

文章编号:1007-6735(2012)06-0608-05

教学用多功能单片机智能车设计与实现

华 俊, 高红叶, 魏晓东

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 为了丰富单片机教学的形式,设计与实现了教学用多功能单片机智能车系统.该系统选择了经典的P89V51系列单片机.使用步进电机来实现车辆定向定距等运动的精确控制,不同于以竞速为目的的单一功能智能车,并配合定向定距、避障等实验巩固单片机技术相关的知识.系统使用了红外发射管TSAL6200、红外一体化接收管LL-M6038和红外光敏三极管3DU5C这3种红外光电器件,检测智能车所处的环境.在此平台上学生可通过编程实现各种功能,有利于巩固和深化所学的理论知识.

关键词: 智能车;单片机;红外检测;循迹;避障;测距;步进电机

中图分类号: TP 273

文献标志码: A

Design and Realization of Multifunction Single Chip Smart Car

HUA Jun, GAO Hong-ye, WEI Xiao-dong

*(College of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for
Science and Technology, Shanghai 200093, China)*

Abstract: In order to enrich teaching methods of micro control unit (MCU) technology, a multifunction MCU smart car system used for better teaching was designed and realized. The system chooses P89V51, which belongs to classic 51 series MCU. The smart car was equipped with stepped motors to realize the precise control of vehicle movement, such as moving a certain distance or moving toward a certain direction. It is different from other smart cars with single function, which was only designed for competition of speed. Like controlling the direction and distance of vehicle's motion and avoiding obstacles, relevant experiments were designed for students to review what they learned about micro control unit technology. Three different kinds of infrared optoelectronic devices, namely the infrared transmitter TSAL6200, integrated receiver LL-M6038 and infrared phototransistor 3DU5C, were used to detect the surrounding environment around the car. On this platform, programming to realize all these functions will help students consolidate and deepen the theories they learned on the book.

Key words: smart car; MCU; infrared detection; tracking; obstacle avoidance; distance measurement; stepper motor

收稿日期: 2011-09-16

作者简介: 华俊(1972-),男,硕士研究生.研究方向:嵌入式系统、汽车电子、现场总线. E-mail: winterwin2007@yahoo.cn
高红叶(联系人),女,助教.研究方向:嵌入式系统、汽车电子、现场总线. E-mail: hongye_gao@yahoo.com.cn

在单片机面世后短短的二三十年时间里,单片机技术已经广泛应用于工业控制、仪器仪表、消费产品、汽车、办公自动化和通信等领域^[1].单片机是有些专业同学必修的一门课程,在教学过程中主要以老师讲课为主,再配合一定课时的实验课.这样的教学方式比较枯燥无味同学面对单调的实验箱,无法激发他们的学习热情.而学习单片机又注重理论与实际的结合,软件与硬件结合.怎样让学生学好这门技术,各大院校也给出了各自的建议^[2~4].以单片机为控制核心,配以外围电路以及执行机构组成的智能车,选用经典的 51 系列单片机 P89V51,其下载电路简单,无需专门的编程下载工具.车辆移动选择步进电机 39BYG401A 作为执行机构,能够精确控制小车的移动距离和转向角度.避障、循迹和测距功能的实现借助了红外技术,由红外发射管 TSAL6200、红外一体化接收管 LL-M6038 和红外光敏三极管 3DU5C 来辅助完成.同时,选用体积较小的 LCD1602 进行信息的显示.

1 智能车系统的硬件设计

1.1 系统设计

作为智能车的控制核心的 P89V51RD2FN 单片机,是一款低功耗的 8 位 51 核单片,片内有 64 KB Flash 程序存储器 and 1KB RAM 数据存储器^[5].支

持 ISP 编程,只需串口电路并配合下载软件即可完成程序下载过程.智能车主要由电源稳压电路、单片机复位电路、串口电路、步进电机驱动电路、时钟源电路、红外电路、蜂鸣器电路和液晶电路组成.由于单片机 I/O 资源有限,对某些端口进行了复用,并通过短接帽进行选择,系统框图如图 1 所示.

