

文章编号: 2095-2163(2020)03-0412-03

中图分类号: TP311

文献标志码: A

直流电机测控系统设计与实现

王桂芳

(西安石油大学 计算机学院, 西安 710065)

摘要: 本文利用 FPGA 可编程逻辑器件实现了对直流电机控制系统的设计。在熟悉直流电机工作原理及特性的前提下,掌握 PWM 控制原理,实现了对直流电机的速度、旋转方向控制和速度测量。本系统使用 VHDL 编程,利用嵌入式逻辑分析仪进行测试,验证设计的正确性。

关键词: 直流电机; PWM; FPGA; VHDL

Design and implementation of DC motor measurement and control system

WANG Guifang

(College of Computer, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

[Abstract] In this paper, the design of DC motor control system is realized by FPGA programmable logic device. Under the premise of familiarizing with the principles and characteristics of DC motor, the PWM control is grasped, and the speed control, rotation direction control and speed measurement of DC motor are realized. The system described in the VHDL language, and the embedded logic analyzer is used for test to verify the correctness of the design.

[Key words] DC motor; Pulse Width Modulation; Field Programmable Gate Array; Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language

0 引言

直流电机具有启制动性能良好、速度易控制、能够实现较宽范围内的平滑调速等特点,在工业中得到广泛应用^[1]。直流电机速度控制最常用的是电枢电压控制法,通过调节电阻改变端电压达到调速目的。PWM(Pulse Width Modulation,脉宽调制)控制技术以其控制简单灵活和动态响应好的优点成为电力电子技术广泛应用的控制方式^[2]。与此同时,可编程门阵列(Field Programmable Gate Array, FPGA)器件的出现,为高性能的直流电机控制实现数字化提供了契机。FPGA 器件是以硬件电路为基础实现算法程序,能够将电路板级产品集成为芯片级产品,简化系统结构,提高系统的稳定性和可靠性^[3]。

1 系统总体设计

本系统采用模块化设计方案,将系统按功能划分为4个基本模块,如图1所示。转速控制模块:控制电机的转动速度,即控制 PWM 信号的占空比(高电平宽度与低电平宽度的比值),实现不同的电机转速;PWM 信号发生模块:以计数器代替三角波波形,产生占空比不同的频率信号;电机的正反转模块:编写程序控制 DM1、DM2 信号,用来控制电机不

同方向的转动;测速模块:运用试验箱内部的红外光电测速模块测量电机的速度。

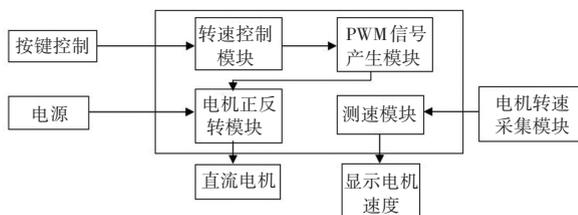


图1 系统模块划分

Fig. 1 Division of system module

2 PWM 信号产生模块设计

一般的脉宽调制 PWM 信号是通过模拟比较器产生的,在比较器的一端接给定的参考电压,另一端接周期性的锯齿波电压。当锯齿波电压小于参考电压时输出高电平,锯齿波电压大于参考电压时输出低电平,改变参考电压就可以改变 PWM 信号的占空比^[4]。如采用单片机产生 PWM 信号,需先用 D/A 转换器产生锯齿波电压和参考电压,再通过外接模拟比较器输出 PWM 信号,外围电路比较复杂^[5]。而 FPGA 中的数字 PWM 调制电路与一般的模拟 PWM 调制电路相比,产生 PWM 信号只需要 FPGA 内部资源就可以实现。PWM 信号的产生如图 2 所

作者简介:王桂芳(1994-),女,硕士研究生,主要研究方向:计算机系统结构。

收稿日期:2019-12-15

示。锯齿波 B 与固定值 A 比较之后,能够产生固定脉宽的 PWM 信号,如果想要改变 PWM 信号的占空比,只需要改变 A 的值即可。当输入的直流电机速度值改变时,PWM 信号的占空比也会随之改变。PWM 信号的占空比增加,电机转速加快,PWM 信号的占空比减小,则电机转速变慢。

