

基于 AUTOSAR 的汽车电子诊断系统的开发^{*}

罗端¹ 李红¹ 方正² 邓俊¹ 胡琦¹ 唐凯¹

(1. 浙江大学计算机学院 杭州 310027; 2. 浙江大学动力机械及车辆工程研究所 杭州 310027)

[摘要] 采用汽车开放系统架构标准 AUTOSAR 的开发方法和诊断架构,开发了基于 Freescale HCS12X 处理器的汽车电子故障诊断系统,并进行了仿真实验。结果表明,该系统能及时准确地诊断出故障,基于 AUTOSAR 的诊断系统是可配置的,能够适应多种情况。

关键词: 汽车; 诊断系统; 开发; AUTOSAR

Development of Vehicle Electronic Diagnostic System Based on AUTOSAR

Luo Duan¹, Li Hong¹, Fang Zheng², Deng Jun¹, Hu Qi¹ & Tang Kai¹

1. College of Computer Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027;

2. Power Machinery and Vehicular Engineering Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310027

[Abstract] By adopting the development method and diagnostic architecture of automotive open system architecture standard AUTOSAR, an automotive electronic fault diagnostic system based on Freescale HCS12X processor is developed and corresponding simulation experiments are conducted. The results show that the system can timely and accurately diagnose malfunctions, and the AUTOSAR-based diagnostic system is configurable and can adapt to a variety of situations.

Keywords: vehicles; diagnostic system; development; AUTOSAR

前言

随着计算机和电子技术在汽车上的广泛运用和汽车技术的飞速发展,传统的诊断方法和诊断设备已难以满足用户的要求,电子控制系统的故障自诊断已经逐渐取代了传统的诊断方法^[1]。目前,OBDD 是国际上的主流车载诊断系统标准规范,各大汽车厂商皆须按照这个标准规范采用统一的诊断模式和诊断接口。AUTOSAR (automotive open system architecture) 是由全球汽车制造商、部件供应商及其他电子、半导体和软件系统公司联合提出的汽车开放系统架构标准,其中很重要的一部分就是诊断系统, AUTOSAR 诊断系统的目的是适应所有的诊断标准和协议^[2]。

本文中以 Freescale HCS12X 处理器为硬件开发平台,参照 AUTOSAR 和 OBDD 相关标准,设计开发

了汽车电子故障诊断系统,并详细介绍了 AUTOSAR 诊断系统的整体框架和相关模块的设计。此故障诊断系统主要由下位机和上位机两部分组成,下位机负责进行数据的采集、故障诊断和存储,将相关数据传递给上位机,上位机负责故障信息和相关数据的显示^[3]。该系统分别进行了对硬件在环仿真平台和发动机零部件的故障模拟实验,实验结果表明,系统能够及时准确地判断出故障,并能显示出故障的详细信息,方便维修人员对故障的了解和修复^[4]。

1 AUTOSAR 诊断简介

AUTOSAR 是由全球汽车 OEM 和供应商共同定义的一套支持分布式的、功能驱动的汽车电子软件开发方法和电子控制单元上的软件架构标准化方案,其目的是为了应用于不同的汽车和平台,提高软

