



普通高校“十二五”规划教材·实践创新系列

凌阳16位

单片机**经典实战**

——大学生项目创新实践

陈海宴 吕江涛 李 瑞 编 著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

普通高校“十二五”规划教材·实践创新系列

凌阳 16 位单片机经典实战 ——大学生项目创新实践

陈海宴 吕江涛 李 瑞 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

这是一本讲解大学生创新实践项目的书籍,共12章,详细介绍了具有语音识别和处理功能的SPCE061A单片机和凌阳模组以及集成开发环境;还介绍了音乐播放器、无线语音传输系统、语音控制小车、超声波倒车雷达、环境测试仪、公交车报站器、语音识别机器人、GPS全球定位系统、网络家电控制系统、语音拨号手机通讯录项目的设计与开发过程;不但提供了以上10个项目的硬件电路、软件程序清单,而且对项目涉及的基础知识和技术手段进行了梳理;向读者演示了应用凌阳单片机进行项目开发的过程,并提供了详细的技术文档。

本书配有大量的设计实例,力求使读者了解和掌握项目开发的成果,能够在此成果的基础上进行二次开发。

本书可以作为在校大学生选修课、科技创新大赛、课程设计、毕业设计的教材和参考资料,也可以作为大学生和科技工作者进行创新实践项目开发的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

凌阳16位单片机经典实战 / 陈海宴等编著. — 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2011.6
ISBN 978-7-5124-0466-3

I. ①凌… II. ①陈… III. ①单片微型计算机 IV.
①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 100869 号

版权所有,侵权必究。

凌阳16位单片机经典实战 ——大学生项目创新实践

陈海宴 吕江涛 李 瑞 编著
责任编辑 张冀青

*

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(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:24.75 字数:634千字

2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷 印数:3000册

ISBN 978-7-5124-0466-3 定价:39.00元

前 言

大学生创新实践活动越来越多地受到了全国高校的重视;同时,大学生面临严峻的就业压力,急需提高自身的项目开发能力。凌阳 16 位单片机不但具有单片机的基本功能,而且在语音识别和处理方面具有其独到之处,开发环境简单,便于学生学习和实践,与凌阳公司的模组结合应用十分广泛。相信随着“凌阳大学”计划的不断深入,本书一定能够在培养大学生创新能力方面展现出其特有的风采。

本书第 1 章介绍项目设计需要的硬件环境,即 SPCE061A 单片机及凌阳模组;第 2 章介绍项目开发需要的软件环境,如指令系统、程序设计与集成开发环境。第 3~12 章主要介绍 10 个项目实例。第 3 章介绍音乐播放器的设计与应用;第 4 章介绍无线语音传输系统的设计与实现;第 5 章介绍语音控制小车的设计与实现;第 6 章介绍超声波倒车雷达的设计与应用;第 7 章介绍环境测试仪系统的设计与应用;第 8 章介绍公交车报站器系统的设计与实现;第 9 章介绍语音识别机器人的设计与实现;第 10 章介绍 GPS 全球定位系统的设计;第 11 章介绍网络家电控制系统的设计与应用;第 12 章介绍语音拨号手机通讯录的设计与实现,读者可参考学习。

本书体系完整,层次清晰,通俗易懂,学练结合。其特色如下:

① 教材内容丰富。覆盖音乐播放器、无线语音传输系统、语音控制小车、超声波倒车雷达、环境测试仪系统、公交车报站器系统、语音识别机器人、GPS 全球定位系统、网络家电控制系统、语音拨号手机通讯录 10 个实践项目。

② 内容详实、分析具体。每个实例都给出需要的基础知识和实例,例子详实,讲述过程采用循序渐进的方式展开。

③ 成果来源于实际项目,便于二次开发。包含为大学生展示项目开发的所有成果和文档资料。培养学生项目开发的能力,同时,本书所提供的项目贴近于实战并可在在此基础上进行二次开发。体会项目开发的工作过程,提高学生的学习兴趣和分析问题、解决问题的能力,克服以往轻视实践能力锻炼的缺点。

