

李 刚 林 凌 田晓方 编著



练中学 单片机教程



北京航空航天大学出版社

练中学单片机教程

李 刚 林 凌 田晓方 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

以采用 AD μ C841 为核心的仿真实验板为主线,充分发挥其不需仿真器就可在线调试和在线下载,以及成本低廉和功能强等特点,合理、有机地将单片机的原理和实验融合为一体,结合实验学习理论,边练边学,力求做到形象、生动、有趣,使读者能够高效地掌握单片机的原理与技术。

本书特别适合本科、高职高专和中专学生,以及工程技术人员学习单片机。

图书在版编目(CIP)数据

练中学单片机教程/李刚等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2006.7

ISBN 7-81077-823-4

I. 练… II. 李… III. 单片微型计算机—教材
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 073166 号

© 2006,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

练中学单片机教程

李 刚 林 凌 田晓方 编著

责任编辑 王 实

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:21.5 字数:482 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-823-4 定价:28.00 元

单片机与嵌入式系统应用



www.mesnet.com.cn

何立民教授主编

中央级科技期刊

月刊

北京航空航天大学出版社 承办



引领嵌入式技术时代潮流
反映嵌入式系统先进技术
推动嵌入式应用全面发展

本刊栏目设置

业界论坛

创新观念、技术评述、学术争论以及方向性、技术性指导

专题论述

单片机与嵌入式系统领域的热点技术、观念及综合分析

技术纵横

国内外先进技术的宏观纵览，全局资料分析、介绍和述评

新器件新技术

先进器件、先进技术及其在系统中的典型应用方法

应用天地

具有重要参考价值的科技成果与典型应用的技术交流

经验交流

嵌入式系统应用中的深入体验和开发经验交流

学习园地

介绍嵌入式系统新领域的基础知识

产业技术与信息

为产业界提供技术与信息发布平台，推广厂家的最新成果

编读往来

嵌入式系统领域的科技活动及产业动态报道

本刊反映了单片机与嵌入式系统领域的最新技术，包括：单片机与嵌入式系统的前沿技术与应用分析；新器件与新技术；软、硬件平台及其应用技术；应用系统的扩展总线、外设总线与现场总线；SoC总线技术、IP技术与SoC应用设计；嵌入式系统的网络、通信与数据传输；嵌入式操作系统与嵌入式集成开发环境；DSP领域的新器件、新技术及其典型应用；EDA、FPGA/CPLD、SoPC器件及其应用技术；单片机与嵌入式系统的典型应用设计。

专业期刊
专家办刊

着眼世界
面向全国

应用为主
读者第一

出版日期：每月1日出版
国际标准16开本形式出版
每期定价：8元 全年定价：96元
国内统一刊号：CN 11-4530/V
国际标准刊号：ISSN 1009-623X
邮发代号：2-785

地址：北京市海淀区学院路37号《单片机与嵌入式系统应用》杂志社 邮编：100083
投稿专用邮箱：paper@mesnet.com.cn 广告部专用邮箱：adv@mesnet.com.cn
电话：010-82338009（编辑部）82317029，82313656（广告部）82317043（网络部）
传真：010-82317043 网址：http://www.mesnet.com.cn

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告 欢迎索取样刊

前 言

现在几乎所有的机电类专业都开设了单片机课程。但不可否认的是,有相当数量的学生或自学者在学习单片机时感到郁闷,觉得学习了单片机,实际用起来又不知如何下手,结果使一门很有价值又很有趣味的课程变得令人生厌,甚至产生心理障碍,惧怕学习单片机。究其原因,是教学的指导思想和方法不对,或者是学习方法不对。若把实践性很强的课程变成像数学那样的理论课,或者像学外语那样死记硬背(记指令),如何能学好单片机呢?

