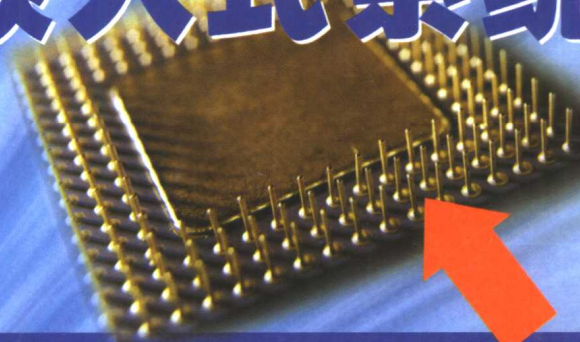


基于M·CORE 微控制器的 嵌入式系统



马鸣锦 蒋烈辉 杜威 郭惠芳 编著

国防工业出版社

基于 M·CORE 微控制 器的嵌入式系统

马鸣锦 蒋烈辉 杜威 郭惠芳 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

基于 M·CORE 微控制器的嵌入式系统/马鸣锦等编著.
北京:国防工业出版社,2003.4
ISBN 7-118-03062-7

I. 基... II. 马... III. 微型计算机—系统设计
IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 011186 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 26 $\frac{3}{4}$ 611 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

随着计算机技术的发展,在微型计算机领域里形成了两个大的分支,一个是独立使用的台式通用计算机系统,另一个是嵌入式应用的计算机系统,后者简称为嵌入式系统。嵌入式系统指的是把计算机系统作为一个信息处理部件嵌入到应用系统中而形成的系统,是适应具体应用系统在功能、可靠性、成本、体积及功耗诸方面更多的综合要求的专用计算机系统,它是计算机技术追求经济性、小型化、可靠性、高速度和智能性的必然结果。嵌入式系统最初主要应用于工业控制、通信、仪器仪表和家用电器等领域,近年来,随着计算机、微电子、通信及网络技术的发展,嵌入式技术渗透到各个领域,广泛用于移动计算平台、信息家电、无线通信设备、电子商务平台及军事设备。

由于被嵌入对象的复杂程度有很宽的变化范围,以及对嵌入式系统本身在性能、体系结构方面的多样化要求,导致了嵌入式系统及其应用的多样性。一般说来嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支持硬件、嵌入式操作系统、嵌入式软件中间件及应用软件组成。

嵌入式处理器多半由微控制器构成,先进微控制器的体系结构及功能在一定程度上代表并决定着嵌入式系统的发展水平。目前世界著名的微控制器生产厂商有许多家,他们设计出各具特色、各具竞争力的微控制器,主要生产厂商有:Motorola、Intel、Philips、Texas Instrument、Microchip、Dallas、Zilog、NS、Samsing、Winbond等。其中 Motorola 公司是最著名的微控制器生产厂商之一,20多年来,开发生产了多种系列的微控制器。M·CORE(Motorola 核)是 Motorola 公司近年来推出的一种新型的 32 位微控制器系列,适合于构建高端的嵌入式系统。MMC2107 是该系列中具有片内 FLASH 存储器的品种,以 M210 micro RISC Core 为 CPU;最高系统时钟可达 33MHz;具有低工作电压(2.7V~3.3V),宽的操作温度范围($-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$)及很低的功耗,适用于便携式的嵌入式系统;片内有 128KB FLASH EEPROM 和 8KB SRAM,外部可直接访问的存储器空间达 32MB;除存储器外,片内还有丰富的 I/O 资源。本书第 1 部分(第 1~14 章)介绍了 MMC2107 的处理器结构、片内存储器及片内各 I/O 功能模块,对各功能模块的原理及使用方法都有详细的讲解。值得一提的是,苏州国芯科技有限公司引进、吸收和优化了 M·CORE 技术,形成了具有中国自主知识产权的 C·CORE(China 核)技术,并已推出第 1 个 32 位通用微控制器芯片 CCM2112DQ。由于该类微控制器所具有的先进性能和芯片的国产化,有望成为国内开发高档嵌入式系统的主流微控制器。

