DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2020.06.043

基于PWM信号的主从通信方法

郭语,鞠全勇

(金陵科技学院 机电工程学院, 江苏 南京 211169)

摘　要:提出一种基于脉宽调制(PWM)信号的主从通信方法,主机通过发送特定频率和占空比的PWM信号传输信息,同时读取PWM信号线上的电平状态,根据电平状态接受从机发送的信息;从机通过捕获主机发送的PWM信号,解析信号的频率和占空比接受主机传递的信息,同时以不同的周期对PWM信号线拉低来发送自身信息。在此基础上,描述了用于实现PWM通信的主机系统和从机系统的软硬件设计。PWM信号通信基于单线传输的通信方法,具有系统简单、应用广泛、成本低等优点。

关键词:脉宽调制信号;单片机;通信

中图分类号:TN926　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1671-5276(2020)06-0166-03

Master Slave Communication Method Based on PWM Signal

GUO Yu, JU Quanyong

(School of Mechatronic Engineering, Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China)

Abstract: A master-slave communication method based on PWM signal is proposed in this paper. The host transmits information through PWM signal of specific frequency and duty ratio. At the same time, it reads the level status on the PWM signal line and receives the information sent by the slave according to the level status. By capturing the PWM signal sent by the host, the slave receives the information transmitted by the host, which is used to analyze the frequency and duty ratio of the signal, and at the same time sends its own information by pulling down the PWM signal line in different cycles. On this basis, the hardware and software design for the host system and the slave system for PWM communication is described. PWM signal communication is a communication method based on single line transmission, it has the advantages of simple system, wide application and low cost.

Keywords: PWM signal; MCU; communication

0　引言

主从通信在工业控制领域有着非常广泛的应用。现有的主从通信往往采用SPI、SCI或I^2C等通信方式,需要专门的通信接口,在一些对总线硬件资源有限制的场合会有较大的应用局限性。脉宽调制(pulse with modulation, PWM)信号,是一种利用微处理器的数字信号对模拟量进行编码的非常有效的技术,在移动通信、电机矢量控制和逆变电路等方面有着较为广泛的应用[1-4]。PWM信号有两个重要的特征,分别是频率和占空比。在主从通信系统的设计中,可以利用这两个特征进行信息的传递,从而实现低成本、高可靠性的单线协议通信。目前,基于PWM方式的通信技术已成功应用于无线遥控通信[5]、光纤中继传输系统[6]等领域。

本文提出基于PWM信号的主从通信方法,根据通信特点设计主从机系统软硬件,并在其上实现基于PWM信号的主从通信。相对于传统的SPI、SCI以及I^2C等通信,本文所提方法只需1根通信总线,结构简单、系统简洁。

1　通信原理

1.1　主从机连接关系

主机和从机通过1根PWM线相互传递信息,其连接原理图如图1所示。主机通过M_OUT引脚发送一定频率和占空比的PWM信号,传递到从机的S_IN引脚,从机采集PWM信号,计算频率和占空比,获取信息;同时从机通过S_OUT引脚控制器开关K2,周期性拉低PWM线路上的电平,主机通过开关K1采集PWM信号的持续拉低与释放时间,从而获取从机反馈的信息。

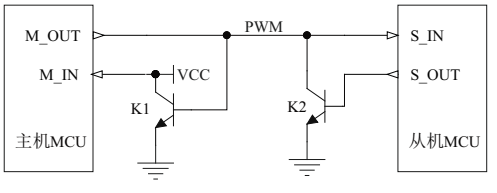

图1　主从机连接原理图

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(BK20170119);金陵科技学院科研孵化基金项目(jit-fhxm-201916)

第一作者简介:郭语(1984—),男,安徽亳州人,讲师,博士研究生,研究方向为机电一体化、力交互机器人。

1.2　通信示意

通信过程如图2所示,主机向通信总线上发送一定频率和占空比的PWM信号,不同的频率和占空比代表不同的信息;从机周期性地拉低信号时间 T_L s和释放1 s,通过修改拉低时间 T_L 向主机传递不同的信息。

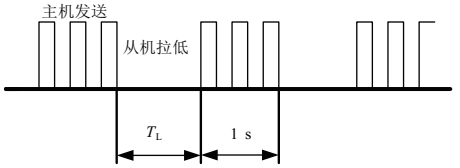

图2　通信示意图

2　主机设计

2.1　主机硬件设计

主机硬件电路需包含PWM信号发送和PWM信号线电平采样功能。如图3所示,本文选用Freescale的MC9S08SG8单片机作为主控芯片,该单片机属于HCS08系列8位MCU,芯片内置8 K字节FLASH,512字节片上RAM以及灵活可配置的PWM输入输出模块,可以满足系统的需求[7]。通过单片机PTA1引脚输出PWM波形驱动三级管Q1以改变PWM信号线的波形,同时主控芯片通过对PTA2引脚的电平采样功能,回读PWM信号的电平状态。