为了提高大学生的动手实践能力,作者对 10 个实践工程项目的开发成果进行了详细的梳理,不但提供了项目硬件电路、软件程序清单,并对

项目涉及的基础知识和技术手段进行了讲解,力求内容丰富、分析详细。

参加本书编写的人员有陈海宴、吕江涛、李瑞、许平安、杨明飞、吴建洪、欧阳超、鄂那林、史闻博、闫柯菲、高玉强、任良超、于长永、赵玉倩、李庚益、杨扬等。

在凌阳公司提供资料的基础上,我们编写了本书。在编写过程中,得到了北京凌阳爱普科技有限公司罗亚非总经理、刘宏韬经理、袁军经理、王靠文区域经理、王浩区域经理、孙超区域经理和工程技术人员的支持和帮助,在此一并表示真诚的感谢。同时,本书还借鉴了现有许多教材的宝贵经验,在此也对各位作者表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中得到了许多专家和同行的大力支持与热情帮助,这里表示诚挚的感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请专家和广大读者批评指正。

有兴趣的读者,可以发送电子邮件到: chenhy736@sina.com,与作者进一步交流。

书中程序和其他电子资料可以到北京航空航天大学出版社网站: <http://www.buaapress.com.cn> 的下载专区进行下载。

作 者

2011 年 4 月

目 录

第 1 章 SPCE061A 单片机及其硬件结构	1
1.1 SPCE061A 凌阳单片机结构	1
1.1.1 SPCE061A 的 61 开发板	1
1.1.2 SPCE061A 的内部及外围结构	3
1.1.3 芯片的引脚排列和说明	3
1.1.4 凌阳模组	5
1.2 SPCE061A 单片机硬件结构	8
1.2.1 SPCE061A 核心硬件结构	8
1.2.2 中断系统	11
1.2.3 SPCE061A 片内存储器结构	20
1.2.4 SPCE061A 的端口	22
1.2.5 时钟电路	27
1.2.6 PLL 锁相环振荡器	28
1.2.7 系统时钟	28
1.2.8 时间基准信号	29
1.2.9 定时器/计数器	30
1.2.10 睡眠与唤醒	34
1.2.11 模/数转换器 ADC	35
1.2.12 DAC 方式音频输出	39
1.2.13 串行设备输入/输出口 SIO	41
1.2.14 异步串行接口 UART	44
1.2.15 看门狗计数器	47
第 2 章 指令系统与程序设计	48
2.1 指令系统概述及符号约定	48
2.1.1 数据传送类指令	49
2.1.2 算术运算类指令	52
2.1.3 逻辑运算类指令	58
2.1.4 控制转移类指令	66
2.1.5 伪指令	68
2.1.6 宏定义与调用	69
2.1.7 段的定义与调用	72
2.1.8 结构的定义与调用	73
2.1.9 过程的定义与调用	73

2.2	程序设计	74
2.2.1	汇编语言程序设计	75
2.2.2	C 语言程序设计	81
2.2.3	中断系统程序设计	99
2.3	集成开发环境 IDE	121
2.3.1	安装 IDE	122
2.3.2	工作环境介绍	122
2.3.3	项目建立	123
第 3 章	音乐播放器的设计与应用	131
3.1	案例点评	131
3.2	设计任务	131
3.3	设计意义	131
3.4	硬件电路设计	132
3.4.1	器件选型	132
3.4.2	单元电路设计	134
3.5	软件设计	138
3.5.1	主要功能	138
3.5.2	方案实现	139
3.6	系统实现	152
第 4 章	无线语音传输系统的设计与实现	154
4.1	案例点评	154
4.2	设计任务	154
4.3	设计意义	154
4.4	系统结构和工作原理	155
4.4.1	系统结构	155
4.4.2	工作原理	156
4.5	硬件电路设计	156
4.5.1	SPCE061A 简介	156
4.5.2	nRF2401A 无线收发芯片简介	157
4.5.3	单元电路设计	160
4.5.4	总电路框图设计	163
4.6	软件设计	164
4.6.1	主程序设计	164
4.6.2	子程序设计	165
4.6.3	程序参考	166
4.7	系统实现	172
4.7.1	系统调试	172
4.7.2	系统硬件实现	175