随着应用系统的不同,嵌入式系统的支撑硬件往往不一样,但是从计算机的角度来看,嵌入式系统常用的相关支持硬件有显示设备、存储设备、通信设备和输入设备等。本书第 2 部分(第 15~19 章)讲述了部分常用外围硬件电路,其中第 15、16 章分别讲述异步串行总线和同步串行总线及其应用;第 17 章讲述液晶显示原理及液晶显示的控制,第 18 章讲述触摸屏触摸原理及触摸屏的控制,这 2 章都给出了控制程序,这些程序都在笔者所

属硬件环境下调试通过并已应用于具体嵌入式系统,可供读者参考;第19章全面讲述了各种存储器的原理并给出了SDRAM、仓储式FLASH及串行EEPROM 3种存储器的接口设计,能对读者设计这些存储器接口电路提供帮助。

嵌入式系统的硬件和软件需要在开发平台上调试和开发,一般来说,微控制器生产厂家随某款微控制器产品的推出,也推出硬件评估板和必要的开发工具。另外还委托第3方以评估板为基础,以普通桌面计算机为宿主机,开发出包括源代码编辑器、源代码浏览器、C或C++编译器、汇编器、连接器、Debugger等工具软件的软件包,这种软件包连同评估板、宿主机称为集成开发环境。在集成开发环境下,用户系统的硬软件调试工作将变得方便、快捷。本书第3部分(第20~24章)主要介绍嵌入式系统的开发环境和软件开发。

本书第1~11章由马鸣锦编写,第12、13、15~18章由马鸣锦、杜威和郭惠芳共同编写,第14、19~24章由蒋烈辉编写。全书在相互审阅的基础上由马鸣锦教授定稿并撰写了本书的前言。赵秋霞、郭惠芳、强燕、龚雪蓉、柳毅、梁宏军、王晖、崔少勇、刘涛然、刘瑰、陈琳、杨玉梅、焦姣、秦妍等老师和同学参与了本书的电路试验、程序调试、文字录入与图表制作等工作。本书编写过程中得到解放军信息工程大学信息工程学院计算机科学与技术系各级领导的大力支持,在这里一并致以感谢。

由于嵌入式系统及其应用的多样性,造成嵌入式系统软、硬件的多样性,而且新的产品仍不断涌现,加上作者的学识水平有限,很难在一本书中容纳所有的信息,但作者力求对本书中所涉及的内容讲述清楚、透彻,希望对读者有所帮助。书中若有错误和不当之处,敬请读者批评指正,十分高兴与读者探讨有关问题。我们的通信地址是河南郑州1001信箱715号,邮政编码是450002,联系电话是0371-3531883。

编著者

目 录

第 1 部分 M·CORE 微控制器的结构及原理

第 1 章 微控制器及其应用技术概述	1
1.1 微控制器的特点	1
1.2 微控制器技术的发展	2
1.3 M·CORE 系列微控制器	4
1.3.1 MMC2107 的特点及组成	4
1.3.2 MMC2107 的引脚描述	7
1.3.3 MMC2107 的系统存储器地址映射	10
第 2 章 M·CORE M210 中央处理单元(CPU)	12
2.1 M·CORE 处理器综述	12
2.1.1 M·CORE 处理器的微结构	12
2.1.2 M·CORE 处理器的编程模型	14
2.1.3 M·CORE 的数据格式	15
2.1.4 M·CORE 处理器的寄存器	16
2.2 M·CORE 处理器指令系统简述	20
2.2.1 指令类型和寻址方式	20
2.2.2 指令系统一览表	23
2.3 M·CORE 处理器的异常处理	26
2.3.1 异常响应过程及从异常返回	26
2.3.2 异常向量	27
2.3.3 异常的优先级	28
2.3.4 异常类型	29
第 3 章 芯片配置模块	33
3.1 芯片配置模块的作用及 MCU 操作模式	33
3.1.1 芯片配置模块的作用	33
3.1.2 操作模式	33
3.2 复位配置	35
3.2.1 复位配置与复位配置采样	35
3.2.2 配置采样电路	36
3.3 芯片配置模块的寄存器及其功能描述	36
3.3.1 芯片配置寄存器(CCR)	36
3.3.2 复位配置寄存器(RCON)	38