^{*} 核高基重大专项(2009ZX01038-001、2009ZX01038-002)资助。

原稿收到日期为 2010 年 12 月 31 日,修改稿收到日期为 2011 年 5 月 12 日。

件复用,降低开发成本^[5]。AUTOSAR 中与诊断相关的模块结构如图 1 所示^[6]。

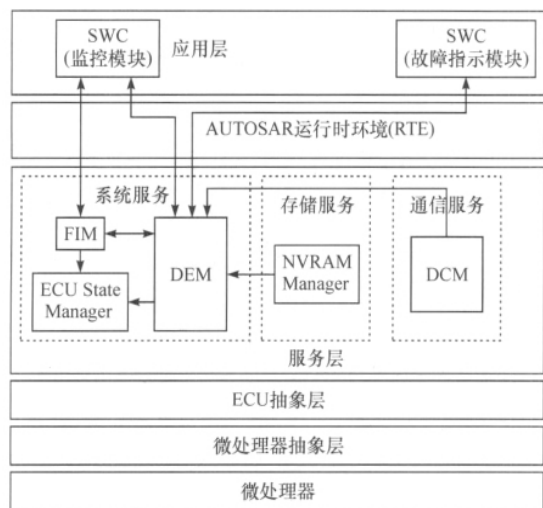


图1 AUTOSAR 诊断结构

AUTOSAR 中相关的诊断软件模块处于服务层中,其主要有 FIM(根据诊断结果使能或禁止软件构件内部的功能实体)、ECU State Manager(ECU 状态管理)、DCM(诊断通信管理)、DEM(诊断事件管理)、NVRAM Manager(非易失性存储器管理)。

DEM 和 DCM 是诊断中的核心模块: DEM 将故障的故障码和冻结帧存储到存储器中,在需要时将数据提供给 DCM; DCM 为诊断提供通信服务以及根据外部诊断工具的要求和 DEM 共同提供诊断服务,它会将外部诊断工具所需要的信息从 DEM 中获取并传递过去。

2 AUTOSAR 诊断系统的设计和实现

2.1 故障的诊断方法

故障的诊断是由 DEM 模块和 SWC 共同完成的。SWC 是 AUTOSAR 中位于应用层中的软件模块,其中有专门的监测模块对需要检测的部分进行实时监控,如果检测到错误,就会将这个错误报告给 DEM 模块,并判断是否出现故障^[7]。

确认一个故障有两种方法。

(1) 由监测模块完成,其中有专门的算法进行判断,判断结束之后通过一个参数将结果传递给 DEM,如果出现故障,DEM 会通过 NVRAM Manager 将诊断事件存储到 FLASH 中并通知相关模块;

(2) 由 DEM 来完成,和第 1 种方法的主要区别是在监测模块的判断结束之后,这个确诊过程不会

立即结束,监测模块会重新进行判断并将结果通知 DEM,DEM 中有 1 个 Counter 存储判断结果,而且每个诊断事件都会有 1 个 timer,当 timer 时间结束或 Counter 到达某个阈值时,DEM 会确认这个诊断事件是否是故障。此方法可以确保在出现突发状况时不会被诊断为故障而存储下来,提高了故障诊断的准确性。

2.2 故障信息的存储

在 AUTOSAR 诊断中,相关信息的存储是由 DEM 负责的。

Event(诊断事件) 是 DEM 对事件的诊断和其相关数据存储的基本单位,不同的 Event 通过 EventID 来区分,每个 Event 都有 1 个独有的 EventID。在 SWC 报告给 DEM 一个错误并确诊为发生了故障之后,DEM 会把这个事件的一些信息和数据存储到 FLASH 中。每个诊断事件包含的一些基本属性如下。

(1) 事件的状态 每个事件都有一个当前状态,DCM、FIM 和 SWC 在采取一些行动时都要先从 DEM 中获取事件的状态。

(2) DTC(故障码) DEM 会根据故障的信息生成 1 个 DTC,这是诊断标准中对一个故障的编码,DCM 从 DEM 中取得事件的数据时都是通过 DTC 进行的,通过 DTC 维修人员可以初步了解产生故障的元件或线路,以及故障的类型。

(3) 事件产生的来源。

(4) OBD 错误的定义。

(5) 故障的指示器和指示方式。

(6) 故障相关的数据。

在一个事件确认为故障之后,DEM 须将事件的一些相关信息和数据存储到 NVRAM 中去,需要存储的数据包括 FreezeFrame(冻结帧) 和 Extended Data Record(扩展数据记录),扩展数据记录包括一些软件模块内部的信息(如频率时钟)。冻结帧是一个串行数据的单帧快照,能够精确地指出存储故障码的瞬间汽车的一些运行状态,是故障诊断中非常重要的数据,储存的数据主要包括发动机转速、冷却水温传感器(ECT) 信号、进气温度传感器(IAT) 信号、计算发动机负荷和进气压力传感器(VSS) 信号等,冻结帧中存储的数据可以根据制造厂商的要求来配置。这些数据对故障诊断非常有价值,维修人员在取得这些数据后,根据前面所得到的资料进行对比分析,可准确地判断出具体的故障,从中也可发现一些汽车容易发生的间歇性故障。

