

26

TP368.1
L891

亿恒 C164CI 16 位单片机

陆延丰 王海林 张 春 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

C164CI 单片机是亿恒 C166 族 16 位单片机中很具代表性的一员。

本书详细介绍了 C164CI 的体系结构、指令系统、各种工作模式、内置周边电路以及它们的使用方法,并说明了 C 语言和汇编语言混合编程的要点,给出了一些应用实例。此外,还简要介绍了 SK-164 练习器。

本书阐述清楚,内容详尽,适合具有一定单片机基础知识的读者,可作为大专院校相关课程的教学参考用书,也可作为单片机应用开发人员的培训教材和参考资料。

书 名: 亿恒 C164CI 16 位单片机

作 者: 陆延丰 王海林 张 春 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](http://www.tup.tsinghua.edu.cn)

印刷者: 北京国马印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

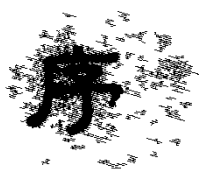
开 本: 787×1092 1/16 印张: 26.25 字数: 603 千字

版 次: 2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05405-3/TP·3182

印 数: 0001~4000

定 价: 40.00 元



亿恒科技(前身为西门子半导体部)总部位于德国慕尼黑。1999 年 4 月,为加快决策速度,提高公司整体灵活性及竞争能力,公司从西门子集团正式脱离,2000 年 3 月在德国法兰克福和美国纽约证券交易所上市。

亿恒科技主要产品有智能芯片卡,汽车集成电路,有线通信领域中的 ISDN、VDSL、SDSL 及编码译码器,无线通信领域中的涉频产品,混合信号领域中的模拟集成电路,DRAM 类产品等,为有线和无线通信市场以及安全领域、工业自动化等的各种应用提供系统的解决方案。亿恒在美国、亚太等地区设有多处研发中心,员工约 29000 人,2000 年财政年度实现销售额 72.8 亿欧元。

新加坡的亿恒科技是亚太地区进行市场营销、物流管理和研究发展(微电子设计和包装技术)的中心。在中国,我们投资了 1 个独资工厂和 4 个销售机构,拥有一批行业内处领导地位的合作伙伴,如联想、康佳、大唐、中兴等,同时与复旦大学和清华大学有多个合作开发项目。

作为半导体行业全球领先的公司,面对中国良好的经济发展形势,总部对公司在的发展重新作了规划,把中国作为发展的重点。我们正着手同一些国内行业领先的企业进行从解决方案、技术到产品的全方位合作。

进入了生机勃勃的新世纪,亿恒将致力于与中国企业和大学的进一步合作,为中国的微电子产业发展作出贡献。本书介绍亿恒 16 位单片机的性能特点、工作原理和使用要点。相信本书的出版将有助于用户对亿恒单片机产品的了解,使用户更喜欢亿恒的产品。

罗建华

亿恒亚太总裁与执行董事

前言

随着新世纪的到来,以多媒体电脑、互联网、移动电话、数字影音产品为代表的各类数字化产品获得了迅猛的发展,而其核心部件,如微处理器、单片机和数字信号处理器件的进步和发展更为引人注目。

亿恒科技(前西门子半导体部)已发展成长为一个独立实体。其产品数量在世界排名前 10 名以内。亿恒的各类单片机在世界上也相当知名。本书详细介绍了亿恒 16 位单片机 C166 族的一个典型成员 C164CI 的性能特点、工作原理和使用方法。由此不仅可对亿恒 C166 族单片机有一个概括的了解,而且还为单片机用户提供了设计和制作各类应用产品所需的必备知识。

全书共 10 章。第 1 章概要介绍亿恒 16 位单片机;第 2 章描述 C164CI 单片机的体系结构;第 3 章说明指令系统和汇编语言;第 4 章说明系统的运行管理;第 5 章至第 8 章介绍片上周边电路的功能和使用方法,包括定时器、捕获/比较器、串行 I/O 口、A/D 转换器和 CAN 总线接口等;第 9 章描述 C 语言程序;第 10 章介绍 SK-164 练习器。

本书由清华大学教师和研究人员合作编写。第 1,2 和 4 章由陆延丰编写,第 3 章由史媛媛、陆延丰合写,第 5~8 章和第 10 章由王海林编写,第 9 章由张春编写。全书由陆延丰组织统稿,高文焕审阅。