3.3.3 芯片标识寄存器(CIR)	39
第4章 复位控制模块和看门狗定时器	41
4.1 复位控制模块	41
4.1.1 复位控制器和复位源	41
4.1.2 复位控制器的寄存器	41
4.1.3 复位控制器的功能描述	43
4.2 看门狗定时器	45
4.2.1 看门狗定时器的作用及结构框图	45
4.2.2 看门狗定时器的寄存器及其功能描述	46
第5章 时钟模块	49
5.1 时钟模块框图及功能概述	49
5.1.1 引脚信号	49
5.1.2 系统时钟模式	50
5.1.3 系统时钟模式的选择	50
5.2 PLL 频率合成器的操作原理	51
5.2.1 相位和频率检测器(PFD)	52
5.2.2 充电泵、滤波器和压控振荡器	52
5.2.3 增频因子分频器(MFD)	52
5.3 低功耗方式	53
5.3.1 低功耗指令	53
5.3.2 Wait 和 Doze 方式	53
5.3.3 Stop 方式	54
5.3.4 PLL 的 Stop 方式	54
5.4 有关寄存器	54
5.4.1 合成器控制寄存器(SYNCR)	54
5.4.2 合成器状态寄存器(SYNSR)	56
5.5 系统时钟的模式与系统时钟的生成	58
5.6 PLL 锁定检测	58
5.6.1 锁定检测过程	59
5.6.2 PLL 的失锁状况	59
5.6.3 PLL 失锁的复位	60
5.7 丢失时钟的检测	60
5.7.1 替代时钟	60
5.7.2 丢失时钟的复位	61
5.8 复位期间的时钟	61
第6章 中断控制模块	62
6.1 中断源表	63
6.2 寄存器及其功能描述	63
6.2.1 强制中断寄存器(IFRH 和 IFRL)	63

6.2.2	中断优先级选择及优先级选择寄存器	64
6.2.3	中断挂起寄存器(IPR)	65
6.2.4	快速中断请求和正常中断请求有关的寄存器	65
6.3	功能说明	68
6.3.1	快速和正常中断请求	68
6.3.2	自动向量中断和向量中断	68
6.3.3	低功耗模式时中断控制器的操作	69
6.3.4	中断的配置	69
第7章	端口模块与边沿端口模块	71
7.1	端口模块	71
7.1.1	端口引脚分配	71
7.1.2	I/O 端口寄存器一览表	72
7.1.3	端口模块的寄存器及功能	73
7.1.4	端口数字 I/O 时序	75
7.2	边沿端口模块	75
7.2.1	边沿端口模块的框图和概述	75
7.2.2	边沿端口模块的寄存器和功能描述	76
7.2.3	低功耗模式下边沿端口模块的操作情况	78
第8章	外部总线接口及片选模块	80
8.1	外总线接口(EBI)	80
8.1.1	EBI 的信号	80
8.1.2	EBI 的数据传送	81
8.1.3	EBI 数据传送时序	82
8.1.4	EBI 的仿真支持	84
8.2	片选模块	86
8.2.1	片选通道的组成框图	86
8.2.2	片选通道控制寄存器(CSCR0~CSCR3)	86
8.2.3	片选逻辑功能说明	88
第9章	可编程中断定时器模块	91
9.1	可编程中断定时器模块概述	91
9.2	PIT 的寄存器及功能描述	92
9.3	PIT 功能描述	94
第10章	定时器模块	96
10.1	定时器模块的组成结构	96
10.1.1	定时器模块的组成框图	97
10.1.2	TIM 模块的引脚	97
10.1.3	TIM 寄存器一览表	97
10.1.4	定时器通道的输入捕获和输出比较功能选择	98
10.2	定时器计数器和预分频器	99