作者根据十几年的教学和应用体会,并结合许多教师、单片机专家的宝贵意见和建议,力图采用全新的方式来讲授单片机,把它变成一个轻松、愉快的经历,使学生又快又好地学习单片机。编写本书就是实现这一思想的重要举措,我们力求做到:

- 采用通俗易懂的语言举例和比喻,方便自学。
- 使读者先有兴趣,再有兴趣,更有兴趣……越学越有兴趣,越学越想学,越学越轻松,越学越快。
- 先模仿,取得感性认识,然后升华到理性认识;不去追求所谓完整、严谨的理论体系。
- 学生可先在老师的指导下学习基础知识,然后在没有老师的情况下也能学习,在有老师的情况下学得更快。
- 只要求学生先“一知半解”,不求多,不求快,也不求“全面”,更不求“系统”,但紧跟教材的主线,独立完成每一个实验。

上述几条也可以说是本书编写的指导思想。请牢记“实践是检验真理的唯一标准”这一至理名言。本书所给的任何实验、程序都可通过实验去检验。自己有任何想法,都可以去实验。当实验结果与自己的设想、与书中的叙述、与老师的解释不符时,应该通过更多的实验去检验:改变实验条件,改变指令……。

作者希望通过这本书和相应的单片机学习板为广大学生和读者快速、扎实掌握单片机技术提供条件。因此,本书特别强调边练边学,不论是自学,还是有教师指导,都应人手一套单片机学习板。这样在学习时才能事半功倍,既有效率,又扎扎实实。

与现有正式出版的教材不同的是,本书配套了一套价廉但功能强大的实验板,为学习者提供极好的学习条件,彻底解决以往学习与实践分离的窘境和考验学习者意志的低效率。

由于采用一种全新的思维和方式来编写本书,加上作者的水平有限,时间又紧,难免会出现这样或那样的不足,乃至错误,希望能够得到读者的批评、建议,以便今后有机会时使本书更完善。

本书由林凌副教授编写第1~4章,田晓方副教授编写第5~7章,李刚教授编写其余的内容并统稿。王宏、许竞竞、丛士杰、王焱、石小娟、石艳丽、杨芳、张丽君、李海兰、刘晶晶、鹿玲和姜媛媛等研究生参与了设计实验板、调试程序和整理材料等工作。借此机会向他们致谢,感谢他们的辛勤工作和贡献。

本教材使用说明

为了帮助读者更好地利用本教材,更快、更好地掌握单片机及其开发应用技术,在此向读者提出如下建议:

- ① 在使用本教材学习单片机之前,最好先修“微机基础”等课程或学习类似的内容。
- ② 坚持“边学边干”、“边干边学”的要求,认真做好教材中的每一个实验。
- ③ 需要本书配套的仿真实验板(包括电源适配器和通信电缆在内,380元/套,邮寄费20元/套)或其散件(包括已焊接好的单片机小板,含邮寄费在内350元/套)、技术支持,请与作者联系。

通信地址:天津大学精仪学院 李 刚

邮 编:300072

电子邮件:swyxdzx@eyou.com

技术资料下载: <http://bioprob.yeah.com>

作 者

2006年春于天津大学北洋园



第 1 章 概 述	1
1.1 单片机的概念	1
1.2 单片机内部的主要结构	2
1.3 AD μ C841 单片机简介	3
1.4 本课程的学习方法和要求	9
思考题与习题	9
第 2 章 实验板简介	10
2.1 实验板的电路原理	10
2.2 初步认识实验板	20
思考题与习题	22
第 3 章 开发工具与集成开发环境	23
3.1 单片机开发工具	23
3.2 单片机通用集成开发环境 Keil C51 μ Vision2	26
3.2.1 简 介	26
3.2.2 Keil C51 μ Vision2 的安装	26
3.2.3 Keil C51 μ Vision2 的设置	28
3.3 Keil C51 μ Vision2 的使用	33
3.3.1 单片机的仿真过程	33
3.3.2 MON51 仿真器的特点	33
3.3.3 第一个实验	34

