



凌 阳 大 学 计 划
Sunplus University Program

凌阳十六位单片机 应用文集

凌阳大学计划推广中心

北京市海淀区上地信息产业基地中黎科技园 1 号楼 6 层 C 段 邮编：100085

TEL : 86-10-62981668

FAX : 86-10-62985972

E-mail: unsp@sunplus.com.cn

<http://www.unsp.com.cn>

目 录

第 1 章	凌阳单片机.....	2
第 2 章	凌阳十六位单片机.....	4
2.1	CPU 结构原理	5
2.2	片内存储器结构	13
2.3	$\mu^{\text{NSP}}\text{TM}$ 的片内外设部件	14
第 3 章	凌阳十六位单片机选型	21
3.1	SPCE061A 简介	21
3.2	SPMC701FM0A 简介	26
3.3	SPT6602 简介	28
3.4	SPT6604 简介	31
3.5	SPT6608A 简介	33
3.6	SPG200A 简介	36
3.7	SPL16256A 简介	38
3.8	SPF32 简介	40
第 4 章	开发工具	43
4.1	硬件开发工具	43
4.2	软件开发工具	43
第 5 章	应用实例	46
5.1	常用 LCD (FM12232A) 在 SPCE061A 上的应用	46
5.2	SPCE061A 外扩 FLASH (W29C040) 实现数码录音及播放	53
5.3	使用 SPCE061A 的 SIO 实现数码录音及播放	61
5.4	SPCE061A 单片机在 USB 通讯中的应用	65
5.5	SPCE061A 端口扩展方案	70
5.6	SPCE061A 在语音遥控器中的应用	74
5.7	SPCE061A 在 IP 电话中的应用	78
5.8	SPCE061A 在电冰箱中应用	93
5.9	控制式计热表	100
5.10	语音智能空调控制器的设计	104
5.11	语音数字万用电表的设计	119
5.12	SPMC701FM0A 在 UPS 中的应用	131
5.13	基于 SPG200 的电视教学琴设计	145
5.14	SPL16256A 在电子销售终端上的应用	151
5.15	具有远程家电控制功能的电话	160
5.16	语音智能型洗衣机控制器的设计	166
5.17	凌阳 16 位单片机在变频洗衣机控制器中的应用	172
5.18	SPT6608A 在短消息电话机中的应用	178

第1章 凌阳单片机

凌阳科技 (<http://www.sunplus.com.tw>) 是世界级消费性电子产品零件供应领导厂, 积极引领各类消费性芯片的研发与创新设计, 实现科技落实生活的时代。目前凌阳科技已经是世界前 20 大芯片设计公司。它拥有较先进的设计, 提供几千种标准产品, 广泛应用于工业领域和消费类电子产品领域。同时还提供高性能的外围电路, 包括 LCD, AGC, DTMF, A/D, D/A, UART, SPI, PCI, 计数器, 存储控制器等等, 部分型号单片机可以完成在线编程、仿真, 调试。此设计不仅降低开发者的成本, 且可以很大程度上加快开发者设计进程。

凌阳科技的单片机除了在 MCU 上集成更多的具有混合外设功能的模块和大容量的存储器以外, 还把一些诸如数字处理功能和语音处理功能等集成在 MCU 上, 竭力提高单片机的性能/价格比, 使其应用又上了一个更高的台阶。本章将特别针对凌阳科技自行开发的 16 位单片机 ($\mu'nSP^{\text{TM}}$) 讲述其系列产品的结构设计特点。表 1 给出了凌阳公司单片机系列产品。

表1 凌阳的 16 位单片机产品一览

系列类型	IC 型号	用 途
SPCExxx	SPCE500A, SPCE060A, SPCE061A	主要应用于语音播放和语音识别领域
SPGxxx	SPG100A, SPG200A	主要应用于视频游戏机类产品之微控制器
SPT660x	SPT6601, SPT6602	主要应用于通信领域中带 LCD 驱动的到来辨识功能
SPMCxxx	SPMC701	一般目的之控制器。内含闪存, 配合烧录器的使用, 适于教学实验用途
SPFxxx	SPF32A, SPF32512A	主要应用于高档电子乐器
SPLxxx	SPL16256A, SPL161001	主要应用于数字声音, 语音辨识, 显示屏等领域

SPCE 系列的全双工异步通讯的串行接口, 可实现多机通信, 组成分布式控制系统。红外收发通讯接口, 可用于近距离的双机通讯或制作红外遥控装置; A/D、D/A 转换接口可以方便用于各种数据的采集、处理和控制输出, 并为与用户系统友好地交互打下基础。A/D、D/A 转换接口与 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的 DSP 运算功能结合在一起, 可实现语音识别功能, 使其方便地运用于语音识别应用领域。

SPT660 系列的双音多频 (DTMF, Dual Tone Multi Frequency) 发生器可实现电话拨号功能; 内置的 LCD 控制器/驱动器; 内置具有 4~8 级自动增益控制的 ADC 通道及可用于播放乐曲/语音的 DAC 通道; 同样, 它们与 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的 DSP 运算功能结合在一起, 可实现来电辨识和语音拨号之功能。

SPMC 系列的标准外围接口、并行通讯接口, 捕获、比较、脉宽调制等功能使其较方便应用于汽车等

一般控制领域。

SPG 系列配备 $\mu'nSP$ （凌阳开发的 16 位 CPU），图片处理单元（PPU），声音处理单元（SPU）和其他 TV 节目应用的重要性能。SPG 系列单片机能产生电视系统（NTSC 或 PAL）的图像和声音。内置 10 位 ADC，UART 接口，SPI 接口和其他连接各种输入输出装置的配置，如图像传感器，触摸盘等等。

SPF 系列含多处理器的单芯片，包括 $\mu'nSP^{TM}$ ，32 通道声音处理单元（SPU）和其他用于电子乐器的重要功能。LCD 驱动最大点阵 1024×256 ，SPI 接口，内置 10 位 ADC，UART（MIDI）接口和其他连接不同输入输出装置的其他性能。SPF 系列单片机可提供最新声音处理技术。

SPL 系列单片机是 16 位 LCD 控制器，配备凌阳最新的 16 位微处理器， $\mu'nSP$ 高处理速度确保能够处理复杂的数字信号。该 LCD 控制器可支持 16 级灰度，可达 320×320 像素，低电压检测/复位，7 个 12 位 ADC 通道（一个通道内置带自动增益控制器 MIC 放大器）。主要应用于数字声音和语音辨识领域。

第2章 凌阳十六位单片机

凌阳的十六位单片机的 CPU 内核采用凌阳最新推出的 $\mu'nsp$ (Microcontroller and Signal Processor, 读为 Micro-n-SP) 16 位微处理器芯片 (以下简称 $\mu'nSP^{\text{TM}}$)。围绕 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 所形成的 16 位 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 系列单片机, 采用的是模块式集成结构, 它以 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 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, 如图 1 所示。

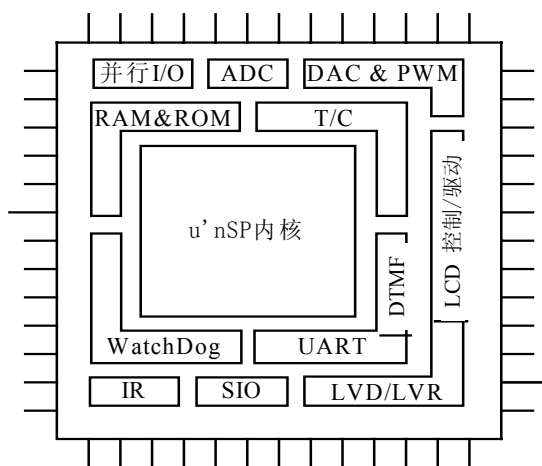


图1 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 模块式结构

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核是一个通用的核结构。除此之外的其它功能模块均为可选结构, 亦即这种结构可大可小或可有可无。借助这种通用结构附加可选结构的积木式的构成, 便可形成各种不同系列派生产品, 以适合不同的应用场合。这样做无疑会使每一种派生产品具有更强的功能和更低的成本。

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 系列芯片有以下特点:

一、体积小、集成度高、可靠性好且易于扩展

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 家族把各功能部件模块化地集成在一个芯片里, 内部采用总线结构, 因而减少了各功能部件之间的连线, 提高了其可靠性和抗干扰能力。另外, 模块化的结构易于系统扩展, 以适应不同用户的需求。

二、具有较强的中断处理能力

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 家族的中断系统支持 10 个中断向量及 10 余个中断源, 适合实时应用领域。

三、高性能价格比

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 家族片内带有高寻址能力的 ROM、静态 RAM 和多功能的 I/O 口。另外, $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的指令系统提供具有较高运算速度的 16 位 \times 16 位的乘法运算指令和内积运算指令, 为其应用增添了 DSP 功能, 使得 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 家族运用在复杂的数字信号处理方面既很便利, 又比专用的 DSP 芯片廉价。

四、功能强、效率高的指令系统

$\mu'nSP^{TM}$ 的指令系统的指令格式紧凑，执行迅速，并且其指令结构提供了对高级语言的支持，这可以大大缩短产品的开发时间。

五、低功耗、低电压

$\mu'nSP^{TM}$ 家族采用 CMOS 制造工艺，同时增加了软件激发的弱振方式、空闲方式和掉电方式，极大地降低了其功耗。另外， $\mu'nSP^{TM}$ 家族的工作电压范围大，能在低电压供电时正常工作，且能用电池供电。这对于其在野外作业等领域中的应用具有特殊的意义。

2.1 CPU 结构原理

$\mu'nSP^{TM}$ 的内核如图 2。它由总线、算术逻辑运算单元、寄存器组、中断系统及堆栈等部分组成，右边文字为各部分简要说明。

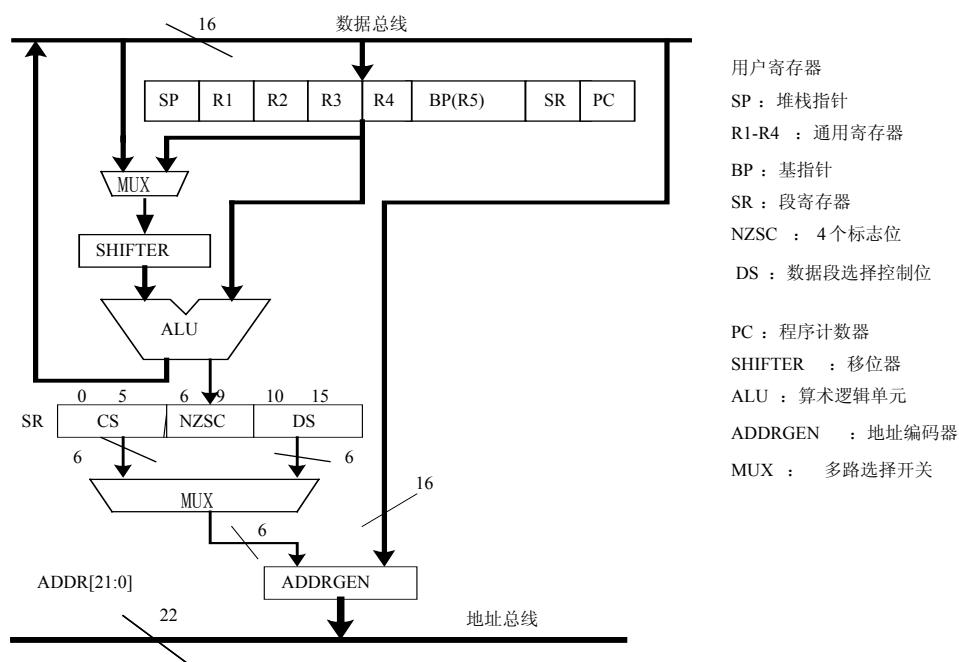


图2 $\mu'nSP^{TM}$ 的内核结构

2.1.1 数据总线和地址总线

$\mu'nSP^{TM}$ 是 16 位单片机，它具有 16 位数据线和 22 位地址线。由此决定其基本数据类型是 16 位的“word”型，而不是 8 位的“Byte”型；因而每次存储器都是按“word”操作的，22 位地址线最多可寻访 4M 字的存储容量。地址线中的高 6 位 A16~A21 来自段寄存器 SR 中的 6 位代码段（CS: Code Segment）和 6 位数据段（DS: Data Segment）选择字段，低 16 位 A0~A15 则来自内部寄存器。通常，地址线的高 6 位称为存储器地址的页选，简称页码（Page）；而低 16 位则称为存储器地址的偏移量（Offset）。 $\mu'nSP^{TM}$ 通过对段（Segment）的编码来实现存储器页的检索，即是说“Segment”的含义与“Page”的含义是等同

的。因而，通过 Segment 与 Offset 的配合即可产生 22 位地址线，如上图 2 中 ADDRGEN 所示。

2.1.2 算术逻辑运算单元 ALU

$\mu'nSP^{TM}$ 的 ALU 在运算能力上很有特色，它不仅能做 16 位基本的算术逻辑运算，也能做带移位操作的 16 位算术逻辑运算，同时还能做用于数字信号处理的 16 位 \times 16 位的乘法运算和内积运算。

1、16 位算术逻辑运算

不失一般性， $\mu'nSP^{TM}$ 与大多数 CPU 类似，提供了基本的算术运算与逻辑操作指令，加、减、比较、取补、异或、或、与、测试、写入、读出等 16 位算术逻辑运算及数据传送操作。

2、带移位操作的 16 位算逻运算

对图 2 稍加留意，就会发现 $\mu'nSP^{TM}$ 的 ALU 前面串接有一个移位器 SHIFTER，也就是说，操作数在经过 ALU 的算逻操作前可先进行移位处理，然后再经 ALU 完成算逻运算操作。移位包括：算术右移、逻辑左移、逻辑右移、循环左移以及循环右移。所以， $\mu'nSP^{TM}$ 的指令系统里专有一组复合式的“移位算逻操作”指令；此一条指令完成移位和算术逻辑操作两项功能。程序设计者可利用这些复合式的指令，撰写更精简的程序代码，进而增加程序代码密集度 (Code Density)。在微控制器应用中，如何增加程序代码密集度是非常重要的议题；提高程序代码密集度意味着：减少程序代码的大小，进而减少 ROM 或 FLASH 的需求，以此降低系统成本与增加执行效能。

3、16 位 \times 16 位的乘法运算和内积运算

除了普通的 16 位的算逻运算指令外， $\mu'nSP^{TM}$ 的指令系统还提供处理速度较高的 16 位 \times 16 位的乘法运算指令 Mul 和内积运算指令 Muls。二者都可以用于两个有符号数或一个有符号数与一个无符号数的运算。在该指令集下，Mul 指令只需花费 12 个时钟周期，Muls 指令花费 $10n+6$ 个时钟周期，其中 n 为乘积求和的项数。例如：“MR=[R2]*[R1],4”表示求 4 项乘积的和，Muls 指令只需花费 46 ($10 \times 4 + 6 = 46$) 个时钟周期。这两条指令为 $\mu'nSP^{TM}$ 应用于复杂的数字信号处理运算方面提供了便利的条件。

2.1.3 寄存器组

$\mu'nSP^{TM}$ 的 CPU 寄存器组里有 8 个 16 位寄存器，可分为通用型寄存器和专用型寄存器两大类。通用型寄存器包括：R1~R4，作为算术逻辑运算的源及目标寄存器。专用型寄存器包括 SP、BP、SR、PC，是与 CPU 特定用途相关的寄存器。见表 2。

表2 CPU 寄存器及其功能

寄存器 ID 号	寄存器符号	功能名称
0 (000)	SP	堆栈指针寄存器
1 (001)	R1	普通寄存器
2 (010)	R2	普通寄存器

3 (011)	R3	普通寄存器
4 (100)	R4	普通寄存器
5 (101)	BP(R5)	基址指针寄存器
6 (110)	SR	段寄存器
7 (111)	PC	程序指针寄存器

1、通用型寄存器 R1~R4

通常可分别用于数据运算或传送的源及目标寄存器。而寄存器 R4、R3 配对使用还可组成一个 32 位的乘法结果寄存器 MR；其中 R4 为结果的高字组，R3 为结果的低字组，用于存放乘法运算或内积运算结果。

2、堆栈指针寄存器 SP

SP 是在 CPU 执行压栈/出栈指令（push/pop）、子程序调用/返回指令（call/retf）以及进入中断服务子程序(ISR, Interrupt Service Routine) 或从 ISR 返回指令（reti）时自动减少（压栈）或增加（弹栈），以示堆栈指针的移动。堆栈的最大容量范围限制在 2K 字的 RAM 内，即地址为 0x000000~0x0007FF 的存储器范围中。

3、基址指针寄存器 BP

$\mu'nSP^{TM}$ 提供了一种方便的寻址方式，即变址寻址方式[BP+IM6]；程序设计者可通过它直接存取 ROM 与 RAM 中的各种数据，包括：局部变量(Local Variable)、函数参数(Function Parameter)、返回地址(Return Address) 等等；这在 C 语言程序中是特别有用的。BP 除了上述用途外，也可做为通用寄存器 R5 用于数据运算或传送的源及目标寄存器。因此，在本章或程序中，BP 与 R5 是共享的，均代表基址指针寄存器。

4、段寄存器 SR

有多种功能用途，如图 2 所示。SR 中有代码段选择字段(CS)和数据段选择字段(DS)，它们可分别与其它 16 位的寄存器合在一起形成 22 位地址线，用来寻址 4M 字容量的存储器。

算逻运算结果的各标志位 NZSC 亦储存于其中，即 SR 中间的 4 位（B6~B9）。CPU 在执行条件/无条件短跳转指令（JUMP）时需测试这些标志位以控制程序的流向。这些标志位的内容是：

进位标志 C

C=0 时表示运算过程中无进位或有借位产生，而 C=1 表示运算过程中有进位或无借位产生。在无符号数运算中，16 位数可以表示的数值范围是 0x0000~0xFFFF，即 0~65535。如果运算结果大于 65535(0xFFFF)，则标志位 C 被置 1。请注意：标识位 C 一般用于无符号数运算的进、借位判断。

零标志 Z

Z=0 时表示运算结果不为 0，Z=1 时表运算结果为 0。

负标志 N

标志位 N 是用来判断运算结果的最高位 (B15) 为 0 还是为 1。B15=0 则 N=0; B15=1 则 N=1。

符号标志 S

S=0 时表示运算结果不为负, S=1 时则表示运算结果 (在二进制补码的规则下) 为负。对于有符号数运算, 16 位数所表示的数值范围是为 0x8000~0x7FFF, 即-32768~32767。若运算结果小于零, 则标志位 S 置 1。有符号数运算的运算结果可能会大于 0x7FFF 或小于 0x8000。比如: 0x7FFF+0x7FFF=0xFFFE (65534), 运算结果为正 (S=0), 且无进位 (C=0) 发生; 在此情况下, 标志位 N 被置 1 (因为最高有效位为 1)。若标志位 N 和 S 不同, 则说明有溢出发生, 即: S=0, N=1 或 S=1, N=0。例如当为有符号数时, 可判断正负。而 JVC (N==S), JVS (N!=S) 则可用来判断 overflow。请注意: N, S 的组合用于有符号数溢出的判断。

5、程序计数器 PC (Program Counter)

它的作用与所有微控制器中的 PC 作用均相同, 是作为程序的地址指针来控制程序走向的专用寄存器。CPU 每执行完当前指令, 都会将 PC 值累加当前指令所要占据的字节数或字数, 以指向下一条指令的地址。在 $\mu'nSP^TM$ 里, 16 位的 PC 通常与 SR 寄存器的 CS 选择字段共同组成 22 位的程序代码地址。

2.1.4 堆栈

堆栈是在内存 RAM 区专门开辟出来的按照“先进后出”原则进行数据存取的一种工作方式如图 3, 主要用于子程序调用及返回和中断处理断点的保护及返回。值得注意的是堆栈的生长方向, 系统复位后, SP 初始化为栈区的最高地址处, 每执行 PUSH 指令一次, SP 指针减一。

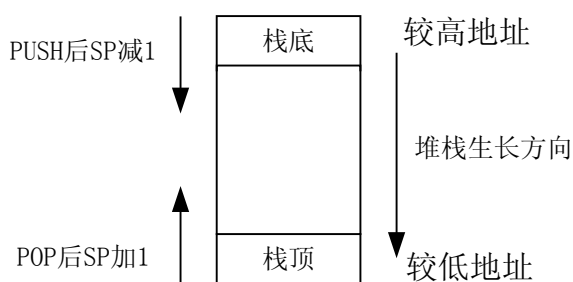


图3 堆栈

2.1.4.1 压栈与弹栈

压栈 (push) 操作如图 4 所示。堆栈指针 SP 总是指向位于栈顶的第一个空项。在压入一个字数据后 SP 减 1。将多个寄存器压栈写入时总是让指令中序号最高的寄存器先入栈, 直至序号最低的寄存器最后入栈。因此, 执行指令 push r1, r4 to [sp] 与指令 push r4, r1 to [sp] 是等效的。

弹栈 (pop) 操作前 SP 总是指向栈底的第一个空项, 如图 4 所示。因此, 在弹栈拷贝数据之前 SP 要

加 1，且总是将先弹出拷贝的数据置入指令中序号最低的寄存器，直至最后一个拷贝数据置入序号最高的寄存器。这样便符合 $\mu'nSP^{TM}$ 堆栈的后进先出的原则。

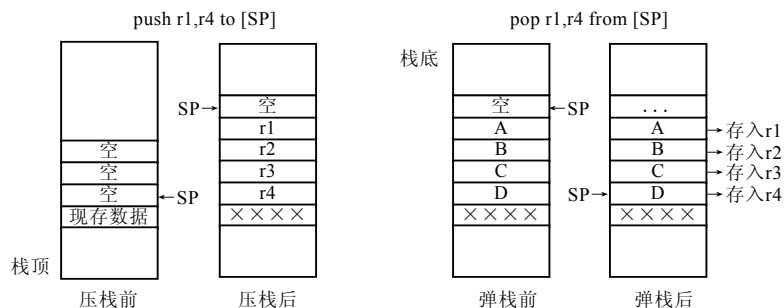


图4 压栈操作 入栈操作

2.1.5 系统时钟

不同型号的 $\mu'nSP^{TM}$ 单片机，其系统时钟提供的方式不同，例如 SPMC701FM0A，其外部时钟振荡器有两个，一个是 6MHz 晶振或者 RC 振荡电路，另一个是 32768Hz 晶振。6MHz 晶振用于提供给内部的锁相环振荡器，32768Hz 晶振用于提供时间基准信号。而 SPCE061A 单片机的系统时钟与 SPMC701 又有不同，此处以 SPCE061A 为典型重点介绍。

SPCE061A 的系统时钟由时钟发生器（32768Hz 晶振）、锁相环（PLL）和时基信号（RTC）组成。其结构如图 5 所示。

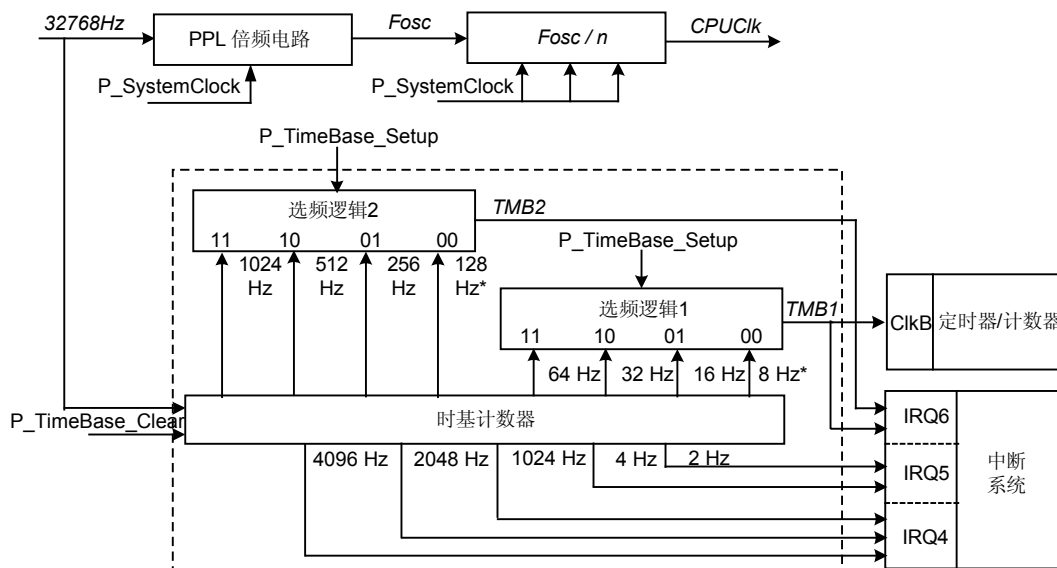


图5 系统时钟结构图

32768Hz 的晶体振荡器经过 PLL 倍频电路产生系统时钟频率(Fosc) Fosc 再经过分频得到 CPU 时钟频率(CPUCLK)。默认的 Fosc、CPUCLK 分别为 24.576MHz 和 Fosc/8。

此外，32768Hz 振荡器有两种工作方式：强振模式和自动弱振模式。处于强振模式时，RTC 振荡器始终运行在高耗能的状态下。处于自动弱振模式时，系统在上电复位后的前 7.5s 内处于强振模式，然后自动切换到弱振模式以降低功耗。CPU 被唤醒后默认的时钟频率为 Fosc/8，用户可以根据需要调整该值。

2.1.5.1 时钟发生器

SPCE061A 时钟电路的接线图如图 6。外接晶振采用 32768Hz。推荐使用外接 32768Hz 晶振，因阻容振荡的电路时钟不如外接晶振准确。

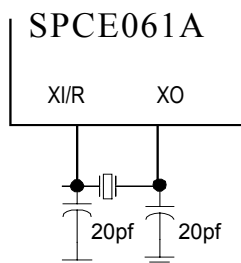


图6 SPCE061A 与振荡器的连接

2.1.5.2 锁相环 PLL (Phase Lock Loop)振荡器

PLL 电路的作用是将系统提供的实时时钟的基频(32768Hz)进行倍频，调整至 49.152MHz、40.96MHz、32.768MHz、24.576MHz 或 20.480MHz。系统默认的 PLL 自激振荡频率为 24.576MHz。PLL 的作用如图 7 所示：

