

Control Technology of Stepper Motor in Digital Instrument

DONG Zheng-hao, HUANG Wei-zhi

(Tianjin Polytechnic University Institute of Information and Communication Engineering, Tianjin, 300160, China)

E-mail: dzhmm23@163.com

Abstract: The working principle of stepper motor and the methods for speed signal processing are introduced; the CAN bus are studied and a CAN message node is designed. Control method of stepper motor in digital vehicle instrument is explained. Data receiving and processing from CAN bus and speed sensor are accomplished by programming and vehicle condition can be reflected in real-time.

Keywords: digital vehicle instrument; stepper motor; pointer control.

仪表用步进电机及其控制技术

董正浩 黄伟志

(天津工业大学信息与通信工程学院, 天津 300160)

E-mail: dzhmm23@163.com

[摘 要] 详细介绍了步进电机的工作原理及车速信号的处理方法, 研究 CAN 总线并设计了 CAN 总线信息节点。提出了步进电机式汽车数字仪表指针的控制方法。编程实现了对 CAN 总线和车速传感器数据的读取、处理, 能够实时反映车辆工况。

[关键词] 汽车数字仪表; 步进电机; 指针控制; CAN 总线

1. 引言

汽车仪表的发展经历了机械式, 电气式, 模拟电路电子式和全数字式, 指针式仪表因其显示直观的特性一直占据着主导地位。目前汽车仪表正处在从模拟电路电子式向全数字式的转型时期, 步进电机式汽车数字仪表的指针由单片机开环控制, 具有指示精度高、反应灵敏、结构简单、可靠性高等优点。

2. 步进电机及其驱动

2.1 步进电机简介

步进电机是微电机的重要分支, 是数字控制系统中一种新型执行元件, 它是将电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移的转换器, 且其转速或线速度与脉冲频率成正比。步进电机可以用脉冲信号直接进行开环定位控制, 无需位置或速度传感器。

伟力驱动技术(深圳)有限公司的 VID29 系列步进电机需要两路逻辑脉冲信号驱动, 可以工作于 5

V~10 V 的脉冲下, 输出轴的步距角最小可以达到 $1/12$ 度, 最大角速度 600 度/秒。可用分步模式或微步模式驱动。在分步模式下, 每个脉冲可以驱动电机转子转动 60 度。经齿轮系减速后输出轴转动 $1/3$ 度。在微步模式下, 一个脉冲可使转子转动 15 度, 相应地输出轴转动 $1/12$ 度。在微步模式下, 电机能更连续、平稳地运转^[1]。

2.2 步进电机驱动

步进电机的驱动可采用伟力驱动技术(深圳)有限公司的 VID66-06 仪表步进电机驱动芯片^[2], 每片可同时驱动四路步进电机以微步模式工作, 原理如图 1。

该型芯片简单易用, 每个步进电机只需要两路控制信号。在输入信号 F(SCX) 的上升沿驱动电机输出轴转动一个微步, 即 $1/12$ 度, 最大角速度可达 600 度/秒。输入信号“CW/CCW”(顺时针 / 逆时针) 可控制步进电机输出轴转向。

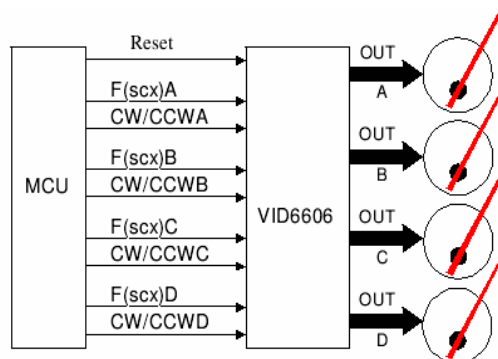


Figure 1. VID66-06 Schematic

图 1. VID66-06 工作原理图

3. 信号处理

车速传感器的输出信号频率与车速成正比。现在普遍采用的霍尔式车速传感器的输出信号为矩形波信号，磁电式车速传感器的输出信号为正弦波信号，经过处理电路处理后，速度信号转换为单片机能够处理的矩形波信号，这样对车速的测量就转变为对矩形波频率的测量。常见的频率测量方法有频率法、周期法。

