

H8S/2855 系列 16位单片机



H8S/2655 系列 16 位单片机

李美英 王卫舟 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

本书详细介绍了 H8S/2655 系列 16 位单片微型计算机的硬件结构、指令系统及汇编、各种功能模块的特性及 Starter Kit 练习器等内容。并附有模块应用实例。

本书可作为大专院校有关专业的本科生和研究生学习 16 位单片机的教材,也可以作为从事微机应用,特别是通信、控制和智能仪器等领域的工程技术人员的参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: H8S/2655 系列 16 位单片机

作 者: 李芙英 王卫舟 编著

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京牛山世兴印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 **印张:** 18.25 **字数:** 421 千字

版 次: 2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-01086-2/TP·406

印 数: 0001~4000

定 价: 26.00 元

前 言

单片微机是微型计算机的一个分支,由于它具有功能强、体积小、价格低等优点,故在通信、自动控制、智能仪器、交通等领域得到广泛的应用。

本书以日立公司生产的 H8S/2000 系列中的 H8S/2655 系列单片机为例,通过对其主要功能模块性能的介绍,使读者能够很好地掌握 16 位单片机的原理和性能。

单片机由 4 位、8 位朝着高速、高性能的 16 位、32 位方向发展。本书系统地介绍了 16 位单片机的硬件结构, H8S/2655 系列指令系统和汇编语言,单片机的各种功能模块以及 Starter Kit 的使用方法。为了更好地学习并掌握 16 位单片机的工作原理,本书还提供了多个实验教程。

本书可作为大专院校有关专业的本科生和研究生学习 16 位单片机的教材,也可以作为从事微机应用,特别是通信、控制和智能仪器等领域的工程技术人员的参考书。

本书的第 1 章到第 5 章、第 9 章到第 13 章,第 17 章由李芙英编写,第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 14 章到第 16 章、第 18 章由王卫舟编写。李芙英任主编。

由于时间仓促,作者水平所限,错误不妥之处在所难免,请读者批评指正。

编者

2000 年 5 月

目 录

第 1 章 日立 16 位单片机	1
1.1 日立 16 位单片机概况	1
1.2 H8S/2655 系列单片机概述	2
1.2.1 概述	2
1.2.2 管脚定义	4
1.2.3 框图	8
第 2 章 CPU 和指令系统	10
2.1 寄存器结构	10
2.1.1 CPU 的寄存器	10
2.1.2 通用寄存器	10
2.1.3 控制寄存器	11
2.1.4 寄存器初始值	12
2.2 数据格式	12
2.2.1 通用寄存器数据格式	12
2.2.2 存储器数据格式	13
2.3 CPU 运行格式	14
2.3.1 CPU 运行模式概述	14
2.3.2 MCU 运行模式	15
2.3.3 模式控制寄存器(MDCR)	16
2.3.4 系统控制寄存器(SYSCR)	17
2.3.5 运行模式描述	17
2.3.6 每种运行模式下的引脚功能	19
2.3.7 每种运行方式下的存储器映像	19
2.4 寻址方式和有效地址计算	20
2.4.1 指令系统中使用符号	20
2.4.2 寻址方式与有效地址计算	21
2.5 H8S/2655 系列单片机指令系统	23
2.5.1 指令系统概述	23
2.5.2 基本指令格式	23
2.5.3 指令功能分类列表	23
2.5.4 指令表	35
第 3 章 H8S/2655 系列交叉汇编与程序设计	37
3.1 概述	37