4.7.3 注意事项	175
4.7.4 常见问题及解决办法	175
第5章 语音控制小车的设计与实现	176
5.1 案例点评	176
5.2 设计任务	176
5.3 设计意义	177
5.4 系统结构和工作原理	177
5.4.1 系统结构	177
5.4.2 工作原理	178
5.5 硬件电路设计	178
5.5.1 SPCE061A 简介	178
5.5.2 车体介绍	179
5.5.3 单元电路设计	180
5.5.4 总电路图设计	185
5.6 软件设计	185
5.6.1 主程序设计	185
5.6.2 子程序设计	188
5.6.3 程序参考	191
5.7 系统实现	200
5.7.1 系统调试	200
5.7.2 系统硬件实现	202
5.7.3 注意事项	203
5.7.4 常见问题及解决办法	203
第6章 超声波倒车雷达的设计与应用	204
6.1 案例点评	204
6.2 设计任务	204
6.3 方案选择	204
6.4 系统结构与工作原理	205
6.4.1 系统结构	205
6.4.2 超声波测距原理	206
6.5 系统硬件设计	207
6.5.1 放音模块	207
6.5.2 超声波测距模块 V2.0	207
6.5.3 转接板电路	209
6.5.4 显示电路	211
6.6 系统软件设计	211
6.6.1 软件构成	211
6.6.2 主程序设计	212

6.6.3	超声波测距程序	214
6.6.4	语音播放程序	217
6.6.5	显示刷新程序	218
6.7	系统软硬件调试及研究	220
6.7.1	软件调试	220
6.7.2	硬件连接及功能实现	221
第 7 章	环境测试仪系统的设计与应用	223
7.1	案例点评	223
7.2	设计任务	223
7.3	设计意义	223
7.4	系统结构和工作原理	224
7.5	硬件电路设计	225
7.5.1	器件选型	225
7.5.2	单元电路设计	226
7.5.3	最终的电路	230
7.6	软件设计	230
7.6.1	主程序	231
7.6.2	按键扫描程序	235
7.6.3	语音播放程序	237
7.6.4	温度测量程序	239
7.6.5	光线检测程序	244
7.7	方案实现	247
第 8 章	公交车报站器系统的设计与实现	251
8.1	案例点评	251
8.2	设计任务	251
8.3	设计意义	251
8.4	系统结构和工作原理	252
8.5	硬件电路设计	253
8.5.1	器件选型	253
8.5.2	单元电路设计	254
8.5.3	总电路	257
8.6	软件设计	257
8.6.1	主函数	259
8.6.2	键盘部分	264
8.6.3	数码管部分	266
8.6.4	设置和更新时间部分	269
8.6.5	语音部分	275
8.7	方案实现	281

第 9 章 语音识别机器人的设计与实现	284
9.1 案例点评	284
9.2 设计任务	284
9.3 设计意义	284
9.4 系统结构和工作原理	285
9.5 硬件电路设计	286
9.5.1 器件选型	286
9.5.2 单元电路设计	287
9.6 软件设计	288
9.6.1 SACM_S480 语音算法介绍	288
9.6.2 系统软件设计	290
9.7 系统调试	307
9.8 机器人语音训练和语音识别	310
第 10 章 GPS 全球定位系统的设计	311
10.1 案例点评	311
10.2 设计任务	311
10.3 设计意义	311
10.4 系统结构和工作原理	312
10.4.1 系统结构	312
10.4.2 GPS 概述	312
10.4.3 GPS 定位的基本原理	312
10.4.4 GPS 消息格式	313
10.5 系统硬件设计	314
10.5.1 SPLC501 液晶模组	314
10.5.2 GPS 模组	316
10.6 系统软件设计	318
10.6.1 软件构成	318
10.6.2 主程序	318
10.6.3 键盘扫描模块	323
10.6.4 UART 接收模块	323
10.6.5 Queue 队列模块	324
10.6.6 液晶驱动的程序	324
10.6.7 GPS 模组启动程序	325
10.6.8 GPS 消息解析模块	326
10.6.9 地图显示模块	327
10.6.10 经纬度显示模块	328
10.6.11 日历显示模块	328
10.7 系统调试	329

