



单片机。应用技术

Microcontroller
Application Technology

主编：万志平 徐闽燕
编者：刘友澈 叶建美 沈泉涌



单片机应用技术

主 编 万志平 徐闽燕
编 者 刘友澈 叶建美 沈泉涌



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机应用技术 / 万志平, 徐闽燕主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2015. 6
ISBN 978-7-308-14607-4

I. ①单… II. ①万… ②徐… III. ①单片微型计算
机—高等教育—教材 IV. ①TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 077951 号

单片机应用技术

万志平 徐闽燕 主编

责任编辑 吴昌雷

封面设计 林 智

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 浙江省良渚印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.75

字 数 415 千

版 次 2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-14607-4

定 价 34.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

单片机应用技术是一门应用性很强的技术。本书在内容编排上采用大项目小任务的体例形式,更注重单片机的应用性和实践性介绍,可作为高等院校单片机课程的教材,也可作为单片机技术开发人员的参考资料。

全书共十个项目。项目一涵盖单片机选型、项目开发流程、KEIL 编程软件使用、Proteus 仿真软件使用、C51 程序设计、单片机小系统制作等内容,将单片机的基础知识和单片机应用系统的开发过程有机结合,参考学时为 34 个,学完后读者对单片机电子产品的开发会有一个初步的、整体的了解。项目二重点学习单片机定时/计数器、中断的应用及数码管的使用,参考学时为 24 个。项目三进一步加深了定时/计数器、中断的应用难度。项目四侧重学习单片机串口的应用方法,参考学时为 10 个。项目五、项目六分别学习单片机如何与 A/D 转换器、D/A 转换器连接使用。项目七至项目十都是趣味性较强的综合项目,使读者具有开发、设计单片机应用系统的能力。教师根据专业方向、学时限制,可自行选取、增删项目内容。学生结合自身的掌握程度,可自行选择任务要求。

学习单片机是一个锻炼、提高学习者的过程,在此也与大家沟通一下学习中的感受:

(1)万事开头难,学习开始时会有有一定难度,不要老给自己找借口,遇到困难要一件件攻克。首先通过一个简单项目入门,培养一下自己的感觉,知道写程序是怎么一回事。单片机是注重理论和实践的,光看书不动手,是学不会的。

(2)知识用到再学,不用的暂时放一边。在学习过程中,不能把整本书全看完再开始实践,因为看了后面的会忘了前面的。最好结合实践,用到的时候去查,去看。一个小项目一个小项目地开展,把整本书化整为零,一小点一小点地啃。

(3)程序不要光看不写,一定要自己写一次。最开始的时候,啥都不懂,可以抄别人的程序,看看每一句是干什么用的,达到什么目的,运行后有什么后果,看明白了之后,就要自己写一次。你会发现,原来看明白别人的程序很容易,但到自己写的时候却一句也写不出来,这就是差距。当自己能写出来时,说明你真的懂了。建议初学者以学习 C 语言为主,具备编程能力后再逐渐理解汇编语言。

(4)必须掌握调试程序的方法。不少人写程序,写完后一运行,不是自己想要的结果,就没办法了。应该自己学会发现问题和学会如何解决问题。如使用软件仿真设置断点,查看变量等,找到出现偏差的地方,找出原因进行改正。

(5)找到解决问题的思路比找到代码更重要。我们用单片机来控制周边器件,达到我们

想要的目的,这是一个题目。而如何写出一个程序,来控制器件按你想要的结果去运作,这个就是解题的思路。要写程序,就得先找到解决问题的思路,这比你找到代码更为重要。多数时候,我们要整理思路,最好画出流程图。

(6)开动脑筋,运用多种方法,不断优化自己的程序。想想用各种不同方法来实现同一功能,想想代码能不能再精简一点。这些都是提高的过程。

(7)着重于培养解决问题的能力,学单片机的重点在于学习解决问题的思路,而不要局限于具体的芯片类型和语言。真正的能力应该是:遇到没有解决过的问题或器具,能利用自己已学的知识,迅速找到解决问题的方法。

