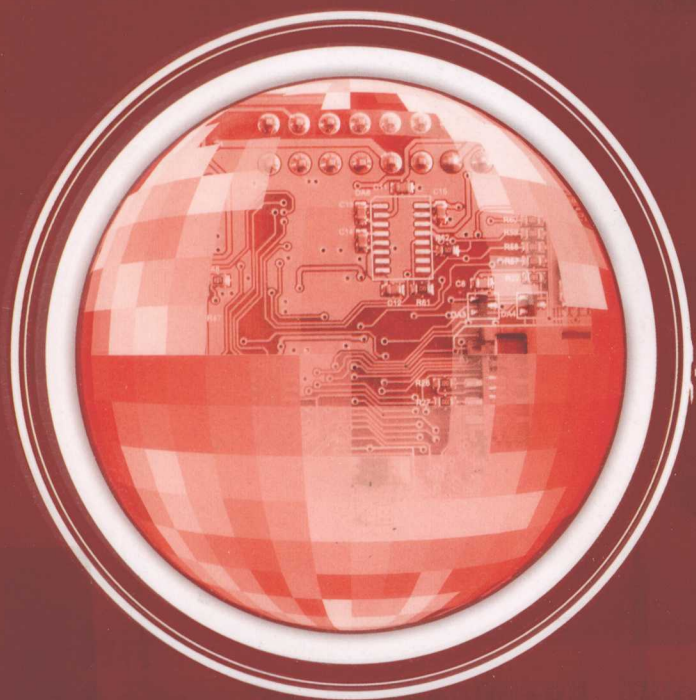


基于PowerPC的 32位微控制器原理 ——汽车电子控制系统应用

张戟 孙泽昌 编著

Micro Control Unit, MCU



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

汽车电子精品丛书

基于 PowerPC 的 32 位微控制器原理 ——汽车电子控制系统应用

张 戟 孙泽昌 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

以32位嵌入式微控制器为基本技术特征的新一代电控单元(Electronic Control Unit, ECU)已成为汽车电子发展应用的主流。为适应这一特点,飞思卡尔公司推出了一款基于PowerPC架构的32位高性能高速微控制器MPC555,其卓越的性能特别适合做复杂的实时控制和处理系统,在许多方面代表了微控制器今后的发展方向。

本书系统介绍了MPC555基本的硬件结构,包括其独具特色的TPU3和MIOS、QADC、QSMCM等模块的工作原理;着重介绍了基于MPC555微控制器的MATLAB代码自动生成体系及二次开发技术,特别是在汽车电子控制中的典型应用案例;最后对飞思卡尔公司最新推出的MPC5500系列产品进行了详细的介绍。

本书可作为汽车电子、嵌入式系统课程的教学参考书,供高等院校相关专业高年级本科生和研究生使用,也可供教师和工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

基于PowerPC的32位微控制器原理:汽车电子控制系统应用/张戟,孙泽昌编著. —北京:电子工业出版社,2010.6
(汽车电子精品丛书)

ISBN 978-7-121-10952-2

I. ①基… II. ①张… ②孙… III. ①汽车—电子系统:控制系统—研究 IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第094000号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:徐 萍 文字编辑:徐 磊

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:537千字

印 次:2010年6月第1次印刷

印 数:4000册 定价:48.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

微控制器 (Micro Controller Unit, MCU) 在我国习惯上称为单片机, 是指采用超大规模集成电路技术, 在一个芯片上集成了 CPU、存储器和 I/O 接口三部分而形成的一个单片微计算机系统。由于它成本低、体积小、功能强、工作可靠, 从 20 世纪 70 年代问世以来便得到了飞速发展。

飞思卡尔公司是世界上著名的微控制器生产公司。飞思卡尔生产的微控制器不仅数量和品种多, 而且功能很强。采用 HCMOS 技术生产的高性能的 M68HC05 和 M68HC11 系列微控制器分别有 80 多个和 40 多个品种。

为适应科学技术发展的需要, 1998 年飞思卡尔公司推出了 MPC5xx 系列 32 位微控制器, 其代表性的产品是 MPC555。它具有较高的执行速度、完善的系统保护功能、较强的 I/O 功能和数据处理能力。

MPC555 推出不久, 便于 1999 年获得汽车行业国际 PACE 汽车创新产品优秀奖, 并在嵌入式计算机控制领域, 特别是汽车电子应用领域得到了迅速发展。由于其优良的性能和强大的市场推广力度, 从高科技研发项目、终端用户 (汽车制造厂家) 到各专业软硬件开发商都予以 MPC555 高度的重视, 并积极开发应用 MPC555 产品, MPC555 被重视的程度日益加强。