10.8 结论和展望	331
第 11 章 网络家电控制系统的设计与应用	332
11.1 案例点评	332
11.2 设计任务	332
11.3 设计意义	333
11.4 系统组成结构和工作原理	333
11.5 硬件电路设计	333
11.5.1 器件选型	333
11.5.2 单元电路设计	334
11.6 软件设计	337
11.6.1 运行于 $\mu'nSP$ 平台的 TCP/IP 协议栈 ——unIP	337
11.6.2 基于 TCP 协议的服务器的实现	339
11.6.3 HTTP 应用层处理	342
11.6.4 数据包的接收与发送	345
11.6.5 网页程序设计	347
11.6.6 DM9000 与单片机连接组成 Web Server 程序设计	348
11.6.7 语音播报的实现	350
11.7 系统调试	352
第 12 章 语音拨号手机通讯录的设计与实现	356
12.1 案例点评	356
12.2 设计任务	356
12.3 设计意义	357
12.4 系统组成结构和工作原理	357
12.5 硬件电路设计	359
12.5.1 器件选型	359
12.5.2 单元电路设计	361
12.6 软件设计	364
12.6.1 通讯录数据结构	364
12.6.2 软件构成	365
12.7 系统调试	380
12.7.1 汉字库和输入法数据烧录	380
12.7.2 方案实现	380
12.7.3 文本输入方法示例	381
参考文献	383

第 1 章 SPCE061A 单片机及其硬件结构

随着科学技术的日益更新,单片机正朝着功能集成化方向飞速发展。单片机的应用领域也逐渐由传统的控制扩展到控制处理、数据处理以及数字信号处理 DSP(Digital Signal Processing)等领域。在全国的高等院校中,各类大学生科技创新活动迅速发展,大赛以电子电路应用设计为主要内容,涉及模/数混合电路、单片机、可编程器件、EDA 软件工具和 PC 机的应用。在种类繁多的单片机元件中,凌阳 16 位单片机 SPCE061A 受到众多参赛选手的青睐。该单片机实用性强,性价比高,功能全面,在各类大赛中表现突出。本章主要介绍凌阳 SPCE061A 精简开发板的结构、芯片的引脚排列、芯片特性及开发方式。

1.1 SPCE061A 凌阳单片机结构

凌阳 16 位单片机 CPU 内核采用凌阳最新推出的 $\mu'nSP^{TM}$ (Microcontroller and Signal Processor) 16 位微处理器芯片(以下简称 $\mu'nSP^{TM}$)。围绕 $\mu'nSP^{TM}$ 所形成的 16 位 $\mu'nSP^{TM}$ 系列单片机(以下简称 $\mu'nSP^{TM}$ 家族),该系列采用模块式集成结构,以 $\mu'nSP^{TM}$ 内核为中心,集成不同规模的 ROM、RAM 和功能丰富的各种外设接口部件。

1.1.1 SPCE061A 的 61 开发板

SPCE061A 单片机的开发系统为 SPCE061A EMU BOARD,通常情况下简称其为“61 板”。该板通过挂接不同的硬件和下载不同的程序就可以实现各类特定功能的系统。由于具有语音处理的特色,即使不挂接额外的硬件,只是下载一些开发环境下提供的程序就可以实现一个复读机、语音万年历之类的系统,所以这也是一些人把 61 板称为准产品的一个原因。

61 板的主要性能如下:

- 16 位 $\mu'nSP^{TM}$ 微处理器;
- 工作电压: CPU, VDD 为 2.4~3.6 V; I/O, VDDH 为 2.4~5.5 V;
- CPU 时钟: 0.32~49.152 MHz;
- 内置 2K 字 SRAM;
- 内置 32K 字 FLASH;
- 能够进行可编程音频处理;
- 晶体振荡器;
- 系统处于备用状态(时钟处于停止状态)时,耗电仅为 2 μ A(3.6 V 供电情况下);
- 具有 2 个 16 位可编程定时器/计数器(可自动预置初始计数值);
- 具有 2 个 10 位 DAC(数/模转换)输出通道;
- 具有 32 位通用可编程输入/输出端口;
- 具有 14 个中断源(可来自定时器 A/B)、时基、2 个外部时钟源输入、触键唤醒;
- 具备触键唤醒的功能;

- 使用凌阳音频编码 SACM_S240 方式(2.4 kb/s),能容纳 210 s 的语音数据;
- 锁相环 PLL 振荡器提供系统时钟信号;
- 具有 32768 Hz 实时时钟;
- 具有 7 通道 10 位电压模/数转换器(ADC)和单通道声音模/数转换器;
- 具有声音模/数转换器输入通道内置麦克风放大器和自动增益控制(AGC)功能;
- 具备串行设备接口;
- 具有低电压复位(LVR)功能和低电压监测(LVD)功能;
- 内置在线仿真电路 ICE(In-Circuit Emulator)接口;
- 具有保密的功能;
- 具有 WatchDog 功能。