3.2	程序元素	38
3.2.1	源语句格式	38
3.2.2	常数	38
3.2.3	表达式	39
3.3	编程基本构件	42
3.3.1	段	43
3.3.2	外部引用和外部定义	44
3.4	汇编指令	45
3.4.1	汇编指令类型	45
3.4.2	CPU 类型指令	46
3.4.3	段和定位指令	46
3.4.4	符号处理指令	48
3.4.5	数据块定义指令	50
3.4.6	外部引用和外部定义指令	53
3.4.7	目标模块指令	54
3.4.8	汇编列表文件指令	56
3.4.9	其他指令	59
3.4.10	文件包含指令	60
3.5	宏汇编指令	61
3.5.1	宏汇编定义和宏调用	61
3.5.2	宏汇编指令	62
第 4 章	处理状态	64
4.1	概述	64
4.2	复位状态	65
4.3	异常处理状态	65
4.3.1	概述	65
4.3.2	复位异常处理	66
4.3.3	跟踪异常处理	68
4.3.4	中断	68
4.3.5	陷阱指令	69
4.3.6	中断和陷阱异常处理后的堆栈情况	69
4.3.7	使用堆栈的注意事项	69
第 5 章	中断与中断控制器	71
5.1	概述	71
5.1.1	中断控制器功能简介	71
5.1.2	框图	71
5.1.3	管脚设置	72

5.1.4	寄存器设置	72
5.2	寄存器说明	73
5.2.1	系统控制寄存器(SYSCR)	73
5.2.2	中断控制寄存器 A~C(ICRA~ICRC)	74
5.2.3	中断优先级寄存器 A~K(IPRA~IPRK)	74
5.2.4	IRQ 中断使能寄存器(IER)	75
5.2.5	IRQ 检测控制寄存器 ISCRH 和 ISCRL	75
5.2.6	IRQ 状态寄存器(ISR)	76
5.3	中断源	77
5.3.1	外部中断	77
5.3.2	内部中断	78
5.3.3	中断异常处理向量表	78
5.4	中断操作	78
5.4.1	中断控制模式和中断操作	78
5.4.2	中断控制模式 0	80
5.4.3	中断控制模式 1	80
5.4.4	中断控制模式 2	83
5.4.5	中断控制模式 3	84
5.4.6	中断异常处理时序	86
5.4.7	中断响应时间	86
5.5	使用说明	88
5.5.1	产生中断和禁止中断之间的竞争	88
5.5.2	禁止中断的指令	89
5.5.3	禁止中断的情况	89
5.5.4	在 EEPMOV 指令执行过程中的中断	89
5.6	中断触发的 DTC 和 DMAC	89
5.7	中断举例	89
第 6 章	总线控制器	91
6.1	概述	91
6.2	寄存器	92
6.2.1	总线宽度控制寄存器(ABWCR)	92
6.2.2	访问状态控制寄存器(ASTCR)	92
6.2.3	等待控制寄存器(WCRH, WCRL)	93
6.2.4	总线控制寄存器 H(BCRH)	93
6.2.5	总线控制寄存器 L(BCRL)	95
6.2.6	存储器控制寄存器(MCR)	96
6.2.7	DRAM 控制寄存器(DRAMCR)	98
6.2.8	刷新定时器/计数器(RTCNT)	99

6.2.9	刷新时间常数寄存器(RTCOR)	99
6.3	总线控制概述	99
6.4	接口说明	100
6.4.1	基本总线接口	100
6.4.2	DRAM 接口	102
6.4.3	PSRAM 接口	102
6.4.4	猝发 ROM 接口	103
6.5	总线释放	104
6.6	总线仲裁	104
第 7 章	DMA 控制器	106
7.1	概述	106
7.2	寄存器	107
7.2.1	存储器地址寄存器(MARA 和 MARB)	107
7.2.2	I/O 地址寄存器(IOARA,IOARB)	107
7.2.3	传送计数寄存器(ETCRA,ETCRB)	108
7.2.4	DMA 控制寄存器(DMACRA,DMACRB)	108
7.2.5	DMA 波段控制寄存器(DMABCR)	112
7.2.6	DMA 写允许寄存器(DMAWER)	114
7.2.7	DMA 结束控制寄存器(DMATCR)	115
7.2.8	模块中止控制寄存器(MSTPCR)	116
7.3	操作	116
7.3.1	顺序模式	116
7.3.2	空闲模式	116
7.3.3	循环模式	117
7.3.4	单地址模式	118
7.3.5	普通模式	118
7.3.6	块传送模式	119
7.3.7	DMAC 激活源	120
7.4	中断	120
第 8 章	数据传送控制器	121
8.1	概述	121
8.2	寄存器	122
8.2.1	DTC 模式寄存器 A(MRA)	122
8.2.2	DTC 模式寄存器 B(MRB)	123
8.2.3	DTC 源地址寄存器(SAR)	124
8.2.4	DTC 目标地址寄存器(DAR)	124
8.2.5	DTC 传送计数寄存器 A(CRA)	124

