利用单片机 PWM 信号进行舵机控制(图)

基于单片机的舵机控制方法具有简单、精度高、成本低、体积小的特点，并可根据不同的舵机数量加以灵活应用。

在机器人机电控制系统中，舵机控制效果是性能的重要影响因素。舵机可以在微机电系统和航模中作为基本的输出执行机构，其简单的控制和输出使得单片机系统非常容易与之接口。

舵机是一种位置伺服的驱动器，适用于那些需要角度不断变化并可以保持的控制系统。其工作原理是：控制信号由接收机的通道进入信号调制芯片，获得直流偏置电压。它内部有一个基准电路，产生周期为 20ms，宽度为 1.5ms 的基准信号，将获得的直流偏置电压与电位器的电压比较，获得电压差输出。最后，电压差的正负输出到电机驱动芯片决定电机的正反转。当电机转速一定时，通过级联减速齿轮带动电位器旋转，使得电压差为 0，电机停止转动。

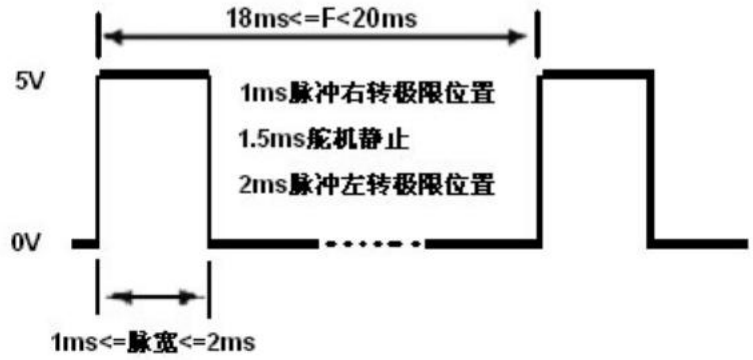


图 1　*舵机的控制要求*

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。一般舵机的控制要求如图 1 所示。

单片机实现舵机转角控制

可以使用 FPGA、模拟电路、单片机来产生舵机的控制信号，但 FPGA 成本高且电路复杂。对于脉宽调制信号的脉宽变换，常用的一种方法是采用调制信号获取有源滤波后的直流电压，但是需要 50Hz(周期是 20ms)的信号，这对运放器件的选择有较高要求，从电路体积和功耗考虑也不易采用。5mV 以上的控制电压的变化就会引起舵机的抖动，对于机载的测控系统而言，电源和其他器件的信号噪声都远大于 5mV，所以滤波电路的精度难以达到舵机的控制精度要求。

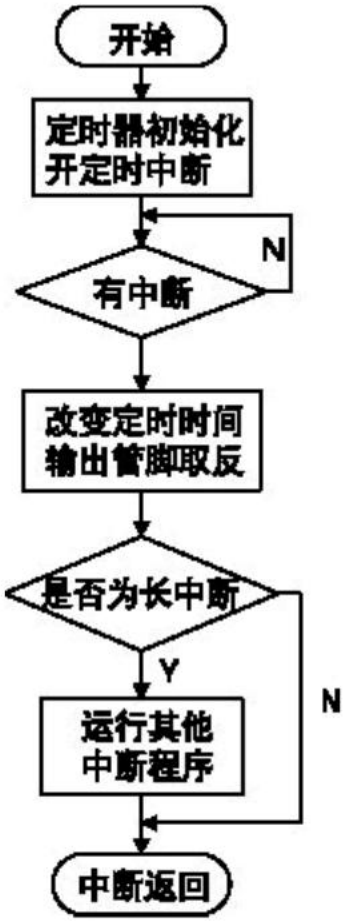
也可以用单片机作为舵机的控制单元，使 PWM 信号的脉冲宽度实现微秒级的变化，从而提高舵机的转角精度。单片机完成控制算法，再将计算结果转化为 PWM 信号输出到舵机，由于单片机系统是一个数字系统，其控制信号的变化完全依靠硬件计数，所以受外界干扰较小，整个系统工作可靠。