本书适合具有一定单片机基础知识的读者,可作为大专院校学生学习单片机的教学参考用书,也可作为单片机应用开发人员的培训教材和参考资料。

本书编写过程中得到亿恒科技亚太区 Edwin Tan 先生、潘先弟先生,以及亿恒科技德国总部 Pierre G. Mayer 先生的大力支持和帮助,编者在此对他们表示深切的谢意。

本书是详细介绍 C164CI 单片机性能和使用方法的书籍。在编写过程中,作者力求

做到概念正确,条理分明,便于应用。但由于我们使用时间短,编写时间又紧,学识水平有限,缺点和错漏之处在所难免,敬请读者指正。

有关亿恒单片机的更详细和完整的资料,读者可以从以下网页上获取:

<http://www.infineon.com>

编 者

2001 年 11 月于清华大学

目录

第 1 章 亿恒 16 位单片机

1.1	概况	1
1.2	C164CI 单片机简介	4
1.2.1	主要性能指标	4
1.2.2	引脚定义	5
1.2.3	组成方框图	9
1.3	C164CI 单片机特点	10
1.3.1	优化的 CPU 核	10
1.3.2	功能增强的系统资源	14
1.3.3	片内的周边电路	16
1.3.4	灵活的功率管理	21
1.4	单片机开发工具	21

第 2 章 体系结构

2.1	存储器的组织	23
2.1.1	概述	23
2.1.2	内部 ROM 区	24
2.1.3	内部 RAM 和 SFR 区	25
2.1.4	片内 XRAM	29
2.1.5	外部存储空间	29
2.1.6	存储器边界的跨越	30
2.2	中央处理器	31
2.2.1	概述	31
2.2.2	指令的流水线操作	32

2.2.3	位处理和位保护	36
2.2.4	指令状态时间	38
2.2.5	CPU 专用寄存器	39
2.3	中断和陷阱功能	52
2.3.1	概述	52
2.3.2	普通的中断处理和 PEC 服务	55
2.3.3	中断的响应	64
2.3.4	外部中断	67
2.3.5	陷阱功能	70
2.4	时钟生成	74
2.4.1	概述	74
2.4.2	振荡器	75
2.4.3	频率控制	76
2.4.4	振荡器监视器	79
2.4.5	时钟驱动	79
2.5	并行 I/O 口	80
2.5.1	概述	80
2.5.2	P0 口	85
2.5.3	P1 口	88
2.5.4	P3 口	90
2.5.5	P4 口	93
2.5.6	P5 口	95
2.5.7	P8 口	98
2.5.8	专用功能引脚	100

第 3 章 指令系统

3.1	概述	103
3.2	寻址方式	106
3.2.1	短寻址方式	106
3.2.2	长寻址方式	107
3.2.3	扩展寻址方式	108
3.2.4	间接寻址方式	109
3.2.5	分支目的地址的寻址	110
3.3	指令系统	111
3.3.1	数据传送指令	111
3.3.2	算术运算指令	115
3.3.3	逻辑操作指令	120

3.3.4	移位指令	124
3.3.5	位操作指令	126
3.3.6	比较指令	129
3.3.7	转移指令	131
3.3.8	系统控制指令	137
3.4	汇编语言程序	142
3.4.1	汇编语言	142
3.4.2	伪指令	147
3.4.3	汇编控制命令	148
3.4.4	编程指南	151
3.4.5	初始化例程	161

第4章 系统管理

167

4.1	外部总线	167
4.1.1	概述	167
4.1.2	外部总线模式	168
4.1.3	总线的时序特性	174
4.1.4	外部总线的控制	178
4.1.5	EBC 的空闲状态	182
4.1.6	XBUS 接口	183
4.2	系统复位	184
4.2.1	概述	184
4.2.2	复位后的状态	186
4.2.3	初始化设置	189
4.2.4	系统的启动配置	191
4.2.5	系统配置的更改	195
4.3	电源管理	197
4.3.1	概述	197
4.3.2	省电模式	198
4.3.3	慢速工作	202
4.3.4	灵活的接口管理	205
4.3.5	可编程的频率输出信号	209
4.4	自举装载	211

第5章 定时器及捕获/比较器

217

5.1	通用定时器单元	217
5.1.1	定时器模块 GPT1	218

5.1.2	GPT1 的核心定时器 T3	218
5.1.3	GPT1 的辅助定时器 T2 和 T4	224
5.1.4	程序举例	230
5.2	监视定时器	231
5.3	实时时钟	235
5.4	捕获/比较单元 CAPCOM2	238
5.4.1	概述	238
5.4.2	CAPCOM 定时器 T7/T8	240
5.4.3	捕获/比较寄存器	243
5.4.4	程序举例	251
5.5	捕获/比较单元 CAPCOM6	253
5.5.1	概述	253
5.5.2	工作情况	256
5.5.3	组合多通道模式	260
5.5.4	工作寄存器	264
5.5.5	中断结构和陷阱功能	270