8.2.6	DTC 传送计数寄存器 B(CRB)	124
8.2.7	DTC 允许寄存器(DTCER)	124
8.2.8	DTC 向量寄存器(DTVECR)	126
8.2.9	模块中止控制寄存器(MSTPCR)	126
8.3	操作	126
8.3.1	概述	126
8.3.2	DTC 使用过程	127
8.4	中断	129
第 9 章	I/O 口	130
9.1	概述	130
9.2	寄存器	130
9.3	I/O 口应用举例	133
第 10 章	8 位定时器	134
10.1	概述	134
10.1.1	特性	134
10.1.2	方框图	134
10.1.3	寄存器配置	135
10.2	寄存器简介	136
10.2.1	定时器计数器 0 和 1(TCNT0,TCNT1)	136
10.2.2	时间常数寄存器 A0、A1、B0、B1 (TCORA0,TCORA1,TCORB0,TCORB1)	136
10.2.3	时间控制寄存器 0 和 1(TCR0,TCR1)	136
10.2.4	定时器控制/状态寄存器 0 和 1(TCSR0,TCSR1)	137
10.2.5	模块终止控制寄存器(MSTPCR)	139
10.3	运行	139
10.3.1	TCNT 增量计数时序	139
10.3.2	比较匹配事件时序	139
10.3.3	溢出标志位(OVF)置位的时序	141
10.3.4	串联运行	141
10.4	中断源	142
10.5	应用举例	142
10.6	使用注意事项	143
第 11 章	16 位定时器脉冲单元(TPU)	145
11.1	概述	145
11.1.1	特点	145
11.1.2	框图	147
11.1.3	寄存器的配置	147

11.2	寄存器描述	149
11.2.1	定时器控制寄存器(TCR)	149
11.2.2	定时器模式寄存器(TMDR)	151
11.2.3	定时器计数器(TCNT)	151
11.2.4	定时器通用寄存器(TGR)	152
11.2.5	定时器 I/O 控制寄存器(TIOR)	152
11.2.6	定时器中断使能寄存器(TIER)	155
11.2.7	定时器状态寄存器(TSR)	156
11.2.8	定时器启动寄存器(TSTR)	157
11.2.9	定时器同步寄存器(TSYR)	157
11.2.10	模块中止控制寄存器(MSTPCR)	158
11.3	总线控制接口	158
11.3.1	16 位寄存器存取操作	158
11.3.2	8 位寄存器存取操作	158
11.4	操作	159
11.4.1	概述	159
11.4.2	基本功能	159
11.4.3	同步操作	164
11.4.4	缓冲操作	165
11.4.5	层叠操作	166
11.4.6	PWM 模式	166
11.4.7	相计数模式	167
11.5	中断	168
11.5.1	中断源和优先权	168
11.5.2	激活 DTC/DMAC 和 A/D 转换器	170
第 12 章	可编程脉冲发生器(PPG)	171
12.1	概述	171
12.1.1	特性	171
12.1.2	方框图	171
12.1.3	寄存器	172
12.2	寄存器说明	173
12.2.1	下一个数据允许高位寄存器和低位寄存器 (NDERH 和 NDERL)	173
12.2.2	输出数据寄存器高位和低位(PODRH,PODRL)	173
12.2.3	下一个数据高位寄存器和低位寄存器(NDRH,NDRL)	174
12.2.4	NDR 地址说明	174
12.2.5	PPG 输出控制寄存器(PCR)	174
12.2.6	PPG 输出模式寄存器(PMR)	175