MPC555 微控制器在汽车电子领域得到了广泛的应用, 是目前被国际汽车电子系统广泛采用的新一代芯片。2000 年 MPC500 系列产品在汽车行业的年销售额达 10 亿美元 (据飞思卡尔报道)。国外的汽车电子工业已形成了从半导体硬件到软件部件开发, 再到系统集成应用的一整套开发和生产体系。围绕着汽车制造商, 形成了专业化、可提供全套应用系统的各类供应商。从硬件设计到软件开发, 使用他们提供的各种专用控制原型, 再配上先进的开发工具, 可使专业设计人员和制造商在生产一线开发、调试新产品的周期大大缩短。

MPC555 嵌入式系统在汽车行业有着广阔的应用前景。随着我国国民经济的飞速发展, 人民生活水平的提高, 汽车消费已成为居民新的消费热点, 以及国民经济新的增长点。传统汽车制造业必然要与信息、计算、电子技术等行业相结合, 汽车生产企业与 IT 行业的合作关系将越来越紧密。先进的方法和手段将不断应用到产品的开发与生产当中。MPC555 在汽车电子领域的应用将不断得到提升。我们有必要加大开发及应用 MPC555 嵌入式计算机控制系统的力度, 以推进我国汽车电子行业的发展。

本书共分为 9 章和 4 个附录。其中, 第 1 章为概论; 第 2 章介绍 MPC555 基本的硬件结构; 第 3 章在第 2 章的基础上介绍 MPC555 独具特色的 TPU3 和 QSMCM 等模块; 第 4~8 章着重介绍基于 MPC555 微控制器的 MATLAB 代码自动生成体系及二次开发技术, 特别是在汽车电子控制中的典型应用案例; 第 9 章介绍飞思卡尔最新推出的 32 位 MPC5500 系列微控制器。需要说明的是, 对于飞思卡尔公司经多年研究而推出的高性能 32 位微控制器 MPC555, 用一本书是很难将它的技术特性和开发技术介绍全面的。为更好地推广飞思卡尔的 32 位微控制器, 首先应介绍它的基本原理, 基本的硬、软件结构和基本的开发知识, 使读者能初步了解 MPC555 的 PowerPC 架构, 这也是本书的主要目的。然后再详细介绍它的

功能和技术条件、技术数据，以及汽车领域的开发应用范例。我们将按照这个思路，逐步完整、准确地将飞思卡尔公司的新技术介绍给广大读者。

本书由张戟编制提纲，第4、5章由孙泽昌、张戟共同编写，其余各章由张戟编写。全书由孙泽昌教授负责统稿工作。汽车学院2008级研究生肖棣同学协助进行了大量的翻译、图文处理及编辑排版工作。电子工业出版社对本书的出版给予了大力支持与帮助，在此深表谢意。

汽车学院钟再敏副教授为本书部分章节提供了经过验证的工程实例，2005级研究生赵彦斌同学为本书部分章节涉及的理论和技术作出了贡献，在此也深表谢意。

感谢同济大学飞思卡尔联合实验室的罗峰教授为本书的完成提供了完美的测试环境和相应的硬件测试平台，同时感谢飞思卡尔公司为本书提供了部分内容的英文资料。

本书在编写过程中引用了一些国内外期刊、文献的资料，充实了本书的内容，借此机会也向有关文章的作者表示感谢。

最后谨向关心并为本书的编写、出版作出贡献的所有同志表示深深的谢意！

由于时间和作者水平所限，书中难免存在许多不足之处，恳请广大读者批评指正。

编著者
2010年3月
于同济大学

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 绪论	(1)
1.2 32 位微处理器性能比较	(4)
1.3 汽车电子控制系统	(7)
1.3.1 组成	(7)
1.3.2 特征	(8)
1.3.3 工作原理	(9)
1.3.4 汽车电子控制单元 ECU	(10)
第 2 章 MPC555 硬件结构原理	(13)
2.1 MPC555 引脚信号与系统配置	(13)
2.1.1 引脚信号	(13)
2.1.2 系统配置	(17)
2.2 RCPU 和存储器	(22)
2.2.1 PowerPC 架构	(22)
2.2.2 RCPU 结构	(23)
2.2.3 RCPU 寄存器	(26)
2.2.4 存储器	(35)
2.2.5 RCPU 指令处理	(38)
2.3 时钟系统及计时器	(40)
2.3.1 PLL 锁相环原理	(41)
2.3.2 MPC555 PLL 锁相环工作模式	(42)
2.4 外部总线接口及存储器控制	(43)
2.4.1 在扩展模式下外部存储器及其控制器的时钟	(44)
2.4.2 总线仲裁阶段内部或外部总线管理器	(46)
第 3 章 MPC555 独具特色的模块	(48)
3.1 双队列 A/D 转换模块 (QADC)	(48)
3.1.1 A/D 模块低功耗停止模式和冻结模式	(49)
3.1.2 A/D 采样时间和内部时钟模块	(50)
3.1.3 QADC64 的控制逻辑及执行队列模式	(52)
3.2 模块化输入/输出子系统 (MIOS)	(54)
3.2.1 MIOS 总线接口子模块	(54)
3.2.2 计数预分频器子模块	(56)
3.2.3 MIOS 模块化计数器子模块	(57)
3.2.4 MIOS 双动作子模块	(59)