第 6 章 串行 I/O 口

274

6.1	异步/同步串行接口	274
6.1.1	概述	274
6.1.2	异步通信工作方式	276
6.1.3	同步通信工作方式	279
6.1.4	硬件错误检测能力	280
6.1.5	ASC0 波特率生成器	281
6.1.6	ASC0 中断控制	282
6.1.7	程序举例	284
6.2	高速同步串行接口	286
6.2.1	概述	286
6.2.2	工作情况	290
6.2.3	波特率生成器	294
6.2.4	错误检测	295
6.2.5	SSC 中断控制	296

第 7 章 A/D 转换器

298

7.1	概述	298
7.2	模式选择和操作	299
7.3	转换时序控制	305

7.4 A / D 转换中断的控制	306
7.5 程序实例	306

第 8 章 CAN 接口

309

8.1 概述	309
8.2 工作情况	313
8.3 报文	318
8.4 CAN 模块的控制	324
8.5 CAN 应用接口	327

第 9 章 C 语言程序

329

9.1 概述	329
9.2 C166 编译器	330
9.2.1 环境设置	331
9.2.2 C 编译器命令	331
9.2.3 错误信息	331
9.2.4 输出文件	332
9.2.5 编译控制参数	332
9.3 C 语言的扩展	334
9.3.1 关键字	334
9.3.2 存储模型	334
9.3.3 存储类型	335
9.3.4 数据类型	339
9.3.5 中断函数	344
9.3.6 寄存器屏蔽	346
9.3.7 实时任务	348
9.4 C 和汇编混合编程	348
9.4.1 参数传递	348
9.4.2 函数的返回值	349
9.4.3 汇编函数中的寄存器使用	350
9.4.4 数据保存格式	351
9.4.5 访问绝对地址内存	353
9.5 DES 加密算法程序	354
9.6 CVSD 语音编解码程序	364
9.7 I ² C 总线读写程序	368

第 10 章 SK-164 练习器**376**

10.1	概述	376
10.2	快速入门	378
10.2.1	评估板的启动	378
10.2.2	评估板的连接	381
10.2.3	评估板上跳线的设置	385
10.2.4	存储模块	389
10.2.5	闪速存储器	392
10.2.6	CAN 接口	392
10.2.7	发光二极管 LED	393

附录 1 C166 族单片机指令一览表**394****附录 2 专用寄存器速查表****402**

第 1 章

亿恒 16 位单片机

1.1 概 况

产品数字化是新世纪技术进步的一大特点。当前数字化产品正以前所未有的速度进入国民经济的各个部门和人们的日常生活。作为数字化产品核心部件的 32 位、16 位单片机(MCU)和数字信号处理芯片(DSP)是 2000 年增长最快的半导体产品。

亿恒科技的半导体产品在世界上占有重要的位置,其单片机(即微控制器)也是相当著名的,有 8 位、16 位和 32 位各种系列。

亿恒 C500 族 8 位单片机是在 8051 系列单片机的基础上发展起来的,兼容 8052 单片机的性能,特别增强了电磁兼容性(EMC),属于 8 位机的高端产品。

亿恒所有 16 位单片机具有共同的高性能的 CPU 内核,构成 C166 族。其 CPU 使用 4 级流水线和面向寄存器操作,具有快速的中断响应和上下文切换能力,这些特性使其能适合高速实时的应用。其大容量的片内 RAM(4KB)和片内 ROM(128KB),16MB 地址空间,使其能使用高级语言和实时多任务操作系统进行设计。

图 1-1 给出了 C166 族单片机的拓展图。

目前,16 位单片机产品已从最初的 8xC166 扩展为三大类,能适合各种外设的不同使用要求。新近推出的通用型 C164CI 单片机,减少了引脚数,增强了外围功能,特别适合马达驱动控制方面的应用。为了降低成本,由 C165, C163 及新推出的 C161 系列单片机构成了一类低成本的单片机,可用于各种信息家电产品。而集成有更多高性能的周边电路的 C167 各个系列,则构成了亿恒 16 位单片机的高端,适用于各种复杂的控制场合,满足特殊的要求,如要求片内双 CAN 的结构。