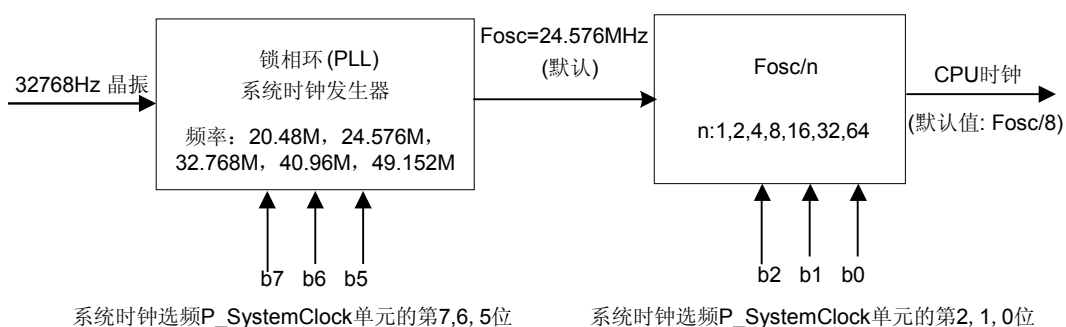


图7 锁相环电路框图

2.1.5.3 时间基准信号

时间基准信号，简称时基信号，来自于 32768Hz 实时时钟，通过频率选择组合而成。时基信号发生器可以通过分频产生 2Hz、4Hz、8Hz、16Hz、32Hz...1024Hz、2048Hz 以及 4096Hz 的时基信号。时基信号发生

器的结构如图 5 所示。

32768Hz 时间基准信号通常用于钟表、实时时钟延时以及其它与时间相关类产品。

2.1.6 中断系统

本章开始处，就强调过 $\mu'nSP^{TM}$ 具有强大的中断处理能力，为用户提供弹性较大的软硬件设计空间。

$\mu'nSP^{TM}$ 的结构给出了三种类型的中断：异常中断、事件中断和软件中断。

1. 异常中断

异常中断表示为非常重要事件，一旦发生，CPU 须立即进行处理。目前 $\mu'nSP^{TM}$ 定义的异常中断只有‘复位’一种。通常， $\mu'nSP^{TM}$ 系统复位可以由以下三种情况引起：上电、看门狗计数器溢出以及系统电源低于设置的电压低限，非法地址等。不论是什么情况引起的复位，都会使复位引脚的电位变低，进而使程序指针 PC 指向由一个复位向量所指的系统复位程序入口地址。

2. 事件中断

事件中断（可简称“中断”）一般产生于片内外设部件或由中断输入引脚引入的某个事件。这种中断可以整体地开通或禁止，也可以个别地选通或屏蔽。

（1）中断方式

$\mu'nSP^{TM}$ 的事件中断可采用两种方式：快速中断请求即 FIQ 中断和中断请求即 IRQ 中断。这两种中断都可以由指令控制开通或禁止。

（2）中断向量和中断源

$\mu'nSP^{TM}$ 共有 9 个中断向量即 FIQ、IRQ0~IRQ6 及 UART IRQ。这 9 个中断向量可安置多于 9 个的中断源供用户使用。也就是一个中断向量中，均含有至少一个以上的中断源，因此用户使用 $\mu'nSP^{TM}$ 单片机时，注意要在中断子程序中，进行中断源的判断，从而确定是那个中断产生。

（3）中断的优先级别

除了复位以外，FIQ 中断的优先级别最高，其次为 IRQ 中断，最后是 UART IRQ 中断，如表 3 所示。在 IRQ 中断里又分七个优先级别，依次地从优先级别最高的 IRQ0 排到优先级别最低的 IRQ7。注意，这里所说的 IRQ 中断的优先级别只是在有两种以上的 IRQ 中断同时发生的情况下才起作用。换句话说，如果先有一个较低级别的 IRQ 中断发生，则后面即便产生较高级别的 IRQ 中断请求亦是不能打断当前的 IRQ 中断响应的。例如当 IRQ4 先产生中断请求而被 CPU 响应后，IRQ3 再产生中断请求是不能打断当前 IRQ4 中断响应的。

表3 $\mu'nSP^{TM}$ 中断的优先级别

中断向量 ^注	中断优先级别
-------------------	--------

FFF7H（复位向量）	RESET
FFF6H	FIQ
FFF8H	IRQ0
FFF9H	IRQ1
FFFAH	IRQ2
FFFBH	IRQ3
FFFBH	IRQ4
FFFDH	IRQ5
FFFEH	IRQ6
FFFFH	UART IRQ

注：所谓中断向量即指向中断服务子程序入口地址的指针。

（4）中断服务子程序

中断服务子程序由编程者根据需要写出。当中断发生时，这些中断服务子程序就会通过 CPU 响应中断而被执行。符号_IRQ0~_IRQ7、_FIQ 及_RESET 为系统保留字，作为中断服务子程序或复位程序进入点之用。 $\mu'nSP^TM$ 的程序链接器会自动把这些服务子程序的入口地址链接到中断向量表中。

允许中断的中断源产生中断请求时，CPU 会按照中断的优先级别进入由相应的中断向量所指的中断服务子程序入口地址来响应中断。同一个向量所指地址上的中断服务程序要读取中断控制 INT_Ctrl 单元中各中断标志位，判断是哪一个中断源产生了中断请求，以便进入相应的服务程序入口进行中断处理。

当中断源的中断请求被 CPU 响应后，该中断请求可通过写入中断标志清除 INT_Clear 单元而被清除掉。这个单元通常只能被写入。当中某一位被写入‘1’时，便清除了该位上相应的中断源的中断请求；写入‘0’时不会改变中断源的状态。CPU 执行完当前的中断服务程序，会进入下一级的中断向量所指入口地址，继续执行下一级中断服务程序。直至所有的中断服务程序都被执行完毕，便会回到中断发生前的程序指令处继续执行指令。

（5）中断的控制要素

各中断源中断的控制：开通/禁止。

各中断源中断请求状态：读出/清除。

中断源中断方式的控制：固定/可编程控制。

3. 软件中断

软件中断是指由指令系统中‘BREAK’指令所产生的中断，其向量地址为 FFF5H。

2.2 片内存储器结构

$\mu'nSP^{TM}$ 的片内存储器地址映射如图 8 所示。4M 字的存储器地址可以映射成 64 页，每一页有 64K 字的存储容量，其地址取决于 16 位寄存器或存储器的值。页的地址映射值 0x00~0x3F 由地址线 A16~A21 编址形成，即页的索引。通过对 SR 寄存器中 6 位代码段选择字段 CS 或数据段选择字段 DS 的赋值可完成存储器页的索引。

0x000000	SRAM
0x0007FF	
0x000800	外部 SRAM
0x003FFF	保留空间
0x004000	
0x006FFF	I/O 端口
0x007000	系统端口
0x007FFF	零页ROM
0x008000	
0x00FBFF	保留空间
0x00FFF5	中断向量
0x00FFFF	第1页ROM
0x010000	
	↓
	第63页ROM
0x3FFFFFF	

图8 $\mu'nSP^{TM}$ 片内存储器地址映射

存储器映射中的第一页即零页的地址映射值为 0x00。通常，零页专门设计用于需频繁访问的数据类型的存储单元，例如用户定义的变量存储器或一些外部设备接口等。其它非零页是以高密度巨大容量的掩膜 ROM 设计制成，用于存储程序或固定的数据代码。整个片内存储器可分成静态数据存储器 SRAM 和程序存储器 ROM 两块区域。

2.2.1 静态数据存储器 SRAM

SRAM 的地址区域（包括栈区）在 000000H~003FFFFH 范围内。前 64 个字，即

000000H~00003FH 地址范围内的存储器的寻访速度为 2 个 CPU 时钟周期；其余 000040H~003FFF 地址范围内存储器的寻访速度则为 3 个 CPU 时钟周期。

2.2.2 程序存储器 ROM

ROM 具有两种寻访速度。当 CPU 时钟频率达最高时，零页中地址范围为 008000H~00FFFF 的 32 K ROM，其寻访速度为 3 个 CPU 时钟周期；其余非零页中 ROM 的寻访速度则为 6 个 CPU 时钟周期。在其它 CPU 时钟频率下，零页与非零页中 ROM 的寻访速度均为 3 个 CPU 时钟周期。

2.3 $\mu'nSP^{TM}$ 的片内外设部件

2.3.1 并行 I/O 口

输入/输出接口（也可简称为 I/O 口）是单片机与外设交换信息的通道。输入端口负责从外界接收检测信号、键盘信号等各种开关量信号。输出端口负责向外界输送由内部电路产生的处理结果、显示信息、控制命令、驱动信号等。 $\mu'nSP^{TM}$ 内有并行和串行两种方式的 I/O 口。并行口线路成本较高，但是传输速率也很高；与并行口相比，串行口的传输速率较低但可以节省大量的线路成本。

部分 $\mu'nSP^{TM}$ 单片机端口具有唤醒功能，即具有输入电平变化引起 CPU 中断功能。在那些用电池供电、追求低能耗的应用场合，可以应用 CPU 的睡眠模式即节电模式（通过软件设置）以降低功耗，需要时以按键来唤醒 CPU，使其进入工作状态。例如：手持遥控器、电子字典、PDA、计算器、移动电话等。

$\mu'nSP^{TM}$ 的并行 I/O 口的每一位均可以单独编程定义成握手信号的输入或输出端口。通常，每一个 I/O 口位会由 3 个向量位来控制。一个是方向向量位（_Dir），控制着 I/O 口位的输入/输出方向；第二个是方式（或称属性）向量位（_Attr），控制 I/O 口位采用什么方式进行输入或输出；最后一个则是数据向量位（_Data），它一方面用来进行口位数据的输入或输出，另一方面与 _Attr 向量位组合在一起可对口位进行复合功能的设置。

输入口的方式可设置为内部带上拉电阻、内部带下拉电阻或悬浮式的端口，如图 9 所示。若通过口位的组合设置还可使输入口引入外部中断源或唤醒源事件，使端口具有中断或唤醒之特殊功能。口位数据的读入一般可直接来自输入管脚，亦可来自输入缓存器。

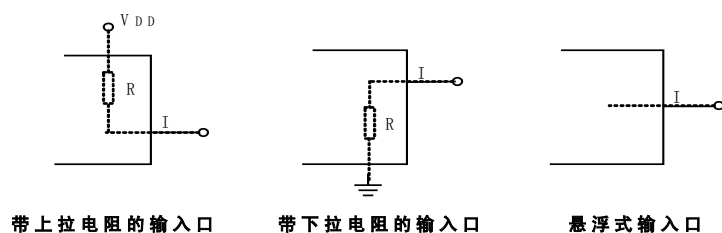


图9 设为输入口的 $\mu'nSP^{TM}$ 的并行 I/O 口

输出口的方式也可根据需要设为常规的 CMOS 端口或 NMOS、PMOS 开漏端口，以及是与写入口位的数据同相输出还是反相输出。通过设置还可使口位具有输出缓存功能，以避免该口再被设为输入端口时管脚上输入电平的状态会影响到其输出的状态。

另外， $\mu'nSP^{TM}$ 的并行 I/O 口有些口位通过特殊的设置可被扩展成具有特殊功能的端口，见表 4 和图 10。

表4 $\mu'nSP^{TM}$ 并行 I/O 口特殊功能的扩展

输入端口	输出端口
------	------

通用异步串行口的数据接收端口	通用异步串行口的数据发送端口
红外通讯的数据接收端口	红外通讯的数据发送端口
A/D 的模拟信号输入口	用于控制步进电机等设备运转速度的脉宽调制输出
串行设备接口的时钟信号	串行设备接口的数据传送信号
外部中断源或唤醒源信号	串行外围接口的数据输出
串行外围接口的数据输入	LCD 显示驱动信号
	音频输出端口

根据以上所述内容，可以总结出并行 I/O 口有如下一些控制要素：

口位的方向；

口位输入或输出的方式；

口位的特殊功能。

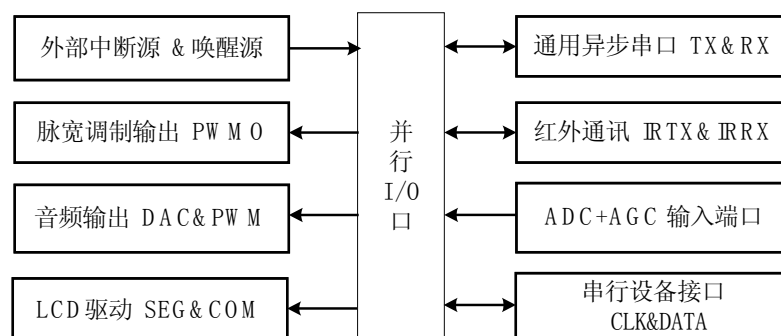


图10 $\mu'nSPTM$ 并行 I/O 口特殊功能的扩展

2.3.2 串行 I/O 口

串行通讯总线接口， $\mu'nSPTM$ 单片机部分型号提供两种方式，一种是串行总线接口（SPI），另一种是凌阳公司自定义传输格式的同步串行接口（SIO），SPI 接口占用三个端口，即 SCK(串行时钟线),SDO（串行数据输出口）和 SDI（串行数据输入口）。同步串行接口占用只占用两种端口，即 SCK（串行时钟口）和 SDA（串行数据口）。两种串行通讯方式用于与其它设备进行数据通讯或者外围设备的连接。

图 11 为 SIO 的读写操作时序。

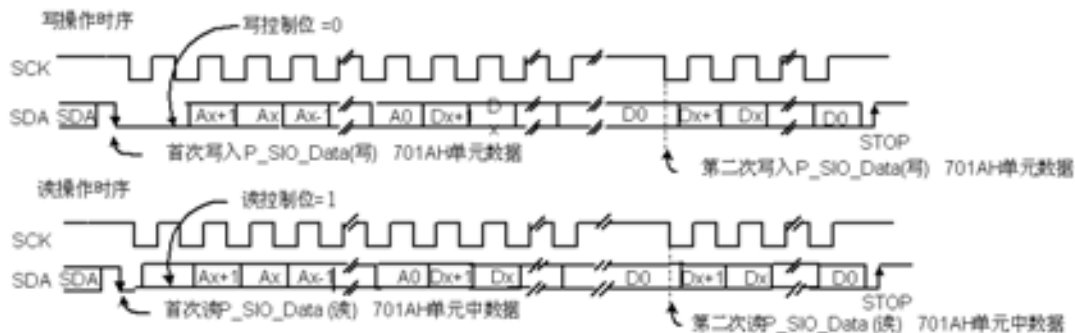


图11 读/写时序

2.3.3 A/D 转换接口

模/数转换器（ADC，Analog to Digital Converter）是自然界与计算机进行信息交流的桥梁之一。它是一种信号转换接口，可以把模拟量信号转换成数字量信号以便输入给计算机对其进行各种处理。 $\mu'nSP^{TM}$ 采用逐次逼近式原理实现模/数转换（A/D）。

2.3.3.1 ADC 的结构及工作原理

由 10 位数/模转换器 DAC0、10 位缓存器 DAR0、逐次逼近寄存器 SAR 以及比较器 COMP 组成逐次逼近式的 ADC，如图 12 中虚线框内所示。图中的 ADC 有两种工作方式：手动方式和自动方式。

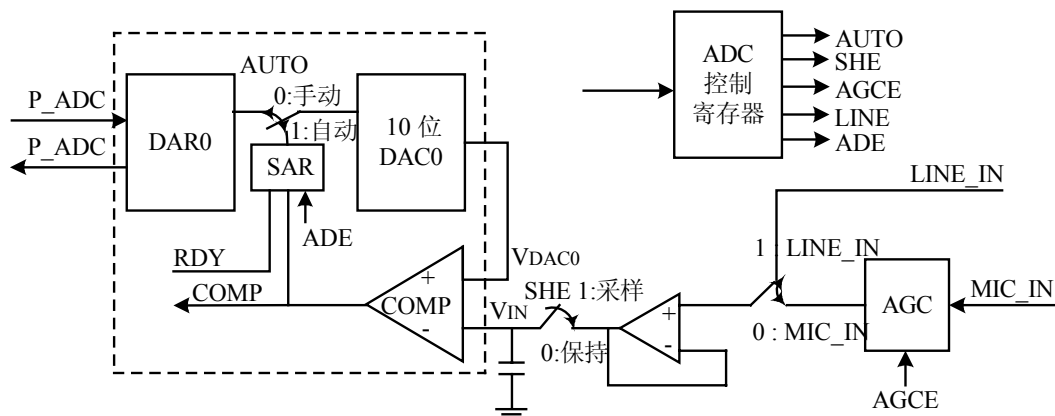


图12 逐次逼近式 ADC 的结构

ADC 在手动方式下取消了自动方式的逐次逼近寄存器 SAR 的功能，取而代之的是内部比较器 COMP 和缓存器 DAR0，以模拟 SAR 的作用。换言之，手动方式是指须用软件程序来控制模拟信号的输入采样或保持，通过写入 A/D 数据单元来控制比较器基准电压值 V_{DAC0} ，以及通过读比较器的比较结果来推测模拟输入电压值 V_{IN} 。例如，当外部 2V 的电压模拟信号输入到 ADC 的输入端上，可试着写入 A/D 数据单元一个数字量值 1000000000B，它实际对应于 1.8V 电压模拟量。由于 $2V > 1.8V$ ，故 COMP 第一次比较输出的结果为 '1'，则 ADC 的转换结果暂为 1000000000B。接着写入 A/D 数据单元下一个数字量值

1100000000B，它实际对应于 2.4V 的模拟量。由于与外部模拟信号相比较 $2V < 2.4V$ ，因而 COMP 此次比较输出的结果为‘0’，则 ADC 的转换结果仍暂为 1000000000B。依照同样的方式逐次写入 A/D 数据单元 1010000000B 等数值，来比较产生 ADC 数字量输出其余各位的值。10 位需写入、比较 10 次方能对应于模拟量输入转换出一个完整的数字量输出。

再看 ADC 的自动方式。外部电压模拟信号直接从 LINE_IN 通道输入被送入采样/保持器；或通过麦克风的 MIC_IN 通道输入，经过一个带有自动增益控制的运算放大器 AGC 而被送入采样/保持器。当选择 ADC 的自动方式时，会使 RDY 信号变为‘0’，从而启动了 ADC 的数据采样。采样信号 V_{IN} 经保持后加到比较器输入端，与加到比较器的另一个输入端的 DAC0 的输出电压 V_{DAC0} 相比较。由于 V_{DAC0} 的初始值很小，比较器输出为‘1’，则 SAR 输出一个数字量值 1000000000XXXXXXB（X 表示即可为‘1’，亦可为‘0’）。此值经 DAC0 数/模转换后产生一个与其对应的模拟量值 V_{DAC0} ，与外部采样信号 V_{IN} 再次进行比较。若比较的结果为‘1’，SAR 继续输出数字量值 1100000000XXXXXXB；而若比较的结果为‘0’，SAR 输出便为 0100000000XXXXXXB。经过 10 次这种逐次比较、逼近的自动转换过程，SAR 最终会针对模拟信号 V_{IN} 输出一个满足 ADC 精度要求的数字量值。当 ADC 完成转换时，RDY 信号变为‘1’。此后，可读取 10 位 A/D 转换数据。而当读取了 A/D 转换数据后，会使 RDY 信号重新变为‘0’，再次启动 ADC 的模/数转换。由此看来，适时读取 A/D 数据单元，可控制 A/D 转换的触发时间。

ADC 在自动方式下可以有两种转换方式：通过读取 A/D 数据单元触发或通过定时器/计数器的计数溢出事件触发。必须强调的是，ADC 的最高转换速度是要受到限制的，在 $\mu'nSP^{TM}$ 不同系列产品里，其限度略有不同。超出此限度，由 A/D 数据单元读出的数据将会不准确。另外，并不是所有的 $\mu'nSP^{TM}$ 产品其 A/D 转换精度都是 10 位，有的是 12 位，有的是 16 位，用户可以根据实际应用来选择相应的型号。

2.3.4 音频输出 D/A

$\mu'nSP^{TM}$ 的音频输出有两种方式，一种是音调输出方式 (Tone Mode)，另一种则为语音输出方式 (Speech Mode)，如图 13 所示。二者的区别在于其输出的控制机理不同。前者是通过控制 Timer 溢出所产生的不同频率来决定声波振动次数的多寡，从而决定发出的声音音调的高低，譬如好听的乐音；后者则是用与声音（不论是音乐还是语音）数据采样率相同的速率将声音数据通过数/模转换 (D/A) 通道还原成音频电压或电流输出，其中声音数据采样率可决定声音音质的好坏，并决定了声音数据所需占据的存储空间。两种方式的音频输出波形参见图 14。

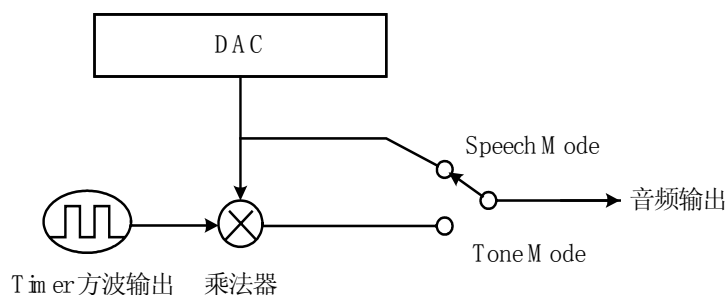


图13 $\mu'nSP^{TM}$ 的音频输出方式的硬件实现

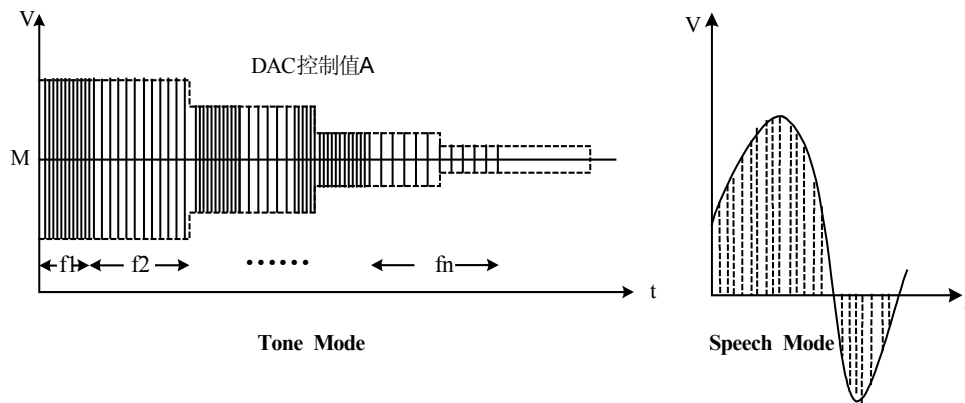


图14 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 两种音频输出方式的波形

2.3.5 定时器/计数器

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 通常会提供了两个至三个 16 位的定时器/计数器：TimerA 和 TimerB（TimerC）。

2.3.5.1 定时器/计数器的结构

TimerA 的时钟源是由两个时钟源 ClkA 和 ClkB 经过一个逻辑与门相与而成的，TimerB 的时钟源较简单，只有 ClkA。如图 15 所示为 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 定时器/计数器的基本结构。根据这一基本结构，在 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 不同的系列产品中会有略微不同的变化，譬如扩展功能：捕获，用于对脉冲信号频率，占空比的测量；比较功能：用于做定时或者特殊计数等；脉宽调制信号的输出：用于对步进电机或者直流电机的调速等。这些功能用于用户设计不同产品的需要。

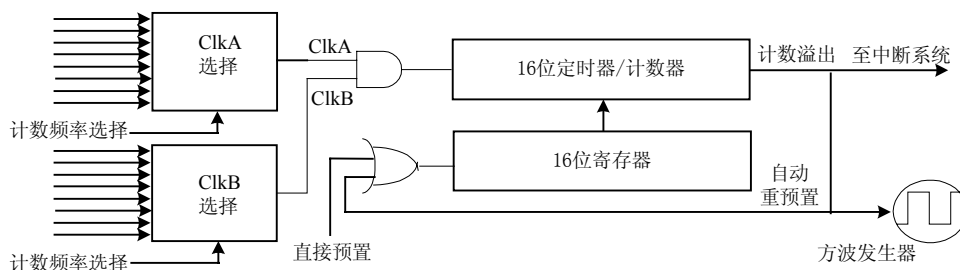


图15 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 两种音频输出方式的波形

定时器/计数器的初值可直接预置或自动重预置写入到预置寄存器中。当定时器/计数器被启用或计数产生溢出时，计数初值会在下一个计数时钟源跳沿时刻被同步装入计数器。因此，假设计数初值为 FFFC，计数器便会依次地在初值的基础上进行加计数 FFFC, FFFD, FFFE, FFFF, FFFC, FFFD, FFFE, FFFF, FFFC, FFFD, ...，等等。每当产生计数溢出时（计数到 FFFFh 之后时刻），会使方波发生器输出翻转并产生中断源信号。

此处的 ClkA 和 ClkB 为不同频率的时钟源。一般来说 ClkA 为高频时钟源，ClkB 为低频时钟源。在

TimerA 中，对于计数器的时钟源来自两个时钟源的与信号。在 TimerB 中，只有 ClkA 时钟源，即高频时钟源。

2.3.6 低电压监测/低电压复位 (LVD/LVR)

$\mu'nSP^{TM}$ 系列产品一般均提供低电压监测和低电压复位功能。目的是为系统的电源电压进行监控，而使系统运行在一个正常、可靠的工作环境，并在一旦出现电源异常的情况下能立即采取相应的措施，使系统及时恢复正常。