12.2.7	端口 1、端口 2 数据方向寄存器(P1DDR、P2DDR)	176
12.2.8	模块终止控制寄存器(MSTPCR)	176
12.3	运行	176
12.3.1	概述	176
12.3.2	普通脉冲输出	177
12.3.3	无重叠式脉冲输出	180
12.3.4	反相脉冲输出	182
12.3.5	由输入捕获信号触发的脉冲输出	182
12.4	使用注意事项	183
12.4.1	脉冲输出引脚的功能	183
12.4.2	无重叠式输出的注意事项	183
第 13 章	监视定时器	184
13.1	概述	184
13.1.1	特点	184
13.1.2	方框图	184
13.1.3	寄存器的配置	185
13.2	寄存器说明	185
13.2.1	定时器控制/状态寄存器(TCSR)	185
13.2.2	定时计数器 TCNT	186
13.2.3	复位控制/状态寄存器(RSTCSR)	186
13.2.4	寄存器地址说明	187
13.3	运行	188
13.3.1	监视定时器模式运行	188
13.3.2	内部定时器模式运行	189
13.4	使用注意事项	190
13.4.1	定时计数器(TCNT)写操作和计数之间的竞争	190
13.4.2	改变 CKS2~CKS0 的值	190
13.4.3	监视定时器模式与内部定时器模式间切换	190
13.4.4	$\overline{\text{WDTOVF}}$ 信号使系统复位	190
13.4.5	监视定时器模式下的内部复位	190
第 14 章	串行通信接口(SCI)	191
14.1	概述	191
14.2	寄存器	192
14.2.1	接收移位寄存器(RSR)	192
14.2.2	接收数据寄存器(RDR)	192
14.2.3	发送移位寄存器(TSR)	192
14.2.4	发送数据寄存器(TDR)	193

14.2.5	串行方式寄存器(SMR)	193
14.2.6	串行控制寄存器(SCR)	194
14.2.7	串行状态寄存器(SSR)	197
14.2.8	位传输率寄存器(BRR)	199
14.2.9	智能卡方式寄存器(SCMR)	199
14.2.10	模块停止控制寄存器(MSTPCR)	200
14.3	操作	200
14.3.1	异步方式	200
14.3.2	多处理器通信方式	205
14.3.3	时钟同步方式下的操作	208
14.4	SCI 中断	209
第 15 章	智能卡接口	210
15.1	概述	210
15.2	寄存器	211
15.2.1	智能卡方式寄存器(SCMR)	211
15.2.2	串行状态寄存器(SSR)	211
15.3	操作	212
15.3.1	数据格式	213
15.3.2	时钟	214
15.3.3	数据传输操作	214
第 16 章	A/D 和 D/A 转换	218
16.1	概述	218
16.2	寄存器	219
16.2.1	A/D 数据寄存器 A~H(ADDRA~ADDRH)	219
16.2.2	A/D 控制/状态寄存器(ADCSR)	219
16.2.3	A/D 控制寄存器(ADCR)	221
16.2.4	D/A 数据寄存器 0 和 1(DADR0,DADR1)	222
16.2.5	D/A 控制寄存器(DACR)	223
16.2.6	模块停止控制寄存器(MSTPCR)	223
16.3	A/D 操作	224
16.3.1	单通道方式	224
16.3.2	多通道方式	224
16.3.3	单通道扫描方式	225
16.3.4	多通道扫描方式	225
16.3.5	缓冲器操作	226
16.3.6	同时采样操作	226
16.3.7	A/D 转换时序	227