由于编者水平所限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者指正。

编 者

目 录

项目一 流水灯	1
【引言】	1
任务一 了解单片机	1
一、什么是单片机	1
二、单片机的型号	3
三、STC89C52 单片机	5
四、单片机项目的开发	9
【学习任务】	10
【任务实施 1】介绍一款单片机	11
【任务实施 2】制订一个项目开发计划	11
任务二 熟悉编程与仿真软件	12
一、C51 基本程序结构	12
二、特殊功能寄存器	13
三、LED 基础知识	17
四、KEIL 软件的使用	18
五、Proteus 软件的使用	27
【学习任务】	32
【任务实施 1】用 KEIL 软件仿真 LED 发光	33
【任务实施 2】用 Proteus 软件仿真 LED 发光	33
任务三 C51 程序设计	35
一、C51 程序基础	35
二、C51 的流程与控制	38
三、函数的定义和调用	41
四、一维数组的定义与引用	44
【学习任务】	45
【任务实施 1】编程控制 8 个 LED 闪烁	45
【任务实施 2】编程控制 8 个 LED 循环点亮	47
【任务实施 3】编程控制 16 个 LED 花样显示	49
任务四 制作一个单片机小系统	52
一、单片机小系统电路	52

二、单片机程序的烧录	54
三、电路板的制作	55
【学习任务】	57
【任务实施1】用串口给STC单片机烧录程序	58
【任务实施2】搭建或焊接单片机小系统	58
【项目总结】	59
【思考练习】	62
项目二 数字钟	63
【引言】	63
任务一 计数显示	63
一、数码管基础知识	63
二、数码管的显示方式	66
【学习任务】	68
【任务实施1】控制两个数码管静态显示	68
【任务实施2】控制四个数码管动态显示	70
任务二 按键变数	73
一、中断系统的结构	73
二、中断相关的SFR	74
三、中断处理过程	78
四、中断程序结构	79
五、按键及其消抖	80
【学习任务】	81
【任务实施1】用外部中断控制显示的启停	82
【任务实施2】用外部中断控制显示数的增减	84
任务三 1s定时	86
一、定时/计数器相关的SFR	86
二、定时/计数器的工作方式	89
三、定时/计数器的定时应用	92
【学习任务】	94
【任务实施1】用定时/计数器产生1kHz方波	95
【任务实施2】用定时/计数器产生0.5Hz方波	96
任务四 制作一个数字钟	99
【学习任务】	99
【任务实施】设计简易数字钟	100
【项目总结】	103
【思考练习】	104

项目三 电子琴	106
【引言】	106
任务一 电子琴弹奏	106
一、音阶的产生	106
二、蜂鸣器基础知识	107
三、行列式键盘	109
【学习任务】	110
【任务实施1】三键弹奏	111
【任务实施2】十四键弹奏	112
任务二 乐曲播放	115
一、节拍的产生	115
二、存储器及其扩展	115
三、绝对地址的引用	118
【学习任务】	120
【任务实施】简单乐曲的播放	120
任务三 频率测量	122
一、用定时/计数器测量脉宽	122
二、定时/计数器的计数应用	123
【学习任务】	123
【任务实施1】用定时/计数器测量脉冲宽度	124
【任务实施2】用定时/计数器对外部脉冲计数	125
【任务实施3】设计简易频率计	126
【项目总结】	129
【思考练习】	130
项目四 串口通信	132
【引言】	132
一、了解串口通信	132
二、单片机的串口接口	135
三、串口工作方式	137
四、串行口的波特率	138
【学习任务】	140
【任务实施1】串并转换	140
【任务实施2】单片机双机通信	141
【任务实施3】单片机多机通信	143
【任务实施4】与PC机通信	145
【项目总结】	148
【思考练习】	149

项目五 数字电压表	150
【引言】	150
一、了解 A/D 转换器	150
二、A/D 转换器的主要参数	155
三、并行 A/D 转换器——ADC0808/0809	156
四、串行 A/D 转换器——TLC549	161
五、认识 SPI 总线	163
【学习任务】	164
【任务实施 1】介绍 A/D 转换器的选择原则	165
【任务实施 2】基于 ADC0808 的简易电压表	165
【任务实施 3】基于 TLC549 的简易电压表	168
【项目总结】	170
【思考练习】	171
项目六 信号发生器	172
【引言】	172
一、了解 D/A 转换器	172
二、D/A 转换器的主要参数	175
三、并行 D/A 转换器——DAC0832	176
四、串行 D/A 转换器——TLC5615	180
【学习任务】	183
【任务实施 1】介绍 D/A 转换器的选择原则	183
【任务实施 2】基于 DAC0832 的简易信号发生器	184
【任务实施 3】基于 TLC5615 的简易信号发生器	185
【任务实施 4】基于 TLC5615 的可调信号发生器	187
【项目总结】	194
【思考练习】	195
项目七 智能寻迹小车	196
【引言】	196
任务一 电机控制	196
一、电机基础知识	196
二、脉宽调制技术	198
【学习任务】	199
【任务实施 1】控制四相步进电机	199
【任务实施 2】控制直流电机	201
任务二 智能小车控制	203
一、传感器基础知识	203

