

基于 DSPF2812 的发动机转速测量系统设计

于海征, 冯国胜, 袁新华, 邓晓龙, 李鹏飞

(石家庄铁道大学 机械工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:在研究现有的几种发动机转速测量方法基础上,设计了一种以 T 型测速方法为原理,以 DSPF2812 为控制核心的发动机转速测量系统。给出了系统的测量原理以及实现发动机转速测量的软件编程方法和信号调理电路设计,同时应用 LabVIEW 软件实现对信号的监测和数据存储,最后对该测量系统进行了实验测试,在实际测试中取得了良好的效果。该系统具有测速精度高、测速范围广以及实时性强等特点,为汽车发动机性能研究、故障处理以及后续的分析提供了重要的参考依据,同时该系统还可以应用到电机测速等其它测速领域,具有较高的实用价值。

关键词:发动机转速;测量;DSPF2812;T 型法测速;LabVIEW

中图分类号:U464.12⁺3 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2016)02-0072-06

0 引言

发动机是汽车总体构造的核心部分,为了获取汽车发动机的运行情况,需要对其转速进行测试,并精确记录转速值^[1]。汽车发动机的转速数据对车辆进行后续的检测、维修和保养提供了重要的参考依据,所以实现发动机转速的准确测量、实时监测以及数据存储具有重要的意义和价值。为实现发动机转速快速、准确的测量,本设计以 T 型法测速为原理,通过应用 DSPF2812 的捕获单元采集发动机的喷油脉冲信号来实现对发动机转速的测量和计算,同时采用新的软件编程方法,在确保发动机转速测试精度的基础上增大了所测转速的范围,最后通过应用 LabVIEW 软件与 DSPF2812 的串口通信实现数据的实时监测和存储。

1 测量原理及总体设计

1.1 测量原理

数字测速具有测速精度高、分辨能力强、受器件影响小等优点,数字测速方法主要有 M 法测速、T 法测速以及 M/T 法测速 3 种^[2]。与其它两种测速方法相比,T 型法测速具有原理简单以及软件编程方法易实现等优点,同时能够保证一定的测量精度。本设计将 T 型测速方法应用于发动机转速测量系统,同时在软件编程方法上进行了改进,与现有的应用 DSP 实现 T 型测速方法相比,在保证测量精度的基础上增大了转速的测量范围。

T 法测速,又被称为测周法测速,原理是通过测量被测信号两个输出脉冲之间的间隔时间 T 来计算转速。测量时间 T 是以发动机喷油脉冲信号的上升边沿作为计数器计数的起始点和终止点,应用高频脉冲的计数个数计算出来的,其原理示意图如图 1 所示。

假设在发动机两个喷油脉冲信号之间计数器记录了 M_2 个高速时钟脉冲,而高速时钟脉冲的频率是 f_0 ,则 M_2/f_0 就是发动机喷油脉冲信号的周期,所以发动机转一圈的时间为 ZM_2/f_0 ,由此可得到发动机

收稿日期:2015-04-01 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2016.02.14

基金项目:河北省自然科学基金(E2014210050);石家庄市科研计划项目(141081011A);河北省引进留学人员资助项目(C2015005019)

作者简介:于海征(1990-),男,硕士研究生,主要从事车辆电子控制的研究。E-mail: yuhaizheng1111@163.com

于海征,冯国胜,袁新华,等.基于 DSPF2812 的发动机转速测量系统设计[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(2):72-77.

的转速是 $n = \frac{60f_0}{ZM_2}$, 其中, Z 为发动机每转输出的喷油脉冲次数(本系统在测试过程中取 $Z=2$)。

1.2 总体设计

为实现发动机两个喷油脉冲信号之间高速时钟脉冲数的测量,本设计采用 DSPF2812 为控制核心。DSPF2812 的 CPU 主频高达 150 Hz,时钟周期为 6.67 ns,具有高性能的 32 位中央处理器^[3],具有两个相同的事件管理器模块 EVA 和 EVB,每个 EV 模块具有 2 个通用定时器、3 个全比较单元以及 3 个捕获单元。通过对发动机的喷油脉冲信号进行调理,得到可测的标准脉冲信号并传输给 DSPF2812 的输入捕获单元,运用 DSPF2812 的计数器 T1 在发动机喷油脉冲信号的一个周期内对已知频率为 f_0 的高频时钟脉冲进行计数,得出 M_2 的值,最后通过 M_2 和 f_0 的值来计算转速。转速值通过串口发送到 LabVIEW 软件,实现转速信号的实时监测和数据存储。系统整体设计框图如图 2 所示。