3.1 车速信号获取

通常，车速传感器为霍尔式，霍尔式车速传感器的输出信号为矩形波，信号频率与车速均成正比。速度信号经处理电路处理转换为单片机能够处理的矩形波信号，信号处理电路如图 2 所示。

对车速的测量即为对矩形波频率的测量常用的测量方法有频率法和周期法。

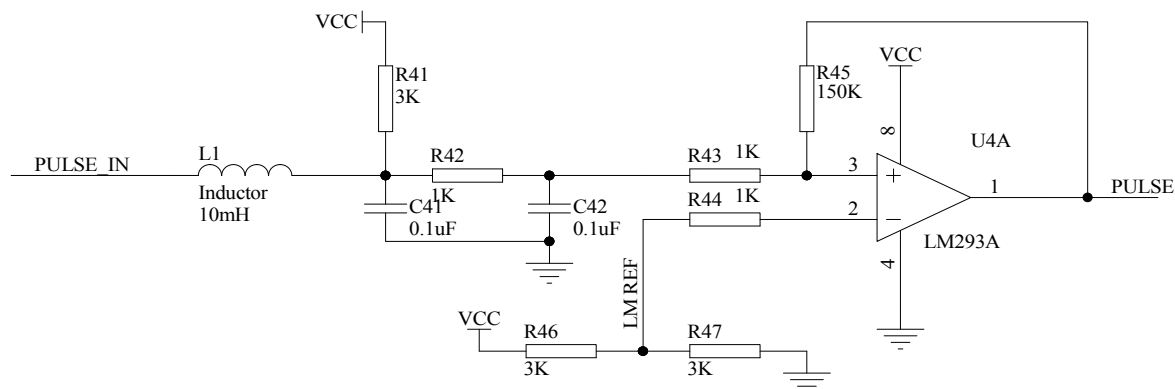


Figure 2. Speed Signal Handle Circuit

图 2. 车速信号处理电路图

3.2 车速信号测量

3.2.1 频率法

频率法即为直接计数法，就是测量在某一选定的闸门时间 T 内，轮速脉冲的个数 M ，进而求得车速信号的频率 f ，计算公式为：

$$f = \frac{M}{T}$$

由误差公式可得 $\frac{df}{f} = \frac{dM}{M} - \frac{dT}{T}$ 。可以看出测量

误差主要由两部分组成：一部分是测量时间间隔（时基）的相对误差 $\frac{dT}{T}$ ，由于时基是由单片机内部的石英晶体振荡器产生，这部分误差通常在 10^{-6} 以下，可忽略；另一部分是计数误差 $\frac{dM}{M}$ ，计数误差的产生原理如图 3 所示^[3,4]，车速信号序列的最后一个正跳变未在时间闸门内，产生的最大计数误差为 -1 。这部分误差在低速时较大，在高速时则很小。以车辆特征系数（车辆行驶每公里里程时速度传感器的转数）为 1320，8 脉冲车速传感器为例，闸门时间为 0.5 s，车速为 10 km/h 时，最大相对误差为 6.8%，车速为 2 km/h 时，最大相对误差高达 34.2%。增大闸门时间 T 可减小误差，但这会使车速的更新频率降低，影响仪表的响应速度。

3.2.2 周期法

周期法是利用标准时钟信号序列来填充被测信号的一个或多个周期，通过计数标准时钟脉冲个数来计算被测信号周期的一种测量方法。被测信号周期为 T ，参考时钟信号周期为 τ ，被填充的被测信号周期为 N ，则有：

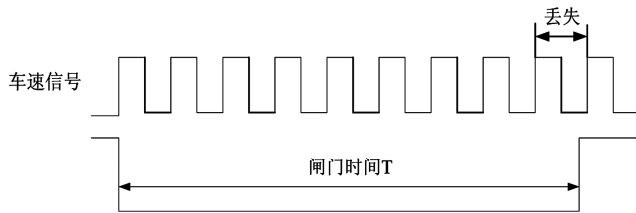


Figure 3. Measurement Error Caused in Frequency Method
图 3. 频率法测量误差产生原理

$$T = \frac{n\tau}{N}$$

由误差公式可得 $\frac{dT}{T} = \frac{dn}{n} + \frac{d\tau}{\tau}$ 。测量误差同样来自两部分：一部分是标准时基的相对误差 $\frac{d\tau}{\tau}$ ，标准时基是由单片机内部的石英晶体振荡器产生，这部分误差通常在 10^{-6} 以下，可忽略；另一部分是计数误差 $\frac{dn}{n}$ ，误差产生的原理如图 4 所示，