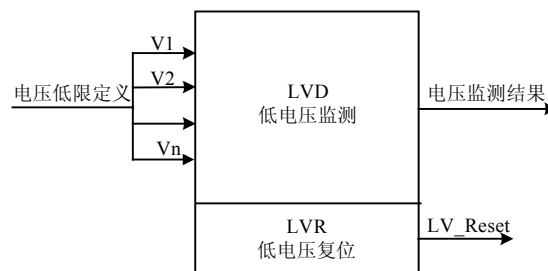


图16 LVR/LVD 的结构

2.3.6.1 低电压监测

低电压监测功能可以提供系统内电源电压的使用情况。如果系统电压 V_{CC} 低于用户设定的电压监测低限电压 V_{LVD} ，通过读取低电压监测控制寄存器，就可以发现。不同型号的 $\mu'nSP^{TM}$ 产品提供的监测电压不同。

SPCE061A 具有 4 级电压监测低限：2.4V、2.8V、3.2 和 3.6V。而 SPMC701FM0A 也具有 4 级电压监测低限：为 2.6V、2.8V、3.0V、3.2V。

2.3.6.2 低电压复位(LVR)

当电源电压低于某个电压值时，系统会变得不稳定且易出故障。导致电源电压过低的原因很多，如电压的反跳、负载过重、电池能量不足……。如果电源电压低于 2.6V 时，会在 4 个时钟周期之后产生一个复位信号，使系统复位。LVR 时序如图 17 所示。

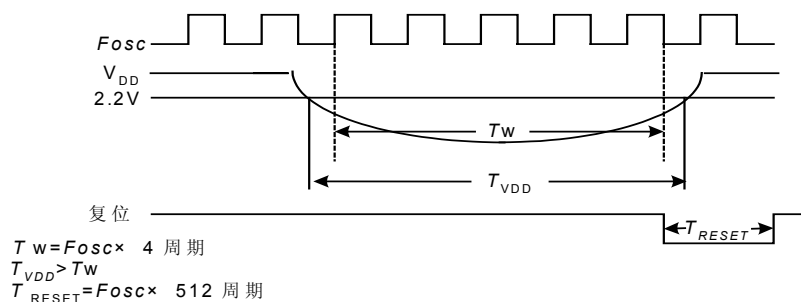


图17 复位示意图

2.3.7 看门狗计数器 (WatchDog)

设置系统维护是为了增加整个单片机系统的安全性和可靠性。 $\mu'nSPTM$ 的系统维护可有多项措施，前面介绍的低电压监测和低电压复位就为其中的一种，还有一种就是通过看门狗计数器实现。无论看门狗定时器还是低电压监测和复位，二者均可通过 $\mu'nSPTM$ 系列产品定制的屏蔽任选设置或取消。部分产品可以软件编程设置看门狗的时间。SPCE 的 WatchDog 的清除时间周期为 0.75s。因为 WatchDog 的溢出复位信号 WatchDog_Reset 是由 4Hz 时基信号经 4 分频之后产生的，即每 4 个 4Hz 时基信号(1s)将会产生一个 WatchDog_Reset 信号，如图 2.19 所示。而清除 WatchDog 的 WatchDog_Clear 信号却可以发生在 4Hz 信号 (0.25s)之间的任意一个时刻点上。假如 WatchDog_Clear 信号发生在 4Hz 信号尾端的 0.01s 即第 0.25s 时刻，此时虽然 WatchDog 被清掉，但由于它发生在 4Hz 信号之后，再经 3 个 4Hz 信号即 0.75s，如果一直没有 WatchDog_Clear 信号，便会产生出一个 WatchDog_Reset 信号。

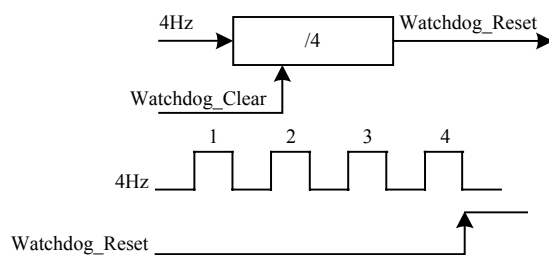


图18 WatchDog 的结构和信号时序

当然，如果 WatchDog_Clear 信号发生在 4Hz 信号始端的 0.01s，则经过 0.99s 若无 WatchDog_Clear 信号便会产生 WatchDog_Reset 信号。因此，清除 WatchDog 的时间周期为 0.75s。

2.3.8 睡眠与唤醒

2.3.8.1 睡眠

IC 在上电复位开始工作，直到接收到睡眠信号后，才关闭系统时钟(PLL 振荡器)，进入睡眠状态。用户可以通过对寄存器写入 CPUClk STOP 控制字 (CPU 睡眠信号) 使系统从运行状态转入睡眠状态。系统进入睡眠状态后，程序计数器(PC)会停在程序的下一条指令计数上，当有任一唤醒事件发生后开始由此继续执行程序。系统处于睡眠状态时，耗电量降到最低。

2.3.8.2 唤醒

唤醒方式 $\mu'nSPTM$ 系列产品基本相同，即中断唤醒和触键唤醒。系统接收到唤醒信号后恢复系统时钟。同时 CPU 会响应唤醒事件的处理并进行初始化。唤醒操作完成后，程序将会从进入睡眠后指令计数的断点处开始被继续执行。

第3章 凌阳十六位单片机选型

3.1 SPCE061A 简介

3.1.1 性能

- 16 位 μ nSP™微处理器;
- 工作电压: V_{DD} 为 2.6~3.6V(cpu), V_{DDH} 为 V_{DD} ~5.5V(I/O);
- CPU 时钟: 0.32MHz~49.152MHz ;
- 内置 2K 字 SRAM;
- 内置 32K FLASH;
- 可编程音频处理;
- 晶体振荡器;
- 系统处于备用状态下(时钟处于停止状态), 耗电小于 $2\mu A@3.6V$;
- 2 个 16 位可编程定时器/计数器(可自动预置初始计数值);
- 2 个 10 位 DAC(数-模转换)输出通道;
- 32 位通用可编程输入/输出端口;
- 14 个中断源可来自定时器 A / B, 时基, 2 个外部时钟源输入, 键唤醒;
- 具备触键唤醒的功能;
- 使用凌阳音频编码 SACM_S240 方式(2.4K 位/秒), 能容纳 210 秒的语音数据;
- 锁相环 PLL 振荡器提供系统时钟信号;
- 32768Hz 实时时钟;
- 7 通道 10 位电压模-数转换器(ADC)和单通道声音模-数转换器;
- 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。
- 具有保密能力
- 具有 WatchDog 功能

3.1.2 结构概览

SPCE061A 的结构如图 19 所示:

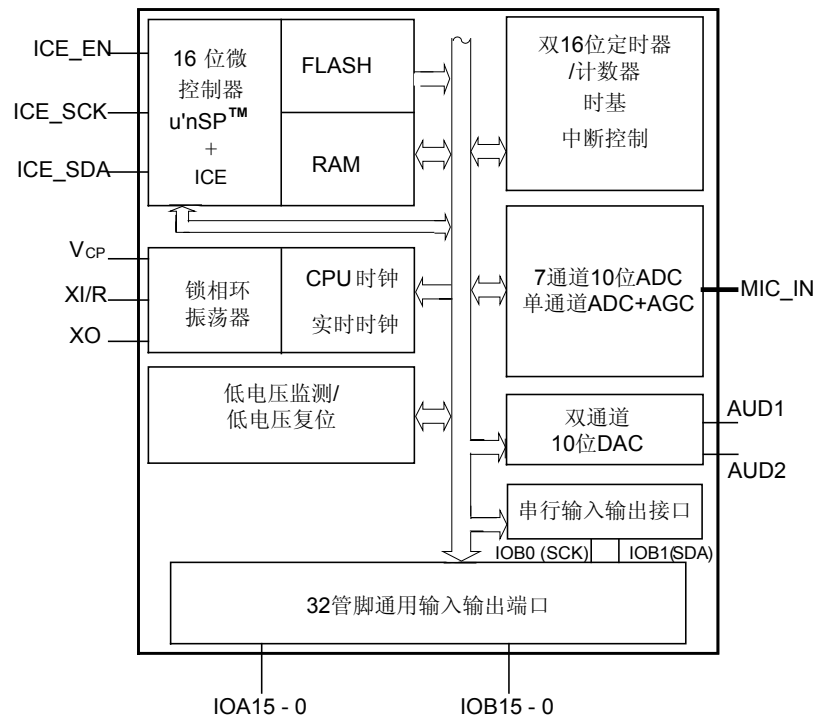


图19 SPCE061A 的结构

3.1.3 芯片的引脚排列和说明

SPCE061A 共有 84 个引脚，封装形式为 PLCC84，它的排列如图 20 所示。

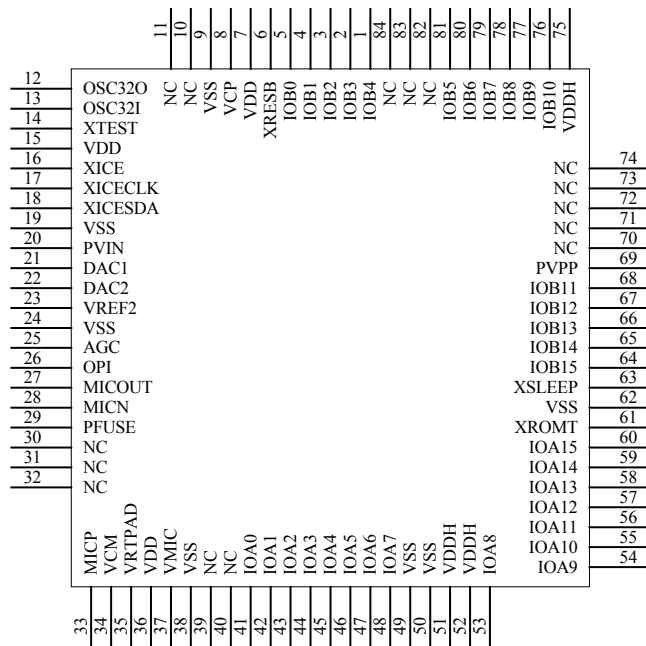


图20 SPCE061 引脚排列图

在 84 个引脚中有空脚 15 个，其余管脚功能说明如表 5 所示。

表5 管脚功能表

IOA0~ IOA15(41~48,53,54~60 脚)	I/O 口 A，共 16 个
IOB0~ IOB15(5~1,81~76,68~64 脚)	I/O 口 B，共 16 个
OSCI (13 脚)	振荡器输入。在石英晶振模式下，是石英元件的一个输入脚。
OSCO (12 脚)	振荡器输出。在石英晶振模式下，是石英元件的一个输出脚。
RES_B (6 脚)	复位输入。若这个脚输入低电平，会使得控制器被重置复位。
ICE_EN (16 脚)	ICE 使能端,接在线调试器 PROBE 的使能脚 ICE_EN。
ICE_SCK (17 脚)	ICE 时钟脚，接在线调试器 PROBE 的时钟脚 ICE。
ICE_SDA (18 脚)	ICE 数据脚，接在线调试器 PROBE 的数据脚 ICE。
PVIN (20 脚)	程序保密设定脚
PFUSE (29 脚)	程序保密设定脚
DAC1 (21 脚)	音频输出通道 1
DAC2 (22 脚)	音频输出通道 2
VREF2 (23 脚)	2V 参考电压输出脚
AGC (25 脚)	语音输入自动增益控制引脚
OPI (26 脚)	Microphone 的第二运放输入脚。

MICOUT (27 脚)	Microphone 的第一运放输出脚。
MICN (28 脚)	Microphone 的负向输入脚。
MICP (33 脚)	Microphone 正向输入脚。
VRT (35 脚)	A/D 转换外部参考电压输入脚。它决定 A/D 转换输入电压上限值。例如该点输入一个 2.5V 的参考电压, 则 A/D 转换电压输入范围为 0—2.5V。(外部 A/D 最高参考电压<3.3V)。
VCM(34 脚)	ADC 参考电压输出脚。
VMIC(37 脚)	Microphone 电源。
SLEEP (63 脚)	睡眠状态指示脚。当 CPU 进入睡眠状态时, 该脚输出一个高电平。
VCP (8 脚)	锁项环压控振荡器的阻容输入。
XROMT 、 PVPP 、 XTEST(61、69、14 脚)	出厂测试用管脚, 悬空即可。
VDDH (51、52、75 脚)	I/O 电平参考。该点输入一个 5V 的参考电压, 则 I/O 输入输出高电平为 5V。
VDD (7 脚)	PLL 锁相环电源。
VSS (9 脚)	锁相环地。
VSS (19、24 脚)	模拟地。
VSS (38 、49、50、62 脚)	数字地。
VDD (15 脚、36 脚)	数字电源。

3.1.4 特性

SPCE061A 系统的特性参数如表 6 所示。

表6 系统特性参数

特性参数	SPCE061A
工作电压	2.6V~3.6V
最大工作速率	49.152MHz
CPU	16 位 μ 'nSP™
特性参数	SPCE061A
SRAM 容量	2K 字
ROM 容量(字)	32K 闪存 ROM
并行 I/O 端口 A	IOA15~0
并行 I/O 端口 B	IOB15~0
音频输出方式	DAC×2
中断源	TimerA/B、 时基信号发生器 外部中断 触键唤醒
唤醒源	IOA7~0 其它中断源
定时器/计数器	双 16 位加计数定时器/计数器 双通道 PWM 输出
UART	具备
ADC	7 通道 10 位电压模-数转换器 (ADC)和单通道声音模-数转换器 (ADC)
串行 SRAM 接口	具备(凌阳格式)
晶振	具备
低电压复位	具备
低电压监测	具备
内置 ICE 接口	具备
上电复位	具备
麦克风放大器 和自动增益控制	单通道
节电功能	具备
中断控制功能	具备
触键唤醒功能	具备

3.1.5 应用领域

■ 语音识别类产品

- 有语音功能的仪器仪表
- 有语音功能的家电产品
- 有语音功能的自动售货机
- 智能语音交互式玩具
- 高级亦教亦乐类玩具
- 儿童电子故事书类产品
- 通用语音合成器类产品
- 需较长语音持续时间类产品

3.2 SPMC701FM0A 简介

SPMC701FM0A 是一种带多路 A/D 转换且其 ROM 为闪存的微控制器。它与烧录器配合使用，非常适合于产品的研制或开发以及教学实验用。

3.2.1 性能

- 16 位 μ^n SPTM 微处理器;
- 在 48M~6MHz 下, 工作电压(CPU) VDD 为 3.0~3.6V;
- CPU 时钟: 6MHz, 12MHz, 24MHz, 48MHz;
- FLASH 编程工作电压为 3.0~3.6V。
- 4 组端口 PA,PB,PC,PD 的工作电压为 3.0~5.0V;
- 工作温度为 0~70 摄氏度;
- 内嵌 ICE 接口;
- 内置 2K 字 SRAM;
- 内置 32K FLASH;
- 保密功能、低电压监测、低电压复位、看门狗定时器、时钟源选择均可通过编程设置;
- 上电复位;
- 低电压复位 (LVR)、低电压监测(LVD)可以通过编程设置监测底限为: 2.6V, 2.8V, 3.0V, 3.2V;
- 具有 WatchDog 功能;
- 上电保护功能;
- PLL 时钟源, 既可以选择 RC 振荡电路也可以选择晶振;
- 中断控制器;

- 3 个 16 位可编程定时器/计数器(时钟源通过编程选择);
- 10 位 8 路 ADC (模数转换);
- 捕获/比较/脉宽调制功能;
- 串行异步通讯接口(UART);
- 串行接口包括标准外围接口 (SPI) 和同步串行端口(SIO);
- 并行通讯总线接口 (PCI);
- 64 个端口;
- 系统处于备用状态下(时钟处于停止状态), 耗电仅为 $1\mu\text{A}@3.6\text{V}$;
- 100 脚 LQFP 封装。

3.2.2 结构概览

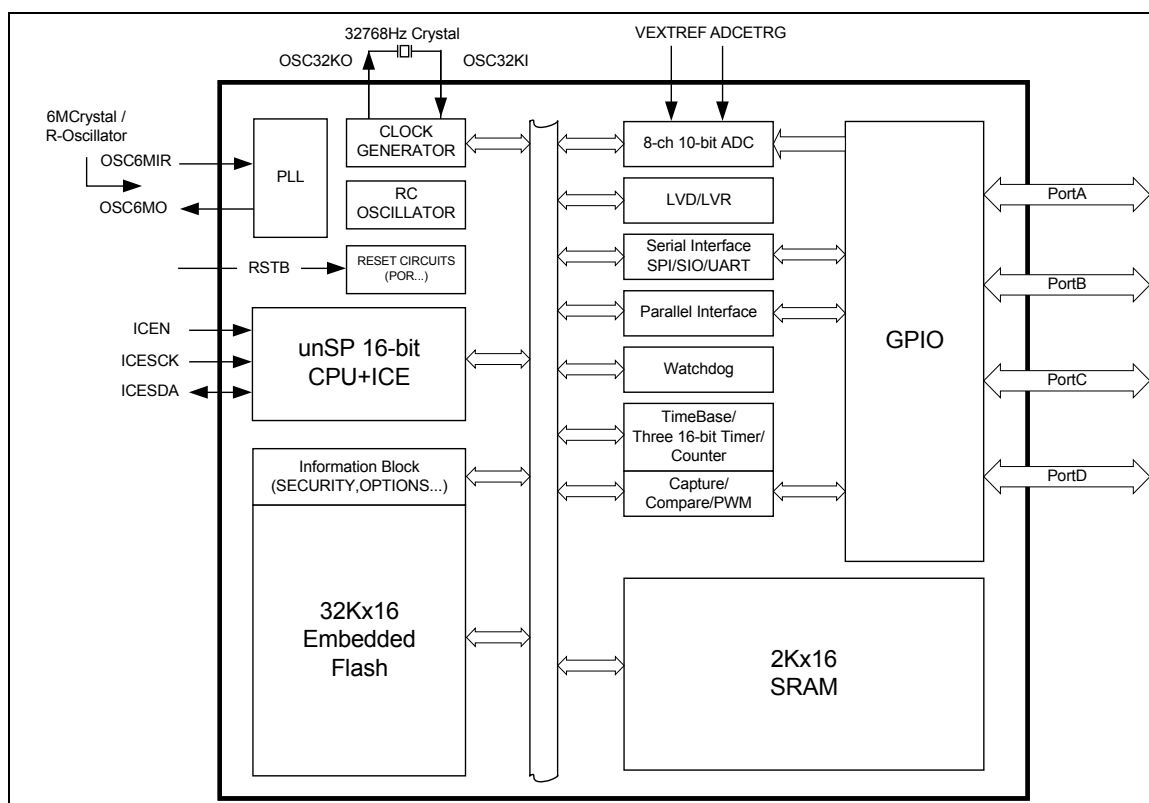


图21

3.2.3 应用

- 汽车控制系统

- 仪器仪表

3.3 SPT6602 简介

SPT6602A 是新开发的凌阳 16 位 $\mu'nSP^TM$ CPU 技术微控制器 用于呼叫者 ID 和语音拨号装置。 $\mu'nSP^TM$ 的高处理速度确保 SPT6603A 进行复杂的数字信号处理。除了先进的 $\mu'nSP^TM$ 技术, 其他主要功能还包括 RAM, ROM, 输入输出。中断控制, 3 个定时器/计数器, LCD 控制器/驱动器, 8 位模-数转换器, 双音多频传输(DTMF)发生器和音乐数-模转换器(DAC)输出。可采用可编程备用模式并可调 CPU 时钟以达到最佳电源管理。

SPT6602A 可广泛应用于电信产品, 如多功能带/不带呼叫者 ID 的电话拨号装置和通用控制器。SPT6602A 提供了不仅是最新的电信技术, 而且也提供了来自凌阳的全力服务和支持。

3.3.1 性能

- 凌阳 16 位 $\mu'nSP^TM$ CPU
 - SRAM 1K \times 16 bits
 - ROM 16K \times 16 bits
- 选择 RC 振荡器作为系统时钟源 (电阻可外挂)
 - 10MHz
 - 1MHZ
- 工作电压
 - CPU 工作电压: 2.0V – 3.6V
 - DTMF 接收器/FSK 解码器: 2.2V – 3.6V
- 可编程系统时钟
 - 选择/1,/2, /4, /8 RC 振荡器频率作为 CPU 时钟
- 工作模式
 - 工作状态, 暂停状态和备用状态
- 定时器/计数器
 - 1 个 16 位定时器/计数器
 - 1 个 8 位定时器
- 稳定系统功能电源管理
 - 低电压复位功能 (1.9V)
 - 上电复位功能

- 8 级电压监测
- 看门狗复位 (来自 32768Hz 晶振)
- 10 个中断/唤醒源(INT / WP)
 - IOC[1:0]边缘触发
 - IOA[7:0]边缘触发
 - 定时器 A /定时器 B 溢位
 - TimerBase 频率:32KHz, 2KHz, 128Hz, 8Hz (来自 32768Hz)
 - 线信号监测
- LCD 驱动器
 - 典型 8 公共端×28 段
 - SEG[27:24]和 IOD[1:4], IOB5 和 IOA5 共用管脚
 - 偏压比 1/4, 占空比 1/8
- 23 只输入输出管脚, 最多为 29 只输入输出管脚
 - IOA[5:0]: 可编程拉高, 唤醒/中断
 - IOA[7:6]: 可编程拉高/拉低。唤醒/中断
 - IOB[5:0]: CMOS 输入输出, IOB[7:6] CMOS 输入, NMOS 明渠
 - IOC[4:0]: CMOS 输入输出, IOC[7:5] CMOS 输入, NMOS 明渠
 - IOC[7]: 输入输出口, 与 LVD 管脚共用
 - IOD[0]: CMOS 输入输出, 与 DAC2 共用
 - IOD[1:4]: CMOS 输入/输出, 和 SEG[27:24]共用管脚
- 模拟前端
 - 双绞线电话线用运算放大器
 - AGC 5 阶可编程倍数(1/2, ×2, ×8, ×32)
 - 8 位 A/D, 最高取样率 8KHz
- 拨号
 - 内置 DTMF 发生器
- DTMF 和 FSK 解调
 - 配备 DTMF 结果代码和 FSK 解码器

— 和 Bell 202, ITU V.23 FSK 规范兼容

— FSK/DTMF 解码器自动选择功能

■ 其它

— 内置 DTMF 发生器

— 环/线信号监测

— 2 只音乐和语音 DAC 管脚

— 用户数字过滤器多功能累加

— 76Pin

3.3.2 结构框图

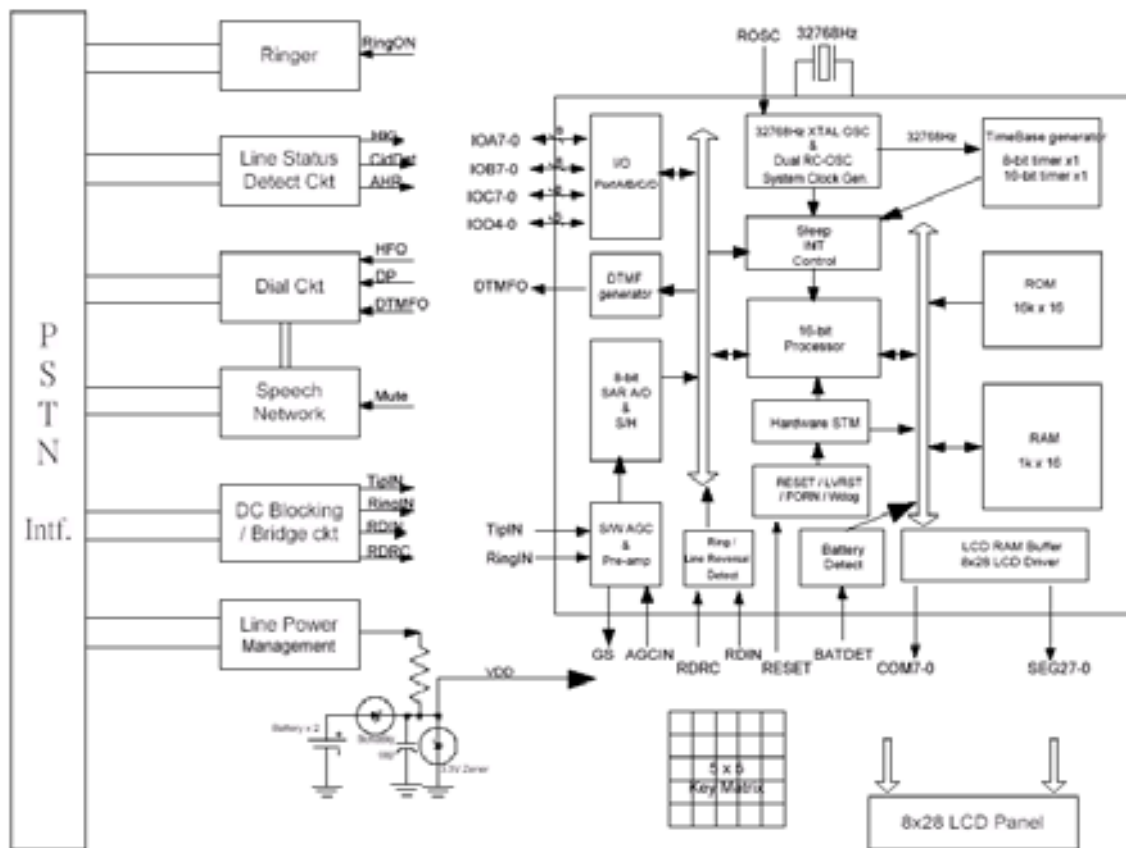


图22

3.3.3 应用

- 电话机, 传真机, 答录机和 support caller-ID 的调制解调器
- Caller-ID 信息服务附加盒

3.4 SPT6604 简介

3.4.1 性能

- 凌阳 16 位 μ nSP™ CPU
 - SRAM 1K \times 16 bits
 - ROM 36K \times 16 bits
- 时钟
 - 外挂 32768Hz 晶体振荡器
 - 外挂电阻驱动 CPU 时钟 RC 振荡器
 - 可编程 RC 振荡器频率: 1MHz 或 10MHz
 - 选择 1/2, 1/4, 1/8 RC 振荡器频率作为 CPU 时钟
- 工作电压
 - CPU 工作电压: 2.0V - 3.6V
 - 最大 CPU 工作速度: 28MHz@2.2V - 3.6V
- 工作模式
 - 工作状态, 暂停状态和备用状态
- 定时器/计数器
 - 1 个 16 位定时器/计数器
 - 1 个 8 位定时器
- 稳定系统功能电源管理
 - 低电压复位功能
 - 电源复位功能
 - 8 级电池电压监测
 - 看门狗复位 (来自 32768Hz 晶振)
- 11 个中断/唤醒源(INT / WP)
 - IOC[1:0]边缘触发
 - IOA[7:0]边缘触发
 - 定时器 A /定时器 B 溢位
 - T32KHz, T2KHz, T128Hz, T8Hz (来自 32768Hz)