10.2.1 定时器计数器	99
10.2.2 预分频器	100
10.3 输入捕获功能	101
10.3.1 输入捕获通道的结构框图	101
10.3.2 输入捕获通道的功能及有关的寄存器	102
10.4 输出比较功能	104
10.4.1 输出比较通道的结构框图	104
10.4.2 输出比较通道的功能及有关的寄存器	104
10.5 脉冲累加器	108
10.5.1 脉冲累加器的结构框图	108
10.5.2 脉冲累加器的工作原理及寄存器描述	108
10.6 定时器模块的通用 I/O 端口	110
10.7 与 TIM 模块整体控制有关的寄存器	111
10.8 低功耗操作模式	113
第 11 章 串行通信接口(SCI)	114
11.1 SCI 的结构及基本传送规则	114
11.1.1 SCI 引脚	114
11.1.2 SCI 寄存器列表	114
11.1.3 数据传送格式	115
11.1.4 波特率的发生	116
11.1.5 接收数据采样	116
11.1.6 波特率容限	118
11.2 发送器及其有关寄存器的功能	119
11.2.1 发送器框图	119
11.2.2 发送有关的寄存器	120
11.2.3 发送过程及发送状态	123
11.3 接收器及其有关寄存器的功能	125
11.3.1 接收器框图	125
11.3.2 接收有关的寄存器	125
11.3.3 接收过程及接收状态	126
11.3.4 唤醒功能	128
11.4 其它功能	130
11.4.1 通用 I/O 端口引脚及引脚属性	130
11.4.2 单线操作和环路操作	131
11.4.3 SCI 的低功耗方式	133
第 12 章 串行外围接口(SPI)模块	134
12.1 SPI 的组成结构及互连	134
12.1.1 SPI 的寄存器	135
12.1.2 SPI 的引脚配置及功能	137

12.2 SPI 功能描述	140
12.2.1 一次传送过程	140
12.2.2 SPI 传送格式及时序	141
12.2.3 两种 SPI 错误条件	143
12.2.4 SPI 的低功耗方式	144
第 13 章 队列式 A/D 转换器(QADC)	146
13.1 QADC 引脚功能及模拟通道	146
13.1.1 QADC 引脚功能	147
13.1.2 外部多路与非多路操作及模拟通道分配	148
13.2 模拟子系统	151
13.2.1 转换周期的时间	151
13.2.2 DAC 阵列、比较器和 SAR	152
13.3 数字控制子系统	152
13.3.1 队列的设定	153
13.3.2 队列的优先权及执行序	154
13.3.3 单扫描模式	154
13.3.4 连续扫描方式	157
13.3.5 QADC 的时钟发生器和周期/间隔定时器	159
13.3.6 转换命令字表和结果字表	160
13.4 QADC 的寄存器	161
13.4.1 QADC 寄存器的地址映射	162
13.4.2 QADC 模块配置寄存器(QADCMCR)	162
13.4.3 QADC 通用数字端口有关的寄存器	163
13.4.4 QADC 的控制寄存器	164
13.4.5 QADC 的状态寄存器	167
13.4.6 转换命令字(CCW)	170
13.4.7 结果寄存器	171
13.5 QADC 的低功耗模式与 Debug 模式	171
13.5.1 低功耗模式	171
13.5.2 Debug 模式	172
第 14 章 MMC2107 片内存储器	173
14.2 MMC2107 片内 SRAM	173
14.2 MMC2107 片内 FLASH	173
14.2.1 MMC2107 片内 FLASH 的结构	173
14.2.2 CMFR 模块地址映像和寄存器定义	174
14.2.3 CMFR 操作功能描述	179