3.4 AD μ C 系列单片机的专用开发工具	40
3.4.1 专用开发工具的安装	40
3.4.2 编译器 ASM51 的使用	41
3.4.3 串行下载器 WSD	42
3.4.4 AD μ C 系列单片机的专用开发环境 Aspire	44
3.4.5 AD 输入分析工具 WASP	55
思考题与习题	59
第 4 章 片内存储器与数据传送指令	60
4.1 片内存储器组织结构	60
4.1.1 存储器类型	60
4.1.2 存储器组织	61
4.2 数据传送指令	68
4.3 数据传送指令说明	72
4.4 若干数据传送实验	78
思考题与习题	84
第 5 章 并行输入/输出端口与总线	87
5.1 并行 I/O 口	87
5.1.1 P0 口	87
5.1.2 P1 口	89
5.1.3 P2 口	90
5.1.4 P3 口	92
5.1.5 端口的负载能力与接口要求	93
5.2 访问外部数据存储器	94
5.3 访问外部存储器的实验	96
思考题与习题	99
第 6 章 时钟、时序与定时器/计数器	100
6.1 振荡器、PLL 电路和 CPU 时序	100
6.1.1 振荡器	100
6.1.2 PLL 电路	101
6.2 定时器/计数器	102
6.2.1 定时器/计数器 0 和 1	102

6.2.2 定时器/计数器 2	105
6.2.3 定时器/计数器 3 与波特率发生器	108
6.2.4 时间间隔计数器	111
6.2.5 看门狗定时器	113
6.2.6 若干有关定时器/计数器的控制和状态寄存器	114
6.3 时钟与定时器/计数器实验	117
思考题与习题	130
第 7 章 复位、中断与程序控制	132
7.1 复 位	132
7.1.1 复位的意义	132
7.1.2 复位电路	132
7.1.3 单片机复位后的状态	134
7.2 程序控制	135
7.3 程序流向控制指令	135
7.4 中 断	144
7.4.1 中断源	144
7.4.2 中断控制寄存器	145
7.4.3 中断优先级结构	148
7.4.4 中断服务程序入口地址	148
思考题与习题	155
第 8 章 串行接口	156
8.1 标准 UART 操作	156
8.2 多机通信	157
8.3 串行端口控制寄存器 SCON	158
8.4 波特率	159
8.5 UART 的工作模式	160
8.6 SPI 串口	173
8.7 I ² C 兼容串口	176
思考题与习题	180
第 9 章 模拟接口	181
9.1 AD μ C841 片上 ADC	181

9.2 DAC	198
9.3 脉宽调制器	206
思考题与习题	216
第 10 章 指令系统与系统编程	217
10.1 指令系统的分类及一般说明	217
10.2 算术操作类指令	218
10.3 逻辑操作及移位类指令	228
10.4 布尔变量操作(位操作)类指令	233
10.5 伪指令	241
10.6 汇编语言程序的基本结构	244
10.7 系统编程的步骤、方法和技巧	245
思考题与习题	250
第 11 章 单片机应用系统设计	251
11.1 概 述	251
11.1.1 资源冗余与成本控制	251
11.1.2 硬件处理与软件处理	252
11.1.3 嵌入式实时操作系统与开发用软件	253
11.1.4 不要忽略电磁兼容性问题	259
11.1.5 系统的电源设计是一个重要问题	260
11.2 方案认证与硬件系统设计	261
11.3 系统软件设计	265
11.3.1 软件框图	265
11.3.2 软件设计的重要提示	266
11.4 系统仿真调试设计	268
思考题与习题	268
附录 A 标准 8051 单片机指令说明	270
附录 B 部分新型 8051 兼容单片机性能速查表	297
附录 C 8051 单片机指令速查表	327
参考文献	332

