

# 基于 LabWindows/CVI 的发动机标定系统开发

付永忠, 杨 怀, 刘明东

(江苏大学机械工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘 要:** 文中针对通用小型发动机的特点, 基于 LabWindows/CVI 虚拟仪器技术, 以 Keyword Protocol 2000 (KWP2000) 为 ECU (Engine Control Unit) 与上位机的通信协议, 开发了通用小型发动机的标定系统。该系统的主要功能有实时显示采集的数据、在线参数的调整、数据保存等。

**关键词:** LabWindows/CVI; 通用小型发动机; 标定系统; KWP2000

## Development of calibration tool for universal small engine based on LabWindows/CVI

FU Yong-zhong, YANG Huai, LIU Ming-dong

(School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu Province, China)

**Abstract:** In this thesis, based on the LabWindows/CVI virtual instrument technology and the features of the universal small engine, the calibration system of the universal small engine is developed and communicates with ECU (Engine Control Unit) based on the Keyword Protocol 2000 (KWP2000). The main functions of this calibration system are carrying on data collection in real-time, saving data, adjusting parameters on-line and so on.

**Key words:** LabWindows/CVI; universal small engine; calibration system; KWP 2000

随着我国空气污染日趋严重,排放法规变得日益严格,因而对于提高国内通用小型发动机的排放性能已经势在必行。在一个电控系统软件和硬件模式基本确定的前提下,标定系统是汽车电子产品研发成功的关键因素。由于通用小型发动机对价格很敏感,所以为了在降低成本的同时也能较好地提高通用小型发动机的性能,决定以 KWP2000 为通信协议,采用 LabWindows/CVI 为平台,开发适合通用小型发动机的标定软件。

LabWindows/CVI 是 NI 公司开发的面向计算机测控领域的虚拟仪器软件开发平台<sup>[1]</sup>。它的编程语言是 C 语言,与其他虚拟仪器软件开发平台相比,它不但提供了丰富的虚拟仪表控件,而且具有很好的硬件接口功能。LabWindows/CVI 的特点主要有:(1) 可视化、交互式的开发工具;(2) 具有程序自动生成能力,可减少软件开发过程中代码编写的工作量;(3) 具有齐全的软件工具包及功能强大的函数库,如:傅里叶变换、功率谱分析、统计分析等;

(4) 完善的兼容性。

### 1 下位机 ECU 主要组成

本文实验用的通用小型发动机型号为 168,由于需要控制通用小型发动机控制单元的成本,所以控制器只采集了影响发动机的几个关键信号,主要包括转速信号、缸体温度、进气压力、节气门开度、爆震传感器、蓄电池电压信号,再由采集到的信号来修正喷油时刻、喷油宽度和点火时刻。下位机 (ECU) 采用的主芯片是 Freescale 公司的 16 位单片机,型号为 MC9S12XEP100,ECU 的主要组成模块如图 1 所示。蓄电池电压、缸体温度、进气压力、节气门开度都是模拟信号,经过处理后送到单片机的 A/D 口。而转速信号和爆震传感器信号是频率信号,经过处理后送到单片机的捕捉端口。

收稿日期: 2013-06-04

作者简介: 付永忠(1973-),男,工学博士,副教授,从事微纳机电系统设计及数控技术研究。

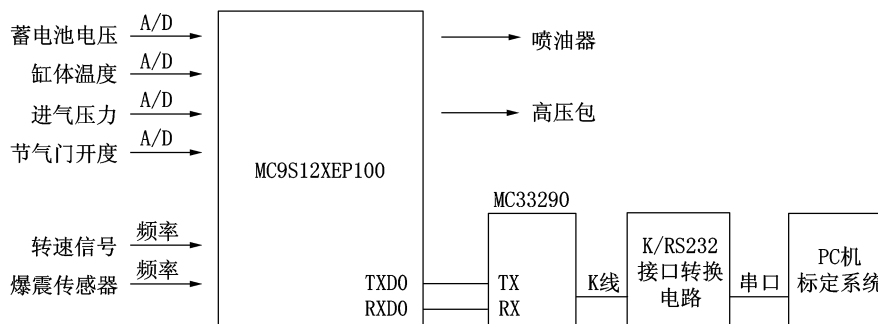


图1 ECU 主要控制模块

通信模块主要是单片机 MC9S12XEP100 与上位机 PC 机的通信,采用的是异步通信方式。MC33290 芯片是飞思卡尔公司生产的一种串行连接总线接口器件,主要应用于微控制器通过特殊的 ISO K 线与其他系统的通信。图 1 的通信过程为:单片机主动发送数据时经由 MC33290 电平转换,之后再经过 K/RS232 电平转换送给上位机;上位机主动发送数据时的过程与前面相反。K 线是 ISO9141 国际标准定义的一种半双工串行数据传输总线,其特点是通信协议简单、抗干扰性强。