第 2 部分 嵌入式系统常用外围及硬件设计

第 15 章 异步串行接口的互连及应用举例	189
------------------------------------	------------

15.1 异步串行接口的互连方法	189
15.1.1 直接互连	189
15.1.2 通过 RS-232C 接口互连	189
15.1.3 通过 RS-422(RS-485)接口互连	192
15.2 异步串行传送中常用的芯片及电路	192
15.2.1 RS-232C 电平转换芯片	192
15.2.2 RS-422 及 RS-485 电平转换芯片	196
第 16 章 同步串行总线及应用举例	199
16.1 SPI 总线及应用举例	199
16.1.1 具有 SPI 接口的串行 EEPROM X25097	199
16.1.2 具有 SPI 接口的 A/D 转换器 MAX186	204
16.1.3 由 SPI 连接的多机系统	206
16.2 MICROWIRE/PLUS 总线及其操作方法	208
16.2.1 MICROWIRE/PLUS 接口的组成	208
16.2.2 MICROWIRE/PLUS 接口的操作	208
16.2.3 MICROWIRE/PLUS 接口的传送时序	210
16.3 I ² C 总线的工作原理	210
16.3.1 I ² C 总线的接口及数据传送	210
16.3.2 时钟同步及总线仲裁	213
16.3.3 寻址方法及地址字节	215
第 17 章 液晶显示模块及液晶控制器	219
17.1 液晶显示系统概述	219
17.1.1 液晶显示原理	219
17.1.2 液晶显示器的驱动与控制接口	221
17.1.3 液晶显示模块	224
17.1.4 基于 S1D13305 的液晶显示系统	226
17.2 S1D13305 LCD 控制器的接口与时序	227
17.2.1 S1D13305 LCD 控制器的引脚	227
17.2.2 S1D13305 LCD 控制器的接口	229
17.2.3 访问时序	232
17.2.4 微处理器访问的同步性	235
17.3 命令集	237
17.3.1 命令集总表	238
17.3.2 系统控制类命令及相应控制功能	238
17.3.3 显示控制类命令	245
17.3.4 画图控制类命令和存储器控制类命令	253
17.4 字符发生器	255
17.4.1 内部 CG ROM、外 CG ROM 和外 CG RAM	255
17.4.2 字符发生器的空间容量	257

17.4.3 字符发生器访问地址的形式	257
17.5 显示控制功能	259
17.5.1 显示扫描与显示存储器	259
17.5.2 光标控制	263
17.6 应用说明	265
17.6.1 初始化参数和初始化过程	265
17.6.2 显示模式设置举例	269
17.6.3 显示技巧举例	272
17.6.4 16×16点阵图形显示	273
17.6.5 显示屏驱动程序设计	274
第18章 触摸屏及触摸屏控制器	282
18.1 触摸屏的分类及原理	282
18.1.1 触摸屏的分类	282
18.1.2 电阻式触摸屏的触摸转换原理	284
18.2 电阻式触摸屏控制器	285
18.2.1 触摸屏控制器 ADS7846 的功能概述	285
18.2.2 ADS7846 的测量原理	287
18.2.3 ADS7846 的数字接口	292
18.2.4 ADS7846 使用注意事项	297
18.2.5 ADS7846 应用举例及触摸屏控制程序设计	299
第19章 存储器接口设计	305
19.1 存储器类型的选择	305
19.1.1 存储器类型选择时应考虑的主要因素	305
19.1.2 常用存储器类型	306
19.2 EBI 存储扩展接口设计	308
19.2.1 K4S560832A 芯片简介	308
19.2.2 MMC2107 微控制器 SDRAM 接口设计	316
19.3 仓储式存储器扩展接口设计	320
19.3.1 K9F1208U0M 芯片简介	320
19.3.2 Flash 存储接口设计	328
19.4 串行存储器接口设计	336
19.4.1 AT25010 芯片简介	336
19.4.2 MMC2107 与 AT25010 的连接	337
19.4.3 MMC2107 对 AT25010 的访问	337