二、智能寻迹小车电路分析	203
【学习任务】.....	205
【任务实施1】智能小车的两个轮子全速旋转	206
【任务实施2】智能小车向前行走、左转、右转和后退	207
【任务实施3】智能小车沿白底黑线的轨迹行走	210
【项目总结】.....	212
【思考练习】.....	213
项目八 超声波测距仪.....	215
【引言】.....	215
一、超声波基础知识	215
二、温度传感器 DS18B20	217
三、液晶显示器 12864	223
四、超声波电路分析	224
【学习任务】.....	226
【任务实施1】简易测量两点之间的距离	227
【任务实施2】精确测量两点之间的距离	230
【项目总结】.....	238
【思考练习】.....	239
项目九 电子秤.....	240
【引言】.....	240
一、称重传感器	240
二、电子秤电路分析	241
【学习任务】.....	242
【任务实施】编写电子秤应用程序.....	242
【项目总结】.....	244
【思考练习】.....	245
项目十 电子万年历.....	246
【引言】.....	246
一、实时时钟/日历集成芯片 PCF8563	246
二、语音录放芯片 ISD4004	252
三、电子万年历电路分析	256
【学习任务】.....	256
【任务实施】编写电子万年历应用程序.....	257
【项目总结】.....	270
【思考练习】.....	271
参考文献.....	272

项目一

流水灯

【引言】

流水灯,就是若干个发光二极管排列成特别的形状,在单片机的控制下按一定的规律发光,让人感觉流动的效果。各种各样的装饰流水灯给人们的生活增添了色彩,五颜六色的广告流水灯把城市的夜晚点缀得格外迷人,一支支晃动的流水灯使演唱会现场充满了动感。那么,如何制作一个流水灯呢?怎么实现别具一格的变换花样呢?我们可以设计制作一个单片机小系统,依据自己的思路编写程序,随心所欲地控制发光二极管的发光方式。

任务一 了解单片机

开卷有益

一、什么是单片机

在我们的生活中,大部分电器都用到了单片机。在洗衣机、电冰箱、电饭煲里面都内嵌了一个微型计算机来控制它们的工作。这个微型计算机就是单片机。单片机的应用范围非常广泛,几乎各行各业都有渗透,除家用电器外,还有如机器设备、仪器仪表、医疗设备、汽车运输、工业过程控制、计算机网络与通信等行业。

关键字

单片机,即单芯片微型计算机(Single Chip Microcomputer),指在一块硅片上集成了CPU、数据存储器、程序存储器、I/O接口、定时/计数器和中断系统等部件的微型计算机系统。

单片机面向控制,具有集成度高、体积小、功耗低、性价比高、易于产品化等特点,又被称为微控制器(Micro Controller Unit,MCU)。

单片机的外观如图 1-1 所示。

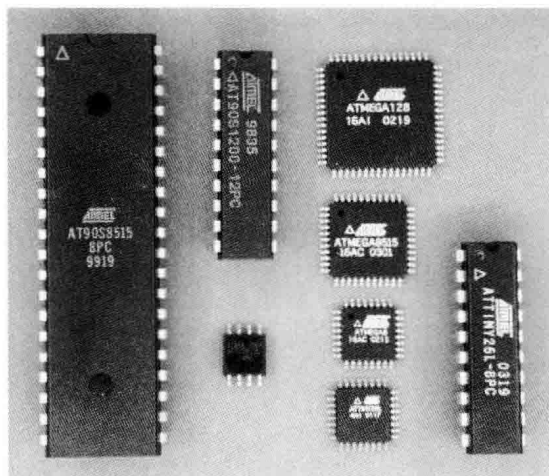


图 1-1 单片机的外观

1. 单片机的硬件结构

和通用的计算机(电脑)一样,单片机由硬件和软件两部分组成。两者相互依赖,缺一不可。单片机的内部结构如图 1-2 所示,主要有以下几个部分:

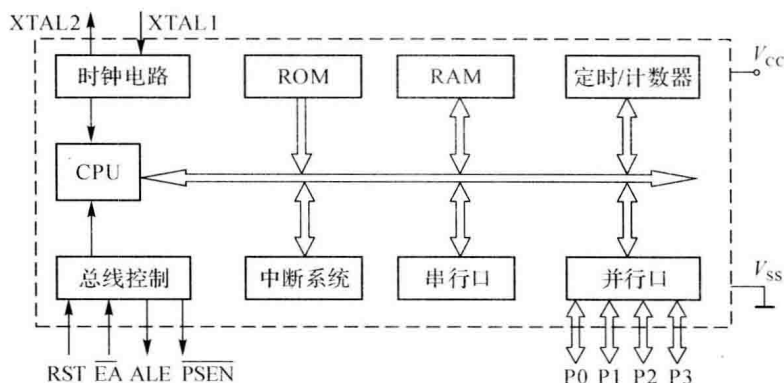


图 1-2 8051 单片机的基本结构图

(1)CPU(Central Processing Unit)。中央处理器,主要由控制器和运算器组成,是单片机的核心部件。根据 CPU 处理的数据的宽度,可分为 4 位、8 位、16 位、32 位、64 位单片机等。8051 是 8 位单片机,能处理 8 位二进制数据或代码。

(2)数据存储器。用来存放读/写数据、定义变量、运算的中间结果等。采用随机存储器(RAM),可随机写入或读出,断电后存储信息丢失。

(3)程序存储器。用于存放用户程序、原始数据或表格。采用只读存储器(ROM),信息写入后能长期保存,不会因断电而丢失。常见的有 EPROM、EEPROM、Flash ROM 等。

(4)并行 I/O 口。用于对外部数据的并行输入(Input)、输出(Output)操作。

(5)串行口。用于与其他设备间的串行数据传输。

(6)定时/计数器。用于精确定时、计时、延时、计数,检测速度、频率、脉宽,提供时钟脉冲信号等。

(7)中断系统。对单片机外部或内部随机发生的事件的实时处理而设置的系统。

(8)时钟电路。用于产生整个单片机运行的脉冲时序。

2. 单片机的编程语言

程序是单片机的灵魂,离开程序的单片机就是一个无用的躯壳。单片机程序设计语言可分为三类:机器语言、汇编语言、高级语言。

关键字

机器语言,即机器码、机器指令,是计算机能直接识别的二进制代码。

机器指令是最原始、最底层的可执行代码,通常由操作码和操作数两部分组成。其中,操作码说明指令的功能,即要执行何种操作;操作数说明操作对象,即在指令操作过程中所需的操作数据。例如:把 01H 送入累加器 A 的机器指令为:01110100 00000001(74H 01H)。

汇编语言,即汇编指令、符号指令,是用助记符和操作数表达指令的计算机语言,是机器语言的符号表示。汇编指令由操作码助记符和操作数两部分组成。指令格式如下:

[标号:]操作码 [目的操作数][,源操作数][,第三操作数][;注释]

例如:MOV A, #01H ;将数 01H 传送到累加器 A 中

每一系列单片机都有自己的汇编语言。将用汇编语言编写的源程序翻译成机器语言程序(目标程序)的语言加工程序称为汇编程序,翻译的过程叫作汇编。汇编语言与机器语言一一对应,代码生成效率很高。但汇编语言的可读性不强,复杂一点的程序很难读懂。

高级语言,采用接近人类自然语言习惯表达的程序设计语言。

高级语言的可读性和可移植性远远超过汇编语言。常用的高级语言有 BASIC、C 语言等。设计 51 单片机程序常用 C 语言,一般称作 C51。C 语言不依赖于特定的 CPU,其源程序具有很好的可移植性。只要某种 CPU 或 MCU 有相应的 C 编译器,就能使用 C 语言进行编程,再利用编译程序把 C 语言源程序翻译成机器指令目标程序。

本教材主要使用 C51 来实现单片机系统的开发。

要点总结

单片机实质上是一个芯片,能实现微型计算机的基本功能。单片机中集成的硬件主要有 CPU、存储器、I/O 接口等,常用的编程语言是 C 语言。

二、单片机的型号

就像汽车有奔驰、宝马、奥迪等很多不同的品牌一样,单片机也有很多品牌。Motorola、Microchip、TI 等各大公司都有很多不同系列的单片机,每个系列又有繁多的品种。对各系