如果 DEM 模块在存储事件信息时使用了镜像内存,在 DCM 从 DEM 中取得数据时须进行区分,由

于读取数据时的区域是任意选定的,所以在读取事件数据时须确定是从主内存中读取还是从镜像内存中读取。诊断事件的存储结构如图2所示。



图2 DEM事件的存储结构

2.3 诊断通信系统

AUTOSAR诊断系统下位机与外界的通信由DCM负责。DCM模块的主要功能在于保证诊断的数据流管理诊断状态,尤其是诊断会话和安全状态。此外,DCM模块需要检查所请求的诊断服务是否支持以及所请求的服务是否能在当前会话状态下执行,当收到AUTOSAR支持的OBD诊断服务的请求时,DCM会通过调用DEM或SWC模块提供的接口来响应。

DCM由3个功能块组成^[8]。

(1) DSL(诊断会话层)子模块 负责确保诊断请求和响应的数据流,监控诊断协议的时间和管理诊断状态。其主要功能有:请求处理,转发诊断请求给DSD子模块;响应处理,转发DSD子模块的响应给上位机;通信安全等级管理;会话状态管理,在会话状态改变时通知相关模块;诊断协议管理,能够处理不同的诊断协议,管理相关资源;通信模式处理。

(2) DSD(诊断服务分配) 主要负责检查从网络上接收到的诊断请求的合法性,并将其转发给一个数据处理器。

当DSL确认收到了一个诊断请求时,会通知DSD子模块,这时DSD会对这个请求进行分析,确认诊断会话的合理性,是否达到了允许的服务安全等级,然后分析诊断请求信息中的诊断服务标识来启动相应的处理,将诊断请求转发给对应的数据处理器,如DSP。当数据处理器完成数据的处理后,会触发DSD发出一个响应信息。

(3) DSP(诊断服务处理) 主要处理相应的诊

断服务的请求,这是DCM中最核心的模块。

当收到DSD发来的请求时,DSP会处理这个诊断服务,主要包括以下几步:分析这个诊断请求信息;检查请求的格式,并且确认这个请求是否支持;从DEM、SWC或AUTOSAR中其他的模块中请求所需要的数据,主要是DEM和SWC;收集好所有数据后,按照标准组织好返回信息。

2.4 OBD服务的实现

OBD服务中的\$01~\$0A由AUTOSAR中多个模块共同完成,通过这些服务,AUTOSAR中的OBD服务可达到世界上所有OBD规定的要求,包括California OBDII,EOBD,Japan OBD和其他规定。

(1) OBD服务\$01,读取当前排放相关的数据,在OBD标准中由PID来标识这些数据。

在服务\$01中,有一些PID直接由DEM计算,其中包括FreezeFrame DTC、DTC清除之后检测器的状态等,而大部分的PID都由SWC实时计算。

DCM收到服务\$01请求时,会进行分析,通过调用DEM或SWC提供的接口来获得请求中所要求的数据,然后发送回去。

(2) OBD服务\$02,读取PID对应排放相关的冻结帧数据。

发生故障之后,DEM会通过故障指示灯或其他方式通知外界故障的发生,同时将故障发生瞬间的一些重要数据和故障信息保存在存储器中,这些信息对维修人员了解故障的具体情况非常重要。

冻结帧中的数据也是由PID数据组成的,故障发生时,DEM会调用SWC或其他模块获取所需要的数据,还有一部分数据须由DEM计算,然后将这些数据按顺序存放在存储器中。在OBD中DEM只能支持获取0号的冻结帧,即如果一个检测工具想要获得0号以上的数据,这个请求将不会执行。

服务\$02请求信息中会包括需要取得的PID,DCM会根据PID来调用DEM中的相关接口,然后DEM从存储器中找到对应的数据,DCM得到所有需要的数据后再发送回去。

