

# 基于增量式光电编码器电机测速系统的设计

丁卫东<sup>1</sup>, 朱卫民<sup>2</sup>, 曹玲芝<sup>1</sup>

(1. 郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002;

2. 河南省计量科学研究院, 河南 郑州 450008)

**摘要:** 采用光电编码器作为电机测速元件, 设计了基于增量式光电编码器电机测速系统. 该系统中, 光电编码器的输出脉冲经斯密特触发器整形后, 由单片机进行采集、计算, 测得的电机旋转速度和方向由 LCD 进行显示, 测速周期由键盘进行设定, 测速算法采用 M/T 法. 该系统测量精度高, 可实时显示, 适用于运行时振动较小的电机测速.

**关键词:** 增量式光电编码器; 电机测速系统; 微控制单元

**中图分类号:** TM930 **文献标志码:** A **DOI:** 10. 3969/j. issn. 2095 - 476X. 2013. 06. 022

## Design of motor speed-measuring system based on the incremental photoelectric encoder

DING Wei-dong<sup>1</sup>, ZHU Wei-min<sup>2</sup>, CAO Ling-zhi<sup>1</sup>

(1. College of Electric and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. He'nan Province Institute of Metrology, Zhengzhou 450008, China)

**Abstract:** The motor speed measuring system based on incremental photoelectric encoder was designed using photoelectric encoder as the component for motor rotating speed. In this system, the output pulse of photoelectric encoder was reshaped by Schmitt triggers, then MCU gathered the signal and calculated the rotating speed value. The motor rotating speed and direction were displayed by the LCD, measurement cycles were set by keyboard and speed measurement algorithm used M/T method. The measurement system had the characteristics of high precision and real-time display, suitable for motor speed-measuring at runtime with smaller vibration.

**Key words:** incremental photoelectric encoder; motor speed-measuring system; micro control unit

## 0 引言

随着现代化科技的发展, 电机作为一种执行装置, 在自动化控制、计量检定等领域的应用越来越广泛. 转速是各类电机的重要物理量, 需要对电机转速进行实时监测, 工程实践对电机测速范围和精度的要求也在逐步提高. 增量式光电编码器与电机

同轴, 通过光电转换将输出轴上的机械几何位移量转换成脉冲. 输出的 2 组方波脉冲 A 相和 B 相的相位差 90°, 可方便地计算电机转速, 判断旋转方向, 且抗干扰能力强, 可靠性高, 适合长距离传输. 本文拟基于增量式光电编码器设计电机测速系统, 以提高系统测量精度.

收稿日期: 2013 - 11 - 19

作者简介: 丁卫东(1987—), 男, 山西省神池县人, 郑州轻工业学院硕士研究生, 主要研究方向为电机应用.

通信作者: 曹玲芝(1965—), 女, 河南省焦作市人, 郑州轻工业学院教授, 博士, 主要研究方向为现代测工技术.

# 1 系统结构与原理

测速系统结构如图 1 所示。



图 1 系统结构图

光电编码器与电机同轴,将电机旋转量转化为脉冲输出,经过斯密特触发器进行脉冲整形,单片机采集脉冲后换算为电机转速值,并由 LCD 显示,由键盘进行采样周期设定,实现人机交互。

增量式光电编码器由光栅盘、发光二极管、光敏传感器、转轴、转换电路、电源及信号线连接座组成。光栅盘是在一定直径的圆板上等分地开通若干个长方形孔。光栅盘与电机同轴,电机旋转带动光栅盘同速旋转,发光二极管发光,光敏传感器通过光栅盘的长方形孔接收光信号,生成正弦波,经转换电路输出脉冲。光电编码器输出脉冲的频率即反映电机的当前转速,输出 2 路相位差为 90°的脉冲信号来判定电机转动方向。图 2 所示为增量式光电编码器原理图,图 3 所示为增量式光电编码器的输出信号波形。

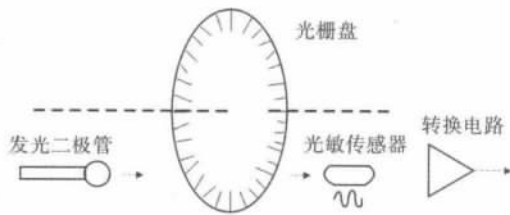


图 2 增量式光电编码器原理图

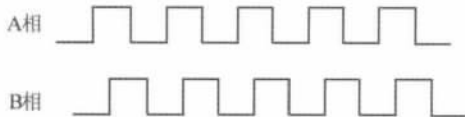


图 3 增量式光电编码器的输出信号波形

斯密特触发器是一种阈值开关电路,有 2 个阈值电压,分别称为正向阈值电压和负向阈值电压。斯密特触发器属于电平触发型电路,不依赖边沿陡峭的脉冲,这种电路多被设计用于阻止输入电压出现微小变化而引起输出电压的改变。当输入电压  $V_i$  上升到  $VT+$  电平时,触发器翻转,输出负跳变;过了一段时间输入电压回降到  $VT+$  电平时,输出并不回到初始状态,而需输入  $V_i$  继续下降到  $VT-$  电平时,