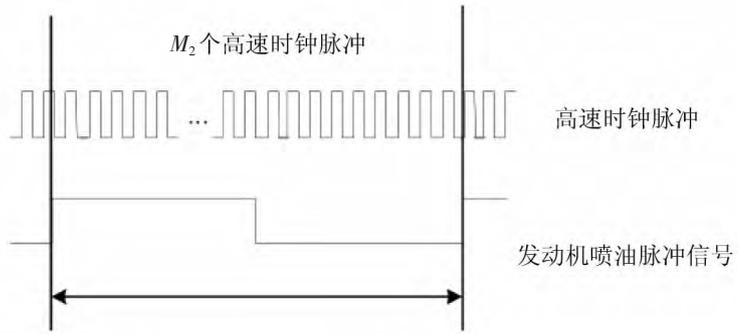


图 1 T 法测速原理示意图

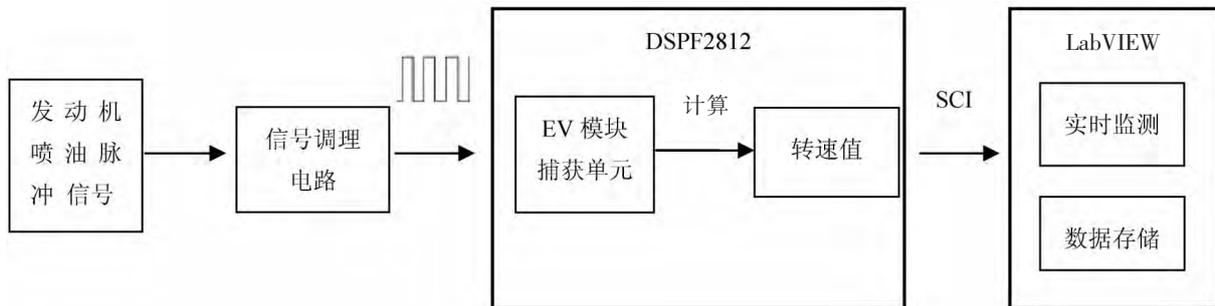


图 2 总体设计框图

2 信号调理电路设计

通过示波器观察,发现试验车的发动机喷油脉冲信号存在反向脉冲,并且脉冲的幅值过高,如图 3 所示。由于 DSPF2812 的捕获单元不能输入负电压并且脉冲信号的峰值电压不能过高,所以发动机喷油脉冲信号的反向脉冲必须滤掉,同时为了避免汽车发动机主回路中对控制回路的弱电信号产生干扰,必须对主回路和控制回路进行隔离。依据本设计的测量原理,下面给出以 DSPF2812 为控制核心的发动机转速测量系统的信号调理电路设计(如图 4 所示)。

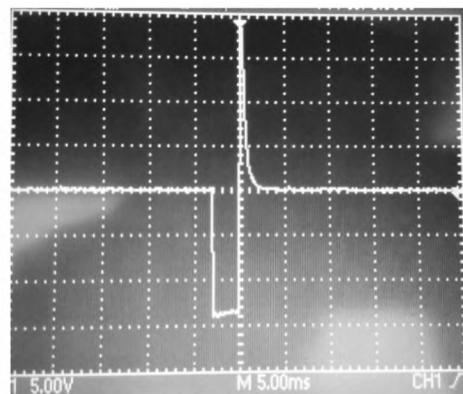


图 3 发动机喷油脉冲信号

发动机喷油脉冲信号通过二极管 M7,将反向脉冲过滤,并应用光耦隔离避免主回路对控制回路的干扰以及避免由于输入输出端使用不同的地而产生干扰。发动机喷油脉冲信号经输入端 2 进入,输入端 1 接发动机信号地,输出端接 DSP 的捕获单元,当输入端为高电平时,输出端为 0 V,当输入端为低电平时,输出端为 3.3 V。发动机喷油脉冲信号经调理后的波形如图 5 所示,经调理后的发动机喷油脉冲信号能够满足 DSP 捕获单元捕获脉冲信号的要求。