第 1 章

概 述

本章学习要点

- 计算机的工作原理与体系结构。
- 单片机及其作用。
- 单片机的内部结构。
- 快学、学好单片机的方法。

1.1 单片机的概念

大家对计算机都已经很熟悉了,但可能不知道单片机是什么东西。其实,单片机也是计算机。从数量上说,世界上的单片机要比大家熟知的 PC 机(Personal Computer,个人计算机)多得多,因为每台 PC 机都有几只单片机,有的甚至有十几只单片机。硬盘、光驱、软驱、声卡、Modem、……还有 U 盘,都是由单片机在电路上进行控制的。所谓“单片机”,就是单片微机的简称,也就是集成在一只芯片上的计算机。其英文名称是 Single Chip Micro-computer。单片机的应用十分广泛,从地上到天上,只要有电路的地方,就要用到单片机。可以说,当今生活中单片机无所不在,如各种仪器仪表、家用电器及机器等,一台 PC 机里有十几只单片机,一辆新型汽车里有几十只单片机,电视机及其遥控器、电子台历、各种电子玩具、心脏起搏器、……都有单片机在工作。

在单片机刚面世的时候,其结构很简单,功能也差,但经过 20 多年的迅速发展,单片机的结构已变得很复杂了,集成度提高了好几个数量级,功能更是当年不可想象的。单片机的名称也发生了变化,有了多种名称:单片微控制器(single chip micro-controller)、单片微处理器(single chip micro-processor)、单片微转换器(single chip micro-converter)和单片混合信号微处理器(single chip mix-signal micro-processor)等。无论名称如何变化,其本质都与最初的含义一样,仅仅是强调其性能的某个方面或主要的应用方向而已。现在,单片机又有了两个更时髦也更贴切的英文名称:一个是 System on Chip,简称 SoC,中文译为片上系统或单片系统,意为集成在一个芯片上的电路系统;另一个是 Single Chip Machine。实际上,对应这些英文名称,没有一个中文译名比“单片机”更为贴切。

1.2 单片机内部的主要结构

一台能够工作的计算机由这样几部分构成:CPU(进行运算和控制)、RAM(数据存储)、ROM(程序存储)、输入/输出设备(例如:串行口、并行输出口等)。在个人计算机上这些部分被分成若干只芯片,安装在一个被称为主板的印刷电路板上。而在单片机中,这些部分,全都被做到一只集成电路芯片中了,所以就称为单片(单芯片)机,而且有一些单片机中除了上述部分外,还集成了其他部分如 A/D 和 D/A 等。单片机内部的基本结构如图 1-1 所示。

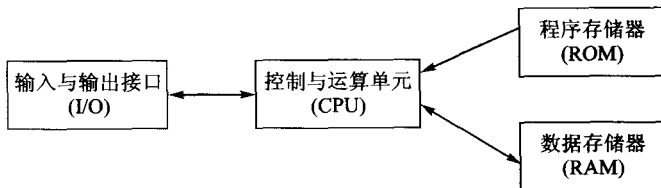


图 1-1 单片机内部的基本结构

计算机是数字电子计算机的简称,顾名思义,即是利用电路实现数字运算的装置。任何一台计算机的计算都是在中央处理器 CPU(Central Processing Unit)中进行的。同时,CPU 还要实现计算机整个工作过程的控制和管理。CPU 一次所能运行的数据最大长度(用二进制数来衡量)称为计算机的字长。单片机通常有 4 位、8 位和 16 位这几种类型。

输入与输出接口 I/O(Input/Output Interface)是计算机与外界交换数据的通道,需要计算机处理的数据、计算机处理后的数据和控制命令(也是数字信号)都要通过 I/O 接口实现计算机与外部设备的交换。I/O 接口可以分为两大类:并行接口和串行接口。

单片机中的存储器按作用来分,也可分为两大类:程序存储器和数据存储器。在单片机中,程序存储器通常使用只读存储器 ROM(Read Only Memory)。在 ROM 中存储单片机要执行的程序和常数、表格。数据存储器通常使用随机读写存储器 RAM(Random-access Memory)。在 RAM 中存储单片机要处理的数据、运算的中间数据和最终结果等。