(3) OBD服务\$03/\$07,读取故障码。

故障码分为历史故障码和当前故障码,当前故障码是指最近的驾驶循环中发生的故障产生的故障码,历史故障码是指过去曾经发生但是最近没有发生的故障码。

OBD服务\$03是读取存储器中所有与排放相关的故障码,OBD服务\$07是读取存储器中的当前故障码。一般故障维修时都是先解决当前故障码,

历史故障码则作为故障诊断的参考。每个故障码都是由 DEM 存储在这个故障的冻结帧中,DCM 收到 OBD 服务 \$03/\$07 的请求时,会通过 DEM 取得所需要的故障码,发送给上位机。

(4) OBD 服务 \$05/\$06

服务 \$05 是请求氧传感器的检测结果,服务 \$06 是请求特殊检测对象的在线检测结果,在基于 CAN 的诊断中,OBD 服务 \$05 包含在 \$06 中。

特殊检测对象是指没有被连续监测的对象,如催化剂和蒸发系统,对于不同的实验系统,汽车开发商须分配 1 个 MID(监测标识符),而每个实验系统中会有一些 TID(测试标识符),是指 MID 中需要的一些实验数据,在这些 TID 中,有一些是预先配置的值,有一些是需要 SWC 实时计算的。DCM 在收到 OBD 服务 \$06 时,会调用相关的接口获取数据,这些接口主要由 SWC 提供。其他一些服务由 DCM 调用 DEM 提供的接口完成。

2.5 故障诊断实验平台

整个系统共包括两部分,即上位机中的诊断软件和下位机硬件平台。上位机中的软件根据 OBDII 标准实现的诊断软件,用于与下位机通信,从下位机中读取上述诊断服务中所需的数据,并详细地显示给用户,如从 ECU(电子控制单元)中读取故障码和冻结帧,并通过图形化界面实现相关诊断服务,如清除故障码。下位机中主要包括 ECU 和相关硬件,基于 AUTOSAR 的故障诊断模块运行在 ECU 中,通过 ECU 的数据采集接口不断地采集相关数据,对发动机和相关硬件进行检测。

图 3 为故障诊断系统的实验平台,图中右方的笔记本电脑所运行的软件为上位机的诊断软件;图中左下方的机器即硬件在环仿真平台,通过 MATLAB 建模后下载到平台中可通过数据 I/O 板卡模拟故障信息;图中左上方的左边是电子节气门,用于模拟电子节气门故障,中间是 ECU,基于 AUTOSAR 的汽车电子诊断系统在此 ECU 中运行,对电子节气门和硬件在环仿真平台进行监测,右边为用于上下位



图 3 故障诊断实验平台

机之间通信的 USBCAN 接口。

3 诊断系统实验

为验证诊断系统对于故障判断的准确性和系统的可配置性,分别进行针对使用硬件在环仿真平台模拟氧传感器和汽车电子节气门故障模拟的实验。

3.1 电子节气门故障模拟

电子节气门是汽车发动机上的重要控制部件,精确控制节气门的开度,不仅可提高燃油利用效率,控制排放,也可提高汽车行驶的可靠性。节气门位置传感器用来测定实际的节气门开度。

节气门的故障码在 OBDII 中定义为 P0120 ~ P0124,此次使用其中的 P0123(节气门位置传感器电压过高),此故障特征是信号电压 >4.75V 并且维持 0.08s。

在这次实验中配置了一个事件,事件 ID 为 1,故障码是 P0123,故障为 OBD 类,故障指示灯闪烁,以及冻结帧中需要存储 PID0x04 0x05 0x0c 等。

电子节气门出故障后与诊断系统连接,故障指示灯点亮,通过上位机发送诊断请求,上位机软件显示结果如图 4 所示。从图中可看到此次故障的故障码和冻结帧数据。



图 4 故障码和冻结帧数据

3.2 氧传感器检测

氧传感器在发动机控制系统中是非常关键的控制部件,如果氧传感器损毁,则无法保证混合气中的油气比例,导致排放超标,而且会造成催化剂的诊断不可靠,所以,准确监测氧传感器的各项性能指标对于排放控制是非常重要的。

氧传感器中需要评价的性能指标非常多,ISO 15031 中规定了 10 个最基本的评价指标,这些指标反映了氧传感器最终的特性,每个指标对应一个实验标识号(TID)。使用硬件在环仿真平台模拟出正常的氧传感器信号后与诊断系统相连,上位机发送诊断请求,上位机软件显示结果如图 5 所示。