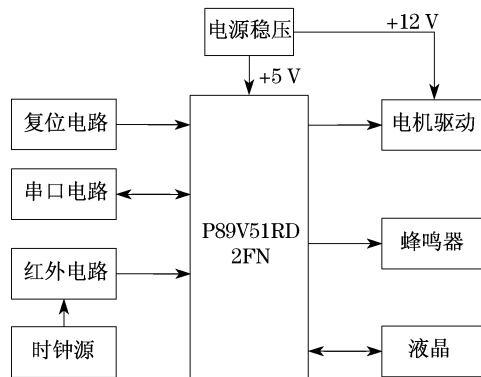


图 1 智能车系统框图

Fig.1 Block diagram of the smart car

与很多其它的智能车相比,本智能车并非单纯追求速度而去选择直流电机,更是要体现精确控制.所以,选择了常用于精确控制的步进电机,并配合不同的实验让同学们更了解步进电机.同时在使用步进电机的时候,如何配合好其它传感器的使用、单片机的编程,是不同于其它智能车的地方.整体智能车如图 2 所示.

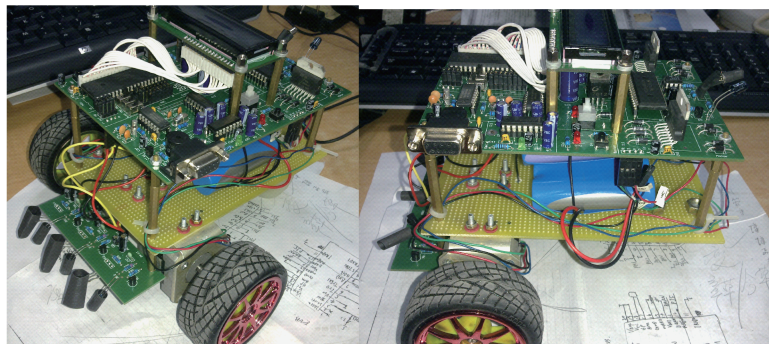


图 2 整体智能车

Fig.2 Overview of smart car

1.2 各部分电路设计

1.2.1 电源稳压电路

智能车使用两种规格的电池进行供电,分别为 8 V 和 16 V 的锂电池.由于步进电机的功耗相对于其它电路来说较大,因此由电压转换芯片 7812 将 16 V 转换为 12 V 后单独向电机驱动部分进行供电,并且为了提高电源的驱动力并联了两个 7812 一起向电机驱动模块供电.而其它电路则由 7805 将 8

V 转换为 5 V 后进行供电.并且为了防止电源正负极插反导致电路的损坏,在电源入口增加了肖特基二极管 1N5817,其前向电压仅为 0.75 V @3.0A DC^[6].

1.2.2 复位电路

智能车的复位电路既可以在上电时通过 RC 电路使得单片机复位,又可以进行手动复位,并带有 LED,可指示是否复位成功.

1.2.3 电机驱动电路

智能车采用的电机是两相混合式步进电机 39BYG401A,其最大静转矩为 $2\ 300\text{ g}\cdot\text{cm}$,工作电压为 12 V ,电流为 0.4 A ^[7].电机驱动芯片选择常用的 L298N,其内部为双全桥电路,可以驱动两个直流电机或是一个两相步进电机,最大工作电流为 4 A ,最大工作电压可达 46 V ^[8].智能车通过两个步进电机的正反转或是同向差速的方法实现转向,所以需要两个 L298N.同时,每个电机驱动电路使用了 8 个

肖特基二极管 1N5817 作为续流二极管,吸收电机内部电感产生的反向电流,如图 3 所示.

1.2.4 串口电路

P89V51RD2FN 支持 ISP 编程模式,智能车与计算机串口相连仅需 3 根线即可,分别是 TXD、RXD 和 GND.在这里使用了最常用的 MAX232 电平转换芯片,将 TTL 电平转换为 $\pm 9\text{ V}$.

1.2.5 红外电路

红外电路又分为 3 个部分,如图 4 所示.

