

基于 AT89C2051 的多路舵机控制器设计[※]

嘉应学院 吴华波 钱春来

摘要 舵机是机器人、机电系统和航模的重要执行机构。舵机控制器为舵机提供必要的能源和控制信号。本文提出一种以外部中断计数为基础的 PWM 波形实现方法。该方法具有简单方便,成本低,可实现多路独立 PWM 输出的优点。

关键词 AT89C2051 舵机 控制器 外部中断 PWM

舵机是一种位置伺服的驱动器。它接收一定的控制信号,输出一定的角度,适用于那些需要角度不断变化并可以保持的控制系统。在微机系统和航模中,它是一个基本的输出执行机构。

1 舵机的工作原理

以日本 FUTABA - S3003 型舵机为例,图 1 是 FUTABA - S3003 型舵机的内部电路。

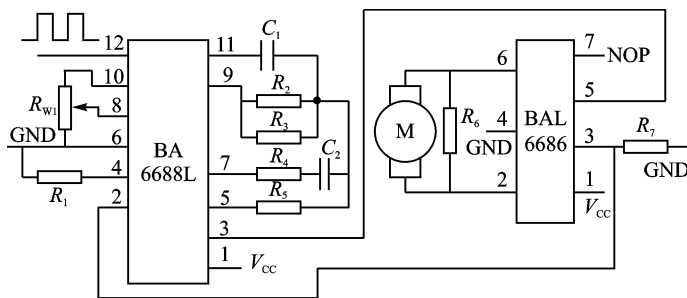


图 1 FUTABA - S3003 型舵机的内部电路

舵机的工作原理是: PWM 信号由接收通道进入信号解调电路 BA6688L 的 12 脚进行解调,获得一个直流偏置电压。该直流偏置电压与电位器的电压比较,获得电压差由 BA6688 的 3 脚输出。该输出送入电机驱动集成电路 BA6686,以驱动电机正反转。当电机转速一定时,通过级联减速齿轮带动电位器 R_{w1} 旋转,直到电压差为 0,电机停止转动。舵机的控制信号是 PWM 信号,利用占空比的变化改变舵机的位置。^[1]

2 舵机的控制方法

标准的舵机有 3 条导线,分别是:电源线、地线、控制

线,如图 2 所示。

电源线和地线用于提供舵机内部的直流电机和控制线路所需的能源,电压通常介于 4 ~ 6 V,一般取 5 V。注意,给舵机供电的电源应能提供足够的功率。控制线的输入是一个宽度可调的周期性方波脉冲信号,方波脉冲信号的周期为 20 ms(即频率为 50 Hz)。当方波的脉冲宽度改变时,舵机转轴的角度发生改变,角度变化与脉冲宽度的变化成正比。某型舵机的输出轴转角与输入信号的脉冲宽度之间的关系可用图 3 来表示。^[2]