## 2 上位机的设计

### 2.1 KWP2000 协议简介

KWP2000 协议,亦称 ISO-14230 国际标准,是国际汽车行业通用的车载诊断系统,并满足 E-OBD( European On Board Diagnose) 标准。协议主要由物理层、数据链路层和应用层等 3 部分组成<sup>[2]</sup>。数据链路层,用于定义通信要求,解决节点间的通信问题。它包括报文的格式、初始化过程、连接管理、时序控制和错误管理等。报文格式如表 1 所示,主要包括头部、数据字节和校验和。

表1 报文格式

头部				数据字节	校验和
Fmt	Tgt	Src	Len	Sid ... Data...	CS
最大四个字节				最大 255 个字节	一个字节

Fmt: 格式字节,包含 6 位长度信息( L0 - L5) 和 2 位地址模式信息( A0 - A1) 。Tgt: 目标地址字节,这是信息的目标地址,并且总是和源地址字节一同使用。Src: 源地址字节,这是发送设备的地址。Len: 长度字节,如果头部字节中的长度( L0 - L5) 设置为 0,则提供这个字节。Sid: 请求服务标识符,根据 Sid 的值可以将帧类型分为数据请求帧、指示帧和响应帧。其中响应帧分为正响应帧和负响应帧。当上位机需要读取 ECU 中的数据时,先发送请求帧,ECU 根据请求帧中的 Sid 的值,执行相应的处

理,并发送正响应帧( Sid = Req\_Sid + 0x40) ,否则返回负响应帧( Sid = 0x7F) 。表 2 为本标定系统设定的通信服务子集,表中数值都是十六进制。

表2 通信服务子集

通信服务名	请求帧( Req_Sid)	正响应帧( Sid)	负响应帧
请求开始通信	10	50	7F
断开通信服务	20	60	7F
寻址读取数据	64	A4	7F
寻址写入数据	8A	CA	7F
下载请求	65	A5	7F
上传请求	8B	CB	7F

Data: 数据字节,根据使用的长度信息,数据区可包括多达 63 或 255 个信息字节。CS: 校验和字节,除校验和之外的信息中所有字节的 8 位简单求和<sup>[3]</sup>。

### 2.2 基于 LabWindows/CVI 的标定系统界面设计

本标定系统与 ECU 通信采用的波特率为 9600bps,1 位停止位,8 位数据位,没有奇偶校验位。图 2 是标定系统的界面。



图2 标定系统界面

界面上主要分三个模块:通信设置、发动机状态参数显示和标定参数的修改与显示。

(1) 通信设置包括端口号和通信波特率的选择、通信连接与断开以及标定参数的全部写入 ECU。

(2) 发动机的状态参数显示: 主要有转速、进气压力、缸体温度、运行状态、电池电压等等。

(3) 标定参数的修改与显示: 对于发动机的参数标定主要有转速压力下的点火、喷油时刻的标定, 转速温度下的点火、喷油时刻的标定和转速节气门开度下的点火、喷油时刻的标定。单击任何一 MAP 窗口按钮都会出现对应的标定窗口, MAP 数据是以数据表格的形式直观显示的。对于蓄电池的电压, 当蓄电池的电压变化时标定电容或电感的充电时间。

界面中标定参数的值可以手动输入或者从 Excel 文件载入, 还可以从下位机 ECU 里读取。修改好的标定参数的值可以保存到 Excel 文件中, 也可以全部保存到 ECU 中。保存到 Excel 中的文件方便离线后的分析。

### 2.3 标定软件的工作原理

LabWindows/CVI 中使用到的 RS232 库函数具体包括以下几个。

(1) 打开/关闭函数: OpenCom, OpenComConfig 和 CloseCom。

(2) I/O 读写函数: ComRd 和 ComRdByte 分别为从串口的接收缓冲区读指定长度的字符和读取一个字符; 同样, ComWrt 和 ComWrtByte 分别为向串口的输出缓冲区中写指定长度的字符和写一个字符。

(3) Xmodem 函数: 它使用了一种包含出错检测的文件传输协议进行串口通信。该协议规定, 文件通过信息包来传送, 信息包中不仅包括了文件中的数据, 还包括了校验和同步信息<sup>[4]</sup>。

(4) 串口控制函数: SetComTime 设置 I/O 操作超时的时间限制; SetCTSMode 禁止或允许硬件握手并设置硬件握手方式; FlushInQ/FlushOutQ 清空输入/输出队列。