既然单片机是数字电子计算机,单片机所能处理的信号只能是“数字”。这句话有这样几个含义:

① 单片机所能处理的信号只能是“数字”,而且只能是由 0 和 1 两种信号组成的二进制数,其他任何需要单片机处理的信号最终都必须用(也必定能够用)二进制数表示。

② 单片机所能执行的指令也只能是由 0 和 1 两种信号组成的二进制数。由二进制数表示的指令又称为机器码。由于机器码既难懂又不易记,因此人们通常采用助记符来表示单片机的指令。助记符通常都是由表示指令所完成的功能的英文单词缩略而成,因而用助记符表示单片机的指令比机器码要容易得多,参见附录 A:标准 8051 单片机指令说明。

③ 由以上两条可知,单片机所执行的指令和数据都是由二进制数表示的,其运算也只能采用二进制。显然,CPU 中的部件也只能是存储、运算(处理)的数字电路,也就是存储器(或称为寄存器),只不过 CPU 中存储器的功能不仅仅是存储数据,还有“特殊”的功能,如单片机中主要完成算术、逻辑运算的寄存器——累加器 ACC(Accumulator),控制程序运行的程序计数器 PC(Program Counter)等。所以,CPU 中的这些存储器又称为特殊寄存器或专用寄存器(Specified Register)。

④ 不仅如此,不管是并行 I/O 口(Parallel Port)还是串行 I/O 口(Serial Port),单片机也是通过读、写这些 I/O 口的特殊寄存器与外部电路交换数据(信息)的。

1.3 AD μ C841 单片机简介

在 20 世纪 70 年代末,美国 Intel 公司从荷兰 PHILIP 公司购买了 8031 单片机的专利技术,生产了一系列 8 位的单片机。这一系列单片机按照片内存储器的种类和大小不同有许多品种,如 8031,8051,8751,8032,8052,8752 等,其中 8051 是最早最典型的产品。该系列的其他单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增、减、改变而来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS51 系列单片机。由于 8051 的功能强,很多公司都从 Intel 公司得到 MCS51 的核心技术的授权,生产了种类繁多的以 8051 为核心的单片机,功能或多或少有些改变,以满足不同的需求。

8052 是 8051 的升级产品,主要是片内的数据存储器比 8051 的 128 B 增加了一倍,达到 256 B;另外,还增加了两个定时器:定时器/计数器 2 和看门狗定时器 WDT(Watch Dog Timer)。由于 8052 的性能比 8051 有显著增强,因而除少数几个单片机的生产厂商,如 PIC, AVR, Zilog, Motorola(现改名为 Freescale Semiconductor,飞思卡尔半导体)生产具有自己特殊结构的单片机外,绝大多数的厂商都在生产 8052 或与 8052 兼容的单片机。其中,89C52 就是这几年在我国非常流行的单片机。它具有片内 8 KB Flash 存储器(闪存),是由美国 ATMEL 公司开发生产的。

美国 ADI(Analog Device Inc.)公司是一家著名的半导体生产厂商,在 20 世纪 90 年代后期也开始生产与 8052 兼容的单片机——AD μ C812。这一款单片机有一些突出的优点,主要是:高精度、高性能的模拟接口(包括 12 位的数/模转换器和模/数转换器),不需硬件仿真器、直接采用一根 RS-232 通信线就能实现在线调试和编程。因此,AD μ C812 的出现给全世界的单片机生产厂商带来了震撼和冲击,各单片机生产厂商陷入了新一轮竞争,相继出现许多新型的单片机,并具有很很多新奇而又强大的功能。以 8052 为内核(所以在指令上也与 8051 兼容)的新型单片机为例,有具有数字交叉开关的 C8051Fxxx 系列(Cygnal 公司出品),低功耗带有 24 位模/数转换器的 MSC121x 系列(TI 公司出品),高速的 DS89C420(MAXIM-DALLAS 公司出品),具有高达 1 000 倍增益放大器、16 位模/数转换器和 LCD 驱动器的