由于时基信号序列的最后一个正跳变未处在被填充的被测信号周期内，可产生的最大计数误差为 -1。这部分误差在低速时很小，在高速时则稍大。同样以车辆特征系数为 1320，8 脉冲车速传感器为例，标准时基信号周期为 50 us，车速为 100 km/h 时，最大相对误差为 1.47%，车速为 180 km/h 时，最大相对误差为 2.64%。这完全符合汽车摩托车仪表标准 QC/T 727-2004 中对车速表的基本误差要求。由图可知，降低时基信号周期 τ 可进一步减小误差，但这样（单片机定时器定时时间间隔较小）会过多占用单片

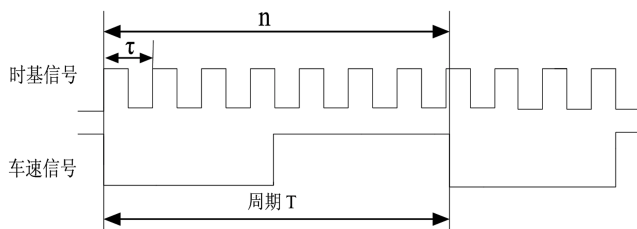


Figure 4. Measurement Error Caused in Period Method
图 4. 周期法测量误差产生原理

机资源；增加 N 的数值也可减小误差，但这会导致在低速区时，车速的更新率变慢，影响仪表的反应速度。所以，在高车速时可采用较大的 N 值，在低速时采用较小的 N 值。

通过比较车速信号的两种测量方法，在软件量大致相等的情况下，周期法的精度和实时性比频率法高，所以在数字仪表的设计中采用周期法来测定车速信号周期，计算车速值如下式：

$$V = \frac{3600 \times N}{n \cdot \tau \cdot \Omega \cdot Z}$$

式中， Z ：轮速传感器旋转一周输出脉冲个数；

Ω ：车辆特征系数，即汽车每行驶 1 km 轮速传感器的转数。

3.3 CAN 总线节点设计

控制器局域网 CAN (Controller Area Network) 是由德国 BOSCH 公司为解决现代汽车中众多控制单元、测试仪器之间的实时数据交换而开发的一种串行通信协议。CAN 支持 4 种类型的报文帧来进行信息传送：数据帧 (Data Frame)、远程帧 (Remote Frame)、出错帧 (Error Frame) 和超载帧 (Overload Frame)。CAN 有两类消息帧，即标准帧和扩展帧。其本质的不同在于 ID 的长度，标准帧的标识符有 11 位，扩展帧则有 18 位^[5]。CAN 扩展格式数据帧结构如表 1 所示：

现代汽车大多都增加了 CAN 总线功能。汽车参数也可以从 CAN 总线上获取。CAN 总线节点硬件电路设计如图 5 所示。选择 CAN 收发器 PCA82C250，该收发器适用于汽车中高速（高达 1 Mbps）CAN 总线数据的传输。设置终端电阻（一般为 120 Ω ）于 CAN 控制器与物理总线间的接口，以提升总线的差动发送和接收能力。

4. 步进电机的软件控制

用 VID66-06 驱动芯片驱动步进电机时，只需计算并给定驱动步进电机脉冲序列的脉冲个数以及

Table 1. Data Structure in CAN Extended Frame
表 1. CAN 扩展帧格式数据帧结构

SOF	仲裁场				控制场				数据场	CRC	CRC 分界符	ACK	EOF
	11 位标识符	SRR	IDE	18 位标识符	RTR	r1	r0	DLC					
1	11	1	1	18	1	1	1	4	0~64	15	1	2	7