表 1-1 是 C166 族单片机一览表。

图 1-2 给出了 C166 族单片机的应用范围。

32 位单片机使用 Tricore 内核,这是一种超标量 RISC 的 CPU,兼有 DSP 的性能。它把 MCU, MPU (RISC) 和 DSP 三者集成为单一的内核,采用统一的指令集,因而大大增加了集成度,提高了代码效率,加快了处理速度,从而拓宽了单片机在汽车电子、工业控制和电信网络方面的应用范围。

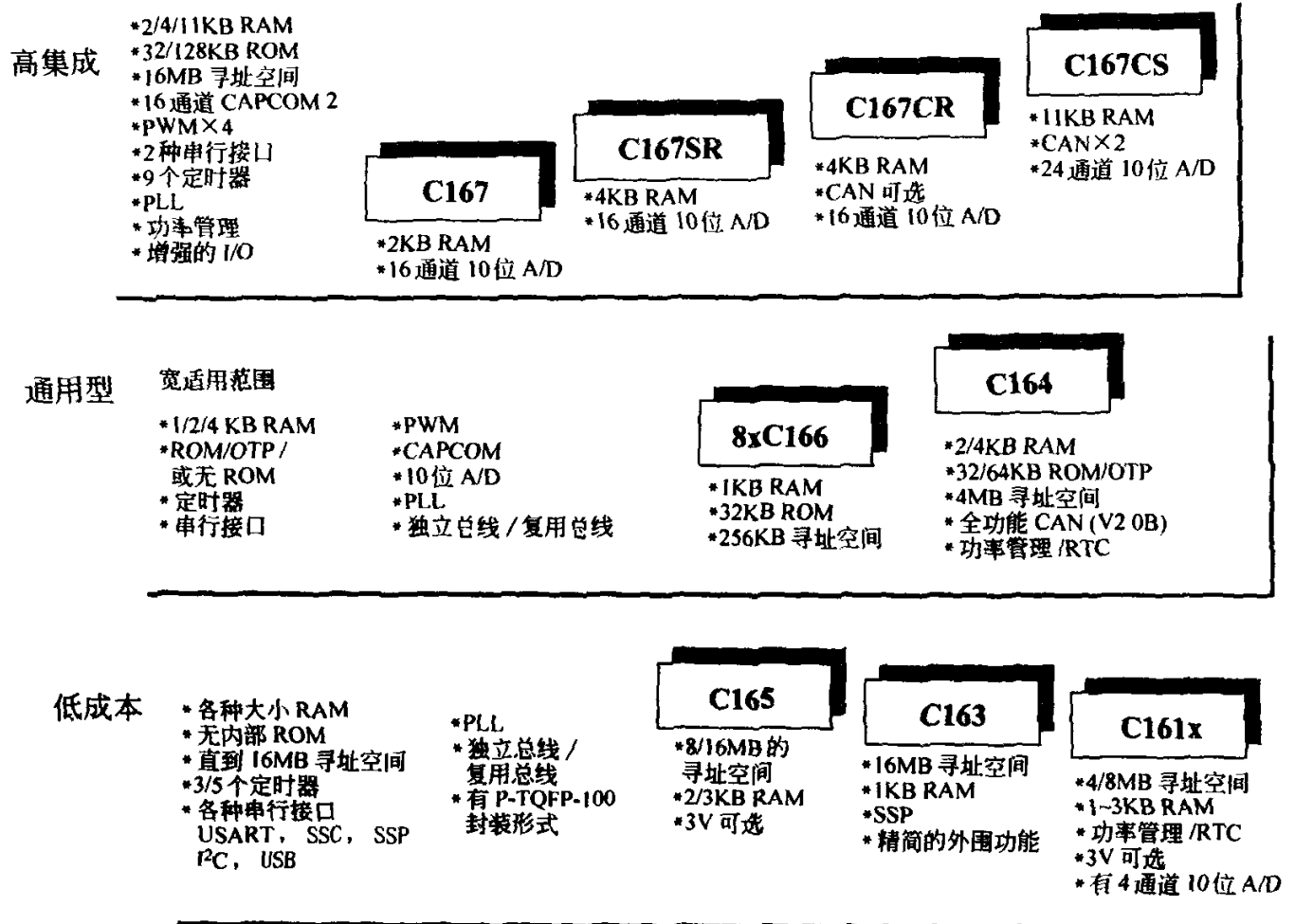


图 1-1 亿恒 C166 族单片机的拓展图

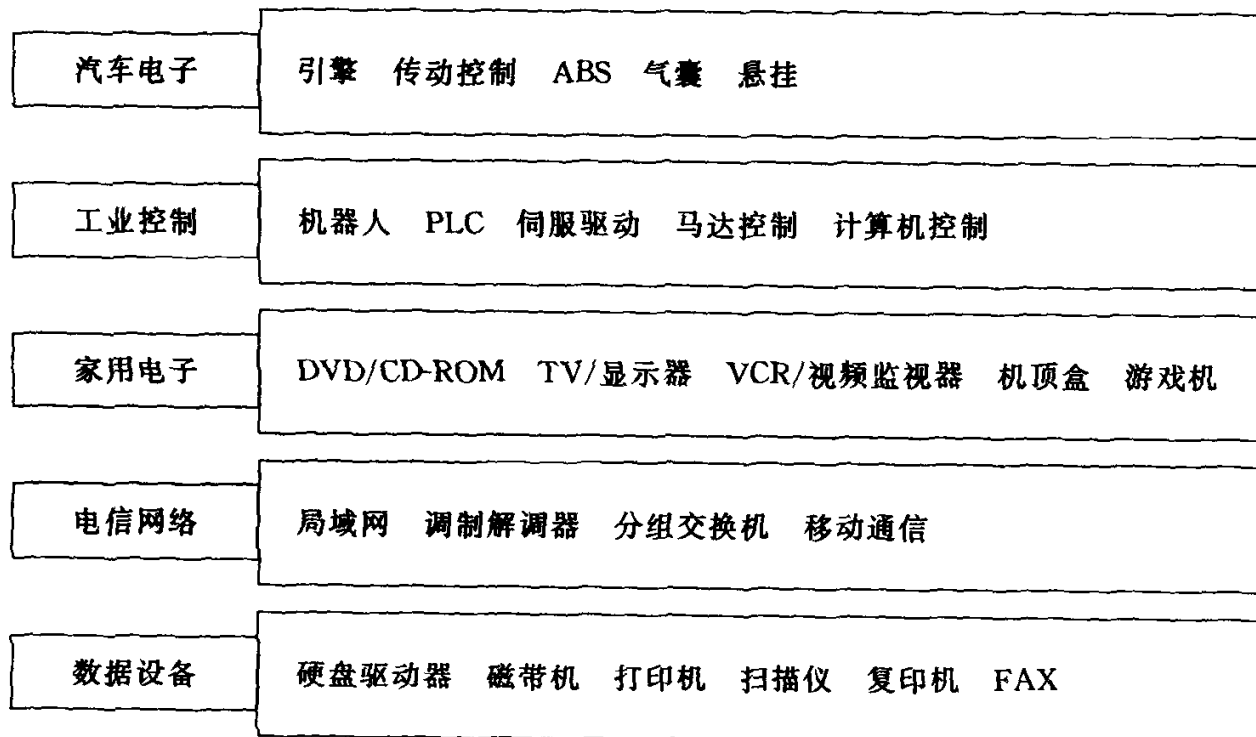


图 1-2 C166 族单片机的应用范围

第1章 亿恒16位单片机

系列	型号	最大时钟频率	振荡器	机器周期	3V (可选)	ROM/OTP	RAM	代码/ 数据线 性地址 空间	I/O 口线	ADC输入 分辨率	定时/ 计数器 (16位)	捕获比 较单元 通道数	PWM 输出	中断 向量/ 优先级	串行 I/O口	实时 时钟	HDLC/ CAN 接口 V2.0B	硬件掉 电电路	监视 定时器	振荡器 监视电 路	自举 装载	封装
C161	C161CS-32RF	20 MHz	预分频/ 直接输入	100 ns	-	256 KB ROM	10 KB	16 MB	93	12/10位	9	32	-	59/16	USART+SSC +1°C	√	21 CAN 模块	有省电 模式	√	√	√	P-TQFP-128
	C161K-LM	25 MHz		80 ns	-	1 KB	4 MB	63	-	3	-	-	-	20/16	USART +SSC	-	√	√	-	-	√	P-MQFP-80
	C161O-LM	20 MHz		100 ns	√	2 KB	-	-	-	-	-	-	-	27/16	USART +SSC+1°C	√	-	有省电 模式	√	√	√	P-MQFP-100
	C161PI-LM	25 MHz		80 ns	-	3 KB	8MB	76	4/10位	5	-	-	-	-	-	√	-	有省电 模式	√	√	√	P-TQFP-100
	C161PI-LF	20 MHz		100 ns	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	有省电 模式	√	√	√	P-MQFP-100
	C161PI-LM 3V	25 MHz		80 ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	有省电 模式	√	√	√	P-MQFP-100