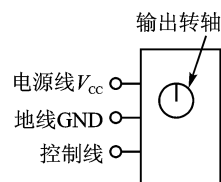


图 2 标准舵机

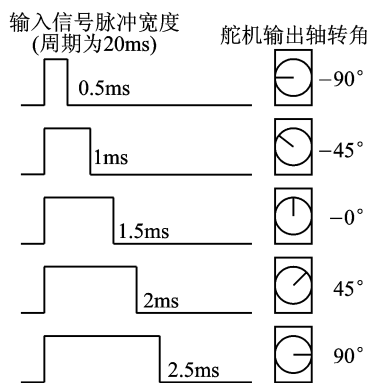


图 3 舵机输出转角与输入信号脉冲宽度的关系

3 舵机控制器的设计

(1) 舵机控制器硬件电路设计

从上述舵机转角的控制方法可看出,舵机的控制信号实质是一个可调宽度的方波信号(PWM)。该方波信号可由 FPGA、模拟电路或单片机来产生。采用 FPGA 成本较

高,用模拟电路来实现则电路较复杂,不适合作多路输出。一般采用单片机作舵机的控制器。目前采用单片机做舵机控制器的方案比较多,可以利用单片机的定时器中断来实现 PWM。该方案将 20 ms 的周期信号分为两次定时中断来完成:一次定时实现高电平时 T_h ;一次定时实现低电平时 T_l 。 T_h 、 T_l 的时间值随脉冲宽度的变换而变化,但 $T_h + T_l = 20$ ms。该方法的优点是, PWM 信号完全由单片机内部定时器的中断来实现,不需要添加外围硬件。缺点是一个周期中的 PWM 信号要分两次中断来完成,两次中断的定时值计算较麻烦;为了满足 20 ms 的周期,单片机晶振的频率要降低;不能实现多路输出。也可以采用单片机+8253 计数器的实现方案。该方案由单片机产生计数脉冲(或外部电路产生计数脉冲)提供给 8253 进行计数,由单片机给出 8253 的计数比较值来改变输出脉宽^[2]。该方案的优点是可以实现多路输出,软件设计较简单;缺点是要添加 1 片 8253 计数器,增加了硬件成本。本文在综合上述两个单片机舵机控制方案基础上,提出了一个新的设计方案,如图 4 所示。

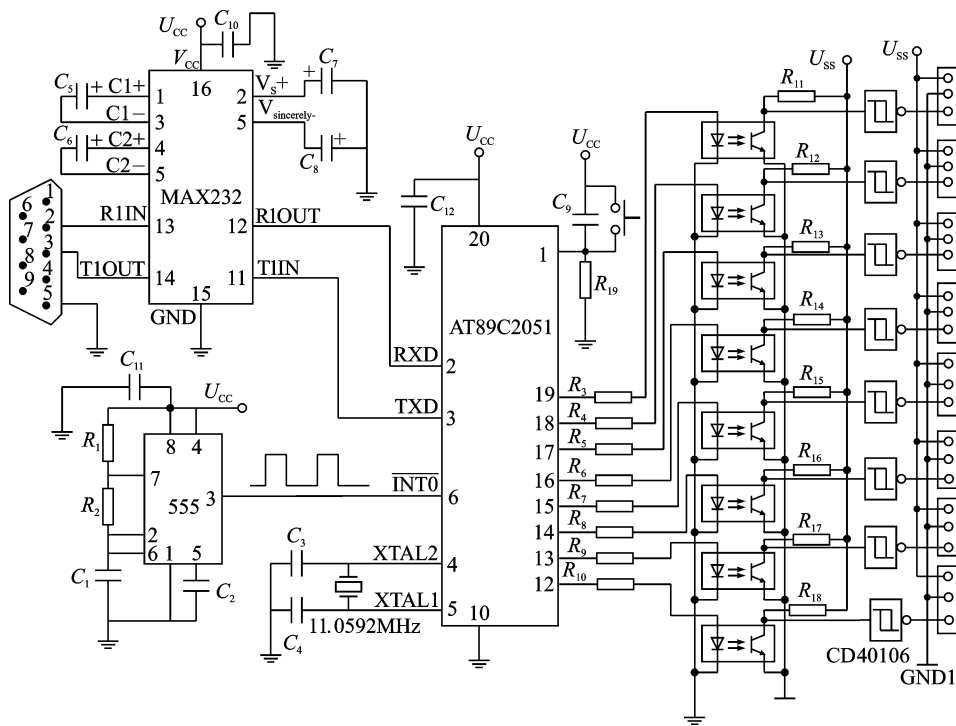


图 4 新的设计方案

该方案的舵机控制器以 AT89C2051 单片机为核心,555 构成的振荡器作为定时基准,单片机通过对 555 振荡器产生的脉冲信号进行计数来产生 PWM 信号。该控制器中单片机可以产生 8 个通道的 PWM 信号,分别由 AT89C2051 的 P1.0~P1.7(12~19 引脚)端口输出。输出的 8 路 PWM 信号通过光耦隔离传送到下一级电路中。

