}
void Menu_0(void) {
    Keyscan(); //扫描键盘键值
    if(Menu_Level==0) //菜单级数判定
    {
        .....
        if (key==Send) Menu_Level=1; //如果功能键按下,进入一级菜单 Menu_1
    }
    else Menu_1();
}
```

```
}
void main (void)
{
    .....
    while(1) {
        .....
        Menu_0();
    }
}
```

3.3 系统低功耗的软件实现

MSP430 系列单片机的各个模块都可以独立运行,如定时器、输入/输出端口、A/D 转换、看门狗、液晶显示器等都可以在 CPU 休眠的状态下独立工作。若需要主 CPU 工作,任何一个模块都可以通过中断唤醒 CPU,从而使系统以最低功耗运行。

让 CPU 工作于突发状态可以充分利用 CPU 的低功耗性能。通常,使用软件将 CPU 设定到某一低功耗模式,在需要时使用中断将 CPU 从休眠状态中唤醒,完成工作后又可以进入相应的休眠状态。如:让 CPU 工作在 LPM3 状态,通过中断事件转换到 AM 活动模式,根据运行需要,又可以从 AM 状态进入相应的低功耗模式:LPM0/LPM3 或 LPM4。

系统的这些低功耗特性是靠系统对中断的响应来实现的。系统响应中断的过程:①硬件自动中断服务。包括 PC 入栈、SR 入栈;中断向量赋给 PC;GIE、CPUOFF、OSCOFF 和 SCG1 清除;以及 IFG 标志位清除(单源中断标志)。②执行中断处理子程序。③执行 RETI 指令(中断返回),包括 SR 出栈、PC 出栈。

该系统大部分时候都处于 LMP3 休眠低功耗模式,只有极少数情况下系统才处于 AM 活动模式:

1) 遥控器(发送模块):工作人员对遥控器进行操作(菜单参数设定,背光选择,红外发射),遥控器系统处于 AM 活动模式;其他任何时候,液晶背光关闭,遥控器只需保存所设定的参数,以及利用 Basic Timer 实现精确的时钟功能,都处于 LPM3 休眠模式,极大程度地降低系统功耗。

2) 接收器(接收模块):接收板在接收红外数据时采用中断方式,接收完毕后关闭红外接收器。除 BT 时钟中断、红外接收以及工作状态, MSP430 单片机均处于 LPM3 模式,功耗极低。(注:红外接收时系统工作电流为 10 μ A,红外接收器关闭系统工作电流为 1 μ A)

4 结束语

在实际应用中,液晶操作界面良好,换页时刷新较快;红外收发比较理想,可靠性很高。经过运行测试,系统低功耗运行状况良好,一节 3.6V 锂电池可供信息导航器内的接收器(接收模块)正常工作半年以上。

参考文献

- [1]胡大可.MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2000
- [2]胡大可.MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003
- [3]Datasheet of TSOP1833 for Remote Control System Vishay Telefunken

[收稿日期:2006.4.8]

欢迎订阅 投稿

欢迎到当地邮局订阅我刊《工业控制计算机》,订阅代号:28-60。投稿可直接发往邮箱:ipcm_nj@163.com,投稿详细要求请参见我刊网站(www.ipcm.com.cn)“稿件征集”频道。