61 板采用的是模块化结构设计,各功能模块的划分见图 1.1.1。各区的功能如下:

① 电源区:为整个系统提供电源,通常采用系统配套的电池盒进行供电,只要放入 3 节 5 号电池就可以满足供电需求了。

② 下载区:程序就是通过这边的接口下载到 SPCE061A 单片机的,当然,在进行在线调试时也能上传一些硬件信息到开发环境中。

③ 音频区:这里的麦克风是用来进行语音输入的,还有一个喇叭的接口用来进行语音播放。

④ SPCE061A 与周边器件:是整块板子的“大脑”,所有控制信息都是从这里发出的,那些周边器件用来协助 SPCE061A 单片机正常工作。

⑤ 键控区:采用这几个按键可以做一些简单的试验,比如,当板子里下载了复读机的程序,按这几个按键就可以分别进行录音、暂停和播放;如果下载的是语音万年历的程序,按这几个按键就可以设定初始时间和控制播放当前时间等。

⑥ 复位区:由几个简单的电子元器件组成,当按下这里的按键后,单片机就重新开始工作,也可以说单片机中的程序从第一条开始重新运行。

⑦ 端口区:用于对外挂硬件的控制,或者获取外部硬件的一些状态,以便 SPCE061A 进

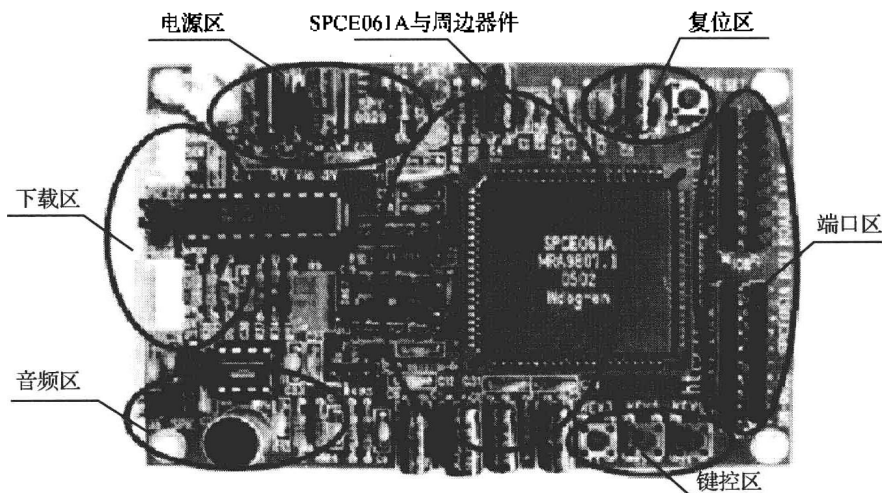


图 1.1.1 61 板的模块结构

行处理。

1.1.2 SPCE061A 的内部及外围结构

SPCE061A 的结构框图如图 1.1.2 所示。

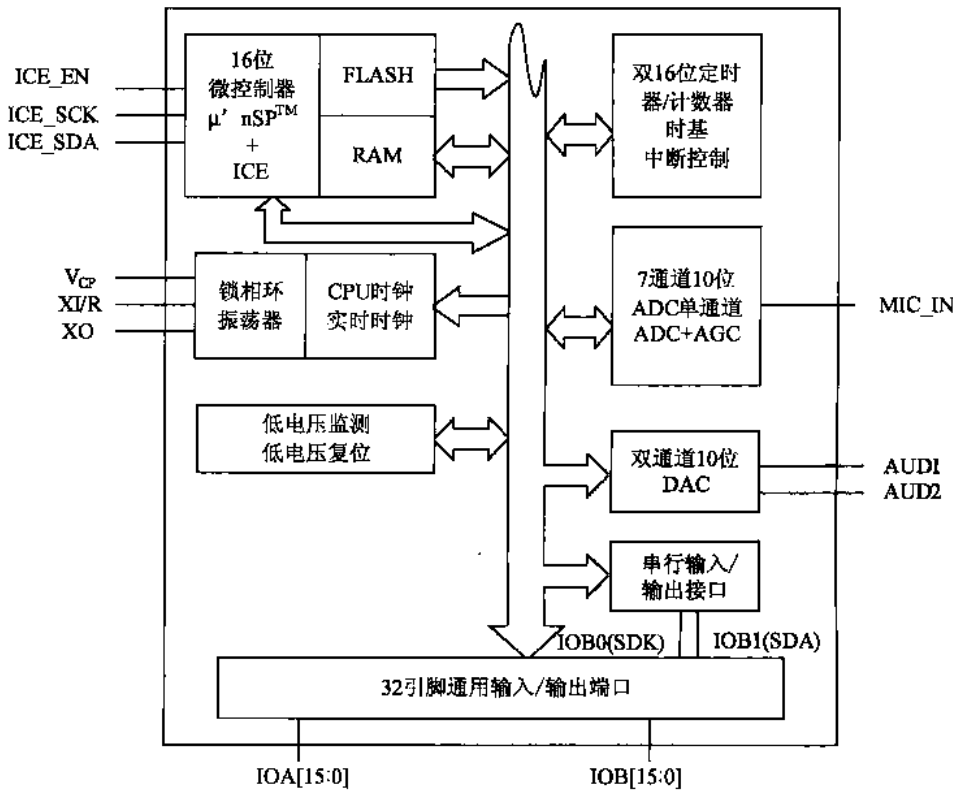


图 1.1.2 SPCE061A 结构框图

1.1.3 芯片的引脚排列和说明

SPCE061A 有两种封装片，一种为 80 个引脚，LQFP80 封装形式，它的排列如图 1.1.3 所示；另一种为 84 个引脚，PLCC84 封装形式，它的排列如图 1.1.4 所示。