单片机系统实现对舵机输出转角的控制，必须首先完成两个任务：首先是产生基本的 PWM 周期信号，本设计是产生 20ms 的周期信号；其次是脉宽的调整，即单片机模拟 PWM 信号的输出，并且调整占空比。

当系统中只需要实现一个舵机的控制，采用的控制方式是改变单片机的一个定时器中断的初值，将 20ms 分为两次中断执行，一次短定时中断和一次长定时中断。这样既节省了硬件电路，也减少了软件开销，控制系统工作效率和控制精度都很高。

具体的设计过程：例如想让舵机转向左极限的角度，它的正脉冲为 2ms，则负脉冲为 20ms-2ms=18ms，所以开始时在控制口发送高电平，然后设置定时器在 2ms 后发生中断，中断发生后，在中断程序里将控制口改为低电平，并将中断时间改为 18ms，再过 18ms 进入下一次定时中断，再将控制口改为高电平，并将定时器初值改为 2ms，等待下次中断到来，如此往复实现 PWM 信号输出到舵机。用修改定时器中断初值的方法巧妙形成了脉冲信号，调整时间段的宽度便可使伺服机灵活运动。

为保证软件在定时中断里采集其他信号，并且使发生 PWM 信号的程序不影响中断程序的运行(如果这些程序所占用时间过长，有可能会发生中断程序还未结束，下次中断又到来的后果)，所以需要将采集信号的函数放在长定时中断过程中执行，也就是说每经过两次中断执行一次这些程序，执行的周期还是 20ms。软件流程如图 2 所示。



如图 2 *产生 PWM 信号的软件流程*

如果系统中需要控制几个舵机的准确转动，可以用单片机和计数器进行脉冲计数产生 PWM 信号。

脉冲计数可以利用 51 单片机的内部计数器来实现，但是从软件系统的稳定性和程序结构的合理性看，宜使用外部的计数器，还可以提高 CPU 的工作效率。实验后从精度上考虑，对于 FUTABA 系列的接收机，当采用 1MHz 的外部晶振时，其控制电压幅值的变化为 0.6mV，而且不会出现误差积累，可以满足控制舵机的要求。最后考虑数字系统的离散误差，经估算误差的范围在±0.3%内，所以采用单片机和 8253、8254 这样的计数器芯片的