第3部分 嵌入式系统的开发环境与软件开发

第20章 M·CORE 软件开发与开发工具	340
20.1 嵌入式系统软件开发	340
20.2 嵌入式系统开发工具需求	341

20.3 M·CORE 系统开发工具	342
20.3.1 M·CORE 系统开发工具	343
20.3.2 M·CORE 的 ABI	345
20.3.3 M·CORE 软件开发过程与开发工具的结合	345
第 21 章 开发板及 EBDI	347
21.1 EVB2107 评估板	347
21.1.1 EVB2107 评估板的组成与结构	347
21.1.2 EVB2107 评估板存储空间映像	348
21.1.3 EVB2107 评估板开关设置	349
21.1.4 片选 CS1 仿真	350
21.1.5 EVB2107 评估板用户扩展区域和用户扩展连接器	351
21.1.6 EVB2107 自检	352
21.1.7 EVB2107 评估板软件环境	353
21.2 EBDI 接口	353
21.2.1 EBDI 的特点	353
21.2.2 EBDI 配套设备	354
21.2.3 EBDI 指示灯	354
21.2.4 EBDI 的连接	354
21.2.5 引脚定义和信号说明	355
21.2.6 EBDI 自检	356
第 22 章 M·CORE 的常用工具软件	357
22.1 Picobug 监视器的用法	357
22.1.1 Picobug 监视器命令集	357
22.1.2 Picobug 监视器命令使用举例	358
22.1.3 S 记录文件格式	360
22.2 SysDS 下载器的用法	362
22.3 GNU 开发工具包的组成及使用	364
22.3.1 GNU 编译器和预编译器	365
22.3.2 GNU C/C++ 编译器和 C 预编译器	367
22.3.3 GNU 连接器	368
22.3.4 GNU 源程序级调试工具(GDB)	368
22.3.5 GNU 二进制工具程序	371
22.3.6 GNU 函数库	377
22.3.7 GNU 开发包使用	377
第 23 章 CodeWarrior 集成开发环境 IDE	381
23.1 CodeWarrior IDE 的特点与组成	381
23.1.1 CodeWarrior IDE 的特点	381
23.1.2 CodeWarrior IDE 组成	382
23.2 CodeWarrior IDE 的使用	384

23.2.1 建立 CodeWarrior IDE 工程文件	384
23.2.2 修改工程文件及源程序	386
23.2.3 生成可执行代码	387
23.2.4 目标代码调试	393
第 24 章 MMC2107 程序设计	398
24.1 MMC2107 程序设计基础	398
24.1.1 寄存器引用	398
24.1.2 基本数据类型	398
24.1.3 组合数据类型	399
24.1.4 函数调用参数传递寄存器	399
24.2 MMC2107 汇编语言源程序语法	400
24.2.1 汇编程序语法格式	400
24.2.2 伪指令	402
24.2.3 高级语言源程序中嵌入汇编语句	403
24.3 MMC2107 中断程序设计	403
24.3.1 MMC2107 中断控制资源	404
24.3.2 MMC2107 中断程序设计方法	405

第 1 部分 M·CORE 微控制器的 结构及原理

第 1 章 微控制器及其应用技术概述

1.1 微控制器的特点

微控制器 MCU (Micro-Controller Unit) 在国内多称为单片机。所谓微控制器就是在一片集成电路芯片上除集成有微处理器外, 还集成有一定容量 (一般不是全部容量的) 的存储器 (包括 ROM 和 RAM), 常用的外围接口 (或称为外围模块), 如定时器、串行通信接口、并行接口、A/D 转换器等, 以及构成板级计算机系统所需的配套电路, 如时钟发生器、中断控制器、地址译码器、计算机正常操作监视器等。

微控制器出现 20 余年, 由于符合市场需求, 因此发展十分迅速, 它的主要优势在于:

- 一个芯片内集成了构成一个微机系统的基本功能电路, 稍加扩展就可以构成一个小型的微机控制系统, 适用于各种控制和数据存储场合。
- 由于系统的基本组成电路在芯片内部, 因此可靠性得到提高。
- 芯片内部集成有所需的各种 ROM, 有利于重要数据和程序的保密。
- 芯片内部有各种功能的外围电路可供选择。各种型号的微控制器内部一般都具有串行口、并行口和芯片定时/计数器这 3 种起码的外围模块电路, 其余可能会用到的外围电路有 A/D 转换器、D/A 转换器、液晶控制器、发光二极管显示驱动、键盘接口、PWM 脉宽调制器等, 这些外围电路并不是每种微控制器内都具有。用户可根据自身应用系统的情况, 选择具有所需外围模块的微控制器的型号, 这也使得微控制器具有较高的性能/价格比。
- 体积小, 价格便宜, 很适合产品商业化。一个产品开发成功后, 可由厂家把程序直接掩膜到内部 ROM 中, 批量生产的掩膜型微控制器价格很便宜, 这对于量大面广的消费类产品很合算。
- 微控制器的工作电压、温度有较宽的适应范围, 运行速度也可以达到几十兆位/秒, 使之应用范围进一步扩大。