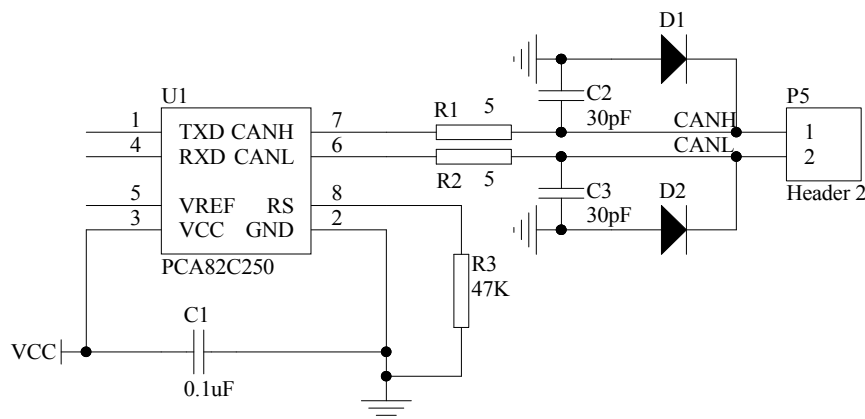


Figure 5. CAN Node Circuit
图 5. CAN 节点硬件电路

转向控制信号。同时部分仪表盘车速刻度并不是全盘均匀分布,而是分段均匀。为此,实际中可根据仪表盘刻度将每一车速值对应转换(Speed-To-SpeedPulse)成脉冲数值,以方便处理,提高控制精度。

4.1 指针回零

仪表上电或掉电时，指针要做归零处理（初始化）；

由于指针归零方法是 将指针高速反转 300 度，靠步进电机内部的停止挡块来定义仪表指针的零位，此时电机可能回不到安装时的零位，而是向前偏移大约 0.8 度。此现象是由于电机内部的齿轮间隙以及撞到零位时转子和磁场有偏离而形成的。高速撞零后，再以一个比较低的转速继续反转 1 度左右，可解决此问题。

4.2 电机加减速

在运行中，仪表指针转动必须要有加减速过程，以免丢步^[6]。以指针正转为例说明指针控制过程，如下：定义上一参考速度（已转换成脉冲数）LastSpeedPulse (LP)，当前指示速度 BufSpeedPulse (BP)以及目标指示速度 CurSpeedPulse (CP)。定义参数 Speedflag = min (CP-BP, BP-LP)。用单片机定时器产生较高频率的标准脉冲序列，并计数脉冲个数，再用 Speedflag 大小来控制步进电机的驱动脉冲频率。该参数值较小时，用较低频率驱动，反之，用较高频率驱动，进而可控制步进电机的连续加减速过程。部分控制程序如下：

```
void timer1 (void) interrupt 3 using 2
{ .....
```

```

C = Flag-SpeedFlag;
if(c! = 0 )
{
pulse++;
if (pulse%c == 0)
{
FA = 0;
Nop();
FA = 1;
Pulse = 0;
.....
}
}
}
}

```

当指针转至目标位置($BP = CP$)后, 将 CP 赋值给 LP , 指针完成一次转动。通过连续测量计算车速信号, 赋值给 CP , 则指针将连续转动, 实现仪表功能。

5. 结论

本文主要介绍了车速信号的测量和仪表用步进电机的控制方法。采用本设计方案的数字仪表已进入装车测试阶段,该表速度显示重复性好、响应快速、定位精确。预计步进电机式仪表将会成为数字仪表的主流。

References (参考文献):

- [1] VID (Shenzhen) Co., Ltd.. VID29 series stepper motor manual [G]. 2005:1-7.
伟力驱动技术(深圳)有限公司. VID29 系列步进电机说明书[G]. 2005:1-7.
- [2] VID (Shenzhen) Co., Ltd.. VID-6606 stepper motor driver

chip instrumentation [G]. 2005:1-7.

伟力驱动技术（深圳）有限公司. VID-6606 仪表步进电机驱动芯片 [G]. 2005:1-7.

- [3] Li Fei. Automotive research and development of digital instrumentation assembly [D]. Wuhan. Wuhan University of Technology 2008: 5-8.

李飞. 汽车数字仪表总成的研究开发 [D]. 武汉. 武汉科技大学 2008: 5-8.

- [4] ABS controller software design foundation.
<http://www.61ic.com/Technology/car/200801/18591.html>

ABS控制器软件的设计基础.

<http://www.61ic.com/Technology/car/200801/18591.html>

- [5] Bosch. CAN Specification, Version 2.0 [S]. Robert Bosch GmbH, 1991.

- [6] Liao Jianbin. Stepper motor car instrument control [J].

Automotive Electrical, 2008 (6) :5-9.

廖建斌. 步进电机式汽车仪表控制技术 [J]. 汽车电器, 2008 (6) :5-9.