输出才翻转至高电平(正跳变),因而出现输出电压变化滞后的现象,这是斯密特触发器的一个重要特性。斯密特触发器的这种电压滞后特性常被用来将正弦波、三角波整形为方波,也可以对脉冲进行波形整形,使脉冲的上升沿或下降沿变得陡直,从而有效滤除干扰,使脉冲波形变得平整。所以系统采用斯密特触发器对增量式光电编码器的输出脉冲进行整形,整形原理如图 4 所示。

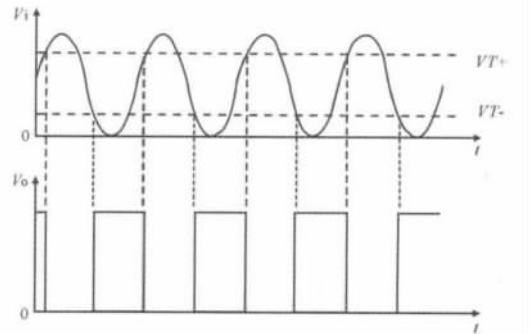


图 4 斯密特触发器整形原理图

系统测速方法采用 M/T 法,电机转速公式为

$$n = 60 M_1 f / k M_2 \tag{1}$$

式中  $n$  表示电机转速/( $r \cdot \text{min}^{-1}$ )  $f$  表示参考时钟频率/Hz;  $M_1$  表示在采样周期  $T$  内采集的增量式光电编码器输出脉冲数加 1;  $M_2$  表示  $T + \Delta T$  内采集的参考时钟的脉冲数;  $k$  为增量式光电编码器光栅盘的线数。

测速原理如图 5 所示。

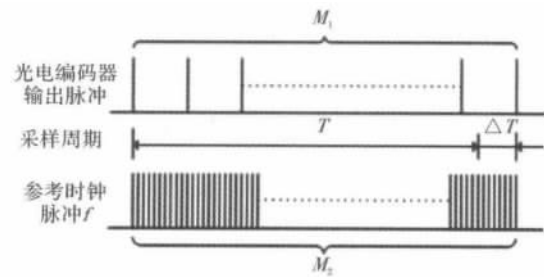


图 5 M/T 法原理图

在测速过程中,单片机在斯密特触发器输出脉冲信号的上升沿或下降沿同步对参考时钟脉冲和斯密特触发器输出脉冲进行计数,采样周期  $T$  结束后,在下一个上升沿或下降沿到来时同时结束对参考时钟脉冲和斯密特触发器输出脉冲的计数,即对光电编码器输出信号的计数值为整数,因此只会产生参考时钟脉冲  $\pm 1$  的误差。

## 2 系统硬件设计

系统中电源电压为直流电压,增量式光电编码器、LCD12864M 液晶模块、单片机 STC12C5A60S2、斯密特触发器芯片 74LS14 需 +5 V 的供电电压,所以系统电源为 5 V。

硬件连线图如图 6 所示。

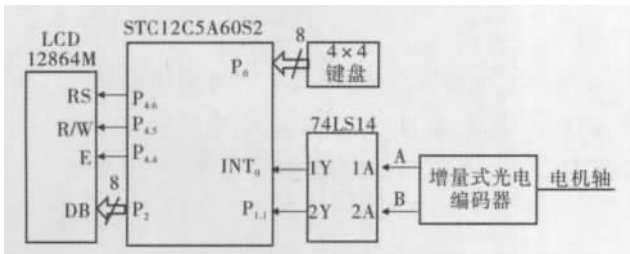


图 6 硬件连线图

4 × 4 键盘上拉 10 kΩ 电阻接单片机的 P<sub>0</sub> 口。LCD12864M 的 DB<sub>0</sub>—DB<sub>7</sub> 分别接 P<sub>2.0</sub>—P<sub>2.7</sub>, RS, R/W, E 分别接单片机 P<sub>4.6</sub>, P<sub>4.5</sub>, P<sub>4.4</sub> 脚。光电编码器与步进电机同轴,输出 A, B 2 路脉冲,系统所用光电编码器是推挽式输出,2 路脉冲上拉 5 kΩ 左右电阻,分别连接 74LS14 的 1A, 2A 口,74LS14 的输出口 1Y, 2Y 分别接单片机中断口 INT<sub>0</sub>, I/O 口 P<sub>1.1</sub>。由 A 路进行中断计数,中断时判断 B 路当前高低电平,可判别电机正反转。