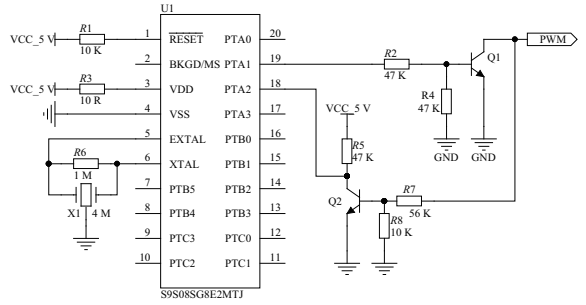

图3　主机电路设计

2.2　主机软件设计

1) 发送PWM信号

通过配置单片机MC9S08SG8的相关寄存器,将MC9S08SG8单片机自带的TPM2模块配置成PWM输出功能[8],修改寄存器TPM2MOD和TPM2C0V即可改变信号的频率和占空比,利用单片机程序进行设置并输出PWM波形[9],流程如图4所示。

2) 信号低电平采样

采用对IO口周期扫描的方法采样PWM信号电平,在单片机程序中以10 K的速率读取PTA2引脚电平,累加低电平的次数,遇到高电平则清零。如果低电平次数累加超过900,则计算拉低时间 T_L。T_L 等于低电平的累加因子乘以0.1 ms的执行周期,流程如图5所示。

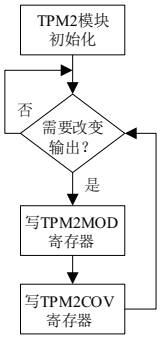

图4　主机发送PWM流程图

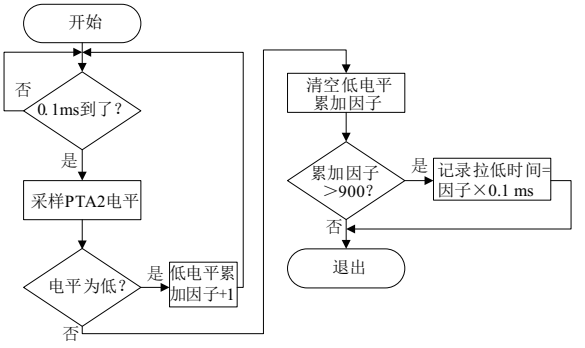

图5　信号低电平采样流程

3　从机设计

3.1　从机硬件设计

从机硬件电路分为主控电路和接口电路两部分,本文选择与主机一样的单片机作为从机主控,如图6所示。接口电路如图7所示,该电路包含信号接口和反馈两部分功能。为了增强信号的传输能力和抗干扰能力,通过电阻 $R9$ 对PWM线上的信号进行12 V上拉。

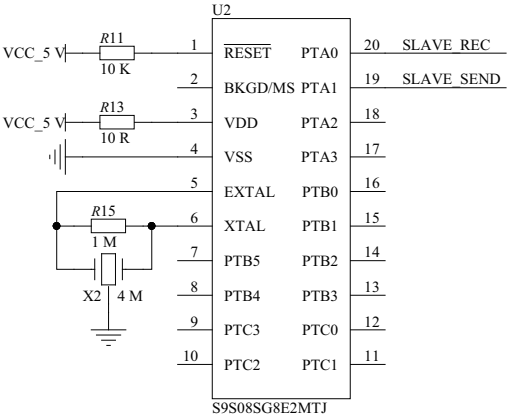

图6　从机主控电路

3.2　从机软件设计

1) 计算PWM信号的占空比和频率

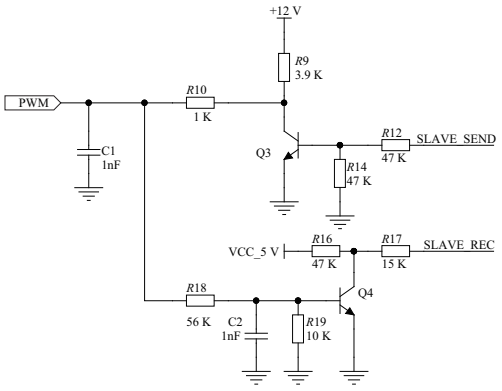

图 7　从机接口电路

在软件程序里定义 3 个变量,分别是 T_1、T_2 和 T_f,其中 T_1 对应捕获到第 1 个上升沿的时刻,T_2 对应捕获到第 2 个上升沿的时刻,T_f 对应捕获到第 1 个下降沿的时刻。连续捕获到 2 个上升沿认为是一个完整周期,第 1 个上升沿和第 1 个下降沿之间的时间认为是 1 个周期内高电平持续的时间,如图 8 所示。