列单片机的了解,是单片机应用选型的基础。

单片机的型号编码由三个部分组成,它们是前缀、型号和后缀。从型号编码中能反映出芯片的基本特性,一般前缀是芯片公司的简称,后缀用于说明芯片的工作频率、工作温度、封装形式等。

1. MCS-51 系列单片机的型号

1980 年,美国 Intel 公司推出 MCS-51(Micro Controller System)系列单片机,具有广泛的应用市场。MCS-51 系列单片机产品有 8051、8031、8751 等型号,如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机型号

型号	程序存储器形式				程序存储器容量	RAM 数据存储器	I/O 线	串行接口异步	定时/计数器 16 位	中断源 2 级
	无	ROM	EPROM	EEPROM						
基本	8031	8051	8751	8951	4KB	128B	32	1 个	2 个	5 个
	80C31	80C51	87C51	89C51	4KB	128B	32	1 个	2 个	5 个
增强	8032	8052	8752	8952	8KB	256B	32	1 个	3 个	6 个
	80C32	80C52	87C52	89C52	8KB	256B	32	1 个	3 个	6 个

MCS-51 系列单片机的结构基本相同,其主要差别反映在存储器的配置上。8031 片内没有片内程序存储器;8051 是掩膜型的程序存储器(ROM),在制造芯片时已将程序固化进去;8751 是可擦除可编程只读存储器程序存储器(EPROM);8951 是程序存储器(EEPROM)。型号中有“C”表示采用 CHMOS(高密度 CMOS)工艺制造,无“C”的采用 HMOS(高精度 NMOS)工艺制造。型号中的“1”表示基本型,“2”表示增强型。

2. AT89 系列单片机的型号

在 20 世纪 80 年代中期,Intel 公司将 MCS-51 内核以出售或互换专利的方式授权给一些公司,如 Atmel、Philips、ADI 公司等。如今广泛使用的 ATMEL 公司的 AT89 系列单片机就是以 MCS-51 为内核的升级产品。如表 1-2 所示,型号中的“8”表示该芯片是 8051 内核的芯片,“9”表示内部含 Flash EEPROM 存储器,“C”表示该芯片为 CMOS 产品,“S”表示具有 ISP 功能,“51”、“52”表示内部程序存储空间的大小。

表 1-2 AT89 系列单片机型号

型号	Flash 程序存储器	RAM 数据存储器	I/O 线	串行接口	定时/计数器	中断源	EEPROM	看门狗	ISP
AT89C2051	2KB	128B	15	1 个异步	2 个 16 位	5 个 2 级	无	无	无
AT89C4051	4KB	128B	15	1 个异步	2 个 16 位	5 个 2 级	无	无	无
AT89S51	4KB	128B	32	1 个异步	2 个 16 位	5 个 2 级	无	有	有
AT89S52	8KB	256B	32	1 个异步	3 个 16 位	6 个 2 级	无	有	有
AT89S8253	12KB	256B	32	1 个异步	3 个 16 位	6 个 2 级	2KB	有	有

3. STC89C5X 系列单片机的型号

深圳宏晶公司的 STC 系列单片机在国内市场上的占有率与日俱增,其内部资源比起 ATMEL 公司的单片机也要丰富许多。如表 1-3 所示,型号中数字、字母的含义与 AT89 系列类似。表中数据主要针对 PLCC、LQFP 封装的 STC 单片机,与 PDIP 封装的有所不同。

表 1-3 STC89C5X 系列单片机型号

型号	Flash 程序 存储器	RAM 数据 存储器	I/O 线	串行接口	定时/ 计数器	中断源	EEPROM	看门狗	ISP
STC89C51	4KB	512B	36	1 个异步	3 个 16 位	8 个 4 级	2KB	有	有
STC89C52	8KB	512B	36	1 个异步	3 个 16 位	8 个 4 级	2KB	有	有
STC89C54	32KB	1280B	36	1 个异步	3 个 16 位	8 个 4 级	8KB	有	有
STC89C58	32KB	1280B	36	1 个异步	3 个 16 位	8 个 4 级	8KB	有	有
STC89C516	63KB	1280B	36	1 个异步	3 个 16 位	8 个 4 级	无	有	有

要点总结

单片机选型要根据系统任务和性能要求,一般应考虑以下内容:

(1)单片机的资源,如并行 I/O 口、串行口、定时/计数器、中断源的数目,片内程序存储器、数据存储器的容量等。通常是不需要外扩资源就能满足系统需求的单片机优先。