16.3.8	中断	227
16.4	D/A 转换	227
第 17 章	时钟脉冲发生器和掉电模式	229
17.1	时钟脉冲发生器	229
17.1.1	框图	229
17.1.2	寄存器描述	229
17.1.3	振荡器	229
17.2	掉电模式	232
17.2.1	操作模式	232
17.2.2	寄存器配置	232
17.3	寄存器说明	233
17.3.1	备用控制寄存器(SBYCR)	233
17.3.2	系统时钟控制寄存器(SCKCR)	234
17.3.3	模块停止控制寄存器(MSTPCR)	234
17.4	中速模式	235
17.5	睡眠模式	236
17.6	模块停止模式	236
17.6.1	模块停止模式	236
17.6.2	使用注意事项	237
17.7	软件备用模式	237
17.7.1	软件备用模式	237
17.7.2	清除软件备用模式	237
17.7.3	设定清除软件备用模式后的振荡器稳定时间	237
17.7.4	软件备用模式应用举例	238
17.7.5	使用注意事项	239
17.8	硬件备用模式	239
17.8.1	硬件备用模式	239
17.8.2	硬件备用模式时序	239
17.9	禁止时钟 ϕ 输出功能	240
第 18 章	开发系统和实验	241
18.1	E6000 仿真系统	241
18.2	Starter Kit 练习器	241
18.2.1	概述	241
18.2.2	硬件结构	242
18.2.3	监控命令	244
18.3	Starter Kit 实验安排	247
实验一	H8S 调试程序的使用	247

实验二 软件编程	248
实验三 I/O 端口和 8 位定时器的使用	249
实验四 使用 TPU 和 PPG 控制步进电机	249
实验五 A/D 和 D/A 转换	251
实验六 串行通信实验	252
附录 1 指令表	255
1. 数据传送指令	255
2. 算术运算指令	257
3. 逻辑运算指令	259
4. 移位指令	259
5. 位操作指令	261
6. 转移指令	264
7. 系统控制指令	265
8. 数据块传送指令	266
附录 2 在各种运行模式下存储器地址映像表	267
附录 3 异常向量表	269
附录 4 中断向量表	270
附录 5 内部 I/O 寄存器	272

第 1 章 日立 16 位单片机

日立单片机品种有 4 位、8 位、16 位和 32 位等多种系列,广泛应用于家电、计算机和外设、通信、仪器仪表和工业控制等各种领域。日立单片机是世界上目前应用最广的单片机之一。随着控制领域日趋复杂,16 位单片机是目前应用领域的主流。而日立公司的 16 位单片机具有众多的 I/O 口,丰富的外围功能模块,极快的运算速度等特点,得到广大用户的青睐。

1.1 日立 16 位单片机概况

日立 16 位单片机有 H8/300H、H8/500 和 H8S/2000 等三个系列,CPU 的发展概况如图 1-1 所示。其中 H8S/2000 系列是最新产品。本教材介绍的 H8S/2655 系列属于该系列产品。