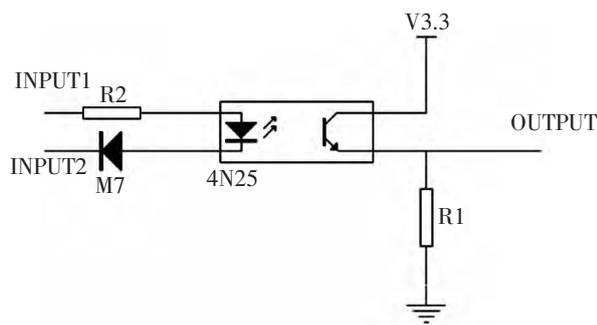


图 4 信号调理电路

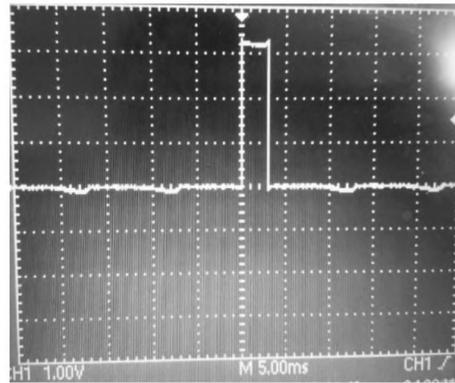


图 5 调理后的喷油脉冲信号

3 系统软件设计

3.1 转速测量软件设计

本设计应用 DSP 的通用定时器 T1 进行高速时钟的累加,将捕获引脚 CAP1 定义为功能引脚,允许定时器溢出中断和捕捉中断,系统主程序流程图如图 6 所示。

发动机转速信号由 CAP1 引脚输入,当捕获单元捕捉到上升沿时,计数寄存器 T1 的当前值就存入捕获单元的 2 级 FIFO 堆栈中,同时产生一个捕获中断请求,之后进入捕捉中断处理子程序。在捕捉中断子程序中通过读取 2 级堆栈栈顶的值并赋给变量 CAPK1,同时利用 CAPK2 变量记录后一次捕捉时刻 T1 的值,传统计算方法不考虑溢出的问题,两个相邻上升沿的高频脉冲计数次数即为 CAPK2 与 CAPK1 与值之差,由于发动机转速范围较大,尤其是在转速较低时在两次捕捉中断之间定时器 T1 可能发生溢出,所以传统计算方法所能测量的发动机转速范围受到限制,为确保测量准确,本设计在软件编程中考虑了定时器 T1 的溢出问题。

通过对系统初始化以及事件管理器模块初始化,设定高速时钟脉冲频率 f_0 为 1.171 875 MHz,开定时器上溢中断和捕捉中断。在定时器 T1 溢出中断子程序中用变量 R 记录定时器的溢出次数,由于转速的计算需要记录两次的时间和溢出次数,程序中采用每两次中断计算一次转速值,应用 CAPK1 记录 FIFO 栈底中的值,在第一次进入中断时将 CAPK1 的值赋给 CAPK2,第二次中断时由测得的 CAPK1、CAPK2 以及 R 的值可以得到两个上升沿之间定时器 T1 的高频脉冲次数 M_2 ,最后根据定时器 T1 的时钟频率 f_0 和 M_2 计算可以得到发动机的转速,程序中中断的次数由变量 i_2 确定。与传统的编程方法相比,本方法考虑了定时器的溢出问题,同时在记录定时器的值时采用读取 FIFO 栈底的值而不是读取栈顶的值,这样可以实现更大的测速范围,经测试,最低测量频率可达 1 Hz。中断服务子程序的流程图如图 7 所示。捕获中断子程序代码如图 8 所示。