3.2.5	16 位并行 I/O 口子模块	(62)
3.2.6	MIOS 脉宽调制子模块	(62)
3.2.7	MIOS 中断请求子模块	(64)
3.3	队列多通道串行通信模块 (QSMCM)	(65)
3.3.1	串行通信的基本知识	(66)
3.3.2	QSM 的结构与特性	(67)
3.3.3	QSM 的存储器和寄存器	(68)
3.3.4	QSM 的初始化	(71)
3.3.5	QSPI 子模块	(74)
3.3.6	SCI 子模块	(76)
3.4	双通道时间处理单元 (TPU3)	(78)
3.4.1	TPU 的结构与功能	(78)
3.4.2	TPU 寄存器	(84)
3.4.3	TPU 的初始化操作	(85)
3.4.4	输入捕捉/输入跳变计数器	(89)
3.4.5	输出比较	(90)
3.4.6	周期与脉冲宽度累加器	(91)
第 4 章	基于 MPC555 微控制器的 MATLAB 代码自动生成体系	(93)
4.1	概述	(93)
4.1.1	代码生成的优势与劣势分析	(93)
4.1.2	代码生成的分类	(94)
4.2	MATLAB 代码自动生成技术	(95)
4.2.1	RTW 技术	(96)
4.2.2	Embedded Target 技术	(99)
4.2.3	模型和参数配置	(102)
4.2.4	代码生成过程	(105)
4.2.5	自动代码分析	(110)
4.2.6	MPC555 下的基于 CCP 在线观测标定	(127)
4.2.7	MPC555 下的 Bootcode 技术	(130)
第 5 章	基于 MPC555 微控制器的代码自动生成体系下的二次开发技术	(132)
5.1	MATLAB 代码自动生成体系二次开发	(132)
5.1.1	二次开发背景	(132)
5.1.2	硬件抽象层硬件驱动	(133)
5.1.3	应用层算法	(140)
5.1.4	初始化	(146)
5.1.5	终止处理	(147)
5.1.6	中断处理子程序	(147)
5.1.7	成功案例	(151)
5.2	代码自动生成背景下的汽车电子实时控制软件开发模式	(156)
5.3	代码自动生成开发模式下的性能分析	(157)
5.3.1	空间效率	(157)

5.3.2	时间效率	(158)
5.3.3	可移植性	(158)
5.3.4	开发周期	(160)
5.4	应用代码自动生成技术的硬实时控制系统举例	(161)
第 6 章	异常情况处理 (中断)	(173)
6.1	异常情况分类	(174)
6.2	异常情况处理过程	(175)
6.3	异常向量表和优先级	(178)
6.3.1	异常向量表	(178)
6.3.2	顺序和优先级	(179)
6.4	异常情况处理的设计	(180)
6.5	异常的定义	(182)
6.6	异常的恢复	(191)
6.6.1	有序异常的恢复	(191)
6.6.2	无序异常的恢复	(191)
6.6.3	对 MSR[EE]和 MSR[RI]的控制	(192)
第 7 章	MPC555 在汽车电子控制 应用中的典型案例	(193)
7.1	MPC555 产品设计特点	(193)
7.2	设计应用实例	(195)
7.2.1	燃料电池汽车动力总成控制系统	(195)
7.2.2	Siemens VDO 汽车动力管理一体化系统	(197)
7.2.3	Ford Taurus、Lincoln LS Luxury 和 Jaguar S-Type 的动力控制系统	(200)
7.2.4	BMW 的 Valvetronic 电子阀门系统	(202)
7.2.5	飞思卡尔混合动力总成控制系统方案	(205)
7.2.6	柴油发动机电控单元系统	(208)
第 8 章	MPC555 开发工具及方法	(210)
8.1	产品的设计与开发步骤	(210)
8.1.1	传统开发流程	(210)
8.1.2	V 模式开发流程	(211)
8.2	MPC555 开发系统的组成	(212)
8.2.1	MPC555 的开发方法	(213)
8.2.2	MPC555 评估系统	(213)
8.2.3	评估工具	(220)
第 9 章	MPC5500 系列微控制器介绍	(231)
9.1	MPC5500 系列微控制器概述	(231)
9.2	MPC5554/5553 微控制器介绍	(237)
9.2.1	PowerPC (e200z6) 核心	(237)
9.2.2	SIMD 技术和 DSP	(244)
9.2.3	内存管理模块	(245)
9.2.4	MPC5554/5553 初始化	(247)