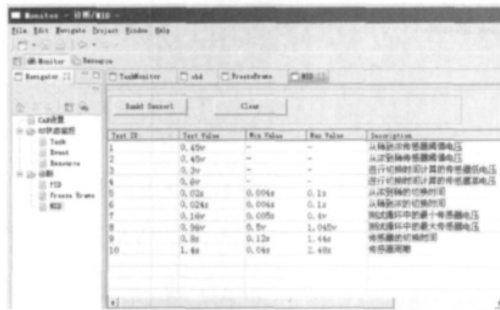


图5 氧传感器监测数据

其中 Test Value 为实验结果, Min Value 和 Max Value 分别为此项实验正常情况下的最小值和最大值, 如果这个 TID 对应的是反映传感器特性的常数, 则此项为空。由图 5 可见, 传感器的各项指标都在正常的范围内, 说明此氧传感器工作正常。

3.3 氧传感器老化故障模拟

如果氧传感器老化, 其响应速度会变得越来越低, 在信号电压上表现为动态响应曲线变得平缓, 斜率的绝对值变小。在进入 λ 闭环控制后连续监测氧传感器一段时间, 记录其混合气从稀到浓和从浓到稀所经历的时间与跳变次数, 求出跳变时间的平均值。如果从稀到浓的时间平均值超过 114ms 或从浓到稀的跳变时间的平均值超过 99ms, 可以判断为氧传感器老化, 此故障的故障码为 P0133, 故障描述为氧传感器反应太慢。

在氧传感器老化故障模拟实验中配置了一个事件, 事件 ID 为 2, 故障码是 P0133, 故障为 OBD 类, 故障指示灯闪烁, 冻结帧中需要存储 PID0x04 0x05, 0x0b 0x0c 等。

使用硬件在环仿真平台模拟出此故障下的氧传感器信号, 诊断系统发现此故障后点亮故障指示灯。通过上位机分别发送检测氧传感器请求和故障信息请求, 显示结果如图 6 和图 7 所示。



图6 故障氧传感器监测数据



图7 氧传感器故障码和冻结帧数据

从图 6 可看出, 从稀到浓的时间平均值和从浓到稀的跳变时间的平均值都超过了正常的规定范围, 说明氧传感器已经老化, 响应速度过低。从图 7 可看出, 此故障的故障码和冻结帧数据。

4 结论

(1) 基于 AUTOSAR 的汽车电子故障诊断系统能对汽车中一些重要的数据进行实时监测, 在汽车出现故障能及时和准确地判断出故障, 并通知外界, 详细显示出故障的相关信息。

(2) AUTOSAR 体系架构使开发时间大大缩短, 开发者只须计划好所需要的事件和配置, 即可将主要精力投入到诊断算法和诊断硬件的设计中。

参考文献

- [1] Luo Jianhui, Pattipati Krishna. Intelligent Diagnostic Design Process for Vehicle Health Management [D]. CT: University of Connecticut 2006.
- [2] Wu Han. Vehicle Diagnostic with AUTOSAR [D]. Sweden: Royal Institute of Technology School of Computer Science and Communication 2008.
- [3] Cox Roy S. 汽车第二代车载诊断系统(OBDII)解析[M]. 冯永忠, 译. 北京: 机械工业出版社 2007.
- [4] 蔡浩. 汽车故障诊断系统的设计和开发[D]. 上海: 上海交通大学 2009.
- [5] ISO 15031—5 Road Vehicles—Communication Between Vehicle and External Equipment for Emissions-related Diagnostics—Part 5: Emissions-related Diagnostic Services [S]. 2006.
- [6] Technical Overview V2.2.2, R3.1 Rev0001 [S/OL]. <http://www.autosar.org/>. 2008.
- [7] Specification of Diagnostics Event Manager V3.0.1 [S/OL]. <http://www.autosar.org/>. 2009.
- [8] Specification of Diagnostic Communication Manager V3.1.1 [S/OL]. <http://www.autosar.org/>. 2009.