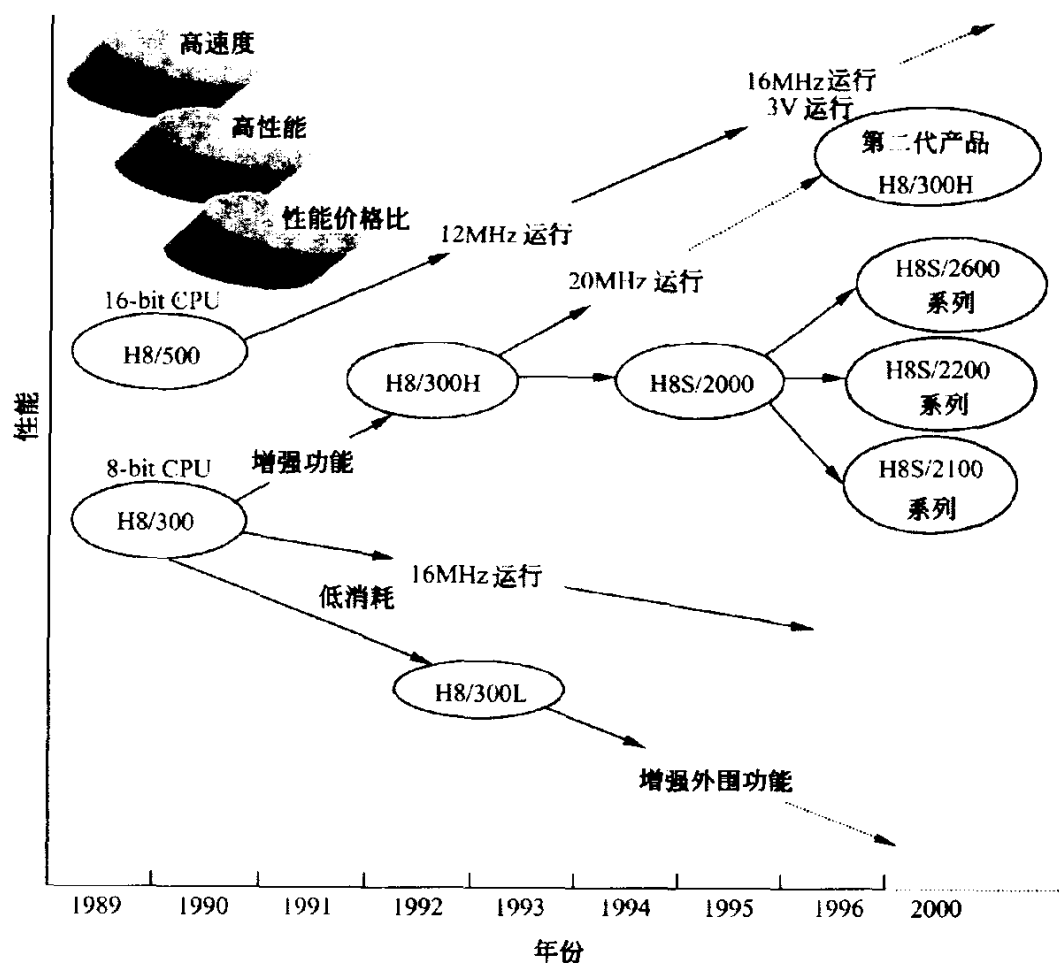


图 1-1 H8 系列 CPU 发展

由图 1-1 可见:

H8S/2000 是在 H8/300 及 H8/300H 单片机基础上发展起来的高速 16 位单片机,与

H8/300H 及 H8/300 单片机向上兼容。即将推出经济型 H8S/2XXX、大容量存储器型和快速闪存储器型单片机。广泛应用于 PHS 系统和蜂窝电话等。它的主要特性有:

- 片内 RAM:4KB
- 存储器寻址:16MB
- 高速:最小指令执行时间:50ns/5.0V、20MHz,80ns/3.0V、12.5MHz
- 智能定时器脉冲单元 TPU:6 个 16 位定时器
- 可编程脉冲发生器 PPG:16 位脉冲输出
- 8 位定时器:2 个
- 监视器定时器:1 个
- 高速 A/D 转换:8 通道 10 位 A/D 转换(1 μ s)
- D/A 转换:2 通道 8 位 D/A 转换
- 串行 I/O 通信接口 SCI:3 个通道
- DMA:4 个通道
- 数据传送控制 DTC
- 支持 DRAM 高速页面方式
- 支持 ROM 突发方式
- 多种低功耗工作方式:5 种方式

1.2 H8S/2655 系列单片机概述

1.2.1 概述

H8S/2655 系列单片机是以 H8S/2600CPU 为核心,采用 Hitachi(日立)独有的结构体系,在片内集成了许多外围功能模块,是日立公司生产众多的单片机中的一种。