	C161PI-LF 3V	20 MHz		100 ns	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	有省电 模式	√	√	√	P-TQFP-100
C163	C163-LF	20 MHz	PLL/ 预分频/ 直接输入	100 ns	-	-	1 KB	16 MB	77	-	5	-	-	20/16	USART +SSP	-	-	√	√	-	-	P-TQFP-100
	C163-L 25F	25 MHz	80 ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	-	P-TQFP-100	
C164	C164CI-LM	25 MHz	PLL/ 预分频/ 直接输入	80 ns	-	4KB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C164CI-8EM	20 MHz		100 ns	64 KB OTP	2 KB	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	C164CI-4RM	25 MHz		-	32 KB ROM	-	4 MB	59	8/10位	5	8	-	-	32/16	USART +SSC	√	√	有省电 模式	√	√	√	P-MQFP 80
	C164CI-8RM			64KB ROM	4KB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C164CL-4RM			32 KB ROM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C164CL-8RM			64KB ROM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C164SI-8RM			64KB ROM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C165	C165-LM 3V	20 MHz	PLL/ 预分频/ 直接输入	100 ns	√	-	2 KB	16 MB	77	-	5	-	-	28/16	USART +SSC	-	-	√	√	-	√	P-MQFP-100
C165-L25M	25 MHz	80 ns		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	√	P-TQFP-100	