在 LQFP80 封装中有 11 个空余引脚，用户使用这 11 个空余引脚接地。在 PLCC84 封装中，有 15 个空余引脚，用户使用这 15 个空余引脚悬浮。本书以 LQFP80 为例介绍其封装引脚功能，引脚描述如表 1.1.1 所列。

表 1.1.1 引脚描述表

引脚名称	引脚编号	类 型	描 述
IOA[15:8]	46~39	输入/输出	IOA[15:8]:双向 I/O 端口
IOA[7:0]	34~27	输入/输出	IOA[7:0]:通过编程,可设置成唤醒; IOA[6:0]:与 ADC Line_In 输入共用
IOB[15:11]	50~54	输入/输出	IOB[15:11]:双向 I/O 端口

续表 1.1.1

引脚名称	引脚编号	类 型	描 述
IOB10	57	输入/输出	IOB[10:0]除用作普通的 I/O 端口,还可作为通用异步串行数据发送引脚 TX
IOB9	58	输入/输出	Timer B 脉宽调制输出引脚 BPWMO
IOB8	59	输入/输出	Timer A 脉宽调制输出引脚 APWMO
IOB7	60	输入/输出	通用异步串行数据接收引脚 RXD
IOB6	61	输入/输出	双向 I/O 端口
IOB5	62	输入/输出	外部中断源 EXT2 的反馈引脚
IOB4	63	输入/输出	外部中断源 EXT1 的反馈引脚
IOB3	64	输入/输出	外部中断源 EXT2
IOB2	65	输入/输出	外部中断源 EXT1
IOB1	66	输入/输出	串行接口的数据传送引脚
IOB0	67	输入/输出	串行接口的时钟信号
DAC1	12	输出	DAC1 数据输出引脚
DAC2	13	输出	DAC2 数据输出引脚