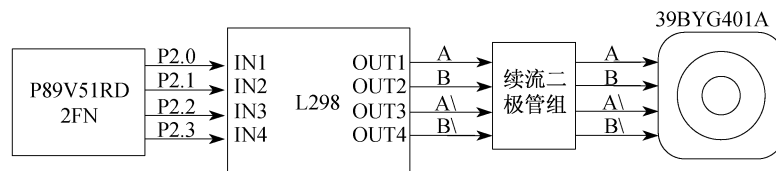


图3 单个步进电机驱动电路

Fig.3 Single stepper motor drive circuit

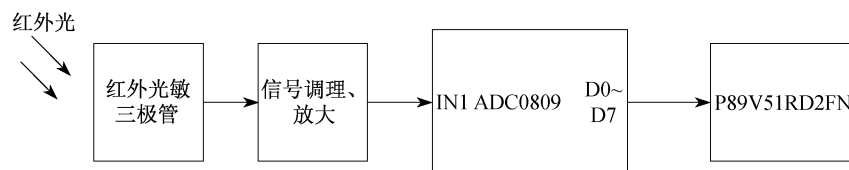


图4 红外光敏三极管 A/D 转换电路

Fig.4 A / D converter circuit for infrared phototransistor

a. 红外发射管 红外发射管 TSAL6200 的驱动电路.单靠单片机引脚无法满足 TSAL6200 工作所需的电流.因此选用了三极管放大电路,将发射管放在集电极端,并加上一个 $220\ \Omega$ 的限流电阻.限流电阻越小,发射管功率越大,发射出来的红外光越强.三极管的基极与 38 K 振荡电路相连,也就是说,只要通电,发射管就开始工作.

b. 红外一体化接收管 LL-M6038 的外围电路. LL-M6038 已经对接收到的红外信号进行滤波与放大,使用方便,只需外部上拉 10 K 电阻,并且 VCC 与 GND 之间放置一个电容值较大的电解电容就可以正常工作.

c. 红外光敏三极管 3DU5C 驱动电路.光敏三极管接收到的红外光强度不同,流过三极管的电流也不同,从而产生在限流电阻上的电压也不同.通过一片 LM358N 中的两个运算放大器对电压进行处理.一级运算放大电路对限流电阻上的电压进行跟随,并通过小电容滤去一些干扰.二级运算放大电路对得到的电压进行直流放大.得到的电压经

ADC0809 进行 A/D 转换后送往单片机.

避障功能和循迹功能都使用了 3 组 TSAL6200 和 LL-M6038,而测距使用了一个 TSAL6200 和一个 3DU5C.

1.2.6 时钟源电路

TSAL6200 产生 LL-M6038 能够接收的红外光 (940 nm)需要 38 K 的方波信号,使用了 38 K 晶振配合典型振荡电路的方式可以获得较好的方波信号.同时,ADC0809 也需要时钟才能工作,在这里使用了 6 M 晶振,并经计数器 74HC4040 分频后获得 750 kHz 方波.

1.2.7 蜂鸣器

智能车上还配备了一个蜂鸣器,通过单片机根据距离的远近控制其蜂鸣的频度.同样通过一个三极管进行驱动.

1.2.8 液晶电路

智能车使用了液晶来显示智能车当前执行的程序.液晶控制器已经集成在了子板 LCD1602 上,智能车上仅提供对应的接口.

2 智能车系统的软件设计

配合硬件系统,通过编程智能车可以实现的功能为定距定向运动、避障、寻迹以及测距。

2.1 定距定向运动

步进电机是一种将电脉冲转换成角位移或线位移的机电元件^[9]。步进电机旋转的角度与电脉冲的改变有严格的对应关系。通过电机驱动芯片,步进电机能够直接受到数字量的控制,所以特别适宜采用微机进行控制。39BYG系列步进电机属于混合式步进电机,其特点在于步距角小、出力大及动态性能好,是目前性能最好的步进电机之一。智能车的两个步进电机并排置于小车的前端,尾部添加一个无定向轮,保持车体的平衡。

两相步进电机的控制方法可以选择两相四拍 $A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow A$,或者采用两相八拍 $A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BA \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow \bar{B} \rightarrow \bar{B}\bar{A} \rightarrow A$ 。使用两相四拍的控制方法,每转换一个状态,步进电机就旋转一个步距角,39BYG401A的步距角为 1.8° 。而使用两相八拍的控制方法,每转换一个状态,步进电机仅旋转半个步距角,即 0.9° 。这里使用了两相八拍的控制方法,提高电机旋转的稳定性。