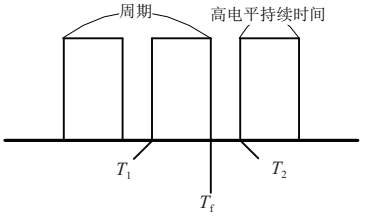

图 8　PWM 周期与占空比定义

则有

$$\text{频率}=K\times\frac{1}{T_2-T_1},$$

$$\text{占空比}=\frac{T_f-T_1}{T_2-T_1}。$$

其中 K 是比例系数。

2) 拉低信号线电平

通过配置从机主控单片机的 IO 模块,使得 PTA1 可以输出高低电平。以拉低 1 s,释放 1 s 为例,软件流程如图 9 所示。

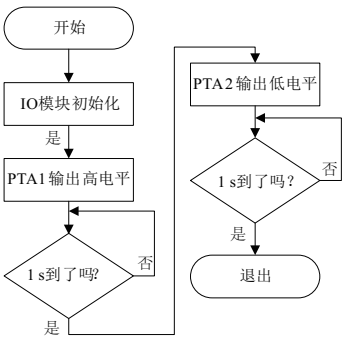

图 9　从机拉低 1 s 流程

4　实验与分析

对系统进行实验分析,定义主机发送频率为 50 Hz,占空比为 1%~99%的 PWM 信号,主从机通信协议如表 1 所示,使用示波器对主从机之间的 PWM 信号连接线进行观察测量,判断主机发送与从机回复是否正常。

表 1　主从机通信协议

主机发送占空比/%	从机拉低信号时间/s
10	1.0
50	1.5
90	2.0

将主机与从机连接,如图 10 所示。按表 1 协议进行通信,测量 PWM 连接信号线波形如图 11-图 13 所示。

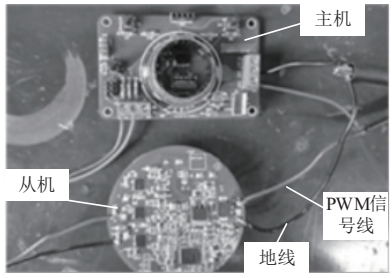

图 10　主从机连接图

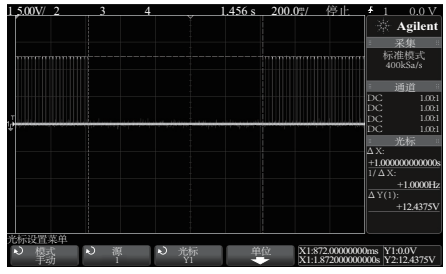

图 11　主机发送 10%,从机拉低 1 s

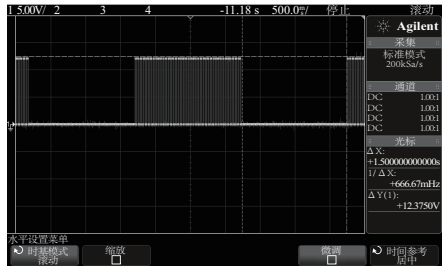

图 12　主机发送 50%,从机拉低 1.5 s

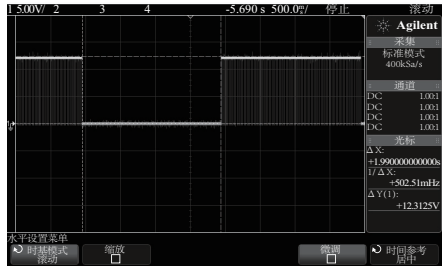

图 13　主机发送 90%,从机拉低 1.99 s

(下转第 181 页)

间和调节时间约为 4 s,没有超调以及稳态误差。由图 10(b)可以看出,在 1.5 s 以后,俯仰角进入稳态,稳定在配平俯仰角1.2°,$\Delta\alpha=-\Delta\gamma$,在 4 s 以前建立法向加速度,当建立一定的迎角变化后,无人机升力减小,法向加速度趋向于 0。飞机在姿态不变条件下以一定的航迹倾斜角飞行,符合机身垂直平移模态的特征。