## 3 软件流程

程序流程如图 7 所示。按键定义为数字键 0—9, “.”为小数点, “C”为清除键,用于采样周期 T 值输入。“设置”键用于初值设定起始,“确定”键表示 T 值设定完毕,设置过程 LCD 全程显示。如图 5 所示,单片机在采样周期 T 结束后的下一个中断(即 T + ΔT 时间内)完成数据采集,根据式①计算得电机转速值,由 LCD12864M 进行显示,重复上述过程对电机速度进行实时检测显示。

## 4 误差分析

### 4.1 理论误差分析

测速绝对误差

$$\Delta = \left| \frac{60M_1f}{KM_2} - \frac{60M_1f}{K(M_2 \pm 1)} \right| = \frac{60M_1f}{K} \left| \frac{\pm 1}{M_2(M_2 \pm 1)} \right| \quad (2)$$

测速相对误差

$$\delta = \Delta / (60M_1f / KM_2) = \left| \frac{\pm 1}{M_2 \pm 1} \right| \times 100\% \quad (3)$$

由②③式可知,测速误差很小,可以忽略。

### 4.2 试验结果

对 57 × 80 两相步进电机进行测速,电机驱动采用 2 细分。试验结果如表 1 所示。

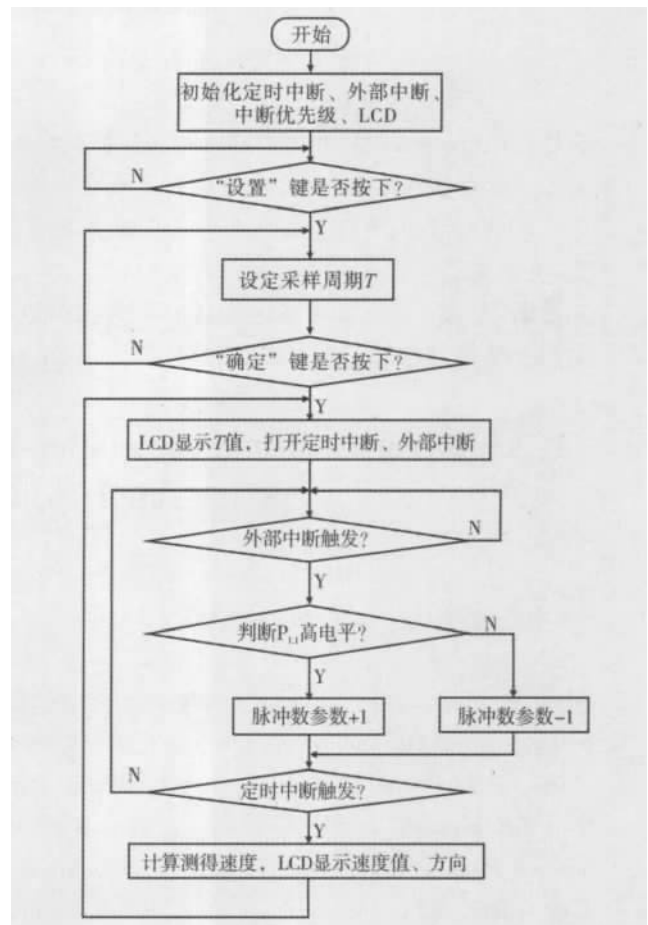


图 7 程序流程图

表 1 驱动器 2 细分的测试结果 r · min<sup>-1</sup>

电机速度 设定值	测量值	
	电机非固定	电机固定
10.0	101.905	77.750
20.0	66.205	57.750
30.0	158.181	129.250
40.0	61.781	50.733
50.0	50.027	50.000
60.0	65.250	60.000
80.0	80.087	80.000
100.0	100.108	100.000
120.0	120.126	120.000
150.0	150.053	150.000
180.0	180.027	180.000
200.0	200.000	200.000

(下转第 108 页)