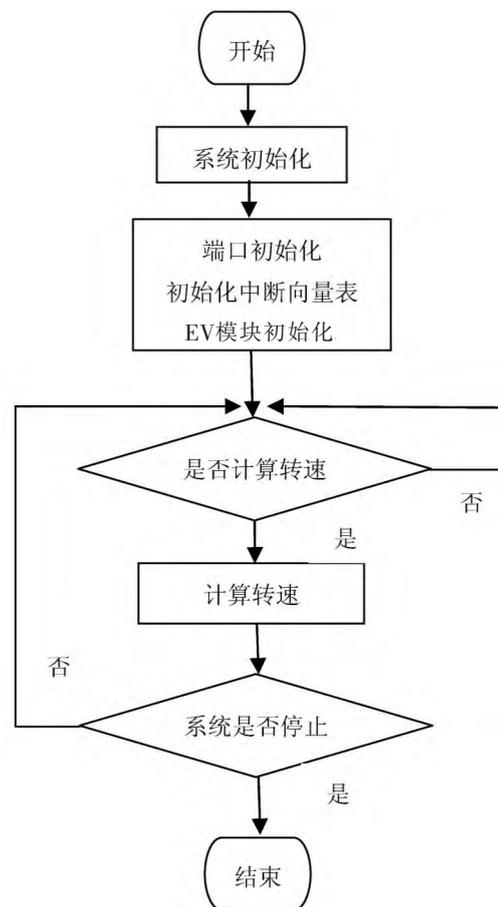


图 6 系统主程序流程图

3.2 信号监测和数据存储

在 DSPF2812 配套的 CCS 编程软件中可以实现对所测转速信号查看,但是该方法可读性和实时性较差,为实现转速信号的实时监测以及数据存储,本设计采用 DSP 和上位机之间通过串口通信实现数据的传送。LabVIEW 是一种基于数字流的编程语言,其特点是图形化模块化,将 DSP 运算得到的数据通过 RS232 串口发送至 PC,采用 LabVIEW 对串口收到的数据进行采集、显示、处理和存储^[4]。

DSP 通过 SCI 模块与 LabVIEW 的 VI-SA 模块实现串口通信,SCI 采用查询方式进行发送,通过更改寄存器的值,将波特率设置为 9 600,8 位数据位,一位停止位。在实际的通信过程中,考虑到 DSP 的串行缓冲区和 PC 的缓冲区的数据位最大是 8 位,而要发送的转速信号值为 16 位,在发送过程中采用将高 8 位和低 8 位进行依次发送^[5],在 LabVIEW 接收程序中再将数据进行重组,通过计算得到实际的转速值,但由于高、低 8 位的依次发送造成了接收时的不明确,无法确定接收的数据是高 8 位还是低 8 位,为解决这一问题,在发送软件中加入了辨识位 AB、CD,所以只需要在接收程序中加入辨识位的判断即可确定高、低 8 位。DSP 的 SCI 发送程序代码如下:

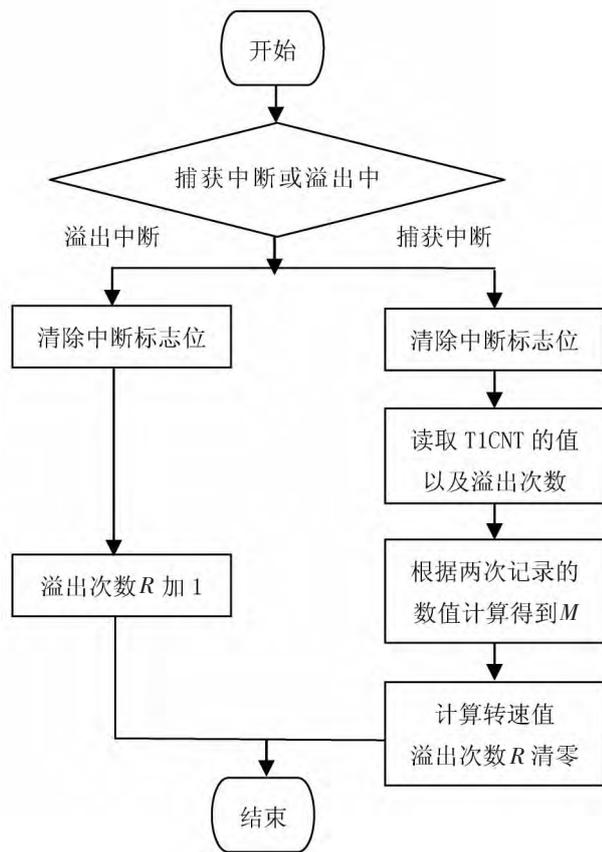


图 7 中断服务子程序流程图

```

interrupt void CAPINT1_ISR(void)    // 捕获单元 1 中断
{
    unsigned long M;
    unsigned long K1;
    unsigned long K2;
    capK1=EvaRegs.CAP1FBOT;

    if(i2==1)
    {
        K1=capK1+65535*((long)R);
        K2=capK2+65535*((long)Rw);

        M=K1-K2;
        Speed=(1562500/(double)M);
        Speed2=60*(float)Speed;
    }
    if(i2==0)
    {
        capK2=capK1;
        Rw=R;
    }
}
    
```

图 8 捕获中断子程序代码

```

while(SciaRegs.SCICTL2.bit.TXEMPTY==0){}; //发送器空
SciaRegs.SCITXBUF=0xAB;
while(SciaRegs.SCICTL2.bit.TXEMPTY==0){};
SciaRegs.SCITXBUF=0xCD //辨识位 AB、CD 的发送
while(SciaRegs.SCICTL2.bit.TXEMPTY==0){};
    
```

```

SciaRegs. SCITXBUF=Speed2>>8; //转速值高 8 位
while(SciaRegs. SCICTL2. bit. TXEMPTY==0){};
SciaRegs. SCITXBUF=Speed2; //转速值低 8 位
while(SciaRegs. SCICTL2. bit. TXEMPTY==0){};

```

LabVIEW 接收程序中,通过 VISA 库中的串口通信函数设定 VISA 资源名称、波特率、停止位、数据位以及校验位,并且确保与 DSP 发送程序中设定的值相同,否则无法完成接收。在接收程序中首先判断标识位,然后再进行数据的读取,最后将数据进行重组并计算,得到转速值。LabVIEW 程序前面板如图 9。

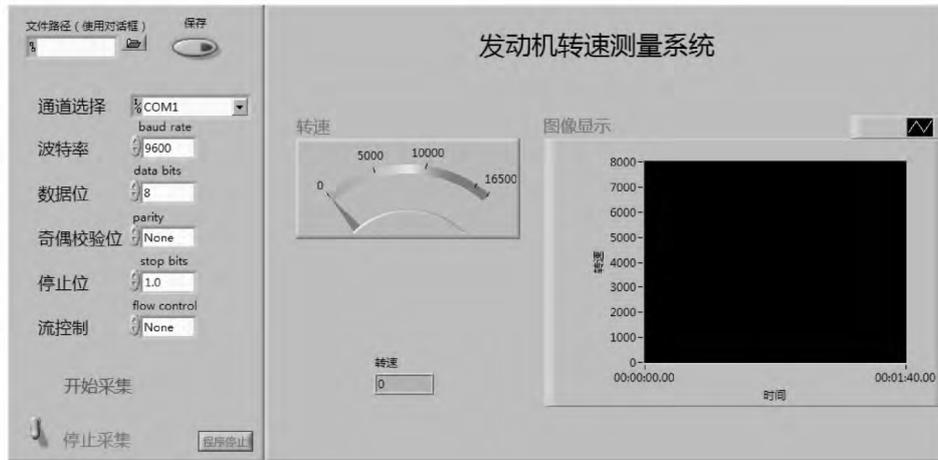


图 9 LabVIEW 程序前面板

4 测试结果分析

应用 DSPF2812 的捕获单元模块测量发动机喷油脉冲信号的方法可以计算出发动机的转速,同时可以保证较高的精度,该方法在极端情况下会产生 1 个计数脉冲的检测误差^[6],如图 10。