C165-L F 3V	20 MHz	100 ns		√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	√	P-TQFP-100	
C165-L25F	25 MHz	80 ns		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	√	P-TQFP-144	
C165UTAH-LF	36 MHz	55 ns		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56/16	USART+SSC +ROM+PCM+USB USART+SSC +ROM+PCM	√	41 HDLC 通道	有省电 模式	√	√	√	P-TQFP-144
C165H-LF	40 MHz	50 ns		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-	√	√	P-TQFP-144
80C166	80C166-M	20 MHz	预分频/ 直接输入	100 ns	-	-	1 KB	256 KB	76	10/10位	7	16	-	32/16	2xUSART	-	√	√	√	-	√	P-MQFP-100
	83C166-5M					32 KB ROM																
	80C166W-M					-																
	83C166W-5M					32 KB ROM																
C167	C167CR-LM	25 MHz	PLL/ 预分频/ 直接输入	80 ns	-	-	4KB	16 MB	111	16/10位	9	32	4	56/16	USART +SSC	-	√	有省电 模式	√	√	√	P-MQFP 144
	C167CR-L33M	33 MHz		60 ns	-	-																
	C167CR-4RM																					
	C167CR-16RM																					
	C167SR-LM																					
	C167CS-LM																					
	C167CS-4RM																					

1.2 C164CI 单片机简介

1.2.1 主要性能指标

C164CI 单片机是 C166 族中一种新的价位较低的单片机。它是高性能单片机 C167CR 的简化版。虽然减了一些周边功能,但加强了捕获/比较单元的功能,因此具有较好的性能价格比。