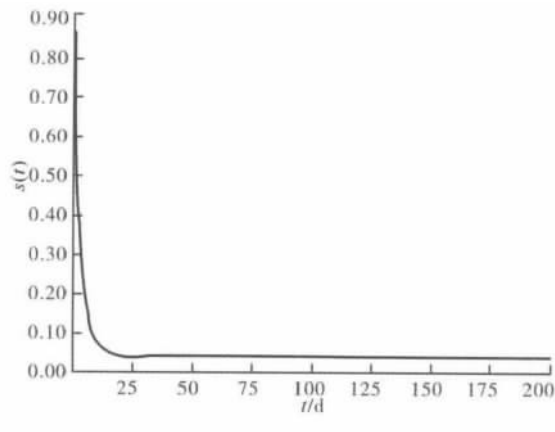


图7  $R_0 < 1$  时函数  $s(t)$  的变化趋势

际结果的一致性,进一步说明了该模型是正确的,为研究该疾病的变化趋势提供了理论参考.由于所获得的数据较少,还不能完整地描述手足口病的传播特征,比如还需考虑该疾病的周期性,在将来有疫苗的情况下,还需要研究具有脉冲接种的模型,并通过数值模拟得到接种疫苗的临界值,这将是下一步的研究重点.

参考文献:

[1] Nong Guang-Min. Autopsy findings in children with hand ,

foot and mouth disease [J]. New England Journal of Medicine 2012 ,367: 91.

[2] Li M Y ,Wang L C. Global Stability in Some SEIR Epidemic Models [M]. Berlin: Springer-Verlag Press ,2002: 295 - 311.

[3] Zhang J , Ma Zhien. Global dynamic behavior of the SEIR epidemic model with the saturating contact rate [J]. Mathematical Biosciences 2003 ,185( 1) : 15.

[4] 李春,李继光.一类仅在年龄低于  $M$  的人群中传播的 SEIR 传染病模型 [J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版 2010 25( 1) : 120.

[5] 安徽省卫生厅. 疾病报告统计 [EB/OL]. [2008 - 05 - 15 ]( 2013 - 01 - 20) . <http://www. ahwst. gov. cn/chn200909261727166/article.jsp? articleId = 871028>.

[6] Freedman H I ,Tang M X ,Ruan S G. Uniform persistence and flows near a closed positively invariant set [J]. J Dynam Diff Equat ,1994( 6) : 583.

[7] 安徽省统计局. 安徽省 2002—2008 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. [2011 - 02 - 28 ]( 2013 - 01 - 20) . [http://www. ahtjj. gov. cn/tjj/web/tjnj\\_view.jsp? strColId = 13787135717978521&\\_index = 1](http://www. ahtjj. gov. cn/tjj/web/tjnj_view.jsp? strColId = 13787135717978521&_index = 1).

(上接第 97 页)

将电机固定,电机速度设定为 25.0 r/min,将电机驱动细分值设定为 2 细分、4 细分和 8 细分时,测得的结果分别为 190.635 r/min,25.000 r/min 和 25.000 r/min.

试验结果表明:测量主要误差来源是电机的振动.电机被固定、步进电机驱动器细分越大,电机振动越小,测量结果越准确.在电机振动不剧烈的情况下,系统对电机测量准确、可靠.

5 结语

本文设计的基于增量式光电编码器电机测速,光电编码器的输出脉冲经斯密特触发器整形后,由单片机进行采集、计算,测得的电机旋转速度和方向由 LCD 进行显示,测速周期由键盘进行设定,测速算法采用 M/T 法.整个系统控制电路的体积小,操作简单方便.电机在振动剧烈的情况下,会影响

系统对电机速度的检测,该系统适用于运行时振动较小的电机的速度测量.

参考文献:

[1] 姜庆明,杨旭,甘永梅,等.一种基于光电编码器的高精度测速和加速度的方法 [J]. 微计算机信息,2004,20(6):48.

[2] 焦东升,张秀彬,应俊豪.基于正交编码器高精度测速方法的研究 [J]. 微型电脑应用,2010,26(10):13.

[3] 宋刚,秦月霞,张凯,等.基于普通编码器的高精度测速方法 [J]. 上海交通大学学报,2002,36(8):1169.

[4] 刘照红,李丽娟.开关电源的共态噪声及抑制措施 [J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版,2001,16(4):14.

[5] 王瑜,王斌.基于 STC 系列微控制器的电机数字测速系统设计 [J]. 电气技术,2012(3):69.

[6] 徐煜明.步进电机速度控制的研究与实现 [J]. 工矿自动化,2007(2):82.