(5) 状态函数: 主要包括端口状态信息和通信错误代码信息等。

(6) 回调函数 InstallComCallback: 为指定的串口安装回调函数。

图 3 所示的是上位机读取 ECU 指定地址数据的程序框图, 发送数据给下位机的程序框图与之类似。首先在联机通信之前需要通信设置, 包括端口号和波特率。然后点击标定界面上的“连接”按钮, 该按钮的相应动作是调用函数 OpenCom(串口打开)和 OpenComConfig(串口配置), 并且调用串口写函数 ComWrt 发送与下位机的通信请求 Req\_sid = 10, 再调用延时函数等待上位机接收 ECU 发送数据, 之后调用读串口函数 ComRd, 判断 Req\_sid 的值。Req\_sid = 0x7F 说明 ECU 繁忙无法与上位机通信; Req\_sid = 0x50 说明 ECU 此时空闲, 可以与上位机建立通信, 改变界面中的指示灯为 on 状态, 指示通信成功。当标定界面上有触发事件发生时, 比如“从 ECU 载入”按钮按下, 将调用数据打包函数, 把相应的数据按 KWP2000 协议规定的报文格式打包。之后调用串口发送数据函数 ComWrt, 如果下位机返回的 Req\_sid = 0x7F 表示 ECU 繁忙; 如果 Req\_sid = 0xA4 表示数据发送成功。延时一段时间, 等待 ECU 向上位机发送数据。下面接下来就调用串口读函数 ComRd, 根据给定的字节数判断数据读取是否完成。读取完成后发送一帧确认数据给 ECU。最后是调用串口关闭函数, 并将获得的数据做相应的解析和显示。这样就完成了上位机读取 ECU 中的数据。

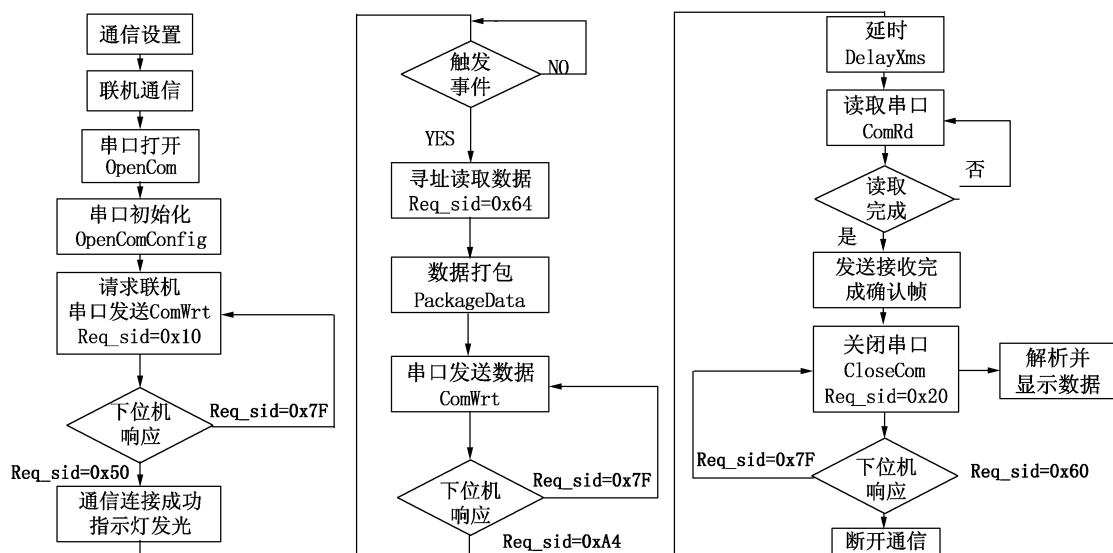


图 3 上位机读取 ECU 数据的程序框图

(下转第 71 页)

### 2.3.2 VV&A 过程

图5所示过程中,从实际目标出发,在仿真过程和测量过程两个方面进行 VV&A 工作,并将仿真与测量结合在一起进行 VV&A 工作。通过整个 VV&A 过程,提高仿真可信度,并得到正确的目标几何模型。在整个 VV&A 过程中,通过部分到整体不断迭代进行 VV&A 工作,对仿真进行可信度评估及最终确认。

(1) 进行测量时应综合考虑影响因素,在条件允许时进行多次测量,并验证测量结果,同时对测量环境及测量过程进行校核并继续进行测量结果的验证。反复进行校核与验证后进行测量结果的确认。