— 环信号监测/环信号监测

■ LCD 驱动器

— 8 公共端 \times 28 段

— 偏压比 1/4, 占空比 1/8

■ 20 只输入输出管脚, 最多为 22 只输入输出管脚

— IOA[5:0]: 可编程拉高, 唤醒/中断

— IOA[7:6]: 可编程拉高/拉低。唤醒/中断

— IOB[5:0]: CMOS 输出, IOB[7:6] NMOS 明渠

— IOC[4,1:0]: CMOS 输出, IOC4 和 RDRC 共用管脚

— IOC[7,5]: NMOS 明渠, IOC5 和 RDIN 共用管脚

— IOD[1]: CMOS 输入/输出

■ 模拟前端

— 双绞线电话线用运算放大器

— 5 阶可编程 AGC (1/2, $\times 2$, $\times 8$, $\times 32$)

— 8 位 A/D, 最高取样率 8KHz

■ DTMF 和 FSK 解调

— 配备 DTMF 结果代码和 FSK 解码器

— 和 Bell 202, ITU V.23 FSK 规范兼容

— FSK/DTMF 解码器自动选择功能

— 内置线信号监测

■ 其它

— 内置 DTMF 发生器

— 2 只音乐和语音 DAC 管脚

— 用户数字过滤器多功能累加

3.4.2 结构概览

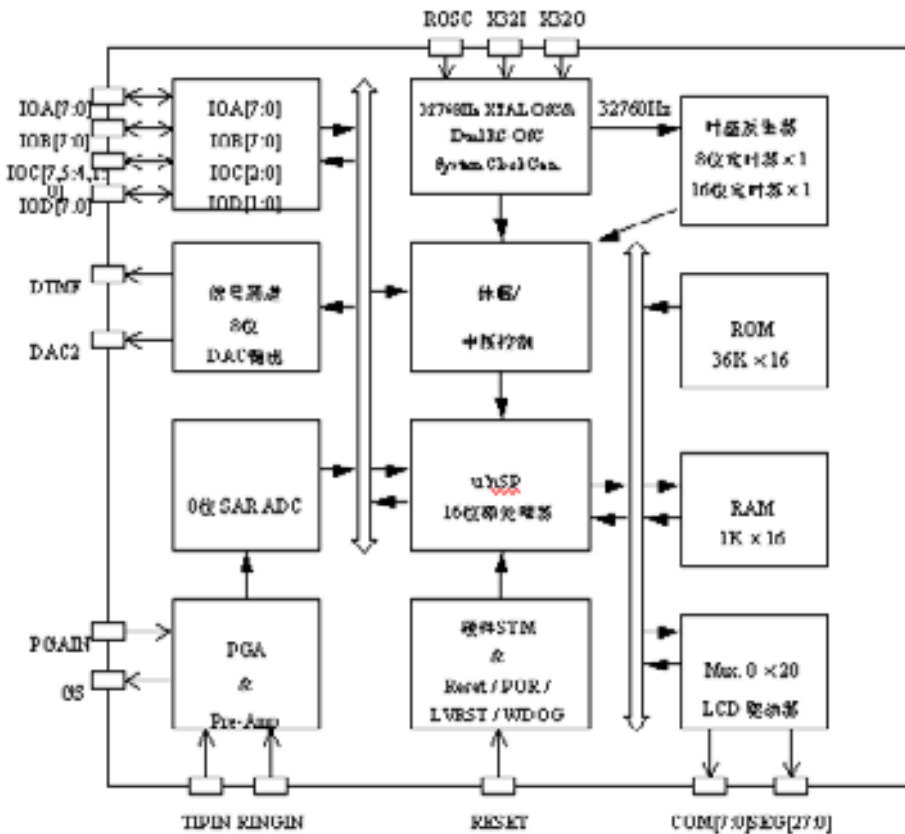


图23

3.4.3 应用

- 电话机，传真机，答录机和支持 caller-ID 的调制解调器 s
- Caller-ID 信息服务附加盒

3.5 SPT6608A 简介

3.5.1 性能

- 凌阳 16 位 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ CPU
 - SRAM $4K \times 16$ bits (内部), $24K \times 16$ bits (外部)
 - ROM $382K \times 16$ bits (内部), $2012K \times 16$ bits (外部)
- 时钟 (最大 CPUCK=28MHz)
 - 外挂 32768Hz 拨号和解调晶体振荡器

- 内置 CPU 时钟 RC 振荡器和晶振
- /1,/2,/4/8 的 RC 振荡器频率用于 CPU
- 选择/1,/2, /4, /8,/16,/32 晶体振荡器频率用于 CPU 时钟
- 工作电压
 - CPU 工作电压: 2.2V - 3.6V
 - AFE 工作电压: 2.2V - 3.6V
- 工作模式
 - 工作状态, 暂停状态和备用状态
- 定时器/计数器
 - 2 个 16 位定时器/计数器
- 稳定系统功能电源管理
 - 低电压复位功能
 - 上电复位功能
 - 8 级电压监测
 - 看门狗复位 (来自 32768Hz 晶振)
- 12 个中断/唤醒源(INT / WP)
 - IOA[7:0]/IOE[7:0], IOC[1:0]边缘触发
 - 环信号监测/环信号监测
 - UART/IrDA
 - 定时器 A/定时器 B 溢位
 - T32KHz, T2KHz, T128Hz, T8Hz (来自 32768Hz)
- LCD 驱动器
 - 内置 SPLC501 LCM 接口
 - SPLC501:65 COMs × 132 SEGs
- 最多为 40 个输入输出管脚
 - IOA[5:0]/IOE[5:0]: 可编程拉高, 唤醒/中断
 - IOA[7:6]/IOE[7:6]: 可编程拉高/拉低。唤醒/中断
 - IOB[5:0]: CMOS 输出, IOB[7:6] NMOS 明渠

- IOC[4:0]: CMOS 输出, IOC[7:5]NMOS 明渠
- IOD[7:0]: CMOS I/O
- IOD[1]: CMOS 输入/输出, 可编程为 TONE 输出

■ 模拟前端

- 双绞线电话线用运算放大器
- 5 阶可编程 AGC ($1/2$, $\times 2$, $\times 8$, $\times 32$)
- 10 位 A/D, 最高取样率 16KHz, 4 只输入通道
- 内置麦克风放大器和 AGC

■ DTMF 和 FSK 解调

- 配备 DTMF 结果代码和 FSK 解码器
- 和 Bell 202, ITU V.23 FSK 规范兼容
- FSK/DTMF 解码器自动选择功能
- 数字化算术, CAS 语调监测

■ 其它

- 内置 DTMF 发生器
- 环/线信号监测
- 2 只音乐和语音 DAC 管脚
- 用户数字过滤器多功能累加
- 内置 UART 和 IrDA 接口

3.5.2 结构概览



图24

3.5.3 应用

- SMS 电话机，传真机，答录机和支持 caller-ID 的调制解调器 s
- Caller-ID 信息服务附加盒

3.6 SPG200A 简介

SPG200A 是一款包含多处理器的单芯片。配备 $\mu'nSP^{\circledR}$ (凌阳开发的 16 位 CPU)，图片处理单元 (PPU)，声音处理单元 (SPU) 和其他 TV 节目应用的重要性能。SPG200A 能产生电视系统 (NTSC 或 PAL) 的图像和声音。工作电压 2.7V-3.6V，CPU 速度 27MHz。另外，提供 40 只可编程输入输出管脚，2 只 16 位定时器/计数器，32768Hz 实时时钟，低电压复位，内置 10 位 ADC，UART 接口，SPI 接口和其他连接各种输入输出装置的配置，如 TFT LCD，STM LCD，CMOS 图像传感器，触摸盘等等。SPG200A 不仅提供最新的 TV 游戏技术，而且提供来自凌阳公司的全力服务和支持。

3.6.1 性能

- 工作电压：2.7V - 3.6V
- CPU 速度：27MHz
- 内置 10K \times 16 SRAM，用于 PPU 和 CPU RAM
- 最大 4M \times 16 内存容量
- 支持接口/非接口 NTSC/PAL 复合视频输出
- 图像分辨率：320 \times 240 像素
- 支持 32768 色

- 可编程 4/16/64/256 彩色方式
- 两层文本, 大小 512×256 像素
- 配备字复合像素图形操作模式
- 最大 256 种子画面
- 支持子画面和文本不同大小的字符
- 硬件水平/垂直翻动功能
- 配备混合控制
- DMA: SRAM DMA 和子画面 DMA
- 支持垂直消隐, 任何方位, DMA 终端中断源
- 配备 16 通道 PCM 声音
- 2 只 16 位立体声质量高速 DAC
- ADSR 包络控制
- PPU 和 SPU 地址不受 bank 限制 (64K)
- 内置 PLL 提供系统时钟
- 6MHz 晶振用于 NTSC/PAL 系统
- 实时时钟(RTC): 32768Hz
- 2 个 16 位定时器/计数器(可编程, 自动再加载)
- 40 个通用输入输出管脚(位可编程)
- 16 个中断源: SPU, PPU, 定时器, 时基, 外部输入, 触键唤醒
- 触键唤醒功能
- 8 通道 10 位 AD 转换器
- UART: 通用异步收发机
- SPI: 标准周边接口
- 内置看门狗功能
- 低电压监测
- 低电压复位: 2.85V
- TFT LCD 接口
- 4096 色 STN LCD 接口

- BW/16 灰度, STN LCD 接口

3.6.2 结构概览

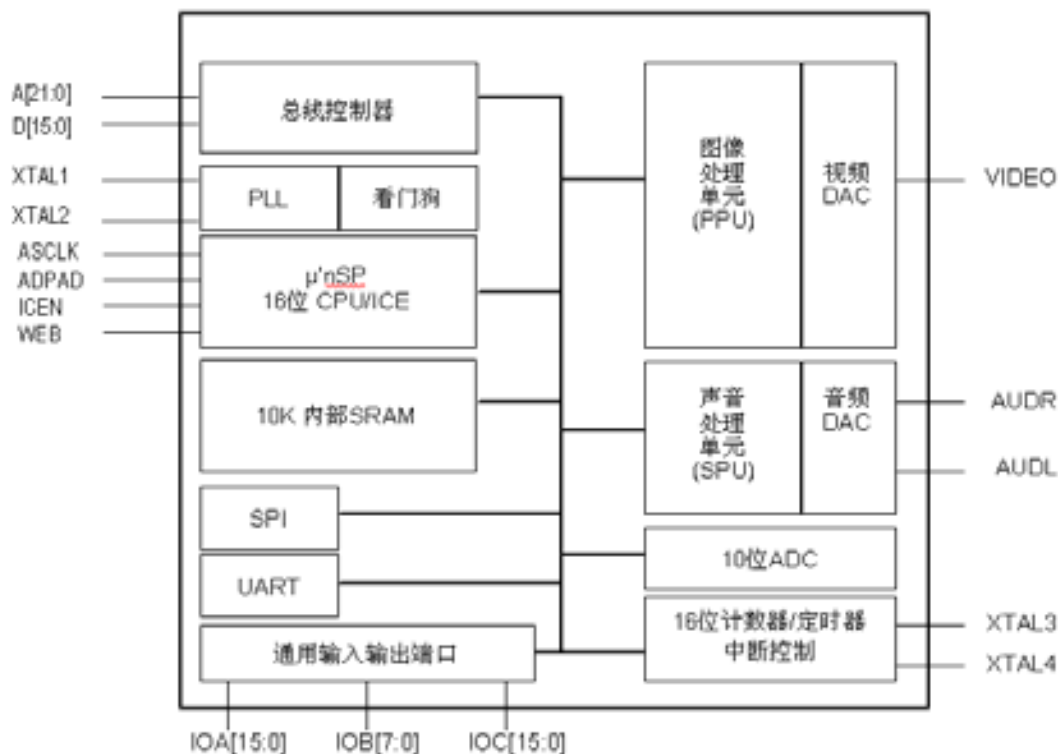


图25

3.6.3 应用

- TV 游戏产品
- 手持游戏产品
- 教育辅助产品
- 卡拉 OK 产品

3.7 SPL16256A 简介

SPL16256A 是 16 位 LCD 控制器, 配备凌阳最新的 16 位微处理器 $\mu'nSP$ (读作 micro-n-SP)。高处理速度确保 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 能够处理复杂的数字信号。SPL16256A 应用于数字声音和语音辨识领域。此外, 液晶显示 (LCD) 能力加强了 SPL16256A 在各种视觉领域的应用。内存大小为 256K 字 mask ROM 以及 6K 字 SRAM。该 LCD 控制器可支持 16 级灰度或 4096 色, 320×320 像素, 其他性能包括 57 置可编程多功能输入输出管脚, 3 只 16 位定时器/计数器, 32768Hz 实时时钟, 低电压检测/复位, 7 个 12 位 ADC 通道(一个通道内置带自动增益控制器 MIC 放大器)以及其他性能。

3.7.1 性能

- 内置 16 位 μ nSP 微处理器
 - 256K 字 mask ROM
 - 6K 字 SRAM
 - CPU 最大时钟: 47.9232MHz
 - 23 个中断源可选择为 IRQ 或 FIQ
- 3 种节能模式
 - 备用模式/暂停模式/等待模式
 - 备用模式最大 $2.0\mu\text{A}$ @ 3.3V
 - 暂停模式最大 $10\mu\text{A}$ @ 3.3V
- 4 只芯片选项管脚访问外挂标准内存
 - 总线内存接口
 - 异步串行接口(UART/IrDA)
 - 支持 SPI 接口
- 支持凌阳传感器接口, 连接凌阳 CIF/QCIF 传感设备
- 3 个 16 位 PWM(DAC)音频输出
- 57 只通用输入输出管脚(位可编程)
 - 触键唤醒/中断功能(IOA & IOB)
- PLL 提供系统时钟
 - 32768Hz 实时时钟(RTC)
 - 7 路 12 位 ADC
- 触摸盘控制器和驱动器
- ADC 外部高基准电压
 - 2.0V 稳压器输出, 5mA 的驱动能力
 - 内置麦克风放大器和 AGC 功能
- 低电压复位和监测
- 看门狗, 系统总线/地址误差复位
- 开发和载入 flash 内存的 ICE 功能

■ 可编程音频处理

3.7.2 结构概览

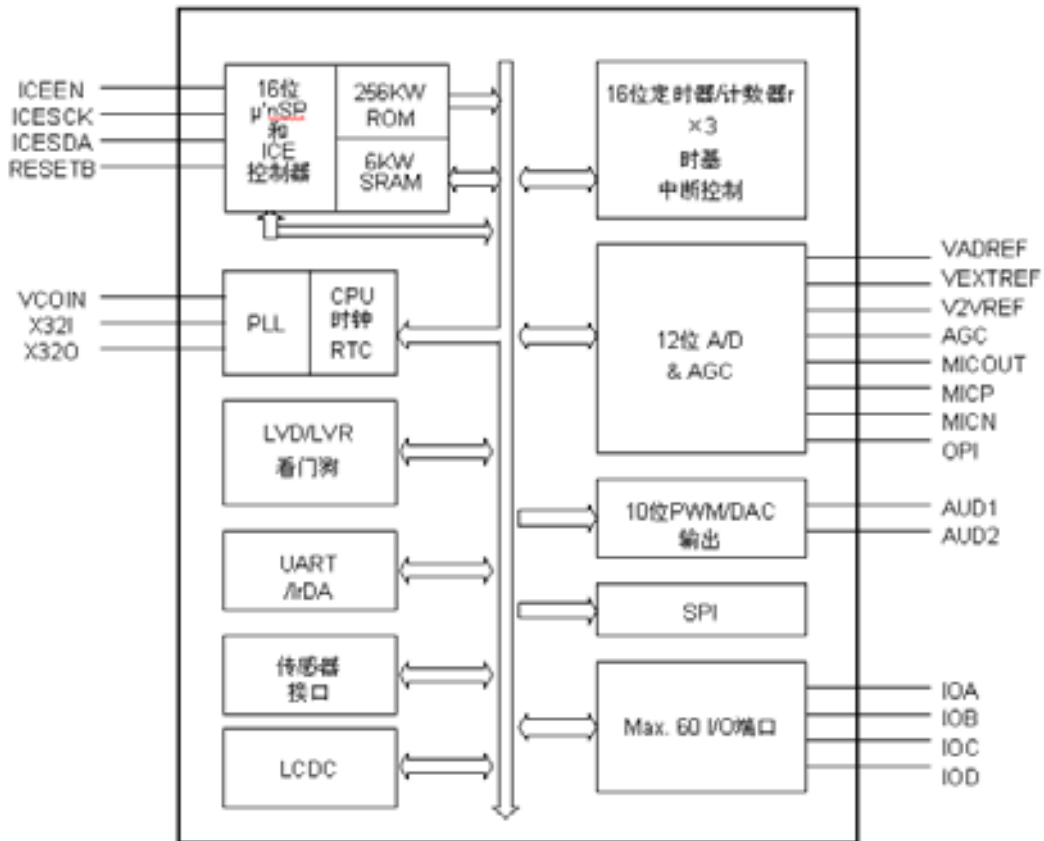


图26

3.7.3 应用

- 高级教育玩具
- 高端通用 LCD 控制器
- 孩童故事书
- 手持 LCD 游戏，带声音合成器或语音辨识
- Data Bank
- PDA
- 触摸屏显示器

3.8 SPF32 简介

SPF32 是一款含多处理器的单芯片，包括 $\mu'nSP^{TM}$ (凌阳公司开发的 16-bit CPU)，32 通道声音处理单

元(SPU)和其他用于电子乐器的重要功能。工作电压范围 3.0V-3.6V, CPU 速度 54MHz。另外, 还配备单色 LCD 接口, 最大点阵 1024×256, SPI 接口, 48 只可编程输入输出管脚, 2 只 16 位定时器/计数器, 32768Hz 实时时钟, 内置 10 位 ADC, UART(MIDI)接口和其他连接不同输入输出装置的其他性能。SPF32 不仅提供了最新声音处理技术, 也提供凌阳公司的全心服务和支持。

3.8.1 性能

- 内置 $\mu'nSP^TM$
- 内置 2K×16 SRAM
- 最大 4M × 16 外部编程 ROM
- 支持单色 1024 × 256 点 LCD 接口
- 32 通道
- 16 位立体声 PCM 声音回放
- 4-16 位 ADPCM 解码
- 7 位主音量控制
- MIDI 格式右/左增益控制
- 最大 256 片包络方式
- 任何 N 点音色采样
- 32 通道中断功能和节奏事件中断和包络中断
- 扩展包络功能
- 音色&包络地址非受 bank 限制 (64K)
 - 支持硬件 pitch band
 - 支持 release tone
 - 支持独立通道 release
- 内置 PLL 提供系统时钟, 输入时钟 6MHz
- 32768Hz 实时计数器
- 2 个 16 位定时器/计数器(可编程, 自动再加载)
- 48 个通用输入输出管脚 (位可编程)
- 14 个中断源: SPU, PPU, 定时器, 时基, 外部输入, 触键唤醒
- 触键唤醒功能
- 10 位 AD 转换器

- UART (MIDI): 通用异步接收发器
- 内置看门狗功能
- 实时时钟(RTC): 32768Hz
- SPI 主接口
- 内置 512k 字 ROM

3.8.2 结构概览

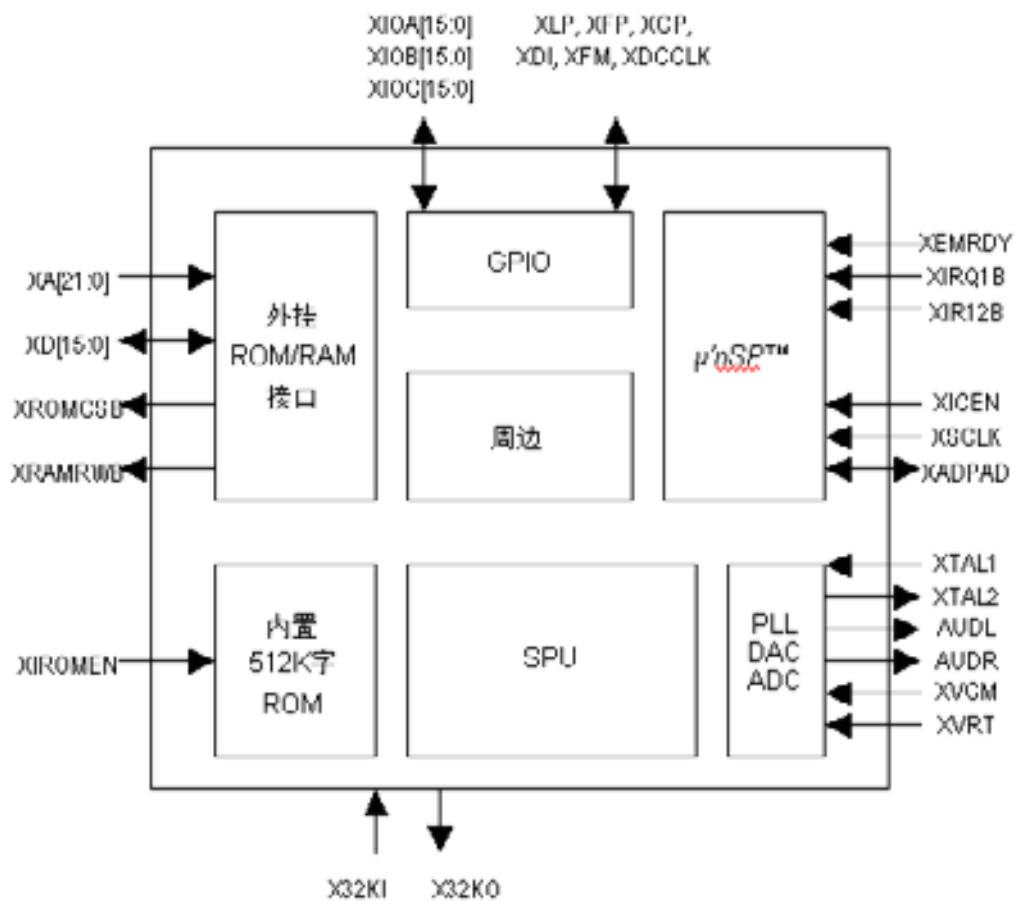


图27

3.8.3 应用

高档电子乐器，如电子钢琴，卡拉 OK 等。

第4章 开发工具

尽管 $\mu'nSP^{TM}$ 的用途很广，但其本身并没有开发能力，需借助一些开发工具的支持才可使其诸多用途得以开发并实现。

$\mu'nSP^{TM}$ 系统开发工具大体分为硬件工具和软件工具两类。硬件工具即为 $\mu'nSP^{TM}$ 系统仿真板和系统板，用于将程序的二进制代码下载调试；软件工具为 Windows 环境下操作的集成工具，在 Windows 环境下，将程序的编辑、编译及调试有机地合为一体，使 $\mu'nSP^{TM}$ 系统的开发高效且方法简洁。

4.1 硬件开发工具

$\mu'nSP^{TM}$ 部分产品均内置有在线仿真接口，即 ICE(In-Chip-Emulator)接口。该接口方式适用于内部 ROM 存储空间为闪存的（FLASH）。该种产品硬件开发工具较为简单。只需要一个在线调试器（PROBE）既可以完成。PROBE 既是一个编程器（即程序烧写器），又是一个实时在线调试器。用它可以替代在单片机应用项目的开发过程中常用的软件工具——硬件在线实时仿真器和程序烧写器。

PROBE 工作于凌阳集成开发环境软件包下，其 5 芯的仿真头直接连接到目标电路板上单片机相应管脚，来调试、运行用户编制的程序。PROBE 的另一头是标准 25 针打印机接口，直接连接到计算机打印口与上位机通讯，在计算机 IDE 集成开发环境软件包下，完成在线调试功能。图 28 是计算机、PROBE、用户目标板三者之间的连接示意图。

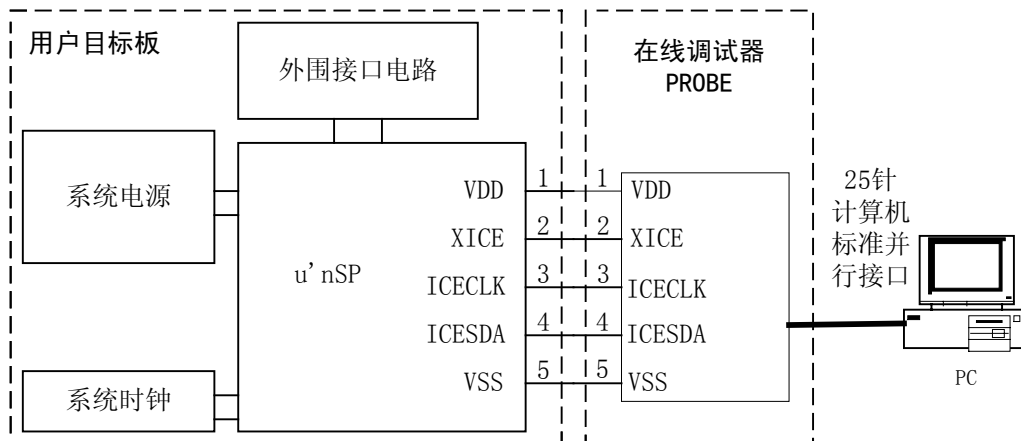


图28 用户目标板、PROBE、计算机三者之间的连接图

4.2 软件开发工具

$\mu'nSP^{TM}$ 集成开发环境，它集程序的编辑、编译、链接、调试以及仿真等功能为一体。具有友好的交互界面、下拉菜单、快捷键和快速访问命令列表等，使人们的编程、调试工作更加方便且高效。此外，它的软件仿真功能可以在不连接仿真板的情况下模拟硬件的各项功能来调试程序。