9.2.5 eQADC、eMIOS、eTPU	(249)
9.2.6 DSPI 结构和 eSCI 接口	(254)
9.2.7 FlexCAN 和快速以太网控制器	(256)
附录 A MPC555 引脚描述	(260)
附录 B MPC555 内存映射	(265)
附录 C MPC555 的指令	(280)
附录 D 专用名词和缩写	(321)
参考文献	(326)

第1章 概 论

以 32 位嵌入式微控制器为基本技术特征的新一代电控单元 (Electronic Control Unit, ECU) 已成为汽车电子发展应用的主流。汽车工业是使用微控制器最多的行业, 一辆现代汽车最多可使用数百个微控制器。汽车电子系统占整车成本的比例在 2008 年就已超过了 40%, 现在还在继续上升。

汽车电子技术的发展对整车性能 (特别是汽车的安全性) 的提高起到了关键性的作用。随着汽车电子化发展的深入, 32 位微控制器将逐渐取代 8 位、16 位微控制器而成为主流应用产品。汽车工业的发展围绕安全、节能、环保、舒适、方便的主题, 为消费者提供高质量、安全可靠、多功能、低价位的创新产品。开发商面临的挑战是如何在最短的时间内将新产品推向市场。

为了适应这一特点, 飞思卡尔公司 1998 年推出了一款基于 PowerPC 架构的 32 位高性能高速微控制器, MPC555 是该系列中的代表产品。本章将概括性地介绍一下 MPC555 的功能和特点。首先对 MPC555 的性能和各个模块进行一个简要的介绍; 其次把 MPC555 和两款市面上用途相近的 32 位微控制器进行性能比较, 找出 MPC555 微控制器功能上的突出之处; 最后阐述汽车电子控制系统的组成、特征和工作原理, 汽车电子控制系统是 MPC555 微控制器的主要应用领域。

1.1 绪 论

飞思卡尔公司是世界上著名的微控制器生产公司。它生产的微控制器不仅数量和品种多, 而且功能很强。采用 HCMOS 技术生产的高性能的 M68HC05 和 M68HC11 系列微控制器分别有 80 多个品种和 40 多个品种。

为适应科学技术发展的需要, 1998 年飞思卡尔公司推出 MPC5xx 系列 32 位微控制器, 其代表性的产品是 MPC555。它具有较高的执行速度、完善的系统保护功能、较强的 I/O 功能和数据处理能力。该系列基于 PowerPC 架构。它的主要性能及特点如下:

- 采用 PowerPC 架构的内核 (RCPU), 执行速度可达 52MIPS (频率为 40MHz), 内置 64 位的浮点运算单元;
- 448KB 的 Flash EEPROM;
- 26KB 的 SRAM、6KB 的 TPU 专用 RAM 和 4KB 专用 ROM;
- 模数转换模块 (QADC64);
- 队列串行多通道模块 (QSMCM), CAN 总线控制模块 (TouCAN);

- 定时处理模块 (TPU3);
- 通用输入输出模块 (MIOS), 以及 SRAM、EEPROM、EPROM 等外围接口管理模块;
- 3.3V/5V 电源, 272 引脚塑料焊球阵列 (PBGA) 封装;
- 工作温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ 。