微控制器有许多优点, 但最大的不方便之处在于, 当用户要使用微控制器开发所需的产品时, 必须有相应的开发装置, 否则很难开发成功。开发装置有简有繁, 最简单的, 比如 8051 系列的开发装置也需几千元, 比较复杂的微控制器则需几万元, 更难办的问题

是不同公司的微控制器完全不一样, 需要由不同的开发装置去开发, 即使是同一公司的产品, 不同的系列开发装置也不同, 这给用户带来了不便。

1.2 微控制器技术的发展

世界上最早的微控制器出现在 1976 年, 是 Intel 公司首先推出的 MCS-48 系列 8 位单片机, 它的程序存储器空间总共只有 4KB, 数据存储器空间只有 256B, 内部的 I/O 资源也很少, 只有 2 个并行口、1 个 8 位定时/计数器、1 个时钟电路。1978 年—1983 年期间, 一些较高性能的 8 位微控制器相继推出, 如: 1978 年 Zilog 公司推出 Z8 系列微控制器; Motorola 公司推出指令系统完全与 M6800 微处理器兼容的 M6801 系列微控制器; 1980 年 Intel 公司又推出 MCS-51 系列微控制器。以上这几种微控制器所支持的存储器空间范围加大, 一般为 64KB; 定时/计数器位数增加到 16 位, 个数也增加了; 增加了串行通信接口模块; 指令系统也增强了。其中的 Intel MCS-51 系列单片机在 1983 年左右进入中国, 逐渐得到广泛的应用, 直至今日在一些不太复杂的应用场合还在使用着这种型号的微控制器。当时 M6801 系列、Z8 系列微控制器在中国也有一定的市场。1983 年后, 诸多公司纷纷加入到微控制器的生产、开发领域, 推出各种系列的微控制器, 同时各公司的 16 位微控制器问世, 现在各公司已有多种型号的 32 位微控制器。

由于各行各业广泛使用微控制器, 对它提出种种新要求, 再加上半导体集成技术的迅速发展, 促使微控制器制造商不断改进与发展微控制器的结构与技术, 使得微控制器技术从 20 世纪 90 年代以来得到了高速的发展, 主要表现在以下 7 个方面。

1. 片内丰富的 I/O 功能

丰富的 I/O 功能包括 I/O 功能的增强和增加。比如常用的并行端口增强为 16 位并行 I/O 端口; 还增加了边沿并行 I/O 端口, 可以捕获边沿信号; 定时/计数器除了平常的定时、计数功能以外增加了输入捕获和输出比较功能。为适应各种用户需求, 增加了各种专用的 I/O 功能, 比如多通道、多位数的 A/D 转换器, 以支持多路高精度模拟量的转换; 提供 PWM 脉宽调制器, 可用于直流伺服电机的控制, 也可以用于 D/A 转换; 把 LCD 液晶显示或 LED 发光二极管显示的驱动器直接做在片内, 省去了片外的驱动电路, 直接驱动这些显示器件; 现在有些微控制器已把 PDA 类电子设备的大屏幕 LCD 所需配套的 LCD 控制器做在了内部, 大大方便了大屏幕的 LCD 显示控制; 出现了各种同步串行传送接口, 比如 3 线式的 SPI 串行外围接口和 2 线式的 I²C 串行外围接口, 在它们各自的串行接口线上支持挂接多个同样接口形式的 I/O 芯片和存储器芯片, 在这些芯片之间用串行接口线进行数据传送。