(2) 建立目标几何模型时应采用统一、规范的建模规则,根据实际目标建立准确、真实的几何模型,尽可能细致、完整的还原实际目标几何特征。将几何模型带入仿真过程,根据实际情况进行仿真算法的选择,几何模型的剖分以及仿真参数的设置,最后执行仿真得到仿真结果。为保证结果有参考,最初应选定至少两种算法进行仿真,并对仿真结果进行验证。如果结果相差较大,则添加算法重复进行仿真过程,并校核仿真过程如此迭代,是为了保证正确的仿真流程及仿真结果。

(3) 综合测量及仿真结果进行验证,若不能接受则应对几何模型进行校核,避免由于几何模型导致的根本性差异,同时校核测量过程及仿真过程,再验证结果,如此反复迭代进行校核与验证工作,同时不断对仿真可信度进行评估并最终进行确认,即认为仿真可信并且所建立的几何模型正确。

(4) 对仿真及测量结果进行验证时应首先根据实际问题需求提出精度需求。在验证仿真与测量结果时,应通过校核几何模型以使仿真结果逼近测量结果,但不可将测量结果作为唯一标准。

### 2.3.3 文档收集与评估工作

在 VV&A 工作时必须分阶段分别进行测量与

(上接第67页)

## 3 结束语

本文以 LabWindows/CVI 软件平台开发了基于 KWP2000 协议的通用小型发动机控制单元( ECU) 标定系统,并在实际的发动机 ECU 上进行了实验,取得了较好的效果。基于 K 线的通信成本相对低廉而且通信稳定性高,并且在汽车及发动机行业中有着广泛的应用。利用 LabWindows/CVI 开发的监控平台界面友好,操作方便,程序易于修改和移植。模块化的编程思想使得程序的扩展性也很强,易于日后的功能扩展添加。

仿真结果数据、验证结果数据及评估信息的整理和收集,并整理出详尽的仿真及测量的校核、验证结果报告,作为评估仿真可信度依据,以便进行确认工作。上述大量文档及数据结果同时可以作为工程应用的经验积累。

## 3 结束语

本文通过对 VV&A 方法理论的介绍,结合目标 RCS 仿真与实际测量,根据对仿真过程中存在的影响进行归纳与分析,对 VV&A 理论在目标 RCS 仿真中的应用提出了解决思路与方法,为提高目标 RCS 仿真可信度及获得正确的目标几何模型打下了基础,对于今后在其它电磁仿真工作中 VV&A 理论的应用具有一定的参考价值及实践意义。

### 参考文献:

- [1] 唐见兵, 查亚兵, 李革. 仿真 VV&A 研究综述[J]. 计算机仿真, 2006, 23(11): 82-85.
- [2] 吴晓燕, 许素红, 刘兴堂. 仿真系统 VV&A 现状及标准/规范研究的军事需求分析[J]. 系统仿真学报, 2003, 15(8): 1081-1084.
- [3] 周威, 谷奇平, 常显奇. 建模 VV&A 与仿真 VV&A 比较之浅见[J]. 计算机仿真, 2005, 22(5): 60-62.
- [4] 王恺, 白振兴. 无人作战模拟仿真中的 VV&A[J]. 现代电子技术, 2005(13): 87-89.
- [5] 刘晓平, 郑利平, 路强, 等. 仿真 VV&A 标准和规范研究现状及分析[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(2): 227-231.
- [6] 王亚丽. 建模与仿真 VV&A 研究[J]. 电脑学习, 2010(4): 4-5.
- [7] 黄培康, 殷红成, 许小剑. 雷达目标特性[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [8] 盛新胜. 计算电磁学要论[M]. 2 版. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2008.
- [9] 孙雅峰, 黄芝平, 杨小品. 建模与仿真 VV&A 技术研究与开发[J]. 电子测量技术, 2009(8): 1-4.
- [10] IEEE Std 1278. 4. IEEE Trial - Use Recommended Practice for Distributed interactive Simulation-Verification, Validation and Accreditation[S]. The institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc.

责任编辑: 刘新影

### 参考文献:

- [1] NI. LabWindows/CVI Programmer Reference manual[Z]. 2010.
- [2] Liu Guo-quan, Zhang Bo-ying, Song Wei-feng. The analysis and development test of protocol KWP2000[J]. Auto Technology, 2006, 5: 20-24.
- [3] Lin Yuan-xin, Yang Ming-fu, Dong Jia-feng. KWP2000 Communication Protocol and Working Principle of Code Reader[J]. Automobile Electric Appliances, 2008, 1: 63-65.
- [4] 王建新, 隋美丽. LabWindows/CVI 虚拟仪器测试技术及工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

责任编辑: 肖滨