如图1-1所示为MPC555的内部结构框图。下面介绍各个模块的基本特点。

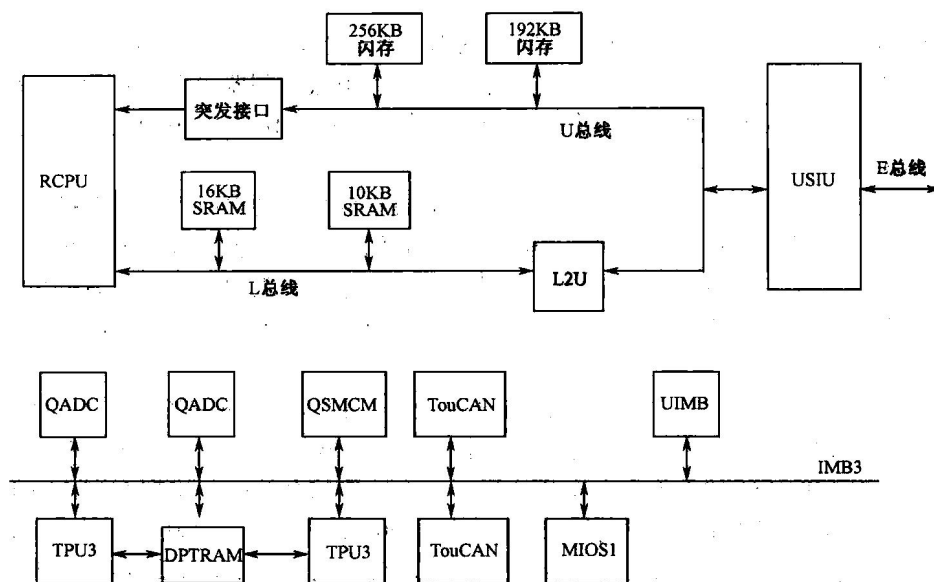


图 1-1 MPC555 的内部结构框图

1. RCPU

RCPU 具有全静态、低功耗的特点; 拥有集成浮点单元、精密的异常事件模型; 大量的系统开发支持, 包括片上观测点和断点、程序流跟踪, 以及片上仿真开发接口。

2. 4 层式存储控制器

与 SRAM、EPROM、Flash EEPROM 和其他一些外围设备相关, 能提供字节写操作; 位屏蔽的 32 位地址译码; 存储器传递起始 (MTS) 引脚, 用于作为外部总线主设备对外部从存储器进行存取的传递起始信号。

3. 集成总线系统接口模块

时钟合成器; 能量管理; 复位控制; PowerPC 减数器和时基; 指向 SRAM 和可突发式 Flash 的无粘接接口; 实时时钟寄存器; 周期性中断定时器; 硬件总线监视器和软件看门狗定时器; 中断控制器, 支持上限可达 8 个外部和 8 个内部中断; IEEE 1149.1 JTAG 测试存取端口; 外部总线接口, 包括 24 个地址引脚和 32 个数据引脚, 支持多重主设备设计, 还有 4 拍传递突

发和两个时钟周期的最小总线处理，并且支持 5V 输入，提供 3.3V 输出。

4. 灵活的存储保护模块

4 个指令区域和 4 个数据区域，支持 4KB~16MB 的区域大小，默认属性可实现一个全局式进入，并且支持推测式存取。

5. 448KB 的 CMF 闪存式电可擦除只读存储器

一个 256KB 单元和一个 192KB 单元；页读模式；可以实现块擦除（块大小为 32KB）；电源支持外部 4.75~5.25V 的编程和擦除。

6. 26KB 的 SRAM

一个 16KB 单元和一个 10KB 单元；快速存取，只需一个时钟周期；保持性电源；软故障检测。

7. 通用输入/输出支持

24 个地址引脚和 32 个数据引脚可用于单片模式的通用输入/输出；MIOS1 模块有 9 个通用输入/输出引脚；很多外围设备引脚在不使用其主要功能时也可用于通用的输入/输出；5V 输出。

8. 两个时间处理模块（TPU3）

TPU3 模块包括一个独立于 RCPU 的专用微处理核心、16 个独立的可编程通道和引脚，而且每个通道都有一个事件寄存器，由一个 16 位捕获寄存器、一个 16 位比较寄存器和一个 16 位比较器组成；可以实现 9 个预编程定时器指令，每个定时器指令可以分派到几个通道里；两个带可编程式预标定器的定时器计时寄存器；可选的通道优先级；5V 输出。

6KB 的双端口 TPU RAM（DPTRAM）由两个 TPU3 模块共享。

9. 18 通道的模块化输入/输出子系统

10 个双动作子模块（DASMs），8 个专用 PWM 子模块（PWMSMs），两个 16 位的模数计数器子模块（MCSCMs），两个并行端口 I/O 子模块（PIOSM）；5V 输出。

10. 两个队列多通道串行通信模块（QADC）

上限可达 16 个采用内部多路技术的模拟输入通道；总数上限可达 41 个采用内部和外部多路技术的输入通道；使用内部抽样/保持的 10 位 A/D 转换器，基本转换时间可达 10 μ s，即每秒钟实现 100 000 个抽样；两个变长度的转换命令队列；自动化队列模式，可以由外沿的门触发电平和软件指令来进行初始化；64 个结果寄存器；输出数据可选为左对齐或右对齐，以及有符号或无符号。

11. 两个 CAN 2.0B 控制器模块 (TouCANs)

完全遵循 CAN 网络协议, 包括版本 2.0A 和 2.0B; 每个模块都有 16 个信息收发缓冲, 缓冲数据长度为 0~8B; 一个用于信息缓冲区 0~13 的全局计时寄存器, 两个用于信息缓冲区 14 和 15 的独立计时寄存器; 可程式的首要传输策略, 即选取 ID 号最低的或缓冲区号最小的; 用来信息记时的 16 位自由运行式计时器; 可编程 I/O 模式; 可屏蔽式中断; 独立于传输介质 (外部收发器); 开放式网络结构; 多重主设备概念; 高抗干扰能力; 高优先级信息享有很短的等待时间; 低功率睡眠模式, 可以通过总线实现可程式唤醒。