2.1.1 定距运动

通过实测智能车的轮胎直径,可以得到经过 n 个脉冲后步智能车所走的距离。即

$$S = 0.9n \frac{\pi d}{360} \quad (1)$$

式中, d 为智能车轮胎的直径, $d = 64 \text{ mm}$ 。智能车若要行驶 1 m 后停车,所需的脉冲个数则为

$$n = 400 \frac{S}{\pi d} \quad (2)$$

代入数据后, $n \approx 1989$,即 1989 个脉冲后,智能车行驶了 1 m 的距离。实际测试的结果也验证了该式的正确性。智能车的速度通过设定定时器 0 和定时器 1 的计数值来实现,在向正前方行进的情况下,两定时器的值应设为一致。软件流程见图 5。

2.1.2 定向运动

实现定向运动的原理与实现定距运动的是一致的。现在仅以原地旋转为例,若要将车身旋转角度 θ ,计算式为

$$\theta = 2\pi \frac{2S}{\pi l} = 2\pi \frac{2n(\pi d/400)}{\pi l} = \frac{nd\pi}{100l} \quad (3)$$

式中, l 为智能车两轮中心之间的宽度, $l = 17.4 \text{ cm}$;

θ 的单位为弧度。若要旋转 45° ,那么 $n \approx 136$ 。与定距运动不同的是这时电机一个正转一个反转。电机驱动的 C 函数原型为 `void xMotorDrive(int dir)`。经传入函数的 `dir` 参数来决定左(右)电机的正反转。

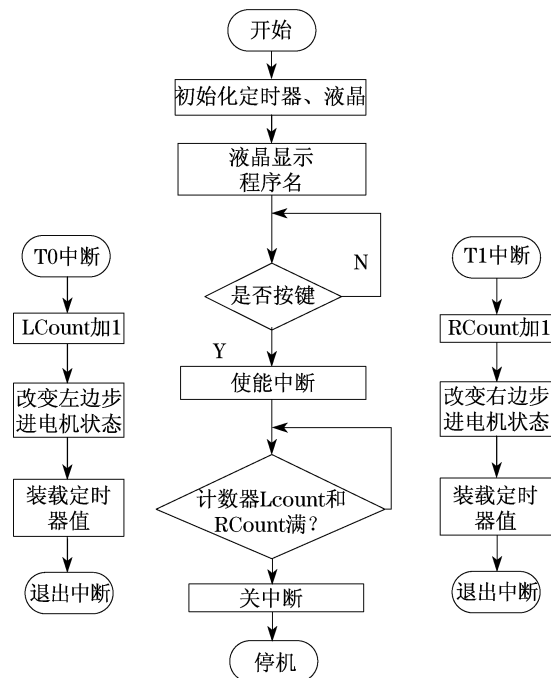


图5 定距功能软件流程图

Fig.5 Software flow chart for certain movement function

2.1.3 避障功能

避障功能使用了3组红外收发电路,分别在左前方、正前方和右前方3个方向上检测是否有障碍物,若有的话,则改变智能车的行驶方向。例如,左前方发现障碍物,则朝右原地旋转,直到左前方没有障碍物。正前方遇障碍同右前方发现障碍物。为了保证智能车不会被障碍物擦碰,将左前方和右前方能够检测的宽度调整为略宽于车身宽度。避障功能的软件流程与图5类似。

避障功能的硬件和软件都调试好以后,将其置于大楼的楼道内,楼道内有墙壁、门、门槛、消防栓等障碍物,小车都顺利地避开了这些物品,没有撞上。并且可以一直沿着墙壁朝前进行,轮胎与墙壁之间不摩擦。

2.1.4 寻迹功能

寻迹功能与避障功能的实现过程基本一致。在非黑色的地面上用黑胶带铺设出需要轨迹,由于红外光被黑胶带所吸收,所以当红外收发管所在位置处在黑胶带上时,是无法收到红外光的,借此判断智能车是否偏离轨道。如图6所示(见下页),在地板上用黑胶带放置了轨道,小车就能一直沿着这个轨道进行运动,不偏离轨道。