(2)价格、封装形式、体积、货源、性价比等。

(3)开发周期短,开发经验丰富,开发软件、器件齐备等。

三、STC89C52 单片机

1. 功能特点

STC89C52 单片机是宏晶科技公司推出的一个低功耗、高性能 CMOS 8 位单片机,具有 8K 在系统可编程 Flash 存储器。它使用经典的 MCS-51 内核,可以当作一般的 51 单片机使用。同时又做了很多的改进,使得芯片具有传统 51 单片机不具备的功能,为众多嵌入式控制应用系统提供高灵活、超有效的解决方案。

STC89C52 的主要功能特性如下:

(1)与 MCS-51 指令系统兼容。

(2)工作电压:3.3~5.5V。

(3)工作频率范围:0~40MHz。

(4)8KB 可反复擦写(>10000 次)的 Flash ROM。

(5)在系统可编程(ISP),在应用可编程(IAP)。

(6)512B 的内部 RAM。

(7)32 个通用 I/O 口线(PDIP 封装),36 个通用 I/O 口线(PLCC、LQFP 封装)。

(8)1 个通用异步串行口(UART)。

(9)3 个 16 位可编程定时/计数器。

(10)6 个中断源,其中 2 个外部中断,允许 2 级中断嵌套(PDIP 封装)。8 个中断源,其中 4 个外部中断,允许 4 级中断嵌套(PLCC、LQFP 封装)。

(11)具有 EEPROM 功能。

(12)具有看门狗功能。

(13)双数据寄存器指针,使数据搬移速度更快。

(14)空闲、掉电工作模式,中断唤醒掉电模式。

(15)降低 EMI:通过关断 ALE,降低板上的电磁干扰。

(16)双倍速功能:以 6 时钟/机器周期工作,运行速度是标准 51 机的两倍。6 时钟/机器周期和 12 时钟/机器周期可以任意选择。

(17)工作温度范围: $-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ (工业级)、 $0\sim75^{\circ}\text{C}$ (商业级)。

2. 引脚功能

拿到一枚单片机,就可以看到它的外观与形状,即器件的封装。以 STC89C52 单片机为例,它有 PDIP(双列直插式)、PLCC(带引线的塑料芯片载体)、LQFP(薄平方形表面贴)三种封装形式,如图 1-3 所示。PDIP 封装的 STC89C52 单片机与 80C52 单片机的管脚一样,有 40 个引脚。PLCC、LQFP 封装的 STC89C52 单片机有 44 个引脚,多了 P4 口 4 个引脚。PLCC 器件的管脚向内侧卷起,LQFP 封装的管脚自然伸展且间距比较密。

PDIP40 封装形式的单片机可以很方便地使用面包板来搭建应用电路,最适合学校实验室使用。芯片的左上角有一个半圆坑,旁边有一个三角或圆形符号。该标志开始为第 1 引脚,沿逆时针方向数下去,即第 1 至第 40 引脚。

(1)电源引脚

V_{cc} :40 脚,芯片电源端。正电源接 4.0~5.0V 电压,正常工作电压为 +5V。

V_{ss} :20 脚,接地端。

(2)时钟振荡电路引脚

XTAL1:19 脚,单片机系统时钟的反相放大器输入端。

XTAL2:18 脚,单片机系统时钟的反相放大器输出端。

一般只要在 XTAL1 和 XTAL2 之间接一只石英晶振,系统时钟就可以工作了。此外可以在两引脚与接地引脚之间加入 15~30pF 的小电容,使系统更稳定,避免杂波干扰而死机。

(3)控制信号引脚

RST:9 脚,复位信号输入端。当要对芯片重置时,只要将此引脚电位提升到高电位,并持续两个机器周期以上的时间,便能完成系统重置的各项工作,使得内部特殊功能寄存器的内容均被设成初始状态,并且从地址 0000H 处开始读入程序代码而执行程序。

ALE/ $\overline{\text{PROG}}$:30 脚。ALE 是英文“Address Latch Enable”的缩写,表示地址锁存允许信号。当访问外部存储器时,ALE 的输出脉冲用于锁存地址的低 8 位。平时,ALE 端以不变的频率周期输出正脉冲信号,频率为振荡频率的 1/6。在 EPROM 编程期间,此引脚用于输入编程脉冲($\overline{\text{PROG}}$)。

$\overline{\text{PSEN}}$:29 脚,外部程序存储器的选通信号。 $\overline{\text{PSEN}}$ 为“Program Store Enable”的缩写,