5　结语

本文研究了一种基于非线性动态逆的直接升力控制方法,将其应用于鸭式布局无人机飞行控制系统的设计。在动态逆控制系统中加入期望指令模型,用于给出期望指令的动态过程,闭环系统的动态过程符合一般飞行品质的要求,加入参考模型到线性 PID 控制器的一阶时间导数前馈,消除了跟踪参考信号的时间延迟。根据姿态角和航迹倾斜角动态逆控制系统设计了直接升力模态以及垂直平移模态控制律,其动态响应良好,相比于经典连续闭环高度控制系统而言,带宽更高,航迹跟踪更加精确。

参考文献:

[1] 吴森堂. 飞行控制系统[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社,2005.
[2] 龚华军,金贤坤,杨一栋. 中性稳定技术在综合火力/飞行控制系统中的应用[J]. 南京航空航天大学学报,2003,35(4): 374-377.
[3] 吴文海,汪节,高丽,等. MAGIC CARPET 着舰技术分析[J]. 系统工程与电子技术,2018,40(9): 2079-2091.
[4] 王亚龙,吴欣龙,郑浩. 菱形翼布局无人机自抗扰直接升力着陆控制[J]. 测控技术,2017,36(7): 70-74.
[5] SHAPIRO E Y, SOBEL K M. Eigenstructure assignment for design of multimode flight control systems[J]. IEEE Control Systems Magazine,1985,5(2): 9-15.
[6] MERAT R. Study of a direct lift control system based on the A380 aircraft[C]. 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. Rerw,Nevada. Reston Virigina: AIAA, 2008: 1432.
[7] 张明廉. 飞行控制系统[M]. 北京:国防工业出版社,1984.
[8] LOMBAERTS T,LOOYE G. Design and flight testing of nonlinear autoflight control laws incorporating direct lift control[M]. Advances in Aerospace Guidance,Navigation and Control. Springer, Berlin,Heidelberg: 2013: 549-568.
[9] STEVENS B L, LEWIS F L, JOHNSON E N. Aircraft control and simulation: dynamics, controls design and autonomous systems[M]. Hoboken, NJ: John Wiley & sons, Inc, 2015.
[10] 鲁可. 无人战斗机着舰飞行控制研究[D]. 南京: 南京航空航天大学,2013.

收稿日期:2019-09-02

(上接第 168 页)

通过示波器波形,可以看出实验结果与预设的通信协议是一致的,验证了主从机通过 PWM 信号通信的可行性。本通信方式仍可进一步优化:将信号的频率和占空比结合,主机可以传递更多的信息;从机将低信号线的时间分辨率精确到 10 ms 可以传递更多的信息;如选用 16 位单片机,扩展信号的频率范围,将占空比分辨率精确到 0.1%。

5　结语

本文提出的 PWM 通信方式,通过 PWM 信号的占空比和电平状态相互传递信息,可以有效地用于主从机通信系统。经验证,本通信方式可靠稳定,对于从机发送数据量较小的系统而言,是优先的选择。基于 PWM 信号的通信方式,结构简单、成本低,在电子与工业控制行业有着较大的应用前景。

参考文献:

[1] 陈炜炜,詹跃东. 基于单片机的直流电机 PWM 调速系统[J]. 化工自动化及仪表, 2019, 46(3):218-222.
[2] 盛铭伟,李翔龙,刘一凡,等. 基于单片机的移相 PWM 功率控制超声波电源的研究[J]. 电子设计工程, 2019, 27(8): 188-193.
[3] 罗芳,杨向宇,苏威. 三相电压型 SVPWM 整流无源控制研究[J]. 机械制造与自动化,2019, 48(3):211-214.
[4] 阮峥,毛良,魏浪. 基于 TMS320F28335 的 RDDV 阀控制器设计[J]. 机械制造与自动化,2020,49(1):202-204.
[5] 闻世超. 基于 PWM 方式的无线遥控通信技术的研究[D]. 上海:同济大学,2004.
[6] 毛培法,覃亚丽,朱广信,等. 基于 PWM 的高性价比移动通信光纤多路中继传输系统的设计[J]. 浙江工业大学学报, 2001(1):60-65.
[7] 任勇,傅雪骄,张超. 基于 MC9S08QG8 低端微控制器的无线控制器设计[J]. 现代电子技术, 2009,32(9):52-55.
[8] 张恺钰,邓福军,丁钱伟,等. 基于 MC9S08SG8 的 PWM 信号发生器设计[J]. 国外电子测量技术,2019,38(8):123-128.
[9] 左明伟,冯江荣,王邦靖,等. 飞思卡尔单片机脉宽调制模块用法研究[J]. 科技创新与应用,2018(23):35-36.

收稿日期:2020-09-16