12. 队列多通道串行通信模块 (QSMCM)

首先, 队列串行外围设备接口 (QSPI) 的特性包括为外围延展和内处理器之间提供全双工通信端口; 上限可达 32 个的预编程传输, 减少了系统开销; 16B 大小的队列; 可程式传输长度, 8~16B; 同步接口, 波特率上限可达四分之一系统时钟周期; 4 个可编程的外围可选引脚, 支持上限可达 16 个设备。

其次, 采用包裹模式, 方便了串行外围设备的连续采样, 可以有效地传输到串行 A/D 转换器。

最后, 还有两个串行通信接口 (SCI)。其特性包括通用异步接收/发送装置, 支持 NRZ (不归零编码) 格式和半双工、全双工接口; 16 个寄存器接受缓冲和 16 个寄存器传输缓冲; 增强的错误检测功能和可选性的奇偶生成及检测功能; 字长度可设计为 8 或 9B; 独立的接收器和发送器, 适用于单字节和双字节的数据缓冲; 唤醒功能可以让 CPU 在无中断条件下工作, 直到检测到一段实际闲置带或接收到一个新的地址字节; 提供外源时钟来实现波特生成; 多路技术被应用于数据接收引脚和数据发送引脚。

1.2 32 位微处理器性能比较

新一代的汽车电子控制系统中, 32 位微处理器的应用越来越广泛。除了飞思卡尔公司以外, 许多微处理器制造商都针对汽车电子领域推出了相应的 32 位微处理器。下面将详细介绍两款在性能和价格上都和 MPC555 相当的 32 位微处理器, 并分别加以比较。

首先是德州仪器 (TI) 公司的 TMS320F2802x 系列, 其主要特性如下。

- 采用哈佛总线结构, 有两个可选频率, 60MHz (16.67ns Cycle Time) 和 40MHz (25ns Cycle Time)。
- 单一 3.3V 电压, 集成 POWER-ON (上电) 和 BROWN-OUT (下电) 复位。集成了两个内部 ZERO-pin 振荡器、片上晶振/外部时钟输入和内置看门狗定时器模块, 支持 PLL 比率动态变更。
- 拥有高达 22 个独立可编程、多线复用 GPIO 引脚。带输入滤波外围中断扩展 (PIE) 模块, 支持所有外围中断。
- 内部模块包括 3 个 32 位 CPU 定时器, 每个 ePWM 模块都有独立的 16 位定时器。片

上存储器包括了 Flash、SARAM、OTP 和 Boot ROM, 还有 128 位安全锁模块。串口外围包含了 1 个 SCI (UART)、1 个 SPI 和 1 个内部集成回路 (I2C) 总线。而且, 增强化的控制外围有 ePWM、HRPWM、eCAP、ADC、片上温度感应器和比较器。

- 产品里有两种封装类别, 38 脚 DA PSOP 和 48 脚 PT PQFP。

如表 1-1 所示为按照微处理器性能的几项重要指标, 进行的微处理器 MPC555 与 F2802 系列之间的比较。

表 1-1 MPC555 与 F2802 系列的比较

	MPC555	F2802x
时钟	可选 8MHz 和 40MHz	可选 60MHz 和 40MHz
定点处理能力	52MIPS	40~60MIPS
浮点处理能力	硬浮点, 一条浮点加减指令占用 4 个时钟周期	无
Flash	448KB 的 Flash EEPROM	16~32KB 的 16 位 Flash
RAM	26KB 的 SRAM	3~16KB 的 SARAM
总线	32 位数据总线 24 根引脚实现 32 位地址总线功能	32 位数据总线 22 根引脚实现 32 位地址总线功能
总线仲裁机制	完善	无
I/O	18 通道的模块化输入/输出子系统	20 或 22 个数字 I/O, 6 个模拟 I/O
串口	两个 SCI 接口	一个 SCI 接口
指令系统	指令可读性好, 专用性强	助记符式指令, 初学较困难
外围	两个 QADC64、两个 TouCAN、两个 TPU3、一个 QSPI	一个 SPI、一个 ADC, 以及可选的 ePWM 等
封装	272 根引脚的 PBGA 封装	可选的 38 引脚 DA PSOP 和 48 引脚 PT PQFP

MPC555 与 F2802 系列的比较分析如下。

- 虽然 F2802x 最高时钟频率可达 60MHz, 但是定点处理能力并未超过 MPC555 太多。特别是 MPC555 拥有硬浮点处理能力, 这对于数据动态范围大、开发周期要求较短的应用来说会更为实用。
- MPC555 的内部存储器无论在 Flash 方面, 还是 RAM 方面, 其容量都远大于 F2802x。
- MPC555 拥有总线仲裁机制, 并且有更多外围模块, 扩展性更强, 特别是 TouCAN 模块, 使其更适合用于汽车行业。