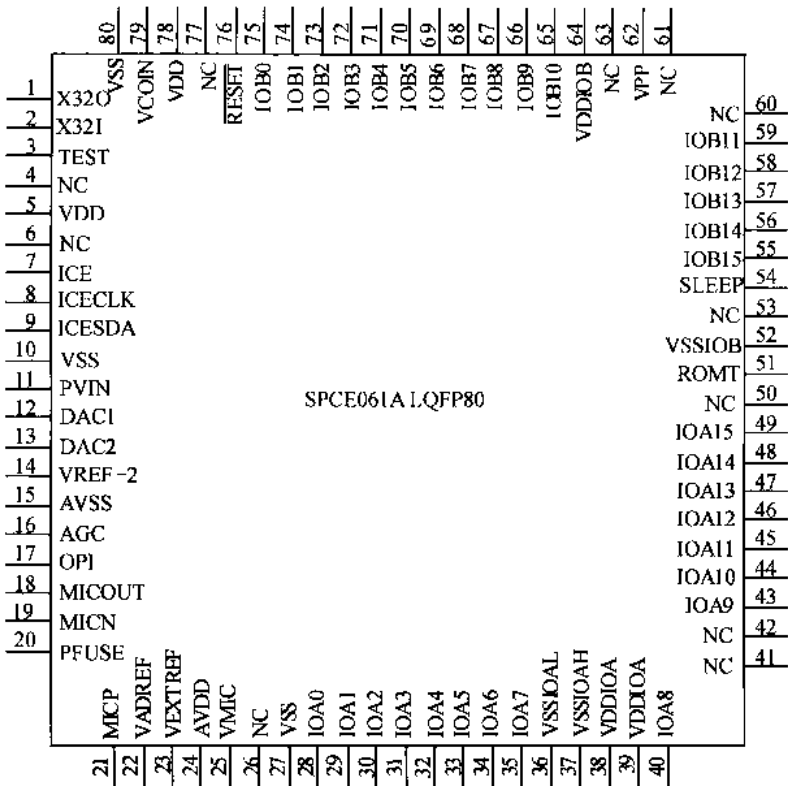


图 1.1.3 SPCE061A LQFP80 封装引脚排列图

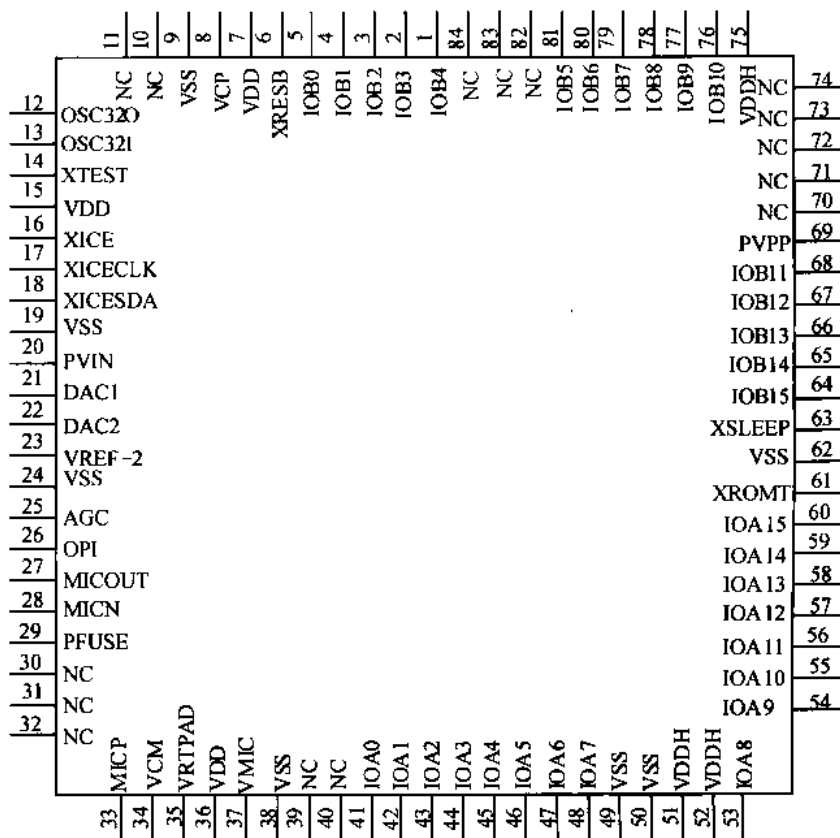


图 1.1.4 SPCE061A PLCC84 封装引脚排列图

1.1.4 凌阳模组

1. SPLC501 液晶模组

图 1.1.5 所示是一款 128×64 点阵的液晶模组,驱动芯片采用的是 SPLC501。模组接口简单,应用方便,功耗低,且可以完成较多液晶特效功能;可以显示字符、汉字、图形等,且可以编程调节灰度;兼容 68/80 系列微处理器输入。