XE881C0x(XEMICS 公司出品),具有 USB 接口的 EZ-USB FX2(PHILIP 公司出品),采用 2.4 GHz 频率、速度达 1 Mb/s 无线串口通信单片机 nRF24E1(NORDIC 公司出品)等。面对层出不穷的新产品,ADI 公司推出了新一代的 8052 兼容产品——AD μ C841,性能比 AD μ C812 有了量级的提高:速度提高 20 倍,程序存储器由 8 KB 提高到 62 KB,数据 EEPROM 由 640 B 提高到 4 KB,……而相比于其他厂商的单片机,其特别突出的优点是:只需一根 RS-232 通信线就能实现在线调试和编程,保持了其领先地位。这一点,也是作者把该款芯片作为本教材主线的理由,只有这样的芯片,才能为读者提供最便宜、最方便的练习手段。同时,该器件又代表单片机的发展方向 and 具有强大的功能,在掌握 AD μ C841 之后可以直接将其应用到生产实践中,或再学习其他单片机就易如反掌了。

图 1-2 所示是 AD μ C841 单片机的内部结构。图 1-3 所示是 AD μ C841 的外部引脚图,表 1-1 给出了 AD μ C841 的引脚定义。

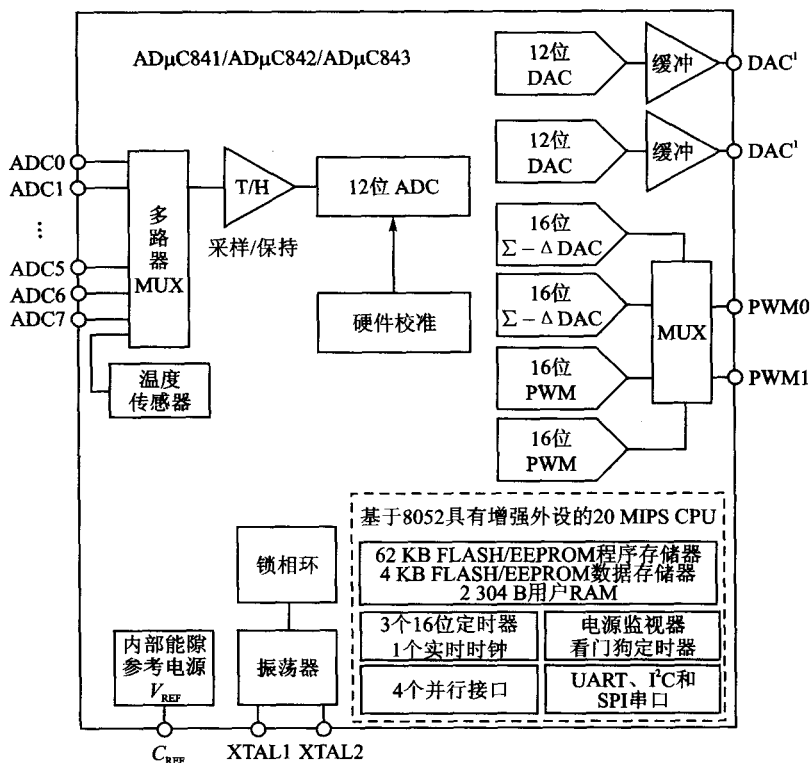
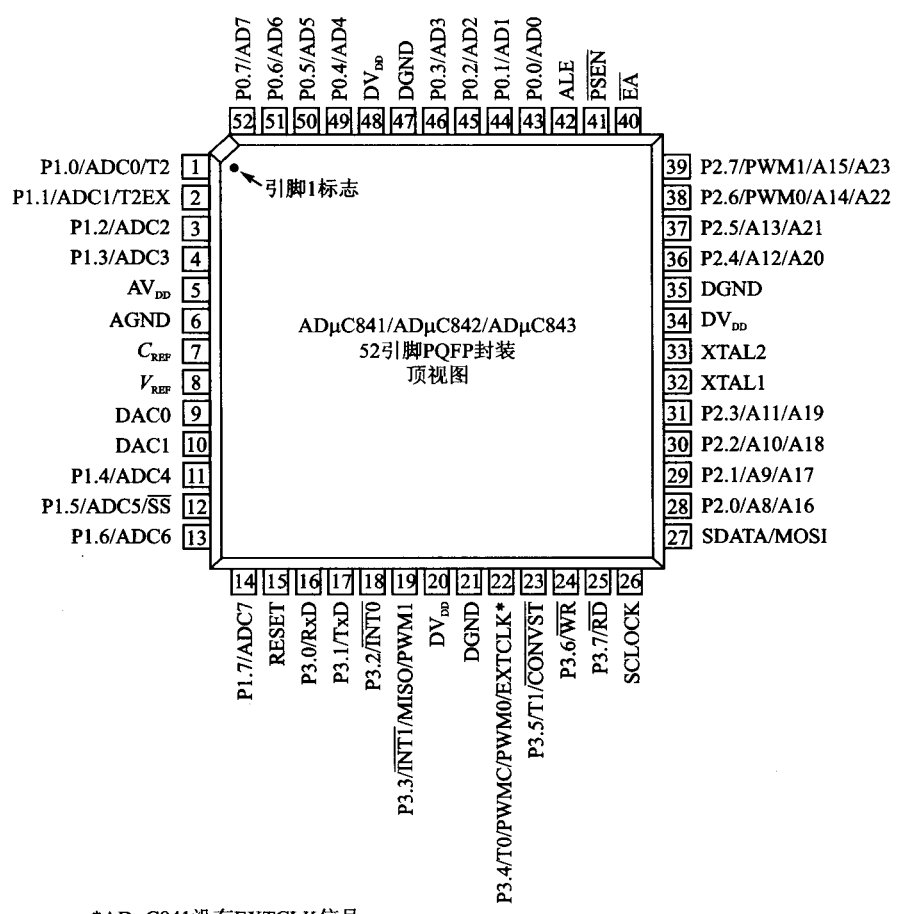