IDE 的开发界面如图 29 所示。本章将介绍 $\mu'nSP^{TM}$ 开发环境的菜单、窗口界面以及项目的操作等，使有兴趣者对开发环境有一个总体了解，并能够动手实践。

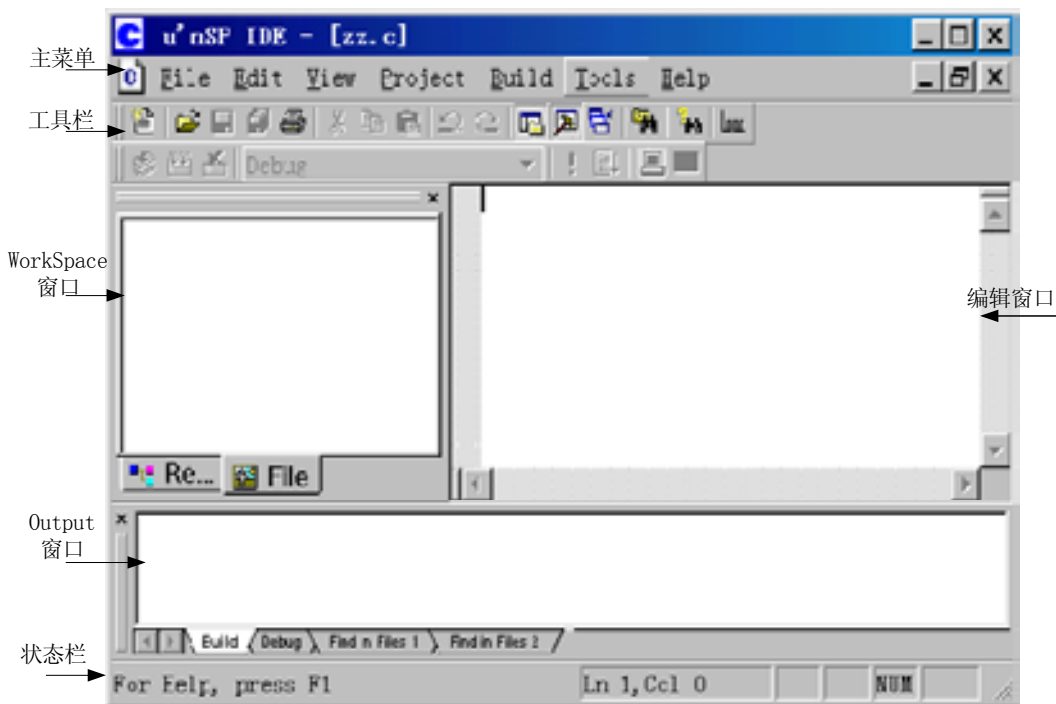


图29 开发环境界面

凌阳十六位单片机集开发环境采用项目方式进行文件管理。项目 (Project) 是指为用户调程建立起来的一个开发环境，提供用户程序及资源文档的编辑和管理，并提供各项环境要素的设置途径，最后将通过对用户程序及库的编制（包括编译、汇编以及链接等）提供出一个良好的调试环境。

凌阳十六位单片机集开发环境的工具栏其中含有 μ'nSP™ IDE 提供了 3 种工具栏，包括标准、编辑和调试。每种工具栏都有固定和浮动两种形式。把鼠标移到固定形式工具栏中没有图标的地方，按住左按钮，向下拖动鼠标，即可把工具栏变为浮动的；而双击浮动工具栏的标题条，则可变为固定工具栏。

固定形式的标准工具栏位于菜单栏的下面，它以图标的形式提供了部分常用菜单命令的功能。只要用鼠标单击代表某个命令的图标按钮，就能直接执行相应的菜单命令。工具条中有 38 个图标，代表 38 种操作，如图 30 所示。

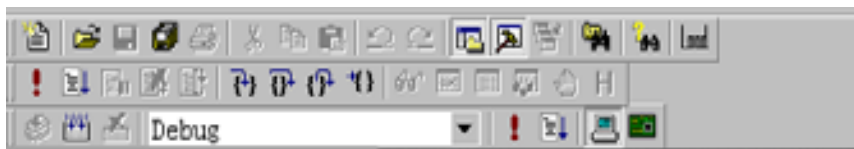


图30 工具栏

μ'nSP™ IDE 支持多文档窗口操作，用户可以在主界面里同时打开多个窗口，如图 31 所示。

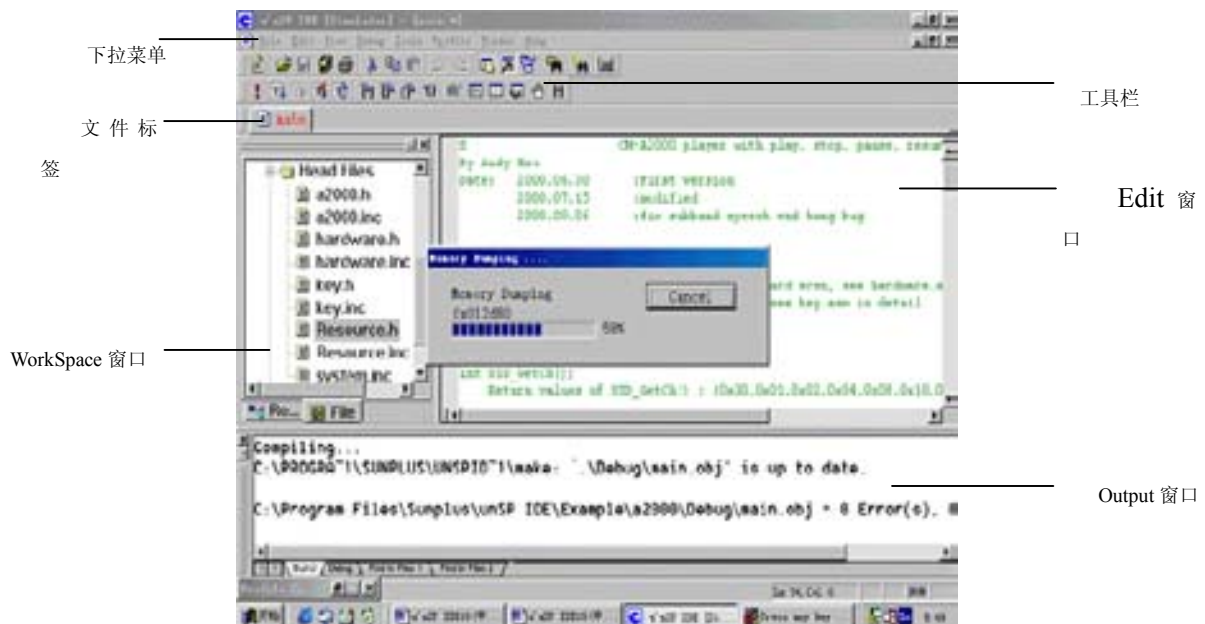


图31

主界面里通常有三个主要窗口：Workspace（工作区）窗口、Edit（编辑）窗口和 Output（输出）窗口。进行窗口切换只需在各窗口处单击鼠标左键即可。此外，主界面里还提供下拉菜单、工具栏等。

μ'nSP™ IDE 支持软件仿真和在线调试。在两种调试过程中，均有单步运行、全速运行、断点调试以及变量窗口、寄存器窗口、内存窗口、反汇编窗口等方便用户进行软件调试和硬件调试。软件调试时，集成开发环境可以仿真各种中断、仿真端口外接 LED 和按键。这些均为软件开发者提供了方便。如图 32 为调试状态界面。

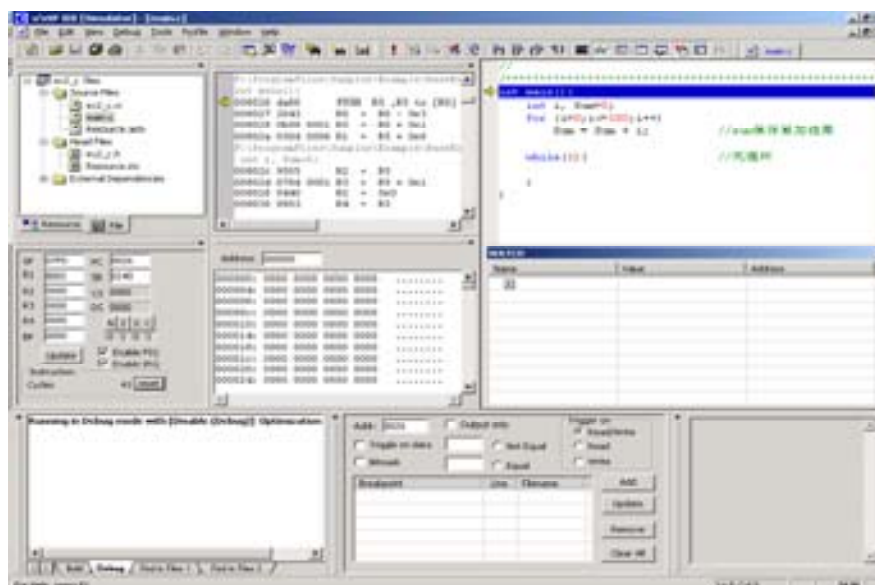


图32 文件程序 Download 后的调试界面

在μ'nSP™ IDE 中，配备硬件声明的头文件和常用函数模块，例如键盘扫描模块，语音音量调节模块等等。另外还配备各种库文件，包括标准 C 常用的库函数，凌阳音频库函数等，尤其凌阳音频库函数，只要用户了解这些函数的使用方法，用户就可以轻而易举的完成平时因为较神秘的语音播放、语音录入和语音识别功能。这些均可以大大加快开发者的开发进程。

第5章 应用实例

5.1 常用 LCD（FM12232A）在 SPCE061A 上的应用

当前，液晶显示的应用无论在生活中，还是工作中，都是比较常见的。如果液晶显示结合悦耳的音乐或语音，将会为我们的生活和工作带来更加方便环境。在此选用的液晶显示是市场上比较常见的内藏 SED1520 控制器的图形液晶显示模块。所选择的液晶屏型号为 FM12232A。处理器选用凌阳公司的十六位单片机 SPCE061A，该芯片具有强大的语音处理功能。此系统方案仅作为一常用液晶显示的范例，提供该型号 LCD 的汉字显示模块，图片显示模块，供用户进一步开发使用。此类系统方案可以应用于家电上的人机互动界面等处。

关键词 液晶显示 LCD SPCE061A 凌阳音频

5.1.1 系统结构

系统结构图如图 33。

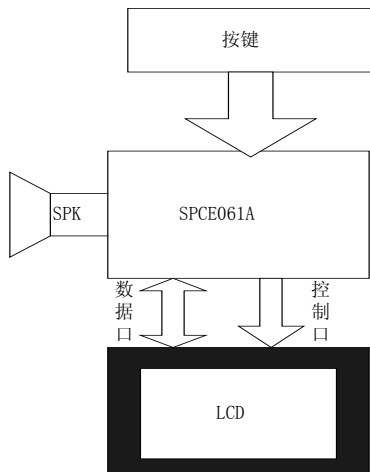


图33 液晶显示应用系统结构图

本系统主要由音频输出部分，按键扫描部分，液晶显示部分三部分组成。

音频输出部分：该部分主要用来播放语音或音乐。SPCE061A 内置有 2 路音频输出通道，经过 LM386 进行音频放大后，通过喇叭播放语音。

按键扫描部分：该部分用于选择动态图片的背景音乐。通过不同的按键，背景音乐不同。

液晶显示部分：该部分用于显示汉字和动态图片。

5.1.2 SPCE061A 介绍

SPCE061A 是台湾凌阳公司推出众多十六位单片机中的一款，该单片机内置 2K 字的 SRAM，32K 字的 FLASH，8 路 10 位 AD，2 路 10 位的 DA，UART，SIO 等，另外还内置有在线仿真接口，这为我们编程及在线调试提供了方便的条件。而且该芯片性价比很高，其内部内置有 16 位乘法器、内积滤波运算等功能，其价格却只有 8 位单片机的价格，因此此芯片具有开发成本较低的优势。另外，凌阳音频很有特色，有自己的语音格式，压缩比最大可达 80: 1.5。目前，较常用的音频格式有：

表7

模块名称 (Model-Index)	语音压缩编码率类型	资料采样率
SACM_A2000	16Kbit/s, 20 Kbit/s, 24 Kbit/s	16KHz
SACM_S480/S720	4.8 Kbit/s, 7.2 Kbit/s	16KHz
SACM_S240	2.4 Kbit/s	24KHz
SACM_MS01	音乐合成 (16Kbits/s, 20 Kbits/s, 24 Kbits/s)	16KHz
SACM_DVR (A2000)	16 Kbit/s 的资料率, 8 K 的采样率, 用于 ADC 信道录音功能	16KHz

这里所提到的压缩编码率即为压缩后每秒钟语音播放时所使用的数据量。而解码后每秒钟播放的语音数据量均为 16K byte。将压缩前的数据量比上压缩后的数据量既可以得出凌阳不同音频格式压缩比。。

SACM-A2000：压缩比为 8:1, 8:1.25, 8:1.5

SACM-S480： 压缩比为 80:3, 80:4.5

SACM-S240： 压缩比为 80:1.5

压缩比越大，占用存储空间越小，越节约资源。例如：采用 SACM_A2000 16Kbit/s 的编码率，播放 1 分钟，所占用存储器的空间为：16Kbit * 60s = 960K bit /8 =120K byte/2=60K word。

5.1.3 液晶显示屏简介

5.1.3.1 SED1520 介绍

SED1520 液晶显示控制驱动器集行、列驱动器和控制器于一体，被广泛用于小规模液晶显示模块。内置 2560 位显示 RAM 区。具有 16 个行驱动输出和 61 个列驱动输出。

5.1.3.2 液晶显示屏管脚

表8

1	Vdd	5V	上电
2	Vss	0V	地
3	V0	-	LCD 电源端
4	RES	H/L	L 系统复位
5	CS1	H/L	Chip1 使能信号端
6	CS2	H/L	Chip2 使能信号端
7	R/W	H/L	读/写使能信号
8	A0	H/L	显示数据/指令
9	D0-D7	-	数据端口

5.1.3.3 液晶显示模块指令

(1) 读状态字

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	Busy	ADC	OFF/ON	RESET	0	0	0	0

当 SED1520 处于“忙”状态时，除了读状态指令，其他指令均不起任何作用，因此在访问 SED1520，都要先读一下状态，判断是否“忙”

Busy 1: 忙状态 0: 准备好状态

ADC 1: 正常输出 0: 反向输出

OFF/ON 1: 显示关闭 0: 显示打开

RESET 1: 复位状态 0: 正常状态

(2) 复位

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	1	1	0	0	0	1	0

该指令为软件复位指令，执行该指令后，使显示起始行置为第 0 行，列地址置为 0，页地址置为 3。

(3) 占空比的选择

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	0	1	0	1	0	0	0/1

D0=0 占空比为 1/16，D0=1 为 1/32

驱动 32 行液晶显示时，使 D0 为 1；驱动 16 行时 D0 为 0。

(4) 显示起始行设置

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0	0	1	1	0	显示起始行 (0-31)				
---	---	---	---	---	--------------	--	--	--	--

(5) 休闲工作状态设置

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	0	1	0	0	1	0	0/1

该指令用软件停止 SED1520 的 LCD 驱动输出，使系统处于低功耗休闲状态。休闲指令需在关显示状态下输入。

(6) ADC 选择指令

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0/1

该指令用来设置列驱动输出端与液晶显示屏的列驱动线的连接方式。应根据厂方提供的模块实际连线设置，一般设为 ADC=0。

(7) 显示开/关指令

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	0	1	0	1	1	1	0/1

D0=1 为开显示；D0 = 0 为关显示。该指令不影响显示 RAM 内容。

(8) 设置页地址

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	0	1	1	1	0	页地址 (0-3)	

(9) 设置列地址

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	列地址 (0-61)						

(10) 改写方式设置指令

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0

该指令发出后，使得每次写数据后列地址自动增 1，而读数据后列地址仍保持原值不变。在改写方式中，SED1520 不接受任何指令代码。

(11) 改写方式结束指令

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	1	1	1	0	1	1	1	0

该指令执行后，将结束改写方式，以后无论读或写数据后，列地址都增 1。

(12) 写数据

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	1	显示数据							

(13) 读数据

R/W	A0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	显示数据							

当读一个或一系列数据之前必须先完成一个空读操作。正常状态下，写数据或读数据后，列地址将自动增1。

5.1.4 硬件设计

硬件连接图如图 34。

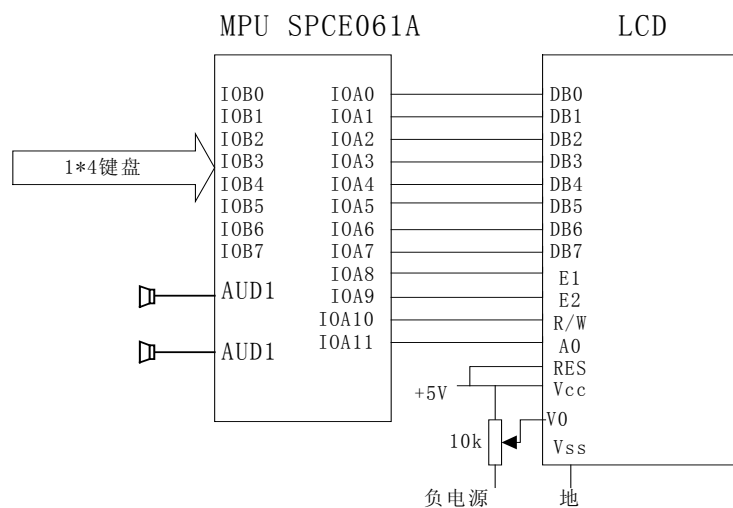


图34 硬件连接图

硬件连接图中，IOA8-IOA11 为 LCD 的控制脚。IOA8-- E1 为 LCD chip1 的片选脚，chip1 为下降沿有效。IOA9-- E2 为 chip2 的片选脚，chip2 也为下降沿有效。IOA10--R/W 为读写选择信号。A0 即 IOA11 为寄存器选择信号。

本硬件系统连接包括三部分。音频输出部分，按键扫描部分和液晶显示部分；

音频输出部分详细连接图 35。

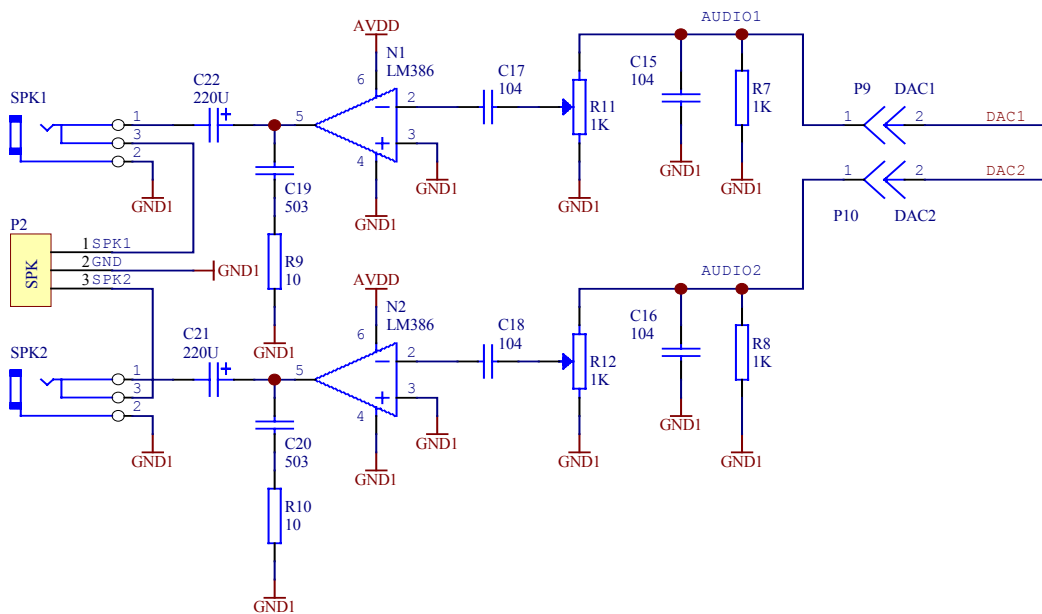


图35 音频输出部分电路原理图

这里键盘扫描部分和液晶显示部分因电路原理图较简单，就不再介绍。

5.1.5 软件设计

软件程序结构，包括以下几部分：系统初始化，LCD 初始化，汉字显示，动态图片显示，语音播放。

主程序流程图：

LCD 初始化流程图：

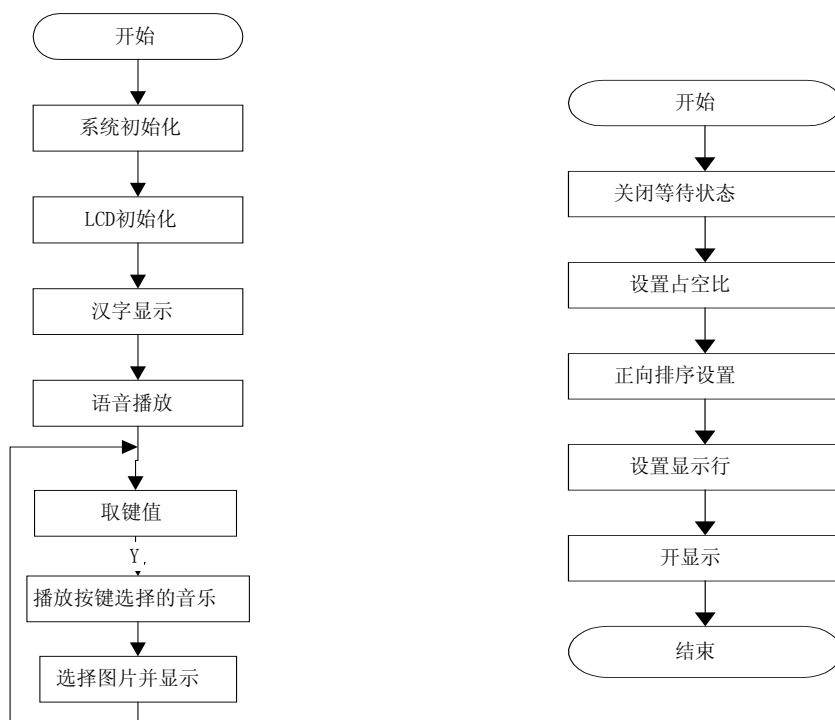


图36

在 LCD 初始化中，包括 LCD 的清屏，正向排序，反向排序，开 LCD 显示，这些都是通过设置命令字来实现的。

在主程序中，因为方案中显示的为动态图片，因此，在显示图片过程中，要选择图片来显示。此处显示的为蚂蚁爬行的动态图片。需要三张图片，三张图片顺序选择。图片每秒刷新 16 次。每一次刷新要重新定位页地址和行地址。

在本系统中语音及音乐播放采用的是凌阳 A2000 音频格式。凌阳十六位单片机的集成开发环境中，支持 C 语言与汇编语言的互调，并提供凌阳音频的相关库函数，这些都为软件开发者提供了很大的方便。我们只要了解这些库函数的使用，就可以简单方便的完成语音的播放。本系统中语音播放部分代码如下：

```

SACM_A2000_Initial(1);           // SACM_A2000 初始化

SACM_A2000_Play(SPEECH_1,DAC1,Ramp_UpDn_On); //语音播放

while(SACM_A2000_Status()&0x0001) //获取模块状态

SACM_A2000_ServiceLoop();       //获取语音数据并将其填入解码队列;
    
```

通过以上四条函数调用语句就可以完成语音的播放功能。

5.1.6 总结

本文介绍了常用内藏 SED1520 控制器的图形液晶显示模块在凌阳 SPCE061A 上的应用，LCD 的显示结合凌阳语音播放，双重效果，对于即需求液晶显示又需要语音提示的方案有较好的参考价值。

5.2 SPCE061A 外扩 FLASH (W29C040) 实现数码录音及播放

SPCE061A 是台湾凌阳公司生产的十六位单片机，该单片机内置有 2 路 DA 转换，8 路 AD 转换及在线仿真等丰富的功能，这些都为我们实现数码录音和播放提供良好的方便条件，W29C040 是台湾华邦公司生产的 4M 位的 FLASH 存储芯片，利用它存储凌阳格式的语音资源，可以长达 4 分钟语音录放。该系统可以广泛应用于需求的录音较长的场合。如录音笔、自录语音提示等应用方案。本系统提供 W29C040 相关的读写模块，此模块也可应用于 W29C040 同系列的相关 FLASH 芯片中。

关键词 SPCE061A 快速闪存 W29C040

5.2.1 系统结构

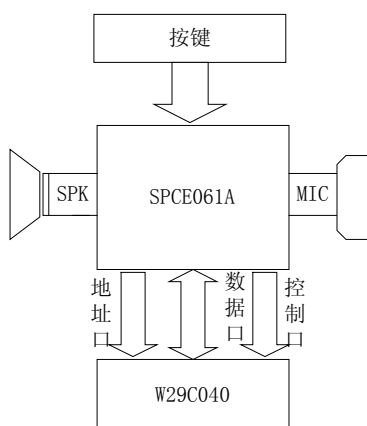


图37 数码录音播放系统结构图

本系统包括按键部分、音频录入部分、音频输出部分和 W29C040 存储扩展等四部分。

按键部分：按键 1 开始语音录入 按键 2 停止录音，播放语音。

音频录入部分：主要是由 MIC、自动增益电路、AD 转换电路构成，通过 MIC 采样语音数据，并经内置自动增益电路处理、AD 转换后，编码并存储到 W29C040 FLASH 中。