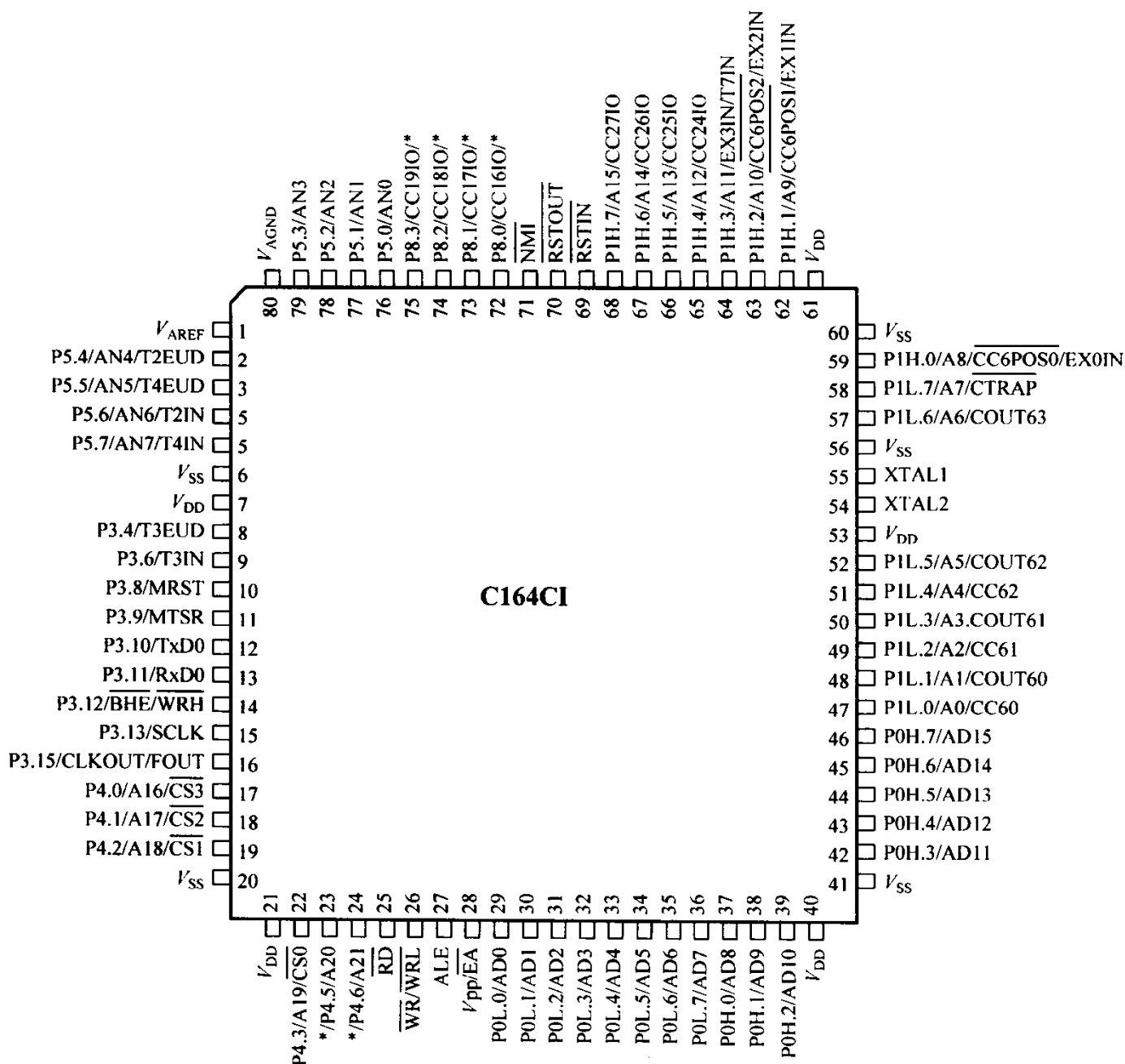
其主要性能指标如下:

- (1) 具有 4 级流水线的高性能的 16 位 CPU。
 - 指令周期 80ns(25MHz 的 CPU 时钟)。
 - 16×16 位乘法执行时间 400ns, 32/16 位除法执行时间 800ns。
 - 增强的位操作功能。
 - 支持高级语言和操作系统的附加指令。
 - 具有多个可改变的寄存器组。
 - 单个周期的上下文切换。
 - 1024B 的专用寄存器区。
 - 16MB 总的线性地址空间,用于代码和数据的储存。
 - (2) 32 个中断源 16 个优先级的中断系统,采样率达到 40ns。
 - (3) 8 通道经由周边事件控制器(PEC)用中断驱动的单周期数据传递。
 - (4) 系统时钟可由输入时钟及其分频生成,或通过片内锁相环 PLL 生成。
 - (5) 片内的存储器模块。
 - 2KB 的片内 RAM(IRAM)。
 - 2KB 的片内扩展 RAM(XRAM)。
 - 64KB 的片内 ROM(C164CI)或片内 OTP(C164CI-8EM)。
 - (6) 最大为 4MB 的外部存储空间,存放代码和数据。
 - 可编程的用于不同寻址范围的外部总线。
 - 复用的或分离的外部地址/数据总线,数据总线为 8 位或 16 位。
 - 4 个可选的片选信号 $\overline{CS0} \sim \overline{CS3}$ 。
 - (7) 灵活管理功率的空闲、休眠和掉电模式。
 - (8) 片内的周边功能模块。
 - 8 通道 10 位 A/D 转换器,转换时间 7.8 μ s。
 - 多功能通用定时器单元,3 个 16 位定时器。
 - 2 个串行接口(同步/异步通道和高速同步通道)。
 - 8 通道 16 位的通用捕获/比较单元(CAPCOM2)。
 - 产生灵活 PWM 信号的捕获/比较单元(CAPCOM6)。
- (3/6 捕获/比较通道和 1 个比较通道)。