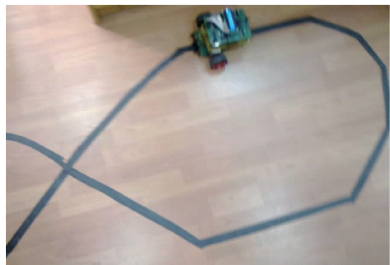


图6 智能车寻迹测试

Fig.6 Smart car tracing test

2.1.5 测距功能

测距功能实现的是智能车在倒车时,反射回来红外光的强度越强,倒车速度越慢,蜂鸣器发出的声音也越响.需要进行A/D转换,软件的实现较复杂. L358N 双通道运算放大器在电源为 5 V 的情况下,其直流输出最大在 3 V 左右.另外加之 3DU5C 光敏三极管有漏电流和运算放大器本身零点漂移等因素的影响,即使没有任何光的情况下,仍然有 0.5 V 左右的电压.所以经过放大后接入 ADC0809 的模拟信号范围为 0.5~3 V.按照 ADC0809 的工作时序进行数据的读取后,设置智能车的倒车速度,以及蜂鸣器蜂鸣的时间.软件流程图如图 7 所示.

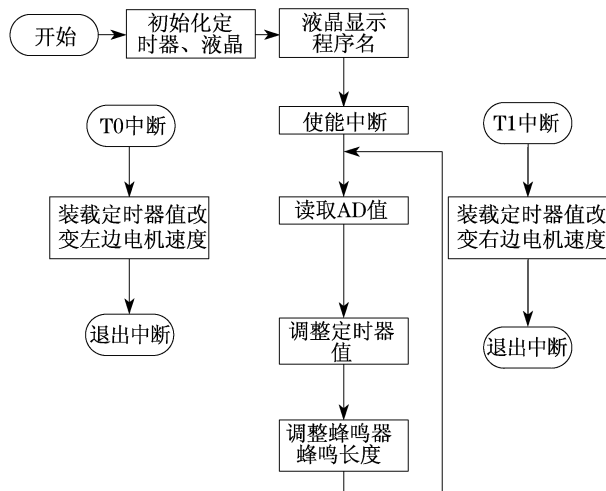


图7 测距功能软件流程图

Fig.7 Software flow chart for distance detection function

调试好后,将智能车的尾部对着墙壁,车辆在倒车时,随着距离越来越近,速度越来越慢,蜂鸣器的声音也随之改变.因为红外三极管会受其他光源的影响,如日光灯,在较暗的室内,效果更好.

3 结束语

介绍了智能车实验系统的软硬件,并已实验证实了系统功能的可实现性.

智能车实验系统,丰富了学习单片机技术的途径,方便老师深入、系统地进行单片机教学,同时增强了学生学习单片机课程的兴趣,锻炼了其动手能力.

参考文献:

- [1] 代芬,王卫星,邓小玲,等.单片机综合实验开发板设计[J].实验室研究与探索,2010,29(8):213-215.
- [2] 黄辛超,段国华.用于创新类课程平台智能小车实验系统的设计[J].实验室研究与探索,2009,28(12):7-9.
- [3] 唐炜.基于“项目驱动”的单片机类课程实践教学改革[J].实验室研究与探索,2010,29(5):130-132.
- [4] 张瑞成,陈至坤,王福斌.以智能汽车竞赛推动实验教学改革[J].实验室研究与探索,2010,29(8):103-105.
- [5] NXP semiconductor. P89V51RB2/RD2 product data-sheet Rev. 05[EB/OL]. [2009-11-12]. http://www.cn.nxp.com/products/microcontrollers/8_16_bit_legacy/flash/P89V51RB2_RC2_RD2.html.
- [6] 廖南宽.考量功率密度设计非接触式手机充电器[D].台北:义守大学,2008.
- [7] Jameco electronics. 39BYG401AR data sheet[EB/OL]. [2011-3-22]. <http://www.jameco.com/webapp/wcs/stores/servlet/Product11000110001237472-1>.
- [8] 张志通.直流电动机驱动及控制的PROTEUS的仿真[J].北华航天工业学院学报,2008,18(5):28-30.
- [9] 李铁才,杜坤梅.电机驱动技术[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000.