2. 片内存储器的容量和种类增加

片内 ROM 的容量已由最初的 2KB~4KB 发展到现在的几十千字节~几百千字节, 用户可根据自己程序的大小选择具有适当 ROM 容量的芯片, 基本上不必在片外再扩充 ROM 存放程序。同型号的微控制器内部 ROM 的品种常常提供几种供用户选用, 一般这样来选用: 调试时使用 EPROM 型的, 这种 EPROM 带窗口, 写入内部 EPROM 的程序或数据可通过紫外线照射进行擦除, 然后可再写入进行修改, 这种 ROM 成本较高; 程序定型后, 若是大批量生产可使用掩膜 ROM, 即与微控制器生产厂家联系, 把程序直接固化到内部

的 MASK ROM 中,掩膜 ROM 最便宜,但投产周期较长;OTP (One Time Programmable) 型 EPROM 介于上两种 ROM 之间,OTP 与 EPROM 一样,由用户自己编程写入,但无外窗口,写入后不能再擦除,故称为一次可编程的,它的成本比同型号微控制器的 EPROM 型低,投产周期比掩膜 ROM 短,适合于小批量生产;最近两年,许多新出品的微控制器已用 Flash 型的 ROM 代替 EPROM 型甚至 MASK 型的 ROM。与上述各种存放程序的 ROM 相配套,许多微控制器内部常常配有少量的(一般 1KB 以内)EEPROM (可电擦除的 EPROM),用于存放在运行过程中需修改而停电后又需要保存的数据。

片内 RAM 仅仅是容量的增加,由最初的 128B 发展到现在的 8KB 或者更多。

3. 增加了抗干扰与排错功能

目前的微控制器内部都设置有专门的 COP 计算机正常操作监视电路 WDT(Watchdog Timer),一旦系统受到干扰,不能正常运行程序,WDT 就会发出复位信号,使微处理器复位,程序自动从头开始运行,防止系统程序运行紊乱引起死机,造成严重损失。

有些微控制器内部还有电压不足检测、时钟频率过低检测等检测功能,检测到这些问题以后,相应检测电路会发出复位信号,复位微处理器。

4. 追求低电压与低功耗

各公司的微控制器新品或者具有较宽的工作电压范围,一般为 3.3V~5V,或者具有较低的工作电压,一般为 3.3V,也有的型号低到 2.7V,而且具有低的工作电流,使得微控制器特别适合于便携式产品,因为这类产品一般用电池供电,低电压、低功耗是重要的指标。

5. 封装多样化

为使微控制器能适应各种各样的应用场合,制造厂商们设计了多样化的封装形式。封装材料有陶瓷和塑料的;封装形式有 DIP (Dual In-line Package)、CLCC/PLCC(Ceramic/Plastic Leaded Chip Carrier)、QFP(Quad Flat Pack)、LQFP(Low-profile Quad Flat Pack)等;同一种封装形式下还有多种封装尺寸可选,对于体积空间非常狭小的应用场合,可选用微小封装。

6. 支持在线编程

当 MCU 芯片采用不使用插座的封装形式(如 QFP)时,若仍用编程器向内部 ROM 写入程序,那么对芯片内程序进行擦除和修改时,需焊拆芯片,显然这是十分不方便的。为此,这类 MCU 一般支持通过其边界扫描 JTAG 端口对内部的 FLASH 进行串行在线编程。实际上,在线编程使用的是 MCU 的在线编程端口,有的 MCU 称其为 OnCE(On Chip Emulation)端口,OnCE 与 JTAG 共用一组引脚。在线编程不用编程器,直接对目标板上的 MCU 进行电擦除和编程,自然可以多次修改程序,故也可实现“在应用编程”(IAP)或“在系统编程”(ISP)。

7. 片上系统

1986 年以后,有些微控制器生产厂商开始用 ASIC (专用集成电路 Applied Specific Integrated Circuit) 技术制造以微控制器为内核的用户半定制专用芯片,即专用集成电路型微控制器。可根据用户要求,将微控制器内核、外围电路等集成在一片上成为用户需要的专用微控制器,保密性好,但修改设计不容易。

最近一些著名的可编程逻辑芯片的生产厂商(如 Altera)推出在他们的单片可编程逻