PWM 信号产生电路是可靠的。图 3 是硬件连接图。

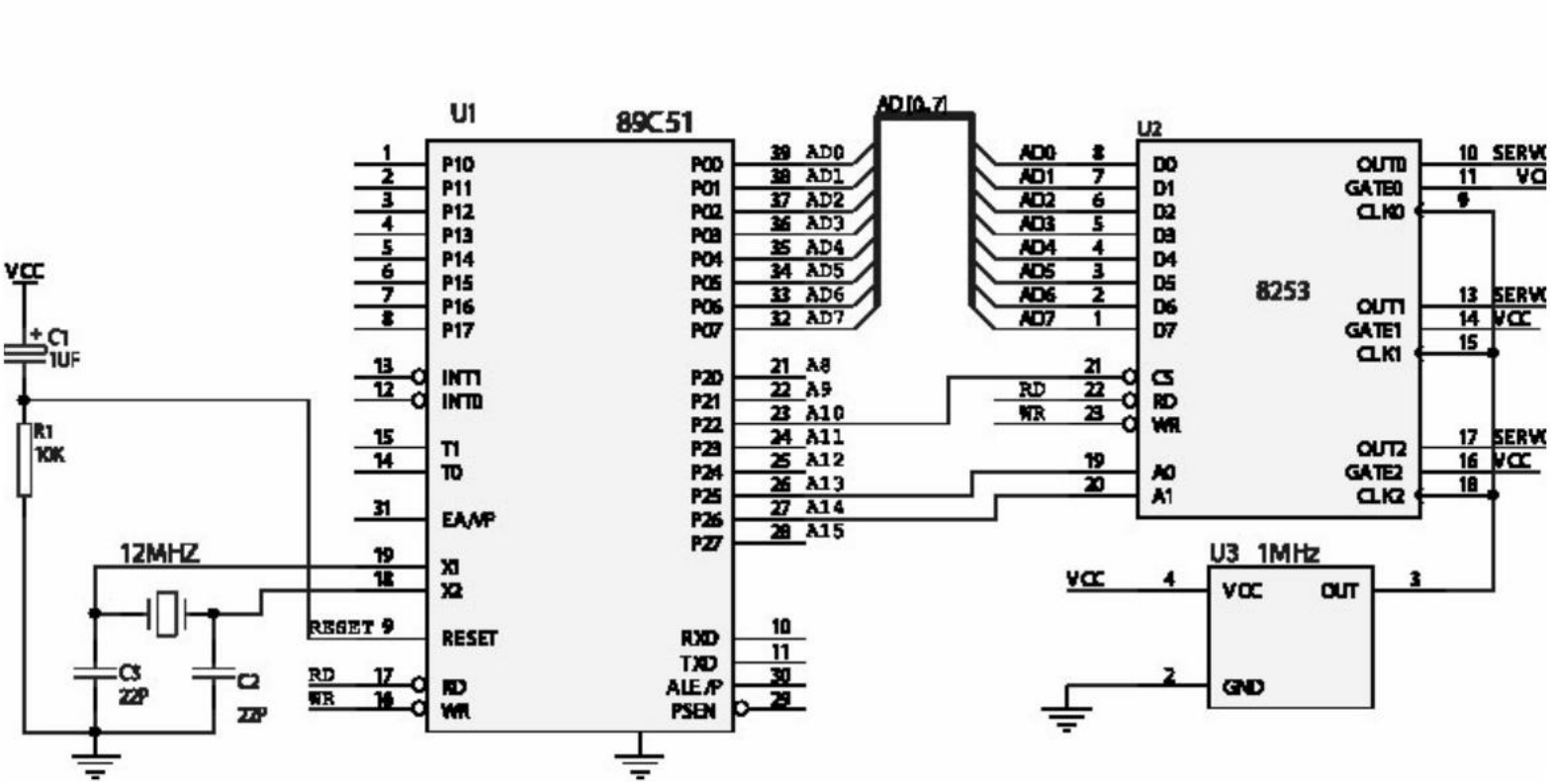


图 3 *PWA 信号的计数和输出电路*

基于 8253 产生 PWM 信号的程序主要包括三方面内容：一是定义 8253 寄存器的地址，二是控制字的写入，三是数据的写入。软件流程如图 4 所示，具体代码如下。

```
//关键程序及注释：
//定时器 T0 中断，向 8253 发送控制字和数据
void T0Int() interrupt 1
{
TH0 = 0xB1;
TL0 = 0xE0;     //20ms 的时钟基准
//先写入控制字，再写入计数值
SERV00 = 0x30; //选择计数器 0，写入控制字
PWM0 = BUF0L;  //先写低，后写高
PWM0 = BUF0H;
SERV01 = 0x70;  //选择计数器 1，写入控制字
PWM1 = BUF1L;
PWM1 = BUF1H;
SERV02 = 0xB0;  //选择计数器 2，写入控制字
PWM2 = BUF2L;
PWM2 = BUF2H;
}
```

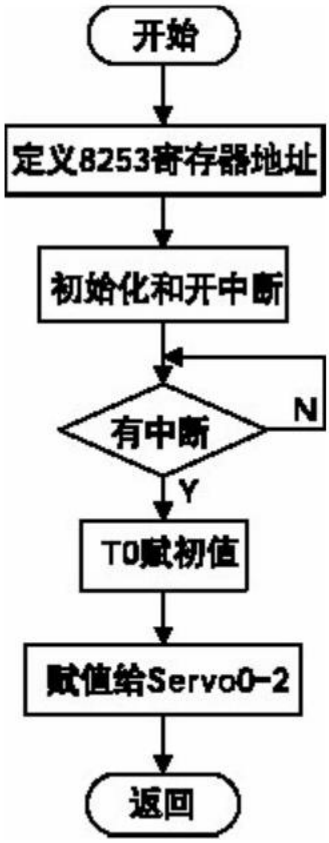


图 4 *基于 8253 产生 PWA 信号的软件流程*

当系统的主要工作任务就是控制多舵机的工作，并且使用的舵机工作周期均为 20ms 时，要求硬件产生的多路 PWM 波的周期也相同。使用 51 单片机的内部定时器产生脉冲计数，一般工作正脉冲宽度小于周期的 1/8，这样可以在 1 个周期内分时启动各路 PWM 波的上升沿，再利用定时器中断 T0 确定各路 PWM 波的输出宽度，定时器中断 T1 控制 20ms 的基准时间。