然后是英飞凌 (Infineon) 公司的 XC223 系列, 其主要特性如下。

- 主频为 80MHz (12.5 ns Cycle Time), 总共有用于代码和数据的 16MB 线性地址空间。
- 应用外围时间控制器 (PEC) 实现 8 通道中断驱动的单周期数据传输, 24 位指针覆盖整个地址空间。
- 片上存储器包括 8KB SBRAM、2KB DPRAM、16KB DSRAM、16KB PSRAM 和 576KB Flash。
- 片上外围则有两个同步化的 A/D 转换器, 其具有 16 个通道、10 位解析率, 转换时间低于 1 μ s; 16 通道的通用捕获/比较单元 (CAPCOM2); 4 个用于多变 PWM 信号生成

的捕获/比较单元 (CCU6x); 5 个多功能通用定时器; 6 个串口通道, 用于 UART、LIN、SPI/QSPI、IIC 总线接口和 IIS 接口; 片上多路 CAN 接口, 2 个 CAN 节点上实现了多达 64 个的信息目标, 以及网关功能。

- 支持外部地址空间达 12MB。单一电源 3.0~5.5V。配备了可编程看门狗定时器和晶振看门狗。
- 高达 40 条通用 I/O 线; 片上调试 JTAG 接口。
- 产品支持 64 引脚绿色 LQFP 封装, 0.5mm 孔距。

如表1-2所示为按照微处理器性能的几项重要指标, 进行的微处理器MPC555与XC223系列之间的比较。

表 1-2 MPC555 与 XC223 系列的比较

	MPC555	XC223x
时钟	可选 8MHz 和 40MHz	40~80MHz
定点处理能力	52MIPS	52~96MIPS
浮点处理能力	硬浮点, 一条浮点加减指令占用 4 个时钟周期	无, 但具备 DSP 处理单元
Flash	448KB 的 Flash EEPROM	384~768KB 的编程 Flash、64KB 的数据 Flash
RAM	26KB 的 SRAM	26~50KB 的 SRAM
总线	32 位数据总线 24 根引脚实现 32 位地址总线功能	总共 16MB 大小的用于代码和数据的线性地址空间
总线仲裁机制	完善	无
I/O	18 通道的模块化输入/输出子系统	40 个 I/O 引脚, 分为 4 个 I/O 端口和两个输入端口
串口	两个 SCI 接口	2~6 个 SCI 接口
指令系统	指令可读性好, 专用性强	指令可读性很好, 专用性不强
外围	两个 QADC64、两个 TouCAN、两个 TPU3、一个 QSPI	两个 10 位 ADC、两个 CAN、外围时间控制器(PEC)、CAPCOM2、CCU6x
封装	272 根引脚的 PBGA 封装	64 引脚绿色 LQFP 封装

MPC555 与 XC223 系列的比较分析如下。

- XC223x 有更高的时钟频率, 但是缺少浮点处理, 其具备的 DSP 处理单元亦有一定好处。与 XC223x 相比, MPC555 微处理器的侧重点不同。
- MPC555 的内部存储器无论 Flash 还是 SRAM 都较 XC223x 系列要小。
- MPC555 拥有总线仲裁机制, 外围模块的完善性亦较高, 但是外围模块和串口等在通道数和接口数量上较 XC223x 要少。
- 针对时钟频率、存储器容量和部分外围模块的不足, 飞思卡尔公司在 MPC5xx 系列之后的产品以及 MPC5000 系列产品中都对应进行了大幅提升, 特别是许多增强版模块的推出。其部分的增强功能介绍可以参考第 9 章的内容。
- MPC555 和 XC223x 的应用因为侧重点的不同而明显不一样, MPC555 更适合用于车内控制系统中的整车控制器或者发动机管理控制器等, 而 XC223x 的 DSP 特性比较适合电机控制器。另外, MPC555 的 TPU3 模块对于实现电机控制是一个很大的增强。

1.3 汽车电子控制系统

现代汽车以计算机为核心, 具有高度自动化、集成化的控制系统。目前汽车电子控制系统由多种传感器、中央控制器、微处理器、存储器、I/O 接口、执行机构、显示器、数据总线 and 相应软件集合而成。该系统采用复杂的多元过程控制, 使车辆系统工作于实时的最佳状况。下面将就汽车电子控制系统的组成、特征和工作原理三方面进行详细的介绍, 然后再阐述汽车电子控制单元 (ECU) 的功能。