H8S/2600CPU 内部采用 32 位结构,配以 16 个 16 位通用寄存器,可以寻址 16MB 线性地址空间。具有一个精简的优化的与 H8/300、H8/300H 向上兼容的高速运行指令集。

针对控制应用的特点,H8S 系列在片内集成了一些外围功能接口电路,其中包括:

DMA 控制器(DMAC)和数据传送控制器(DTC),总线控制器,ROM 和 RAM 存储器,16 位定时脉冲单元(TPU),可编程脉冲发生器(PPG),8 位定时器,监视器定时器(WDT),串行通信接口(SCI),A/D 转换器,D/A 转换器和 I/O 接口等。这样可以方便用户进行系统设计。

片内 ROM 既可以是 PROM(ZTAT™——日立公司注册商标),也可以是掩模 ROM,容量为 128KB 或 64KB。ROM 通过一组 16 位数据总线和 CPU 相连,在一个指令周期里可以进行字节操作也可以进行字操作。

提供了 7 种工作模式,模式 1~7。还可以对地址空间和工作模式(单片或片外扩展模式)进行选择。

H8S/2655 系列的特点列在表 1-1 中。

表 1-1 概 述

项	特 点
CPU	• 通用寄存器 16 个 16 位通用寄存器(也可以用 16 个 8 位寄存器或 8 个 32 位寄存器) • 适于实时控制高速运算 最高时钟频率 20MHz • 高速算术运算 8/16/32 位寄存器—寄存器的加/减运算:50ns 16×16 位寄存器—寄存器的乘法运算:200ns 16×16+42 位的乘—累加运算:200ns 32/16 位寄存器—寄存器的除法运算:1000ns • 适用于高速运算的指令集 69 条基本指令 8/16/32 位传送算术运算和逻辑运算指令 无符号数/有符号数乘法和除法指令 乘—累加指令 功能强大的位操作指令 • CPU 具有两种运行模式 普通模式:64KB 寻址空间;增强模式:16MB 寻址空间
总线控制器	寻址空间分成 8 个区域,每区域均有片选信号,可以进行独立总线宽度(8/16 位)、存取时间宽度(2/3 个状态)以及程序等待状态数设置 可直接和 Burst ROM(猝发 ROM)相连 最大可直接与 8MB 的 DRAM 或 PSRAM 相连(或可以使用间歇定时器) 具有外部总线释放功能
DMA 控制器(DMAC)	可选择短地址模式(4 个通道)或全地址模式(2 个通道),可以在单地址模式下传送 可在重复模式和块传送等模式下传送数据 可用内部中断激活
数据传送 控制器(DTC)	可用内部中断或软件激活 DTC 对一个激活源可进行多路传送或多种类型的传送 激活的 DTC 可向 CPU 申请中断
16 位定时 脉冲单元 (TPU)	片内有 6 个通道的 16 位定时器 最多有 16 个引脚的脉冲 I/O 处理能力 自动两相编码计数能力
可编程 脉冲发生器 PPG	用 TPU 作时间基准,基于 TPU 时间脉冲最多可以有 16 位输出 选择 4 位为一组作为输出触发 可设置非重叠边缘 可设置直接输出或反相输出
2 通道 8 位定时器	一个 8 位向上数据计数器(外部事件计数能力) 两个时间常数寄存器 两个通道可以串联工作,作为 16 位定时器
监视定时器	具有监视定时器/内部定时器功能
三个通道 串行通信接口 (SCI)	可选异步模式或同步模式 具有与多个微处理器通信功能 智能卡接口功能
A/D 转换器	分辨率:10 位,输入:8 个通道 高速转换:最小转换时间 2.3μs(运行在 20MHz) 可选择单个通道模式或扫描模式 二路采样和保持电路 可用外部触发或定时器触发启动 A/D 转换
D/A 转换器	分辨率:8 位,输出:两个通道
I/O 口	87 个 I/O 管脚,其中只有 8 个输入引脚