音频输出部分：主要是将 SPCE061A 两路音频输出端通过 LM386 放大，经喇叭播放。

W29C040 存储扩展部分：通过 SPCE061AIO 口的控制，将录音编码后的数据存储到 W29C040 中。

系统实现的功能：通过按键 1，开始录音；按键 2，结束录音并播放所录的语音。播放结束后，可以继续录入下一段语音。

5.2.2 W29C040 介绍

W29C040 为 32 脚 DIP 封装芯片，工作电压为 5V，内部 512K * 8 位的快速闪存，它的结构为 256 字节为一页，每页的擦写时间为 5mS，整片擦除时间为 50mS。管脚表如表 9：

表9

管脚名称	功能描述
------	------

5.2.2.1 W29C040 读写时序图

Read Cycle Timing Diagram



Page Write Timing Diagram Software Data Protection Mode



写结束判断时序图

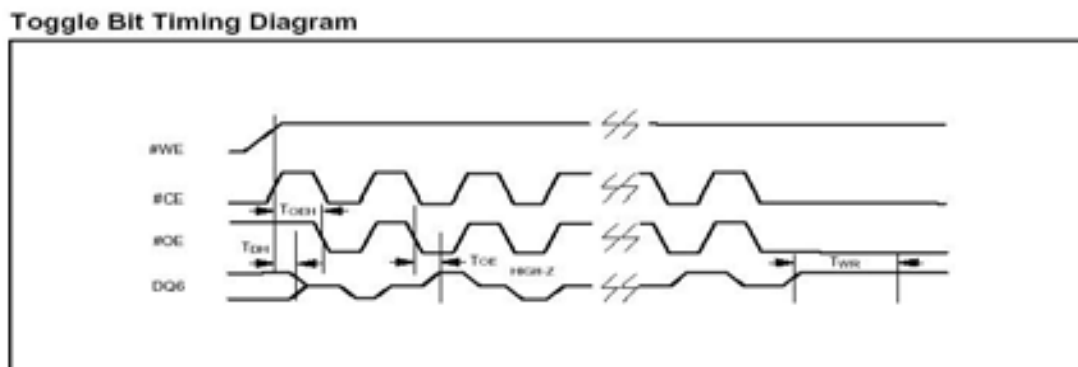
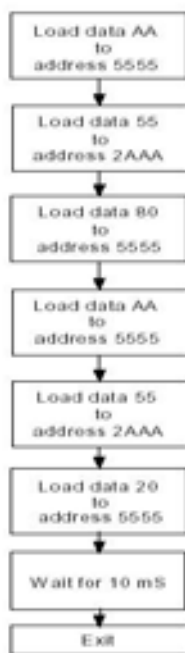


图40

5.2.2.2 W29C040 写、擦除流程图

(1) 去掉写保护流程图



(2) 片擦除流程图

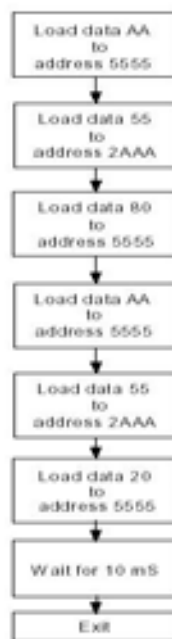


图41

(3) 页写流程图

(4)写结束判断流程图

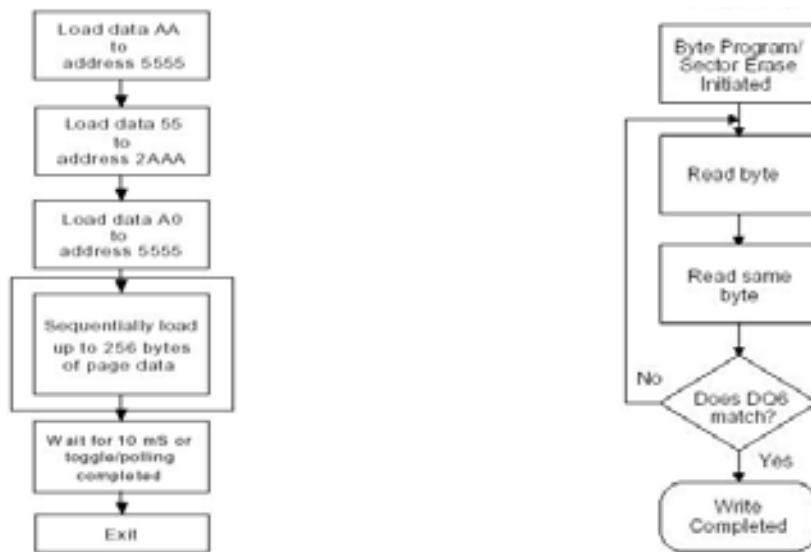


图42

5.2.3 SPCE061A 介绍

SPCE061A 是台湾凌阳公司生产的性价比很高的一款十六位单片机，使用它可以非常方便的实现语音的录放系统，该芯片拥有 8 路 10 位精度的 AD，其中 1 路 AD 为音频转换通道，并且内置有自动增益电路。这为实现语音录入提供了方便的硬件条件。2 路 10 位精度的 DA，只需要外接 2 个功放（LM386）即可完成语音的播放。另外，凌阳十六位单片机具有易学易用的效率较高的一套指令系统和集成开发环境。在此环境中，支持标准 C 语言，可以实现 C 语言与凌阳汇编语言的互相调用。并且，提供了语音录放的库函数，只要了解库函数的使用，就会很容易完成语音录放，这些都为软件开发提供了方便的条件。

凌阳的音频格式有许多种，比较常用的有如下三种。

表10

模块名称 (Model-Index)	语音压缩编码率类型	资料采样率
SACM_A2000	16Kbit/s, 20 Kbit/s, 24 Kbit/s	16KHz
SACM_S480/S720	4.8 Kbit/s, 7.2 Kbit/s	16KHz
SACM_S240	2.4 Kbit/s	24KHz

在这里压缩编码率即为压缩后每秒钟语音播放时所使用的数据量。而解码后每秒钟播放的语音数据量均为 16K byte。将压缩前的数据量比上压缩后的数据量既可以得出凌阳不同音频格式压缩比。

SACM-A2000: 压缩比为 8:1, 8:1.25, 8:1.5

SACM-S480: 压缩比为 80:3, 80:4.5

SACM-S240: 压缩比为 80:1.5

压缩比越大，存储空间占用越小，更加节约资源。例如本系统采用的是 SACM_A2000 格式中的 16Kbit/s 压缩编码率，则就可以计算出 4Mbit 的存储器可以播放 $4M/16K = 256$ 秒/60= 4 分钟多，因此我们就可以知

道 4Mbit 的存储空间可以录放约 4 分钟多的语音。

5.2.4 硬件设计

SPCE061A 与 W29C040 的硬件连接图：

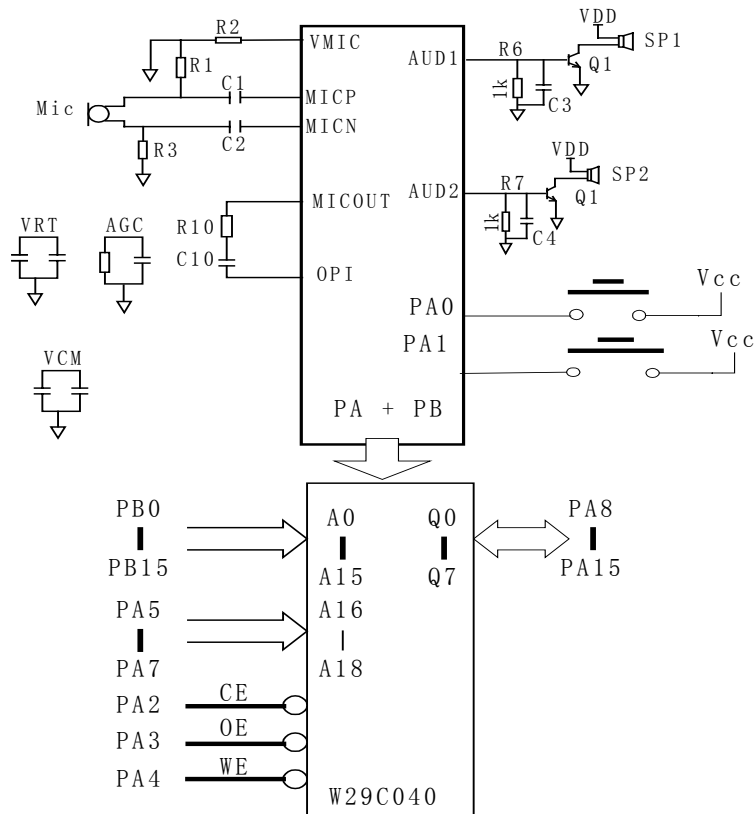


图43 硬件连接图

本系统硬件电路包括按键部分、音频录入部分、音频输出部分和 W29C040 存储扩展等四部分电路。音频录入部分详细电路图 44。

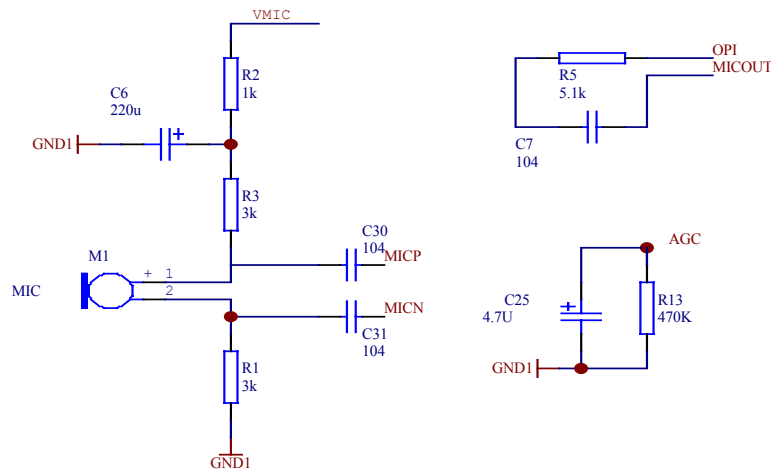


图44 音频录入部分电路原理图

音频输出部分详细电路图 45。

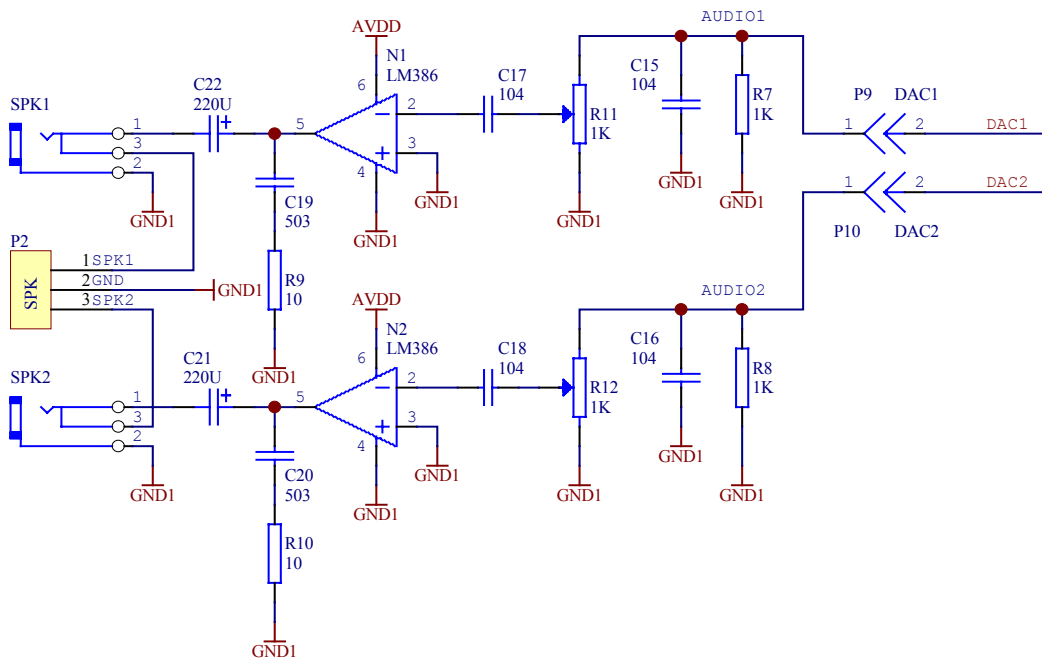


图45 音频输出部分电路原理图

此处因按键扫描电路和存储器扩展电路非常简单，因此就不再详述。

5.2.5 软件设计

本系统软件设计流程：

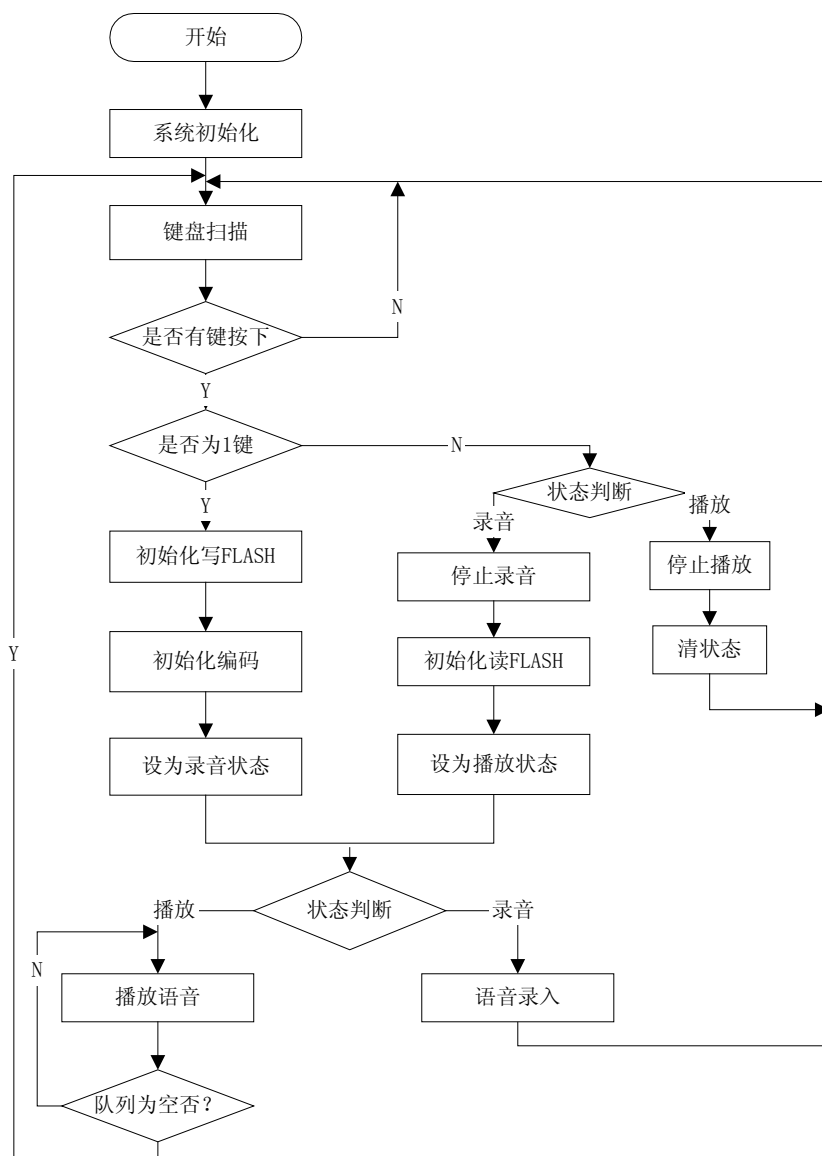


图46

本软件系统设计简单。主要是因为凌阳的十六位单片机开发环境使用方便，并支持 C 语言与汇编语言的互相调用，且提供丰富的凌阳语音函数库，只要我们了解这些函数的使用方法，我们就可以很容易的实现语音的录放。例如本系统的语音录入和播放部分代码：

语音的录入：

```

SP_InitW29C040Flash();

SACM_DVR_Initial(Manual);           //手动方式初始化

SACM_DVR_InitEncoder(RceMonitorOn); //语音数据非自动方式编码
if(SACM_DVR_TestQueue() != Empty){

```

```
page_buf[n] = SACM_DVR_FetchQueue( );    //取出语音编码数据  
many_data_write(M_AddrH,M_AddrL,page_buf,n);//写存储器  
}
```

语音的播放:

```
SP_InitReadW29C040Flash();  
SACM_DVR_InitDecoder(DAC1+DAC2);        //语音数据以非自动方式解码  
if(SACM_DVR_TestQueue()!=Full)  
{  
    Ret = SP_Read_Data(M_AddrH,M_AddrL++); //获取一个字型语音数据  
    SACM_DVR_FillQueue(Ret);                //填入语音队列等候解码  
    SACM_DVR_Decode ();                     //获取资源并进行解码,  
}
```

只需要以上的几条简单语句调用就可以完成语音录入和播放。可见使用是极其方便的。

本系统底层驱动部分包括 W29C040 的读写、擦除使用的是汇编语言编写的。上层部分包括语音的录放是由 C 语言完成的。提供独立的 W29C040 的读、写、擦除代码模块。可供 W29C 系列芯片的驱动。

SACM-DVR 相关的 API 函数如下所示:

int SACM_DVR_Initial(int Init_Index)	//初始化
void SACM_DVR_ServiceLoop(void)	//获取资料, 填入译码队列
void SACM_DVR_Encode(void)	//录音
SACM_DVR_StopEncoder();	//停止编码
SACM_DVR_InitEncoder(RceMonitorOn)	//初始化解码器
void SACM_DVR_Stop(void)	//停止录音
void SACM_DVR_Play(void)	//开始播放
unsigned int SACM_DVR_Status(void)	//获取 SACM_DVR 模块的状态
void SACM_DVR_InitDecode(void)	//开始译码
void SACM_DVR_Decode(void)	//获取语音资料并译码, 中断播放
SACM_DVR_StopDecoder();	//停止解码
unsigned int SACM_DVR_TestQueue(void)	//获取语音队列状态

```
int SACM_DVR_Fetchqueue(void)           //获取录音编码数据

void SACM_DVR_FillQueue(unsigned int encoded-data) //填充资料到语音队列，等待播放

int GetResource(long Address) ——(Manual)

中断服务函数：

Call F_FIQ_Service_SACM_DVR           //语音播放

Call F_IRQ1_Service_SACM_DVR          //语音录制
```

5.2.6 总结

凌阳公司的 SPCE061A 的结构特点及其相关的一些开发平台为我们实现语音的录入和播放提供了极其方便的条件，当然 SPCE061A 还有很多的类似于其他方面的单片机所具有的功能，使用起来同样方便。

随着市场竞争的激烈，开发者对产品开发的资金和时间的投入不断缩小，相信凌阳科技的产品能实现开发者们的需求。

5.3 使用 SPCE061A 的 SIO 实现数码录音及播放

SPCE061A 是台湾凌阳公司生产的一种新型的十六位单片机，该款单片机资源丰富，具有极高的性价比。SPCE061A 具有可编程的音频处理功能，同时又具有串口输入输出端口 SIO（它提供了一个 1 位的串行接口，用于与其它设备进行数据通讯），本文就是介绍利用 SPCE061A 的这两个资源和串行接口的 FLASH(SPR1024)来开发数码录音及播放系统。

本系统只使用 5 个 IO 口，还有好多资源没有用到。因此，开发者可以在此基础上扩展系统的功能，比如，使用 SPCE061A 的通用异步串行接口 UART 来实现与 PC 机的通讯，或者使用其他的 IO 口来外挂 USB 器件实现与 PC 机的 USB 通讯，制作复杂的录、放音系统。

5.3.1 系统结构

系统结构框图如图 47,它主要由按键输入、音频录入、音频输出和 SPR1024 存储扩展这四部分组成。

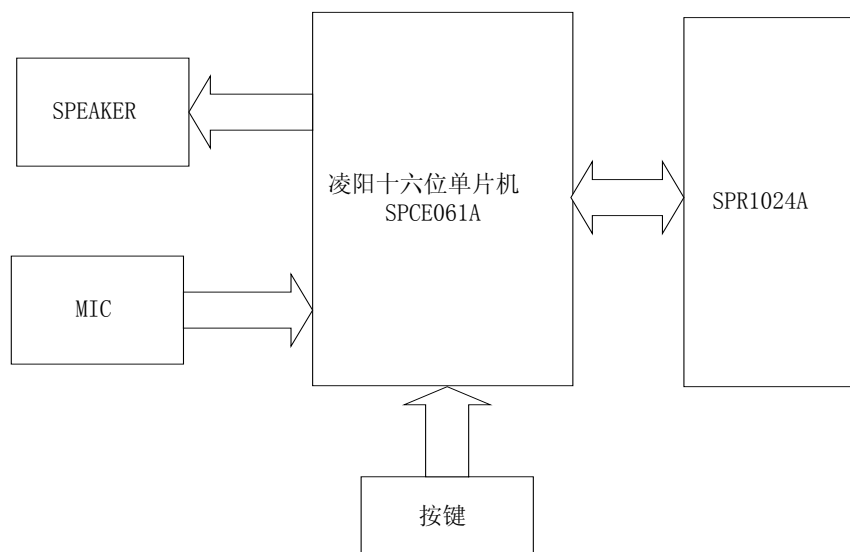


图47 数码录音播放系统结构图

按键输入部分：它由 3 个按键组成。

音频录入部分：主要由 MIC、自动增益电路、AD 转换电路构成。

音频输出部分：主要由 LM386 放大器，喇叭播放器组成。

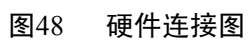
SPR1024 FLASH 部分：主要用来存储编码后的语音数据。

5.3.2 硬件设计

本系统主要采用 SPCE061A 单片机和 SPR1024 FLASH 芯片。其中 SPR1024 也是台湾凌阳科技公司生产的，它是串行接口的 FLASH，是 40 脚 DIP 封装的 IC。它的工作电压范围为 2.7V~3.6V，存储容量为 128K * 8 位，FLASH 内部结构以 1k 字节为一页，共 128 页。该芯片与 SPCE061A 的 IOB0 和 IOB1 相连的管脚是 21pin 的 SCLK, 4pin 的 ADPAD。

SPCE061A 是性价比极高、资源丰富的一款十六位单片机，使用它可以非常方便的实现语音的录放系统。SPCE061A 的 A/D 转换器有 8 个通道，其中有 1 个通道是 MIC-IN 输入，它专门用于对语音信号进行采样。语音信号经 Mic 转换成电信号，由隔直电容隔掉直流成分，然后输入至 SPCE061A 内部前置放大器。SPCE061A 内部自动增益控制电路 AGC 能随时跟踪、监视前置放大器输出的音频信号电平，当输入信号增大时，AGC 电路自动减小放大器的增益；当输入信号减小时，AGC 电路自动增大放大器的增益，以便使进入 A/D 的信号保持在最佳电平，又可使削波减至最小。2 路 10 位精度的 DA，只需要外接功放(LM386)电路即可完成语音的播放。

系统的硬件连接图如图 48。图中三个按键控制着系统的录音、停止、放音三个过程。按下 Record 键，采集语音数据，编码后存储语音数据到 SPR1024；按下 Stop 键，停止录音；按下 Play 键，播放所录语音。



本系统软件设计流程图如图 49:



本系统底层驱动程序包括 IO 口初始化、SPR1024 的读写、擦除使用的是汇编语言编写的。上层程序包括语音的录放采用 C 语言编写。程序以函数的形式封装对 SPR1024 芯片的操作，上层程序可以轻松调用这些函数，实现对 SPR1024 读写、擦除操作。这些主要源于凌阳十六位单片机具有易学易用的效率较高

的一套指令系统和集成开发环境。在此环境中，支持标准 C 语言，可以实现 C 语言与凌阳汇编语言的互相调用。

5.3.4 总结

凌阳公司的十六位单片机 SPCE061A 是一种款式新颖，性价比极高的单片机。它具有较高运算速度的 16 位×16 位的乘法运算指令；具有 DSP 功能的内积运算指令；具有音频处理功能；具有 8 位机价格、16 位单片机性能

本系统只是实现 SPCE061A 的一个基本应用，设计者只要对该系统的电路、程序稍加改动，就可以实现语音复读机、跟读机、留言机、以及电话录音仪等功能。

5.4 SPCE061A 单片机在 USB 通讯中的应用

USB(Universal Serial Bus)是通用串行总线。最初 USB 是由 Compaq、Digital、IBM、Intel、Microsoft、NEC 以及 Northern Telecom(北方电信公司)七家公司共同开发的一种新的外设连接技术。诸家公司联合提出这一新型总线，是为了解决 PC 机外围设备的拥挤和提高设备的传输速度。目前普遍采用的 USB1.1 主要应用中低速外部设备上，它提供的传输速度有低速 1.5Mbps 和全速 12Mbps 两种。扣除用于总线状态、控制和错误监测等的数据传输，USB 的最大理论传输速率仍达 1.2Mb/s 或 9.6Mb/s，远高于一般的串行总线接口。现有的 USB 外设有：数字照相机、音箱、游戏杆、调制解调器、键盘、鼠标、扫描仪、打印机、光驱、软驱等。1998 年后随着微软在 Windows98 中内置了对 USB 接口的支持模块，加上 USB 设备的日渐增多，USB 逐步走进了实用阶段、以惊人的速度发展。

由于现在市面上新出一款单片机 SPCE061A，它非常有特色。本文主要介绍，利用 SPCE061A 和 USB 接口芯片 PDIUSBD12 来开发 USB 设备。SPCE061A 单片机由台湾凌阳公司制造，SPCE061A 单片机款式新颖，而且性价比极高。SPCE061A 在 2.6V~3.6V 工作电压范围内的工作速度范围为 0.32MHz~49.152MHz；2K 字 SRAM 和 32K 字 FLASH 仅占一页存储空间；32 位可编程的多功能 I/O 端口；两个 16 位定时器/计数器；低电压复位/监测功能；8 通道 10 位模/数转换输入功能并具有内置自动增益控制功能的麦克风输入方式；双通道 10 位 DAC 方式的音频输出功能；指令系统提供具有较高运算速度的 16 位×16 位的乘法运算指令和内积运算指令，为其应用增添了 DSP 功能.....。较高的处理速度使 SPCE061A 能够非常容易地、快速地处理复杂的数字信号。开发数字声音和语音识别产品，选择 SPCE061A 是一种最经济的选择。