1.3.1 组成

首先, 电子控制系统的基本组成框图如图 1-2 所示。

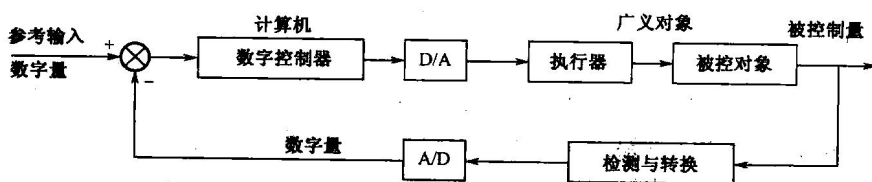


图 1-2 电子控制系统的基本框图

电子控制系统包括硬件和软件两部分, 下面分别介绍。

1. 硬件

汽车电子控制系统的硬件结构一般由 3 部分组成: 外部传感器、计算机和执行机构。如图 1-3 所示。计算机部分是由输入接口、微处理器和输出接口组成的。

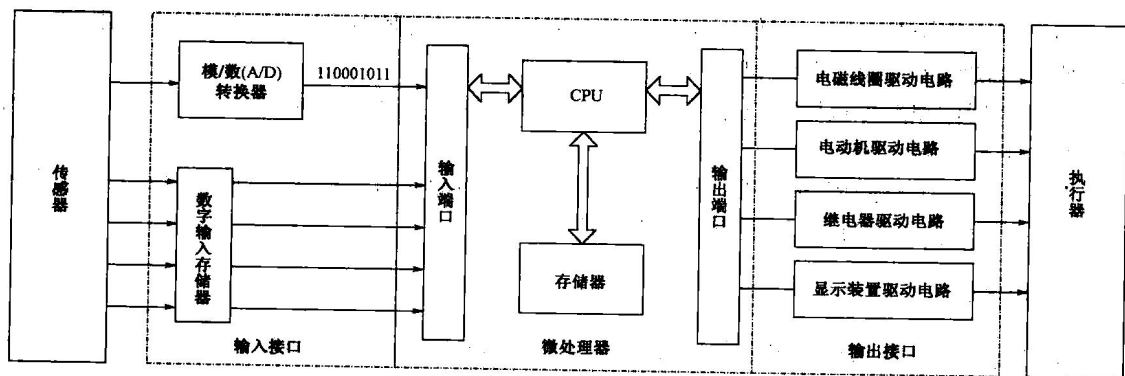


图 1-3 汽车电子控制系统的基本组成

硬件的基本工作原理如下：汽车运行时各传感器不断检测汽车运行的工况信息，并将信息实时通过输入接口传给微处理器；接收到信息后，微处理器根据内部控制程序，进行决策并做相应处理，再通过输出接口输出控制信号给执行器；执行器则在接收到程序信号后，执行相应的动作，以实现某种预定功能。

2. 软件

软件又分为系统软件和应用软件。系统软件是对主机和外部设备进行统一管理和控制的程序系统，包括操作系统、语言加工系统和诊断系统。应用软件是为实现控制功能所编写的程序，主要是根据被控对象和控制要求来编写的。

1.3.2 特征

汽车电子控制系统的特征主要表现为目的性、相关性、层次性和随机性 4 个方面。

1. 目的性

汽车电子控制系统的目的是解决与汽车性能相关的问题，往往这些问题单靠通常的机械系统是难以解决的。例如，悬架控制用来改善汽车的平顺性、操纵性和稳定性；ABS 可以提高汽车行驶时的安全性；动力转向的目的是改善停车或低速驾驶时的转向力，并能保证高速行驶时的路感。

可以概括地说，汽车电子控制系统的主要目的如下。

(1) 改善乘坐舒适性。良好的乘坐舒适性应该是在任何路面行驶时，无论法向还是侧向运动，汽车的颠簸和冲击都较小。

(2) 保证较高的操纵性和稳定性。依靠电子控制系统，驾驶员的操纵能得到及时的正确响应，并且汽车的操纵稳定性在任何速度下都能得到保证。此外，汽车在行驶中还不应该受到侧风或不平路面的干扰。

(3) 自适应操纵系统。当作用在汽车上的惯性力超过轮胎与路面间的牵引力极限时，控制系统能自动给予转向、制动和加速，以避免出现危险。

(4) 提高行驶能力极限。汽车电子控制系统的目标是在任何路面和行驶工况下都应实现最大的轮胎与路面间的牵引力。

(5) 汽车行驶时的姿态控制。控制在转向、制动和加速时，汽车出现的侧倾、纵倾等运动，以保证驾驶员能够有最舒适的汽车水平位置。

2. 相关性

现代汽车上一般都有许多个各种各样的电子控制系统，它们之间相互关联，这种相关性必须考虑。例如，主动悬架能减小汽车侧倾，却会损害四轮转向系统（4WS）的横摆响应，而且不考虑防滑制动系统的作用时，汽车在紧急制动时有可能因为主动悬架的缘故导致上下