为测试本系统的可行性,首先在实验室应用信号发生器模拟发动机喷油脉冲信号,为便于观察测量结果,文中将测得的频率值换算成转速值,经测试该系统可行。最后将本系统应用于哈弗 H6 和福特福克斯等车型进行了实际测试,所测得的转速值与实际转速值之间的误差很小。函数发生器的模拟测量值以及实际测量值的数据如表 1

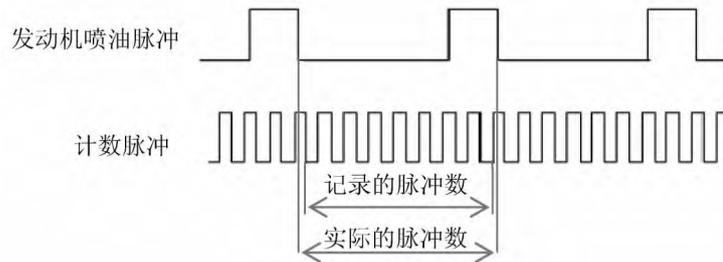


图 10 检测误差分析

所示。通过对测量结果进行分析可得,该系统可以实现测量和记录汽车发动机的转速数据。

表 1 函数发生器的模拟转速和实际转速的测量结果

模拟转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	测量值/ ($r \cdot \min^{-1}$)	误差/%	实际转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	测量值/ ($r \cdot \min^{-1}$)	误差/%
600	600	0	758	750	1.05
720	720	0	825	818	0.84
900	900	0	984	977	0.71
1 200	1 201	0.083	1 580	1 563	1.07
1 800	1 800	0	1 827	1 821	0.32
2 400	2 398	0.083	2 134	2 115	0.89

5 结论

基于 DSPF2812 的发动机转速测量系统通过采集发动机的喷油脉冲信号实现对发动机转速的测量,硬件电路设计简单,便于调试,在保证测量精度的前提下增大了测量范围,并且在实际测试中取得了较好的效果。该系统能够实现对发动机转速的准确测量、实时监测以及数据存储,为发动机的状态监测、故障检测提供了数据参考。同时本系统具有测量精度较高、测速范围广以及便于调试等特点,也可以将其应用到电机速度测量等其它测速领域,具有较高的实用价值。

参 考 文 献

- [1]李益华,周黎明. 汽车发动机转速测量系统研究[J]. 工业控制计算机,2010,23(4):34-35.
- [2]任志斌. 电动机的 DSP 控制技术与实践[M]. 北京:中国电力出版社,2012.
- [3]韩丰田. TMS320F281x DSP 原理及应用技术[M]. 北京:清华大学出版社,2009.
- [4]徐华中,黄丽萍. 基于 LabVIEW 和 DSP 串口的多通道电机参数采集系统[J]. 电子测量技术,2011,34(4):66-69.
- [5]周玮,张长青,冯国胜. 基于 DSP 和 labview 的多通道数据采集系统的设计[J]. 石家庄铁道学院学报:自然科学版,2009,22(3):91-94.
- [6]许善珍,魏民祥. 发动机瞬时转速测量方法及实验研究[J]. 汽车技术,2011(10):49-51.

Design of the Measurement System for Engine Speed Based on DSPF2812

Yu Haizheng, Feng Guosheng, Yuan Xinhua, Deng Xiaolong, Li Pengfei

(School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: On the basis of a study of several theories of measuring the engine speed, a system of testing the engine speed based on the theory of T is designed, in which DSPF2812 is regarded as the controller and the measuring principle, system hardware and software are given. LabVIEW is used to achieve the data processing and displaying. Good performance is obtained in actual measurement. The system has high speed measuring precision, wide speed range and the characteristics of real time, which can provide an important reference for researching the engine, solving problems and analysis. In addition, the system can be used for other fields, such as measuring the speed of motors, which has a good practicability.

Key words: engine speed; measurement; DSPF2812; theory of T; LabVIEW