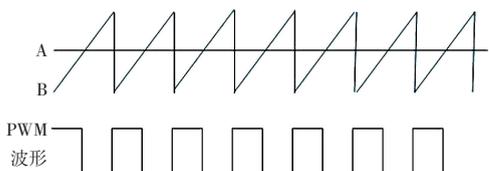


图 2 PWM 信号波形的产生

Fig. 2 Generation of PWM signal waveform

在系统中,计数器 CNT8 在时钟信号 CLK 激励下输出计数脉冲。为了能够输出逐渐增大的锯齿波,程序在每一个时钟上升沿到来时都会输出一个计数值,下一个上升沿到来时加 1,直到 cnt = “11111111”时将 cnt 清零,从而输出周期性的锯齿波波形。锯齿波 CNT8 输出信号 cnt 与转速控制输出信号 count 同时加到数字比较器的两个输入端口,然后将两者进行比较。如果 cnt 的值小于 count 的值,比较器输出高电平,反之输出低电平。由此产生周期性的 PWM 信号,只要改变速率的设定值 count,就可以改变 PWM 信号的占空比,达到调速的目的。

3 电机转速测量模块设计

根据直流电机转速测量的原理,可以参照频率计的设计方法来设计测速模块,并且通过数码管来显示转速测量的结果。直流电机转速测量电路包括时序控制器、计数器和锁存器。其中时序控制器能够产生测量转速时的工作时序;计数器能够用来统计直流电机的转数(光电码盘产生的脉冲个数);锁存器用来锁存计数器输出的转数值。

电机的转速测量由 3 个模块组成:时序模块、计数器模块、锁存器模块。如图 3 所示。运用时序模块产生 3 种信号,分别为:TSTEN、CLR_CNT、LOAD。TSTEN 是使能信号,让计数器开始工作,记录 1 s 内的电机旋转圈数;CLR_CNT 是计数清零信号,当 CLR_CNT=1 时,计数器的值清零,从下 1 s 开始计数;LOAD 是锁存信号,当 LOAD=1 时,锁存器将数据锁存,在数码管上显示电机当前转速。CLK 的频率为 1 Hz,在 CLK=1 s 的时间段内(一个周期),计数使能信号 TSTEN 若为高电平则允许计数器 CNT 计数,计算电机转动的频率。锁存器的工作时钟为

LOAD 信号,在 CLK = 1 且 LOAD = 1 时,将 LTCH 中锁存的转速脉冲个数进行输出。在 CLK 信号接下来的 1s 的时段内,LOAD = 1 且 CLK = 0,计数器清零信号 CLR_CNT = 1 有效,将计数器 CNT 中已经锁存的计数值清零,使得 CNT 能够在下一个计数使能信号 TSTEN = 1 有效期间继续统计脉冲数。另外,直流电机的频率测量值可通过 P[7..0]连接带译码器的数码显示电路,显示电机的频率,求得电机的转速。

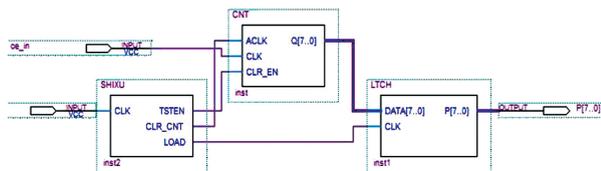


图 3 电机转速测量模块

Fig. 3 Motor speed measurement module

4 测试分析

随着系统功能的不断强大,逻辑设计也越来越复杂,已不能仅仅依靠软件仿真测试的方法去了解系统的硬件功能,检查存在的问题。应采用更高效的测试手段与传统测试方法相结合的方式对系统进行系统测试,这就是嵌入式逻辑分析仪的基本思想^[6]。

本文使用嵌入式逻辑分析仪对系统进行了测试分析。其中 GW48 试验箱选用的 FPGA 器件是 CycloneIII 系列的 EP3C40Q240C8N。操作过程如下:

(1)输入信号。将程序下载到试验箱,将要观察的信号加入嵌入式逻辑分析仪中。下载之后需要先在试验箱运行,才能实时观察分析仪中的信号变化。如图 4 所示,下载后信号初始值均为 0。

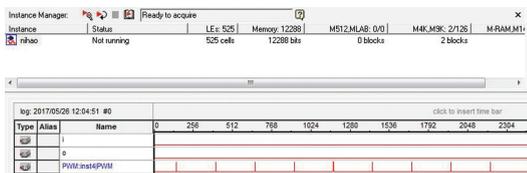


图 4 加载观察 PWM 信号

Fig. 4 Load and observe the PWM signal

(2)开始分析。按下 start 按钮,电机开始正转。由图 5 可见,产生的 PWM 信号直接加载到控制电机正转的信号 i,使电机正转。ctrl 输入为 “11000011”,占空比等于 76.47%。

(3)按下 zhuan 按钮,使得电机的旋转方向发生改变。PWM 信号全部传给信号 o, count 为 “11000011”,占空比为 76.47%。如图 6 所示。

(下转封三)