本文所设计的 USB 设备系统的功能比较简单，它主要实现 SPCE061A 与 PC 机之间的简单通讯，是 SPCE061A 单片机的一种基本应用。这篇文章的主要目的是希望能够给读者起抛砖引玉的作用，开发者可以在这个基础上修改程序，轻松实现 USB 设备系统开发。本文所设计的系统具有三种简单功能：1.检测 USB 外设是否连接成功。2.通过点击 PC 端的应用软件上的按钮，可以点亮或熄灭与 SPCE061A 单片机 IO 口相连的 LED 灯。3.应用软件发送任意字符串到 SPCE061A，SPCE061A 接受、回送字符串，应用软件接受到字符串时，能够将它显示出来。

5.4.1 系统组成

本 USB 通讯系统，主要由凌阳十六位单片机 SPCE061A，Philips 公司的 USB 接口芯片 PDIUSBD12 组成，系统框图如图 50。

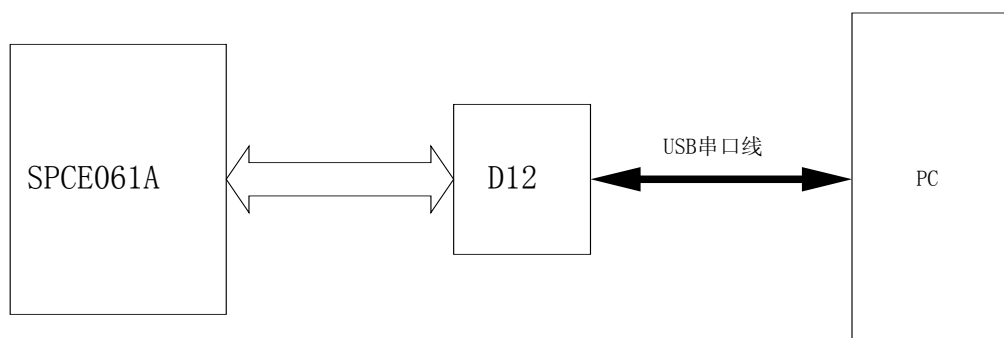


图50 系统框图

这个系统的基本工作流程为：PC 端应用软件，发送 ID0（为了使主机和设备方能同步，该系统定义了三个握手 ID：ID0，ID1，ID2。）给 PDIUSBD12，PDIUSBD12 接收数据，产生中断通知 SPCE061A 单片机读取数据。SPCE061A 如果读取的数据为 ID0，那么发送 ID0 给 PDIUSBD12；PC 机端应用软件发送完数据后，读取外设发送的数据，如果读到的数据为 ID0，那么弹出一个提示框，提示 USB 外设连接成功。此后 PC 机端的应用软件和 USB 外设之间的通讯都是通过 ID 来进行的。

5.4.2 硬件设计

系统电路原理图如图 52 所示。其中 PDIUSBD12 用作实现 PC 机与 SPCE061A 单片机进行通信的高速通用并行接口。USB 协议层的相关通讯协议通过 PDIUSBD12 来实现，它由硬件实现不需要固件的参与。SPCE061A 单片机的主要作用：1. windows 系统配置、枚举 USB 外设时，SPCE061A 发送、接收相关的 USB 设备信息。2. windows 系统配置、枚举 USB 外设成功后，根据接收到的 ID,进行相应的操作，起控制作用。

SPCE061A 内嵌 32K 的 FLASH 的存储空间、14 个中断源,它在 2.6~3.6V 的工作电压范围内的工作速率范围为 0.32MHz~49MHz，这使得它有较高的速率和存储空间来应付 USB 通讯。单片机 SPCE061A 与 PDIUSBD12 之间通讯采用中断方式，数据交换主要是靠 SPCE061A 单片机给 PDIUSBD12 发命令和数据来实现的。PDIUSBD12 通过这种方式来识别命令和数据：在 ALE 信号的下降沿时锁定地址，如果是奇地址，那么它接收的是命令；如果是偶地址，那么它发送或接收的是数据。PDIUSBD12 的中断寄存器只要不为 0,它的中断输出引脚（INT_N）就保持低电平，所以系统初始化时可将 SPCE061A 单片机的外部中断（下降沿触发）引脚 IOB2 设置为带上拉电阻输入。当 PDIUSBD12 的中断寄存器由零变为非零时，马上触发 SPCE061A 的外部中断，SPCE061A 单片机在中断处理时，读取 PDIUSBD12 芯片的状态寄存器以清除中断寄存器中对位，使得中断引脚变为高电平。这样使得 SPCE061A 可以在退出中断后，可随时响应外部中断。

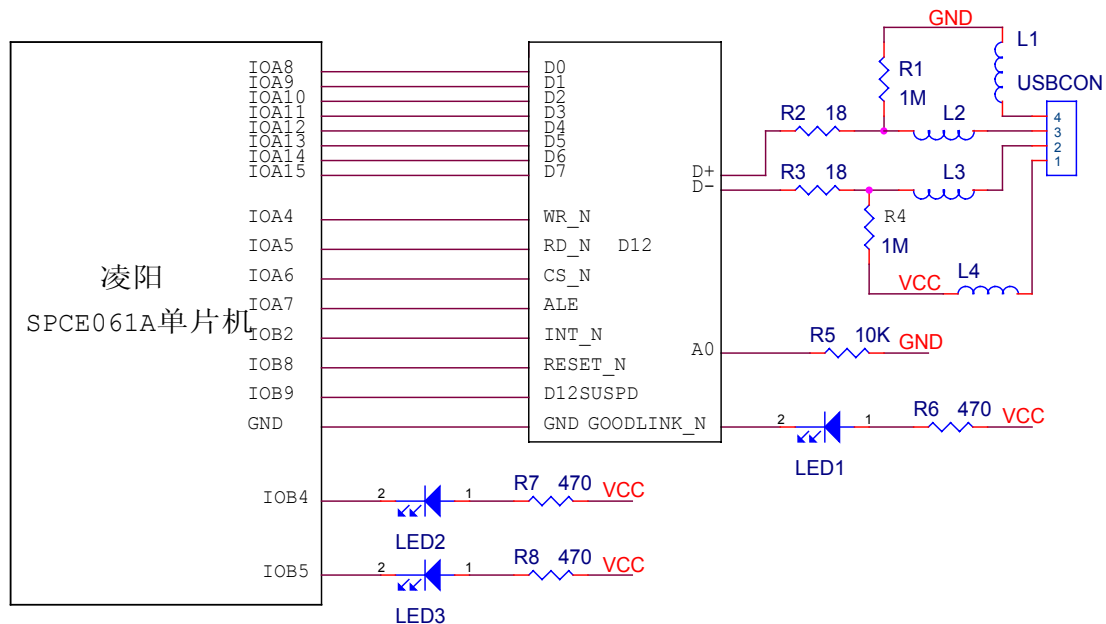


图51 系统电路原理图

图 51 的 LED1 灯非常有用，它是 PDIUSB12 的 GOODLINK 指示灯，在系统枚举时会根据通信的状况间歇闪烁，当 PDIUSB12 被枚举和配置成功后，将一直点亮。随后在 USB 通信时会闪烁，这对调试非常有用。

5.4.3 软件设计

USB 设备的软件设计主要包括两部分：一、USB 设备端的单片机软件，主要完成 USB 协议处理与数据交换。二、PC 端的程序，由 USB 驱动程序和用户服务程序两部分组成，用户服务程序通过 USB 驱动程序通信，由系统完成 USB 协议的处理与数据传输。

该系统单片机端的软件流程如图 52。SPCE061A 单片机控制程序由三部分组成：第一、初始化 SPCE061A 和 PDIUSB12。第二、主循环部分，主要任务是判断标志位是否改变，如果改变则执行相应的程序，否则一直循环等待中断。第三、中断服务程序，主要任务是接收、发送数据，设置相应的标志位。主机首先要发令牌包给 PDIUSB12，PDIUSB12 接收到令牌包后就给单片机发中断，单片机进入中断服务程序，首先读 PDIUSB12 的中断寄存器，判断 USB 令牌包的类型，然后执行相应的操作。因此，单片机程序主要就是中断服务程序的编写。在 USB 单片机程序中要完成对各种令牌包的响应，其中比较难处理的是 SETUP 包，主要是端点 0 的编程。

系统初始化部分包括系统时钟，IO 口，中断设置（开外部中断），PDIUSB12 芯片软件复位、初始化。该主流程的核心部分是协议层的请求处理，它关系到 PC 机枚举 USB 外设成功与否。所以在调试单片机程序的时候，要特别注意 Window 对 USB 设备的枚举顺序。如果枚举成功，主机将找到新的设备，提示安装驱动程序；否则找到未知设备，USB 外设不可用。

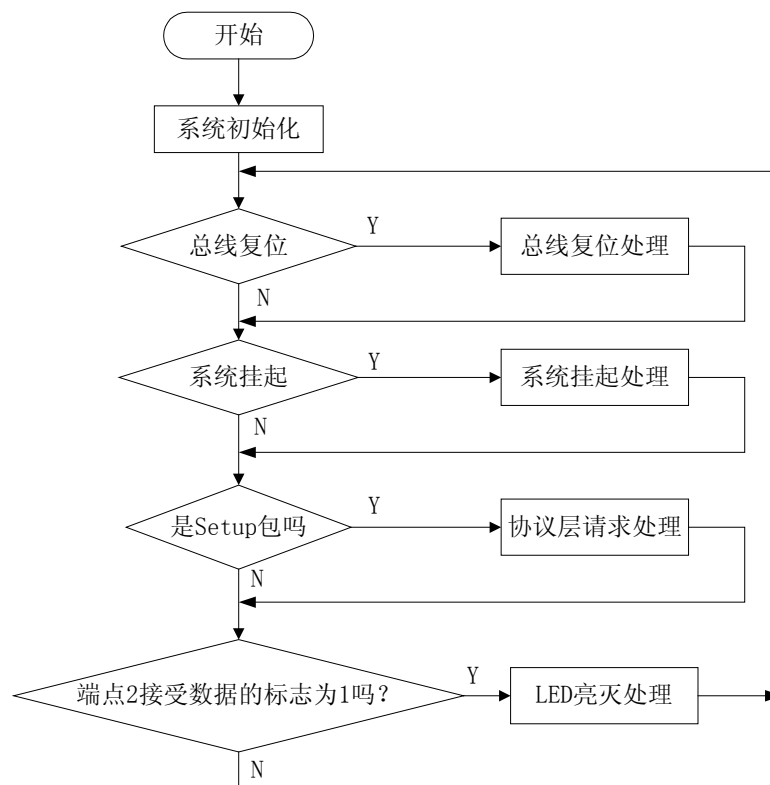


图52 主流程图

中断服务子程序的编写，采用混合编程，也就是说，在汇编程序中调用 C 函数，这样可以提高代码的可读性。中断服务子程序的流程如图 53 所示，有好几个地方，只做清中断处理，这是因为有些端点没有用到。它只作为一个程序接口，为扩展系统功能用。

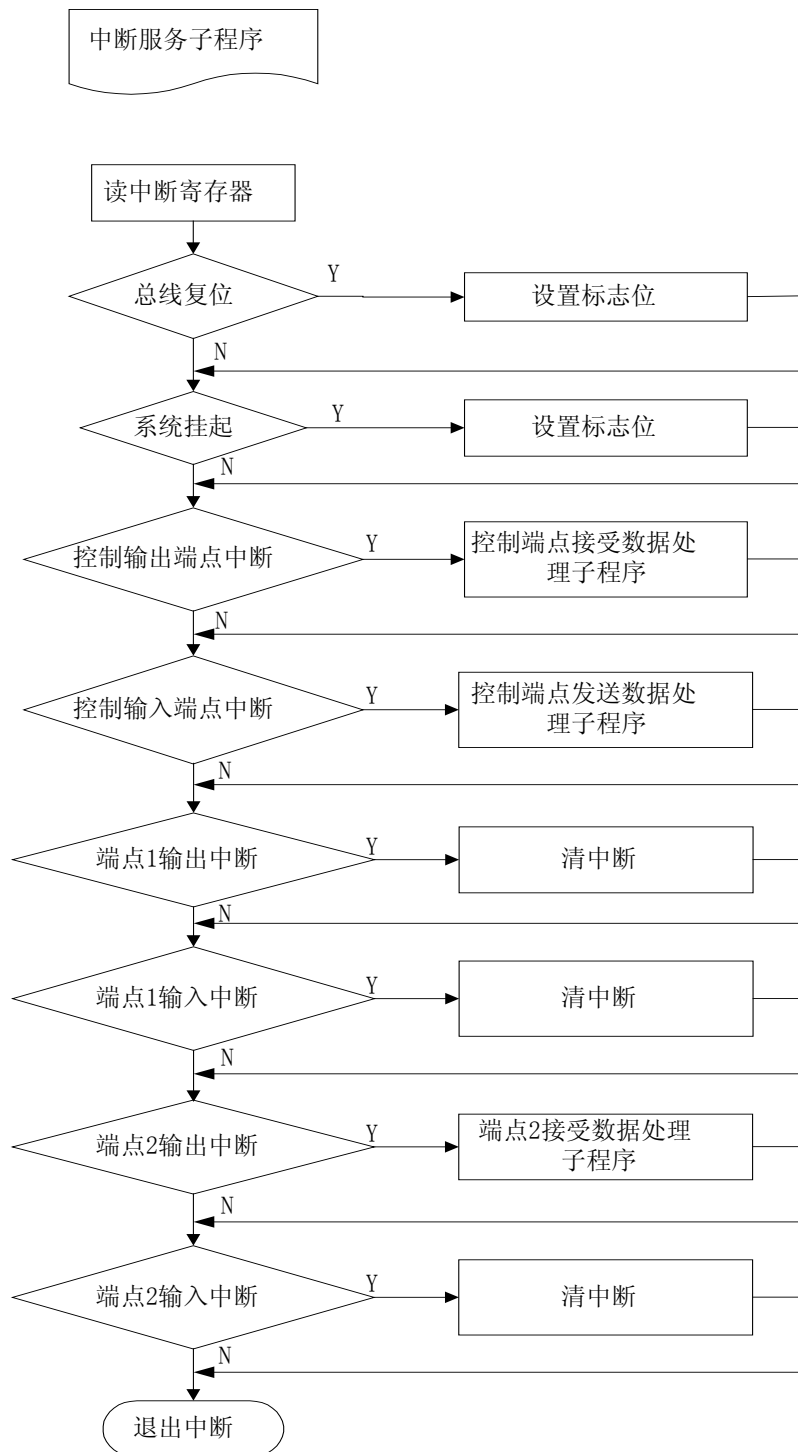


图53 中断服务子程序流程图

目前编写主机的 USB 驱动程序主要采用三种方法。第一，使用 Windows DDK 来编写驱动程序，难度很大，但是非常灵活；第二，使用 DriverStudio 开发工具来生成驱动程序；第三，使用 Windriver 开发工具来生成驱动程序。用后面两种方法来开发驱动程序的周期短，但是不灵活。本系统的驱动程序采用 DDK 编写，用户服务程序能够通过驱动程序与 PDIUSB12 芯片中任意端点通讯，因此编写用户服务程序也是非常灵活的。

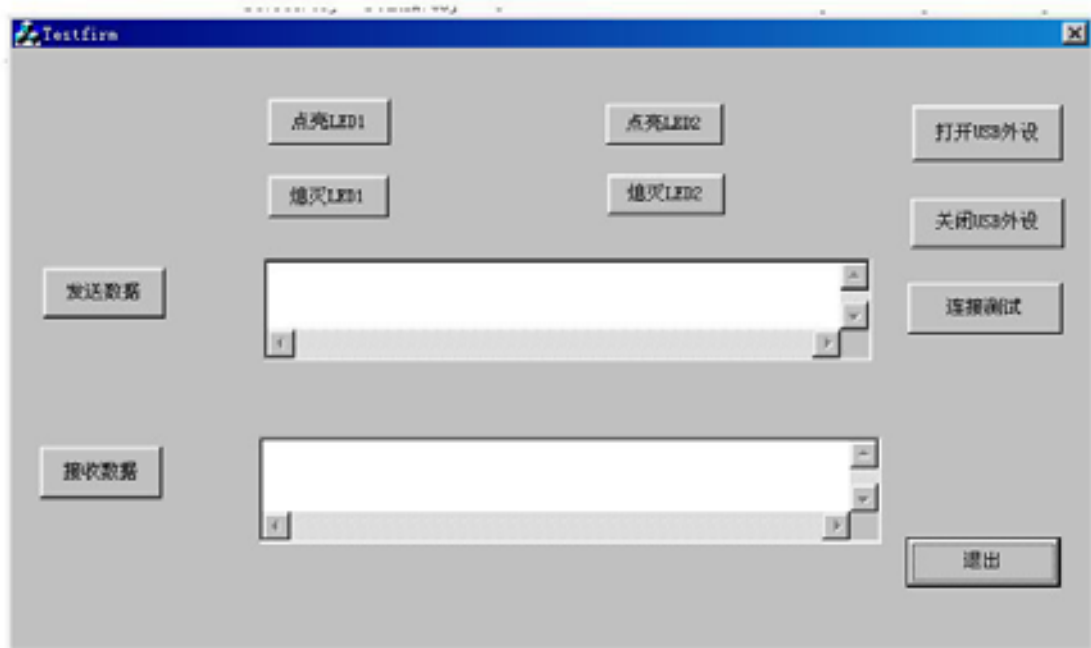


图54 界面图

5.4.4 总结

通常在开发 USB 设备产品，需要编写实时性、程序可读性要求很高的代码，这时就需要采用混合编程。而凌阳的 μ nSPTM IDE 具有良好的编程环境，它可以很轻松、很容易进行混合编程（在 C 程序中调用汇编程序，在汇编程序中调用 C 程序）。

在该系统中，只用到了 SPCE061A 单片机的外部中断、IO 口资源。其实 SPCE061A 单片机的资源很丰富，它除了具有普通单片机功能以外，还具有语音识别、语音录放等功能。因此这个系统只是一个雏形，SPCE061A 还能够实现比较复杂的功能，比如使用 SPCE061A 的录音功能进行录音并将语音数据存储在外部扩的 FLASH，然后通过 USB 通讯，将语音数据送到 PC 机上播放，同样也可以将 PC 机上压缩后的语音文件下载到 SPCE061A 上进行播放。这样可以很容易使用 SPCE061A 可以开发录音笔、电话记录仪等 USB 设备。因此利用 SPCE061A 开发 USB 设备产品的前景是非常广阔的。

5.5 SPCE061A 端口扩展方案

随着数字语音，图象处理技术的飞速发展，其在电子产品中也得到广泛应用，如语音智能玩具、PDA 以及有语音、图象识别技术的机器人。一个复杂或功能强大的语音，图象处理系统需要很大的、不同的存储器（ROM,FLASH,SRAM）存储空间。那么系统如何扩展 Bus、IO，解决 IO 口不够的问题呢？这里介绍一款芯片---SPBA01B,它能够解决所有 IO 不够用的问题。

SPBA01B 是由凌阳公司开发的可级连的单片 IO、总线扩展芯片。它具有使用简单、扩展能力强、性价比高的特点。它极大地满足语音，图象处理系统和需要总线扩展的其它系统之需求。

本文介绍如何利用 SPBA01B 来对 SPCE061A 进行 IO 扩展。SPCE061A 是由凌阳公司开发的 16 位带有 DSP 功能的单片机,它具有语音，图象处理的运算能力。有关 SPCE061A 和 SPBA01B 的详细资料请到：<http://www.unsp.com.cn> 网站下载。

5.5.1 结构框图

SPCE061A 的 IO 扩展系统的结构如图 55，主要由 SPCE061A 和 SPBA01B 两大部分构成。该扩展系统主要用于实现 SPCE061A 的 IO 扩展的简单应用，主要功能是：通过三个按键控制 LED 灯的亮灭。

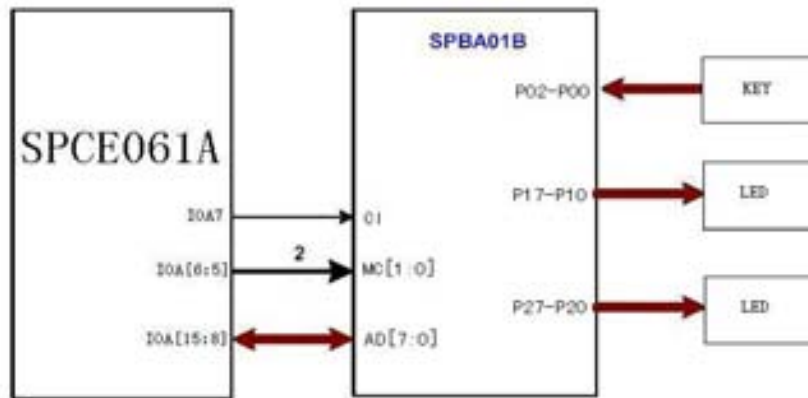


图55 SPCE061A 的 IO 扩展系统框图

系统用到的三个按键分别为 Key1, Key2, Key3, 他们的作用:

Key1: 按下该键的时候, 点亮 16 个 LED 灯。

Key2: 按下该键的时候, 点亮与 SPBA01B 的 P1 口相连的 LED 灯, 同时熄灭与 SPBA01B 的 P2 口相连的 LED 灯。

Key3: 按下该键的时候, 点亮与 SPBA01B 的 P2 口相连的 LED 灯, 同时熄灭与 SPBA01B 的 P1 口相连的 LED 灯。

5.5.2 硬件设计

SPCE061A 单片机 IO 扩展系统采用 SPBA01B 芯片实现的, 系统的电路连线如图 56。

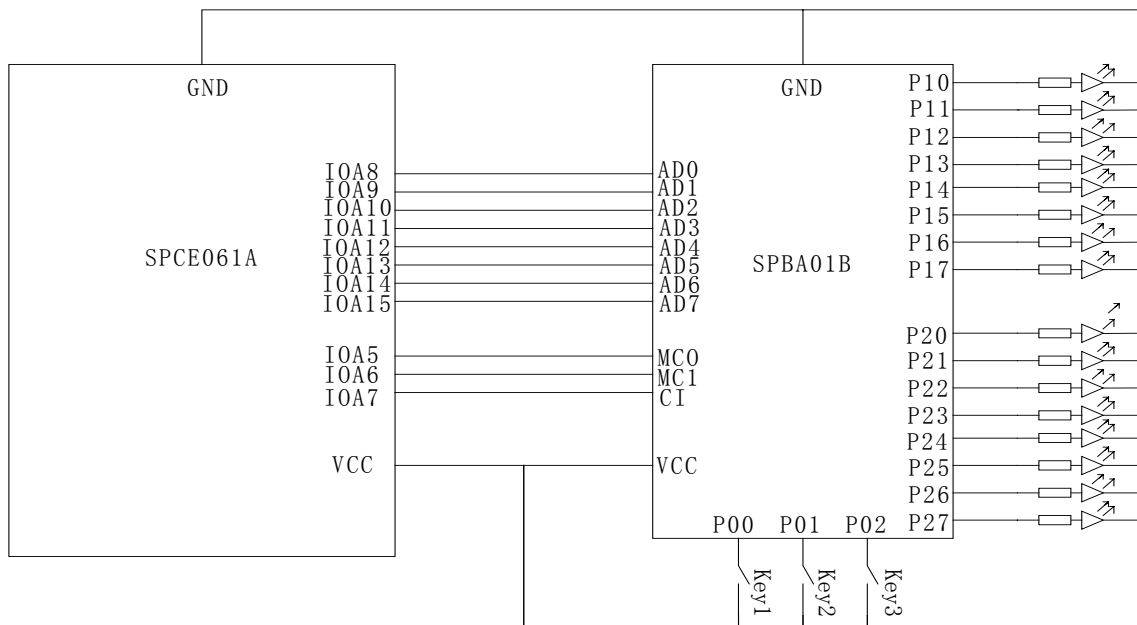


图56 SPCE061A 的 IO 扩展系统的电路连线图

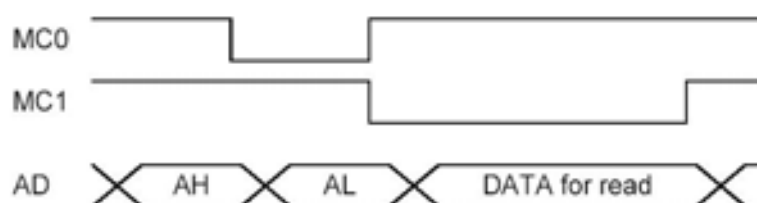
5.5.3 SPCE061A 概述

SPCE061A 是凌阳公司开发的一种款式新颖的，性价比极高的十六位单片机。SPCE061A 在 2.6V~3.6V 工作电压范围内的工作速度范围为 0.32MHz~49.152MHz；2K 字 SRAM 和 32K 字 FLASH 仅占一页存储空间；32 位可编程的多功能 I/O 端口；两个 16 位定时器/计数器；低电压复位/监测功能；8 通道 10 位模/数转换输入功能并具有内置自动增益控制功能的麦克风输入方式；双通道 10 位 DAC 方式的音频输出功能；指令系统提供具有较高运算速度的 16 位×16 位的乘法运算指令和内积运算指令，为其应用增添了 DSP 功能；UART，SIO 功能；内置有在线仿真接口；较高的处理速度使 SPCE061A 能够非常容易地、快速地处理复杂的数字信号。

5.5.4 SPBA01B 简介

SPBA01B 也是凌阳公司生产的一款 8bit 总线扩展芯片，它具有易扩展 IO、总线，高性价比的优点。使用 SPBA01B 可以可扩展 4Mbytes 的 Memory 或 25 个 IO 口，同时 SPBA01B 可进行 7 个级联。SPBA01B 支持各种 Memory 类型的扩展，比如：SRAM,ROM,EPROM,EEPROM and FLASH。在对 Memory 操作的时候，编程人员不需要直接操作 Memory 的片选、读、写信号，只要对相应的寄存器写入命令、数据即可，这给编程人员带来了非常大的方便。