因为信号通过光耦传送过程中进行了反相,因此从光耦过来的信号必须再经过反相器进行反相。方波信号经过光耦传输后,前沿和后沿会发生畸变,因此反相器采用 CD40106 施密特反相器对光耦传输过来的信号进行整形,产生标准的 PWM 方波信号。笔者在实验过程中发现,舵机在运行过程中要从电源吸纳较大的电流,若舵机与单片机控制器共用一个电源,则舵机会对单片机产生较大的干扰。因此,舵机与单片机控制器采用两个电源供电,两者不共地,通过光耦来隔离,并且给舵机供电的电源最好采用输出功率较大的开关电源。该舵机控制器占用单片机的 1 个 SCI 串口。串口用于接收上位机传送过来的控制命令,以调节每一个通道输出信号的脉冲宽度。MAX232 为电平转换器,将上位机的 RS232 电平转换成 TTL 电平。

(2) 实现多路 PWM 信号的原理

在模拟电路中, PWM 脉冲信号可以通过直流电平与锯齿波信号比较来得到。在单片机中,锯齿波可以通过对整型变量加 1 操作来实现,如图 5 所示。假定单片机程序中设置一整型变量 SawVal,其值变化范围为 $0 \sim N$ 。555

振荡电路产生的外部计数时钟信号输入到 AT89C2051 的 INT0 脚。每当在外部计数时钟脉冲的下降沿,单片机产生外部中断,执行外部中断 INT0 的中断服务程序。每产生一次外部中断,对 SawVal 执行一次加 1 操作,若 SawVal 已达到最大值 N ,则对 SawVal 清 0。SawVal 值的变化规律相当于锯齿波,如图 5 所示。若在单片机程序中设置另一整型变量 DutyVal,其值的变化范围为 $0 \sim N$ 。每当在 SawVal 清 0 时, DutyVal 从上位机发送的控制命令中读入脉冲宽度系数值,例如为 $H(0 \leq H \leq N)$ 。若 $DutyVal \geq SawVal$,则对应端口输出高电平;若 $DutyVal < SawVal$,则对应端口输出低电平。从图 5 中可看出,若改变 DutyVal 的值,则对应端口输出脉冲的宽度发生变化,但输出脉冲的频率不变,此即为 PWM 波形。

设外部计数时钟周期为 T_{INT0} ,锯齿波周期(PWM 脉冲周期)为 T_{PWM} , PWM 脉冲宽度占空比为 D ,由图 5 可得出如下关系:

$$T_{PWM} = (N + 1) \cdot T_{INT0} \quad (1)$$

$$D = \frac{H}{N} \quad (2)$$

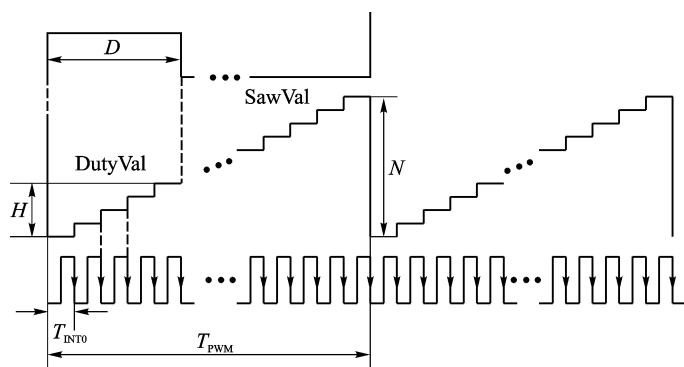


图5 单片机产生的锯齿波和 PWM 波形

由式(1)可得:

$$T_{INT0} = \frac{T_{PWM}}{N+1} \quad (3)$$

$$\frac{T_{INT0}}{T_{PWM}} = \frac{1}{N+1} \quad (4)$$

由式(3)可知, PWM 波形的周期 T_{PWM} 一旦确定下来, 只须选定计数最大值 N , 就可以确定外部时钟脉冲所需周期(频率)。外部时钟脉冲周期 T_{INT0} 显然是 PWM 脉冲宽度变换的最小步距, 即调节精度。由式(4)可知, N 越大, 步距所占 PWM 周期的百分比越小, 精度越高。例如, 若采用 8 位整型变量, 最大值 $N=2^8-1=255$, 则精度为 $1/(255+1)=1/256$; 若采用 16 位整型变量, 最大值 $N=2^{16}-1=65535$, 则精度为 $1/65536$ 。文中计数变量 SawVal 采用 8 位整型变量, 因此 $N=255$ 。对于一般应用, 其精度已足够。就舵机而言, 要求 $T_{PWM}=20\text{ms}$, 则可算得外部时钟周期为:

$$T_{INT0} = \frac{20\text{ms}}{255+1} = 0.078125\text{ms} \quad (5)$$

因此, 设计 555 振荡电路时, 其输出脉冲的频率应为:

$$f_{INT0} = \frac{1}{T_{INT0}} = 12.8\text{kHz} \quad (6)$$

当有多个变量与 SawVal 比较, 将比较结果输出到多个端口时, 就形成了多路 PWM 波形。各个变量的值可以独立变化, 因此各路 PWM 波形的占空比也可以独立调节, 互不相干。多路 PWM 波形的产生如图 6 所示。图中

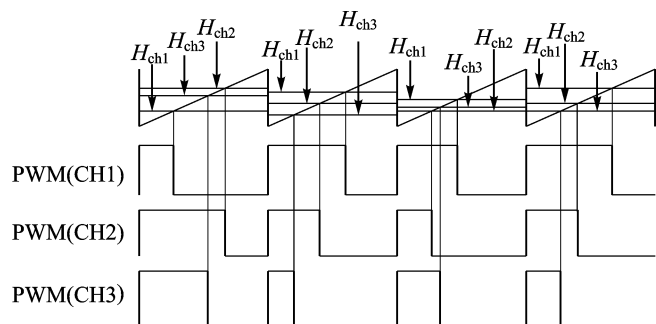


图6 多路 PWM 波形的产生

以 3 路 PWM 波形为例。

4 舵机控制器软件的设计

舵机控制器的控制核心为单片机 AT89C2051。文中, 程序用 C51 编写, 工作方式为主后台工作方式。单片机程序包括系统初始化程序、串口通信程序、上位机命令解释与 PWM 脉宽生成程序和多路 PWM 波形输出程序。串行通信程序和多路 PWM 波形输出程序采用中断方式。串口通信格式为波特率 9600 bps, 8 位数据位、1 位停止位、无校验、ASCII 码字符通信。串口通信程序用于接收上位机发送过来的控制命令。控制命令采用自定义文本协议, 即协议内容全部为 ASCII 码字符。通信协议格式如图 7 所示。

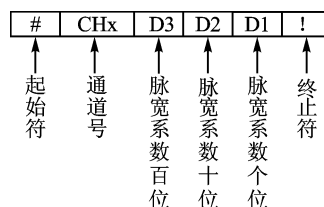


图7 通信协议格式

例如, 要控制通道 1 的 PWM 脉宽, 脉宽系数为 25, 则通信协议内容为“#”“1”“0”“2”“5”“!”这 6 个字符。这时通道 1 的 PWM 占空比为 $25/256=0.098$ 。一个通道号对应一个 PWM 脉冲输出端口。本设计为 8 个通道, 号码为 1~8, 对应单片机的 P1.0~P1.7。起始符和终止符起到帧同步的作用。串口通信程序流程如图 8 所示。

图 8 中, CHNo 存放的是 PWM 通道号 ASCII 码, Duty100、Duty10、Duty1 分别存放的是脉宽系数的百位数、十位数和个位数的 ASCII 码(注意, 若高位数为 0, 则该位的字符应为“0”, 不能省略。如 25, 完整字符应为“0”“2”“5”)。CharNo 为信号量, 用于对串口接收的字符顺序以及串口中断与上位机命令解释程序之间进行同步。

5 舵机控制器实验

图 9 为舵机控制板输出的其中一路 PWM 波形(带舵机负载)。

从图 9 中可看出, 舵机控制器输出的 PWM 波形稳定、干净, 符合设计要求。

6 结论

本文提出的多路舵机控制器设计方法, 以单片机 AT89C2051 为核心, 由外部振荡电路提供 PWM 脉冲的定时基准, 控制部分与舵机驱动部分由两个电源供电, 两者电气隔离。这种设计方案的优点是:

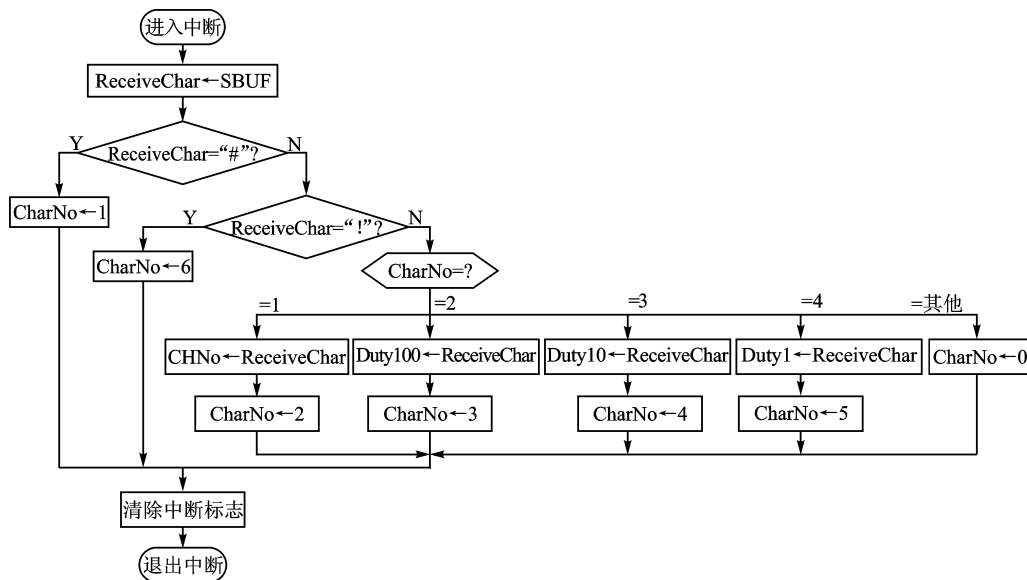


图8 串口通信程序流程

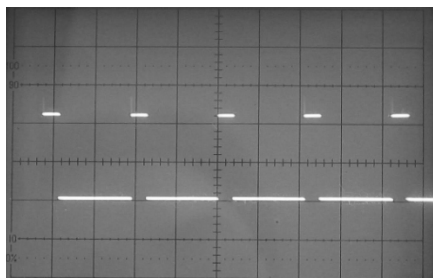


图9 其中一路 PWM 波形

① PWM 波形由外部振荡电路提供定时基准, 与单片机内部振荡器的频率无关, 不影响串口通信、定时器等参数的配置。

② PWM 波形的调整精度可任意确定。

③ 本设计思路可应用于任意多路的 PWM 输出, 只要单片机能提供足够多的输出端口, 例如将 AT89C2051

换成 AT89S51, 就可以提供至少 24 路的 PWM 输出 (P0、P1、P2)。

④ 控制参数由 SCI 串口输入, 适应面广, 上位机可以是 PC 机、单片机或是 PLC。

⑤ 本方法具有一般性, 任何单片机只要能提供 SCI 中断、外部中断就可以应用本方法。

编者注: 本文为期刊缩略版, 全文见本刊网站 www.mesnet.com.cn。

参考文献

- [1] 求是科技. 单片机典型模块设计实例导航. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [2] 利用单片机 PWM 信号进行舵机控制. www.vip998.com/Article/mcu/mcuwj/200603/237.html.

(收稿日期: 2006 04 19)

(上接 46 页)

编者注: VS1003 的驱动程序以及相关录音和播放功能程序见本刊网站 www.mesnet.com.cn。

5 总结

采用 VS1003 实现基于 LPC2214 和 uC/OS-II 的嵌入式平台的音频编解码功能, 接口电路简单, 控制程序易于编写, 且最终音频播放清晰、自然。当然在具体设计中也曾遇到一些需要注意的问题, 例如要成功对 VS1003 进行初始化, 必须详细了解 VS1003 的配置时序要求。特别要注意的是, 对不同寄存器配置完后, 其等待处理周期有所不同,

若等待周期不够, 则将使得配置无法正常完成。

参考文献

- [1] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [2] Labrosse J. μ C/OS-II——源码公开的实时嵌入式操作系统. 邵贝贝, 译. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [3] VLSI Solution Oy. VS1003 MP3/WMA AUDIO CODEC. VLSI Solution Oy, 2005.

(收稿日期: 2006 04 18)