- 显示格式: 128×64 点阵图形液晶;
- 工作电压: 3.3~6.5 V;
- 视屏尺寸: 58.84 mm $\times$ 35.79 mm;
- 像素尺寸: 0.46 mm(宽) $\times$ 0.56 mm(长);
- 点大小: 0.42 mm(宽) $\times$ 0.51 mm(长)。

2. 以太网通信模组

图 1.1.6 所示模组采用 DM9000 作为控制芯片,与单片机结合可构成一个完整的网络终端。此设备与 61 板连接可构成一个简单 Web 服务器。模组拥有 4 Mbit 串行数据存储器及接口,可进行数据存储。

- 工作电压: 3.3~5 V;
- 尺寸: 8.82 cm $\times$ 5.0 cm;

- 连接模式：10MHALF、10MFULL、100MHALF、100MFULL 和 AUTO；
- 与 MCU 的连接模式：ISA 8 位和 ISA 16 位。

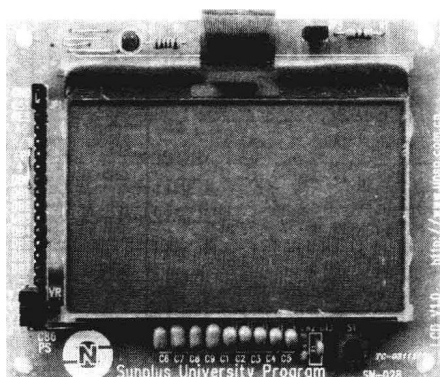


图 1.1.5 SPLC501 液晶模组

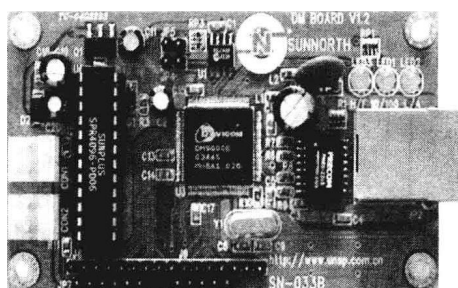


图 1.1.6 以太网通信模组

3. GPS 模组

图 1.1.7 所示模组是一款高性能的信号接收模组，以 APM7101 芯片为核心，集成了 SiR-FatarIII GPS 处理器、LNA 电路、SAW 滤波器、振荡和校准电路，可用于定位与导航领域。

- 工作电压：3.3~6.5 V；
- 尺寸：43.5 mm×35.5 mm；
- 通信方式：标准 UART；
- 灵敏度：-159 dBm；
- 定位精度：Auto 小于 10 m，SBAS 小于 5 m。

4. 超声波测距模组

图 1.1.8 所示模组是为方便进行单片机接口学习而设计的模组，与 61 板连接方便，应用于短距离测距、机器人检测、障碍物检测、车辆倒车雷达以及家居安防系统等方面。

- 工作电压：4.5~5.5 V；
- 尺寸：6.48 cm×4.07 cm；
- 短距：10~80 cm(取决于被测物表面材料)；
- 中距：80~400 cm(取决于被测物表面材料)；
- 可调：范围由可调节参数确定。

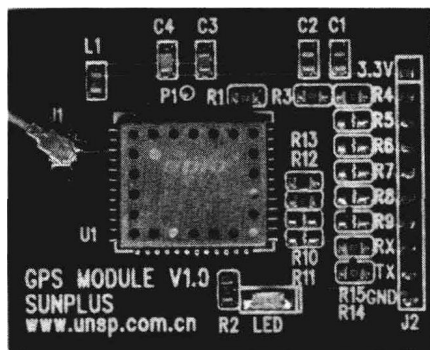


图 1.1.7 GPS 模组

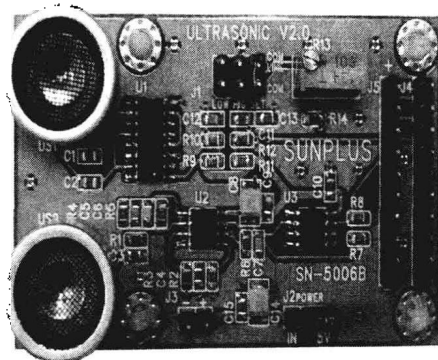


图 1.1.8 超声波测距模组