第 1 次定时器中断 T0 按 20ms 的 1/8 设置初值，并设置输出 I/O 口，第 1 次 T0 定时中断响应后，将当前输出 I/O 口对应的引脚输出置高电平，设置该路输出正脉冲宽度，并启动第 2 次定时器中断，输出 I/O 口指向下一个输出口。第 2 次定时器定时时间结束后，将当前输出引脚置低电平，设置此中断周期为 20ms 的 1/8 减去正脉冲的时间，此路 PWM 信号在该周期中输出完毕，往复输出。在每次循环的第 16 次(2×8=16)中断实行关定时中断 T0 的操作，最后就可以实现 8 路舵机控制信号的输出。

也可以采用外部计数器进行多路舵机的控制，但是因为常见的 8253、8254 芯片都只有 3 个计数器，所以当系统需要产生多路 PWM 信号时，使用上述方法可以减少电路，降低成本，也可以达到较高的精度。调试时注意到由于程序中脉冲宽度的调整是靠调整定时器的初值，中断程序也被分成了 8 个状态周期，并且需要严格的周期循环，而且运行其他中断程序代码的时间需要严格把握。

在实际应用中，采用 51 单片机简单方便地实现了舵机控制需要的 PWM 信号。对机器人舵机控制的测试表明，舵机控制系统工作稳定，PWM 占空比 (0.5～2.5ms 的正脉冲宽度)和舵机的转角(-90° ～90°)线性度较好。

参考文献

1 胡汉才. 单片机原理及接口技术.清华大学出版社.1996

2 王时胜,姜建平.采用单片机实现 PWM 式 D/A 转换技术.电子质量.2004

3 刘歌群.卢京潮.闫建国.薛尧舜.用单片机产生 7 路舵机控制 PWM 波的方法.机械与电子.2004

TowerPro 辉盛 舵机详细资料

作者 jjj206 查看 980 发表时间 2008/4/28 17:28 【论坛浏览】

SERVO Series

Rcommend for model

SG50,SG90 for Helicopter,3D-flyer,F3A;

MG995,MG945,SG5010 for Gasoline engine plane, train-flyer ;

9805BB for

SG50 重量- 6.3g

尺寸	21.5x11.7x25.1mm
力矩	0.6kg/cm
速度	0.3sec/60degree(4.8v)
工作电压	4.2-6V
温度范围	0℃_ 55℃
带宽	10us

SG90 重量- 10g

尺寸	23x12.2x29mm
力矩	1.5kg/cm
速度	0.3sec/60degree(4.8v)
工作电压	4.2-6V
温度范围	0℃_ 55℃
带宽	10us

MG945 重量- 55.0g

尺寸	40.7*19.7*42.9mm
力矩	12kg/cm
速度	0.25sec/60degree(4.8v)
工作电压	4.8-7.2V
温度范围	0℃_ 55℃
带宽	10us

MG995 重量- 55.0g

尺寸	40.7*19.7*42.9mm
力矩	10kg/cm
速度	0.20sec/60degree(4.8v)
工作电压	4.8-7.2V
温度范围	0℃_ 55℃
带宽	10us

SG5010 重量- 38g

尺寸	40.2x20.2x43.2mm
力矩	3.1kg/cm(4.8V); 4.5kg/cm(6V);
速度	0.17sec/60degree(4.8v); 0.4sec/60degree(6v)
工作电压	4.8-6V
温度范围	0℃_ 55℃
带宽	20us

9805BB 重量- 160g

尺寸	66x30.2x64.4mm
力矩	20kg/cm(6V)
速度	0.20sec/60degree(4.8v)
工作电压	4.8-7.2V
温度范围	0℃_ 55℃
带宽	10us