图 1-2 AD μ C841 内部的基本结构



*ADμC841没有EXTCLK信号。

(a) 52引脚PQFP封装

图 1-3 ADμC841 的外部引脚图

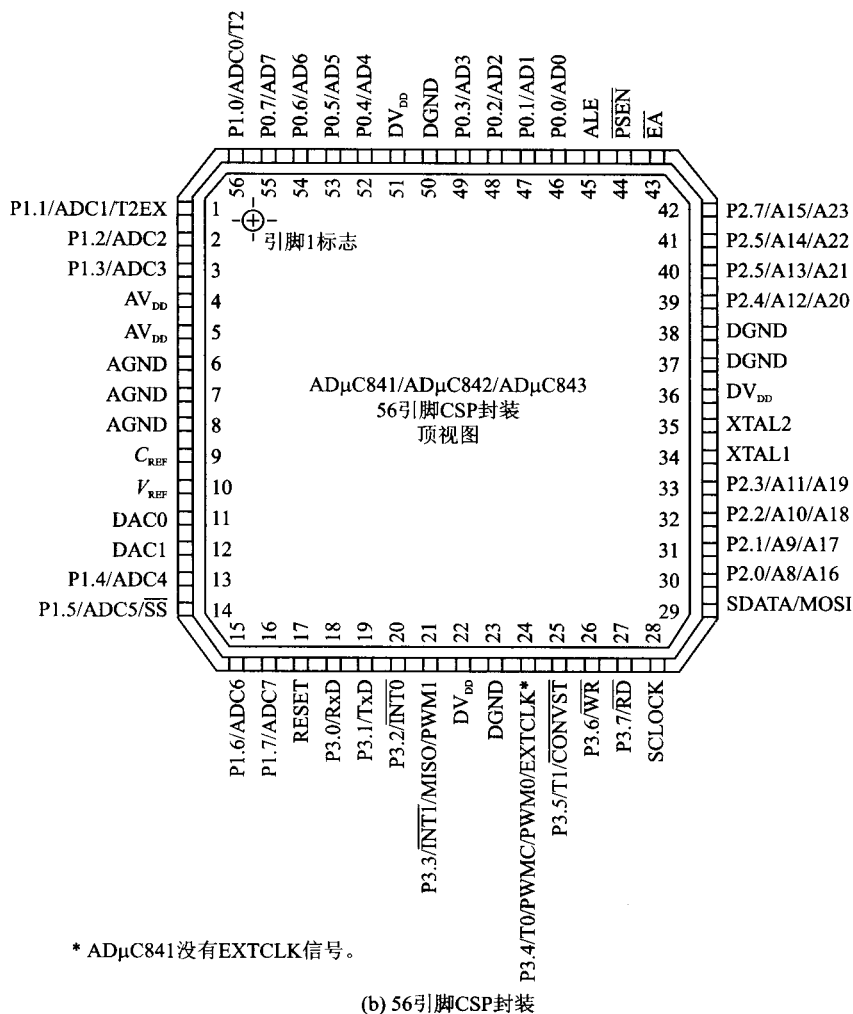


图 1-3 ADμC841 的外部引脚图(续)

表 1-1 AD μ C841 的引脚定义

符 号	类 型	功 能
DV _{DD}	P	数字正电源,通常为 3 V 或 5 V
AV _{DD}	P	模拟正电源,通常为 3 V 或 5 V
C _{REF}	I/O	片上参考电源退耦输入,通常接一只 0.47 μ F 陶瓷电容到地
V _{REF}	NC	不连接,该引脚为 AD μ C812 的参考电源输出,用 C _{REF} 引脚替代该引脚
AGND	G	模拟地,作为模拟信号的参考点
P1.0~P1.7	I	P1 口只能作为输入口。默认定义为模拟输入口,写 0 到 P1 口可以把它定义为数字输入口
ADC0~ADC7	I	模拟输入口。8 个单端模拟输入。通过专用寄存器 ADCCON2 选择通道
T2	I	定时器/计数器 T2 的数字输入。使能时,每当 T2 引脚出现由 1 到 0 的跳变,定时器/计数器 T2 加 1
T2EX	I	数字输入。用于定时器/计数器 T2 触发捕捉/重加载,也作为定时器/计数器 T2 的加/减计数控制
SS	I	SPI 串口的从机选择输入
SDATA	I/O	用户可选择,作为 I ² C 兼容串口,或 SPI 串口数据输入/输出引脚
SCLOCK	I/O	I ² C 兼容,或 SPI 串口的时钟引脚
MOSI	I/O	SPI 串口的主机输出/从机输入信号引脚
MISO	I/O	SPI 串口的从机输出/主机输入信号引脚
DAC0	O	DAC0 的电压输出端
DAC1	O	DAC1 的电压输出端
RESET	I	数字输入。当该引脚出现持续 24 个主时钟周期(振荡器正常运行)的高电平时,复位单片机
P3.0~P3.7	I/O	P3 口是具有内部上拉电阻的双向 I/O 口。写 1 到 P3 口时,由内部上拉到高电平,此时 P3 口可用于输入口。作为输入口,外部只需很小的电流就能拉至低电平。P3 口还具有第二功能,下面将详细说明
PWMC	I	PWM 时钟输入
PWM0	O	PWM0 电压输出。PWM 输出可以设置用 P2.6 与 P2.7 或 P3.4 与 P3.3 引脚输出
PWM1	O	PWM1 电压输出。参考相关专用寄存器的说明
RxD	I/O	串口的传送数据输入(异步方式)或数据输入/输出(同步方式)端
TxD	O	串口的传送数据输出(异步方式)或时钟输出端