- 片内的有 15 个报文的完整 CAN 接口(V2.0B),全 CAN/基本 CAN。
 - 片内的实时时钟。
- (9) 最多有 59 个一般的 I/O 口线。
- (10) 可编程的监视定时器和振荡器监视器。
- (11) 安装在片内的自举引导程序。

1.2.2 引脚定义

C164CI 单片机具有 80 个引脚塑料封装 P-MQFP,适于表面贴装(见图 1-3),其逻辑符号如图 1-4 所示。表 1-2 给出了各个引脚的功能。



* 为由 CAN 接口分配的输入输出端口。

图 1-3 P-MQFP 的引脚结构(顶视图)

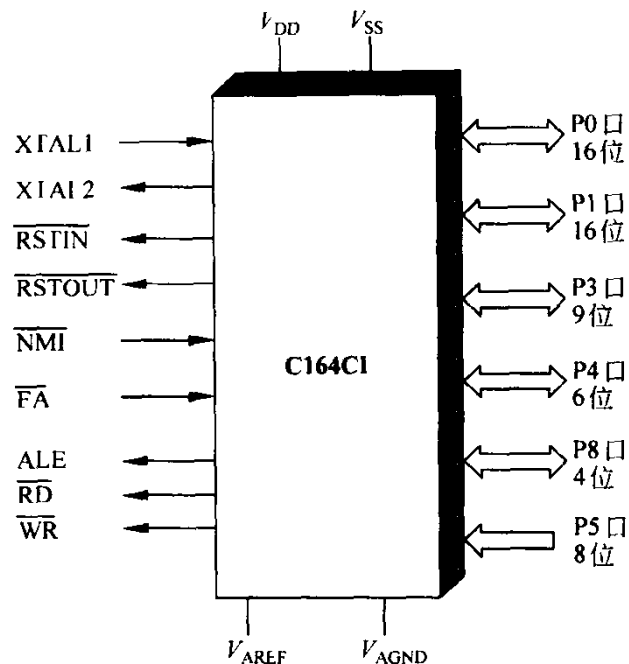


图 1-4 逻辑符号图

表 1-2 引脚功能表

引脚名	引脚号	I/O 类型	功 能
P5.0~ P5.7	76~79, 2~5	I	P5 口是 8 位输入口,具有施密特触发器特性。P5 口的引脚也用作 A/D 转换器的模拟输入端,P5. x 相当于 ANx(模拟输入通道 x) 下列 P5 口的引脚也用作定时器的输入端: P5.4 T2EUD GPT1 定时器 T2 外接加/减计数控制输入端 P5.5 T4EUD GPT1 定时器 T4 外接加/减计数控制输入端 P5.6 T2IN GPT1 定时器 T2 计数/门控/重装载/捕获输入端 P5.7 T4IN GPT1 定时器 T4 计数/门控/重装载/捕获输入端
P3.4	8	I/O	P3 口是 9 位双向输入/输出口,可以通过传送方向位按位编程为输入或输出。对构成输入端的引脚,其输出驱动器处在高阻状态。P3 口的输出可设置为推挽输出或漏极开路输出 P3 口的输入门限可选(TTL 或特殊的) P3 口的各个引脚也可用于替换功能: P3.4 T3EUD GPT1 定时器 T3 外接加/减计数控制输入端 P3.6 T3IN GPT1 定时器 T3 计数/门控输入端 P3.8 MRST SSC 主接收/从发送的输入/输出端 P3.9 MTSR SSC 主发送/从接收的输出/输入端 P3.10 TxDO ASC0 时钟/数据输出端(异步/同步) P3.11 RxDO ASC0 数据输入端(异步)或 I/O 口(同步) P3.12 BHE外部存储器高位字节使能信号 WRH外部存储器高位字节写选通信号 P3.13 SCLK SSC 主时钟输出端/从时钟输入端 P3.15 CLOCK 系统时钟输出(CPU 时钟) FOUT 可编程频率输出
	9	I/O	
	10~15	I/O	
	16	I/O	
P3.6	8	I	
	9	I	
P3.8~P3.13	10	I/O	
	11	I/O	
P3.15	12	O	
	13	I/O	
	14	O	
		O	
	15	I/O	
	16	O	
		O	