SPCE061A 对 SPBA01B 的读写时序如图 57。



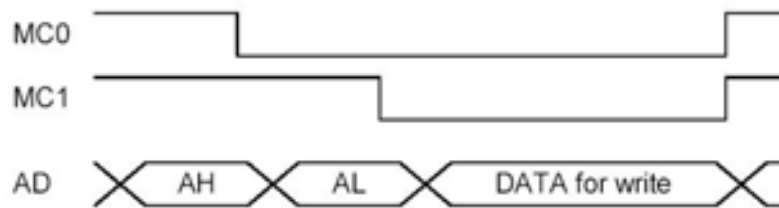


图57 SPBA01B 的读、写时序图

从图 57 可以看出，MC1 为高电平时，AD[7:0]是地址输入线，MC1 为低电平时 AD[7: 0]是数据输入/输出线。当作为输入地址时，MC0 为高电平时 AD[7:0]是高地址 A[15: 8], MC0 为低电平时 AD[7: 0]是低地址 A[7: 0], 当作为数据线时，MC0 为高电平时 AD[7:0]是读数据 D[7: 0], MC0 为低电平时 AD[7: 0] 是写数据 D[7: 0]。其中 MC1 决定 AD 总线是地址还是数据总线，MC0 决定操作模式（读或写）。

5.5.5 软件设计

SPCE061A 使用 SPBA01B 扩展 IO 的系统主程序流程如图 58。

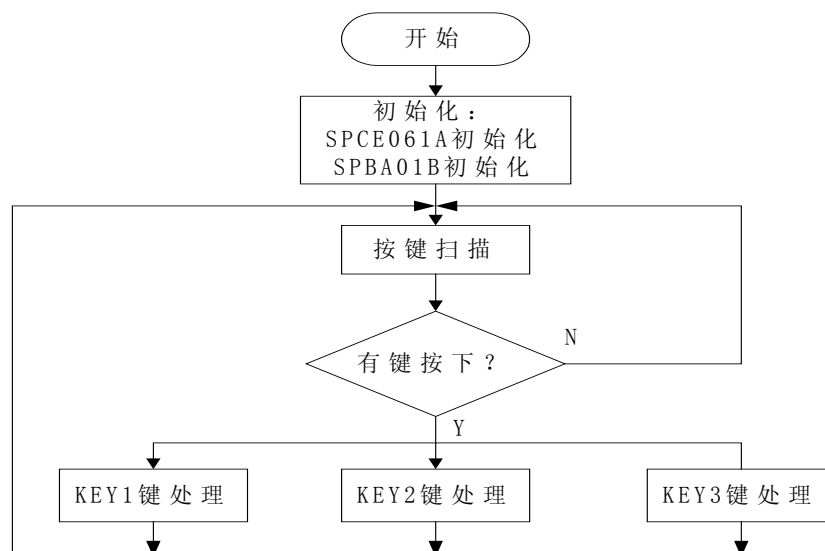


图58 SPCE06A 的 IO 扩展系统主流程

程序中对 SPBA01B 的初始化主要包括设置 VID（对 SPBA01B 中寄存器\$000D 写数据），以及设置 SPBA01B 的 P1、P2、P3 口的方向。其中，键盘扫描主要是读取 SPBA01B 的寄存器\$0020 中的数据。三个按键的处理程序中主要是实现向 SPBA01B 的寄存器\$0021 和\$0022 写数据。SPCE061A 对 SPBA01B 的读写流程如图 59。

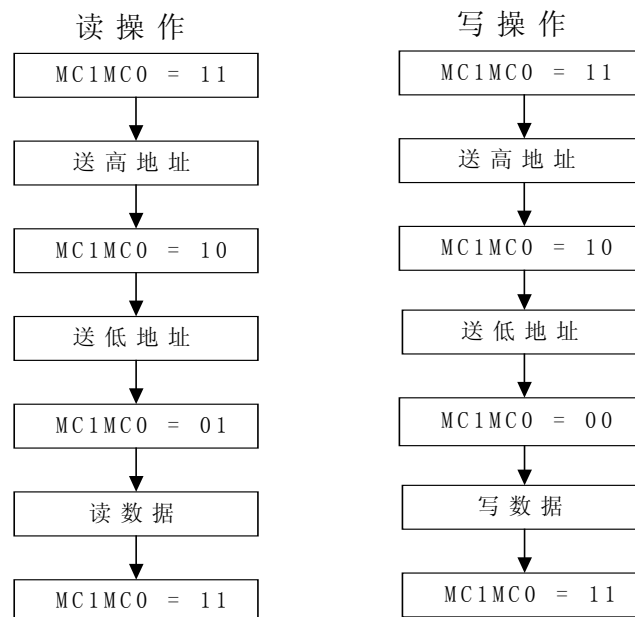


图59 SPCE061A 读、写 SPBA01B 的流程

5.5.6 总结

本 SPCE061A 的 IO 扩展系统比较简单，主要是为使初学者能够快速掌握 SPBA01B 的用法，使其能够以不变应万变，起抛砖引玉作用。SPBA01B 具有很强的 IO 扩展、总线扩展功能，配合凌阳公司提供的 SPBA01B 底层 Driver 代码,可以很容易实现 SPCE061A 的 IO、总线扩展。相信以 SPBA01B 构成的带数据总线扩展系统，必将推动数字语音，图象处理技术的电子产品进一步发展。

5.6 SPCE061A 在语音遥控器中的应用

凌阳科技公司的最新产品 SPCE061A，不但具有微控制器的功能，还具有 DSP 运算功能，可以用来进行数字语音（音乐）信号处理。根据此特点，我们设计了一款语音遥控器，她可以语音识别常用电台及控制命令，如“开机”、“关机”、“频道增加”、“频道减少”等遥控功能命令及“中央一台”、“北京二台”等电台命令功能，对于这些电台，用户可以“直呼其名”切换到相应电台，不用每次搜索而烦恼；也方便用户在晚上光线较暗的情况下的使用；更是视力较差、盲人的福音。我们还加入了温度采集、语音报温的功能，通过按键控制，她采集当前温度，并用优美的声音播报“当前温度是 xx 摄氏度”。在不增加成本的情况下，给语音遥控器加入了万年历计算、语音报时功能，通过按键，她会播报“xxxx 年 xx 月 xx 日”或“上午（下午、晚上）x 点 x 分”。

5.6.1 系统组成

目前所设计的空调语音遥控器，主要由键盘输入、MIC 输入、温度采集、语音输出、红外发射电路组成。按键用来完成按键遥控功能-----保留按键功能、语音报温、报时； SPCE061A 有一路专用于语音信号采集的 A/D 转换电路（MIC 输入），可以用来进行语音识别、录音等的语音信号输入，本遥控器用来采集语音信号，进行语音识别；SPCE061A 有 7 路 A/D，选其中 1 路进行温度采集，由按键控制温度播报；SPCE061A 有丰富的时基信号，采用 2Hz 进行计数，并进行万年历计算，由按键控制播报时间。系统组成如图 60。

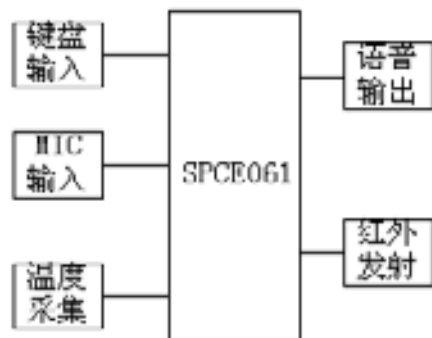


图60 系统组成

5.6.2 硬件组成

硬件电路如图 61:

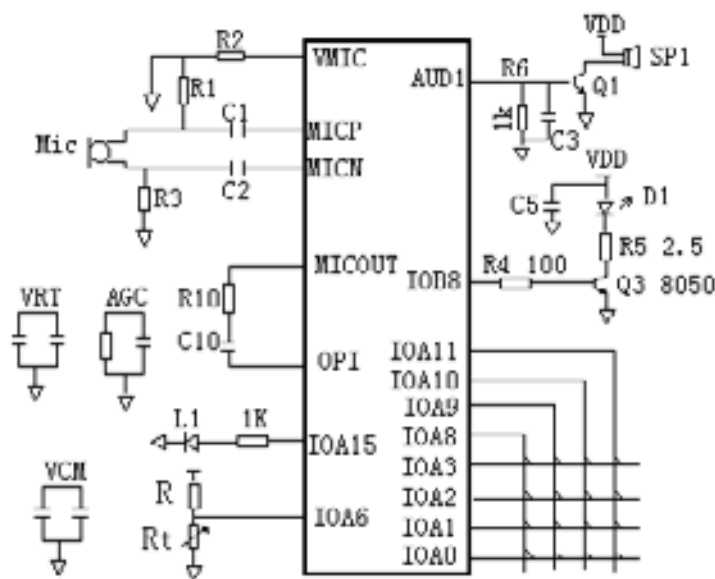


图61

共设计了 13 个按键，采用 4×4 的行列式键盘输入，IOA0---IOA3 设置成输入口，IOA8---IOA11 设置成输出口,预留 3 个按键作为备用。语音识别的硬件电路比较简单，MIC 选用驻极体话筒，驻极体话筒具有结构简单、重量轻、体积小、无方向性、频率响应宽、保真度好等优点。驻极体话筒的偏压由 SPCE061A 的 VMIC 脚提供。SPCE061A 提供双通道 10 位 D/A 输出 AUD1、AUD2，其中每个 DAC 通道的输出能力为 3mA，用于输出语音信号，考虑功耗问题，采用单通道 AUD1 输出。

利用 SPCE061A 的 IOB8 输出的 PWM 信号（IOB8、IOB9 口的特殊功能）可以作为红外载波信号,载波频率由可编程定时器 TimerA（或 TimerB）的溢出频率决定。本遥控器用 IOB8 产生红外载波信号。

温度传感器采用普通负温度系数热敏电阻，热敏电阻灵敏度高、价格便宜。 $\mu'nSP^{TM}$ 内核是一个通用

的核结构。除此之外的其它功能模块均为可选结构，亦即这种结构可大可小或可有可无。借助这种通用结构附加可选结构的积木式的构成，便可形成各种不同系列派生产品，以适合不同的应用场合。这样做无疑会使每一种派生产品具有更强的功能和更低的成本。

5.6.3 软件设计

软件采用模块化程序结构，程序模块包括初始化、键盘扫描、温度采集、温度播报、万年历时间计算、万年历播报、红外发射、语音识别、语音播放模块等，程序流程见图 62：

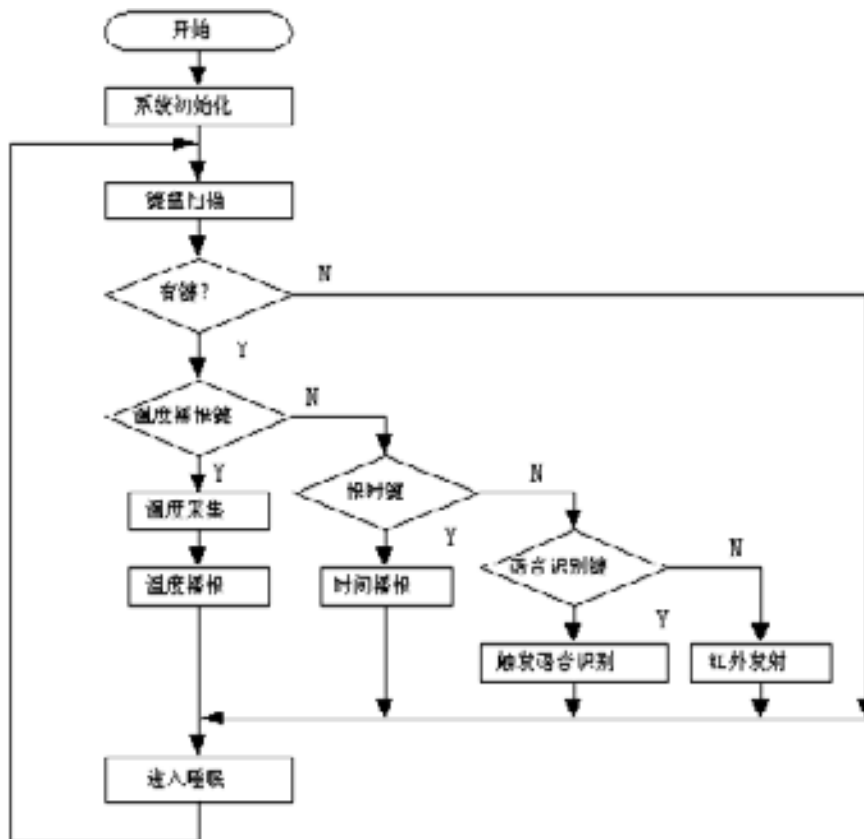


图62

系统初始化包括系统时钟、IO 口、万年历初始值、中断（打开按键唤醒和 2Hz 中断），然后扫描按键，有按键进行相应处理，无按键进入睡眠，万年历计算在 2Hz 中断服务程序中进行。

语音播放采用凌阳科技公司提供的音频编码算法，先在 PC 机上录好提示语音文件（WAV 文件），并经凌阳公司提供的压缩工具压缩处理成二进制文件加载到用户程序，编译链接后存储到单片机 FLASH 中，播放时再解压缩送 D/A 还原出语音。用于 u'nSPTM 内核的 SPCE 系列芯片，凌阳科技公司提供三种不同压缩率的算法，下表是各种压缩算法名称及编码率类型。

表11

压缩算法名称	语音压缩编码率类型
SACM_A2000	16KBits/s、20KBits/s、24KBits/s
SACM_S480	4.8KBits/s、7.2KBits/s

SACM_S240	2.4KBits/s
-----------	------------

这三种压缩算法的区别在于压缩率不同、音质也不同。SACM_A2000 压缩率相对较小，音质较好，相应的资源占用较多。SACM_S240 的压缩率最大，音质相对较差。SACM_S480 介于这两者之间。每种算法都有完整的库函数供程序调用，软件编写非常方便。本语音遥控器采用 SACM_S480 算法。语音识别分为特定发音人识别（Speaker Dependent）和非特定发音人识别（Speaker Independent）两种方式。特定发音人识别是指语音样板由单个人训练，对训练人的语音命令识别准确率较高，而其他人的语音命令识别准确率较低或不识别。非特定发音人识别是指语音样板由不同年龄、不同性别、不同口音的人进行训练，可以识别一群人的命令。语音样板的提取非常重要。语音遥控器就是采用非特定发音人识别方式。

语音识别分为语音样板训练和语音识别两个过程。我们将标准模式的存储空间称之为“词库”，而把标准模式称之为“样板”。所谓语音样板训练，就是将待识别的命令进行频谱分析，提取特征参数作为识别的标准模式。语音识别的过程就是提取语音命令的特征参数，与词库中的样板比较，取相似度最好的样板命令序号作为识别结果。凌阳科技公司提供语音样板训练工具和语音识别库函数，每次可以识别 30 条语音命令，命令较多的话可以分多组进行，语音识别流程见图 63：

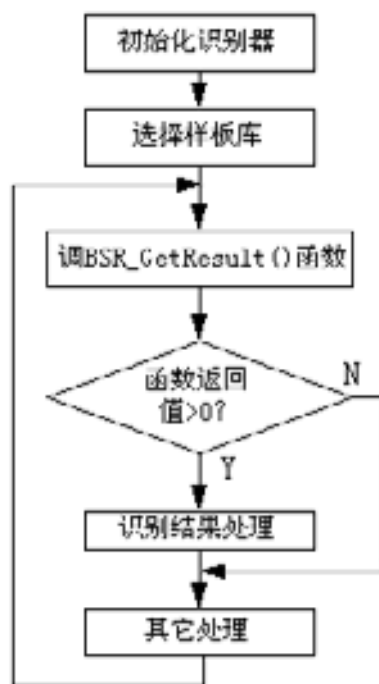


图63

5.6.4 总结

上面介绍了采用 SPCE061A 来完成红外遥控、语音识别、语音报温、报时等综合功能的语音遥控器，系统只用了单颗芯片来完成语音处理和控制功能，与专用的语音处理芯片相比，具有结构简单、成本低、易实现的特点，并且凌阳科技公司提供了丰富的 C 函数库和语音处理函数库，供用户调用，缩短了开发周期。本品稍作改动，就可用来控制空调机、录像机等电器；利用 SPCE061A 的语音处理优势可组成语音应答系统、语音合成系统、互动式玩具等，具有广阔的市场前景。

5.7 SPCE061A 在 IP 电话中的应用

当今的 Internet 不断地在变化着自己的位置, 网络中流动的“比特”所代表的内容已从原来单纯的“数据”不断向“多种媒体”演变。网络中信息流量在不断增长, 而基于 Internet 的各种业务的发展更是令人眼花, IP 电话(Voice over IP, 简称为 VoIP)就是其中之一。IP 电话是指在 IP 网上通过 TCP/IP 协议实时传送语音信息的应用。比起传统的模拟电话来, IP 电话是将语音信号在传送之前先进行数字量化处理, 并压缩、打包转换成 8kbit/s 或更小带宽的数据流, 然后再送到网络上进行传送。IP 电话技术的发展归功于技术推动和市场驱动, 将语音转化成 IP 包的技术变得更为实用和便宜。

本文介绍了利用凌阳 SPCE061A 在 IP 电话手柄方案的应用优势, 设计一种通过 USB 接口将语音数据上传到 PC 机的硬件方案, 并详细描述了有关系统的电路原理图和实现方法, 供读者参考。

5.7.1 IP PHONE 手柄方案基本技术功能

IP Phone 系统能够实现 8KHz 采样录音, 同时能够将语音数据通过 USB 上传到 PC 机, 也能够接收 PC 下载的语音数据并播放。

IP Phone 系统能够实现连续的“按键拨号—>挂机—>按键拨号”功能。

PC 端应用软件能够将 USB 上传的语音数据保存到一个文件中, 同时能够将语音文件下载到 IP Phone 系统进行播放。

PC 端应用软件能够配合 IP Phone 硬件系统实现连续的“按键拨号—>挂机—>按键拨号”功能。

PC 端应用软件能够检测“设备是否连接成功”, 并有相应的提示。

5.7.2 基本参数

1、工作电压: DC 3.3V

2、PC 系统环境: windows98/me/2000/XP

5.7.3 人机界面

本 IP 电话硬件系统共有有 20 个按键, 按键如图 64。





















F1	F2	F3	F4
			
1	2	3	R
			
4	5	6	C
			
7	8	9	SET
			
*	0	#	OK
			

图64 按键界面

图 64 的 20 个按键的功能介绍如下：

“F1”，“F2”，“F3”，“F4”：这四个按键用于备用，本版本中未使用该四个按键。

“0”，“1”，“2” “9”：这十个按键用于拨号使用。

“*”键、“#”键、“R”键、“C”键：在本版的系统中未定义。

“OK”键：当拨号完毕后，按下该键，则系统进入通话状态。就是系统进行录音、上传 PCM 语音数据、同时接收 PC 下传的语音数据并播放。

“C”键：当系统在通话状态的时候，按下该键，则系统进入挂机等待状态。

5.7.4 系统硬件与功能概述

本系统 IP Phone 的硬件由单片机 SPCE061A、音频输出电路、音频输入电路、USB 通讯电路、FLASH 电路、按键电路等部分组成。系统框图如图 65。硬件系统主要完成任务是将语音信号数字化，然后通过 USB 接口将语音数据传送到 PC 机。

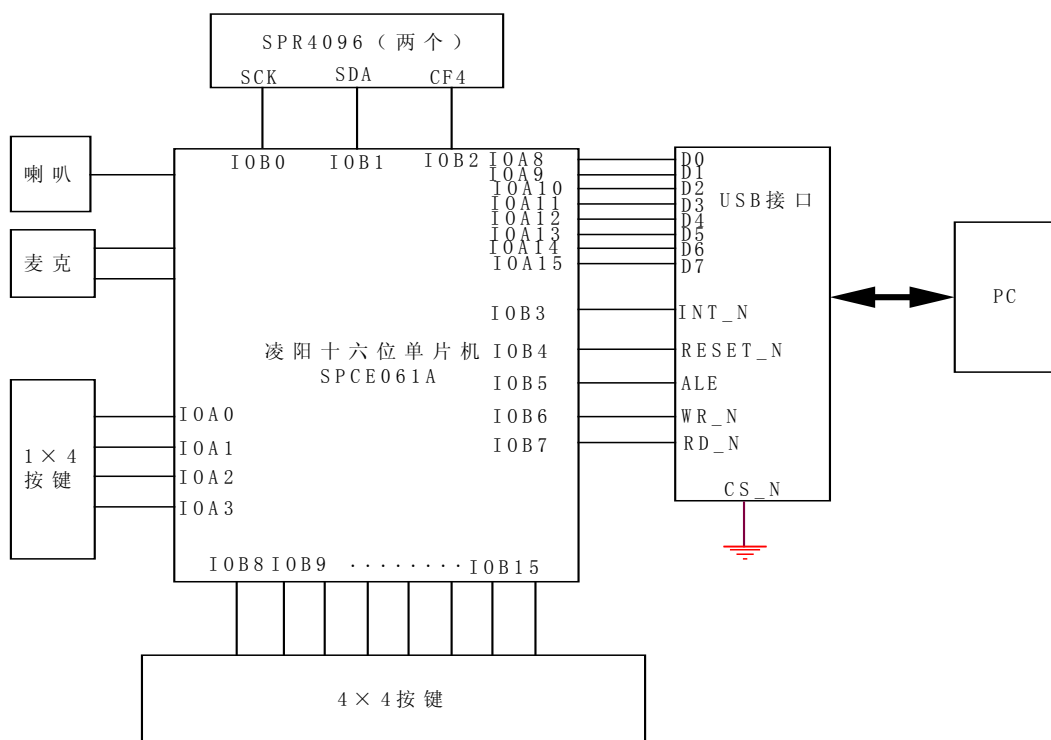


图65 SPCE061A 及其外围模块框图

本系统由按键控制系统的 USB 通讯，实现系统的语音数据采集、上传、保存、下载、播放。下面详细介绍每一个硬件模块电路工作原理。

1、CPU 核心电路

该系统的 CPU 采用凌阳科技公司的 SPCE061A。SPCE061A 内置 7 路 10bit AD 转换器和 2 路音频输出电路使得设计电路简单化，大大降低了硬件成本。CPU 核心电路图如图 66。

该系统的硬件资源分配如表 12。

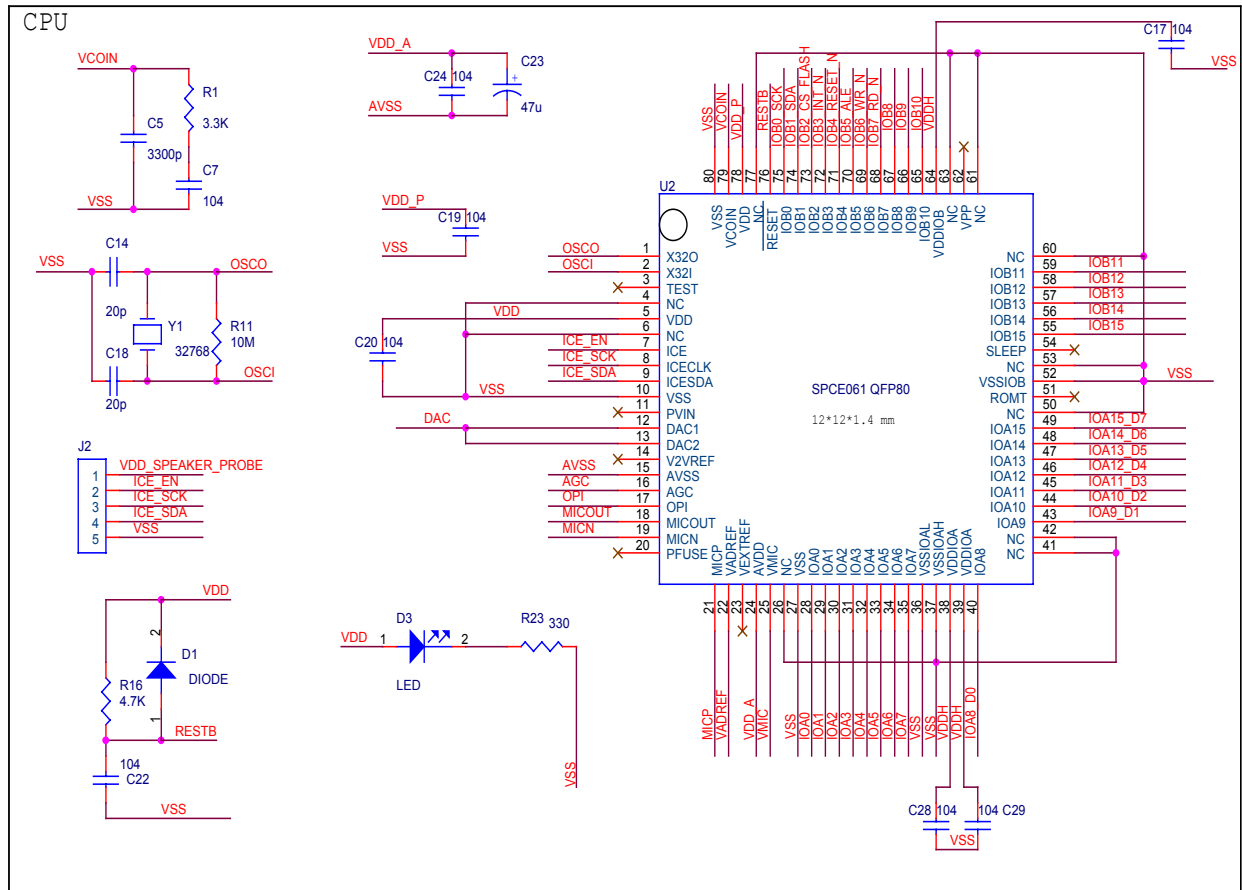


图66 CPU 核心电路

表12 系统硬件资源分配表

CPU 型号	SPCE061A		封装	QFP80-0.5	
振荡器	<input checked="" type="checkbox"/> crystal	频率		32768Hz	
	<input type="checkbox"/> RC	R 值			
	<input type="checkbox"/> 外部	输入频率			
WATCHDOG	<input checked="" type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 无	<input checked="" type="checkbox"/> 启用	<input type="checkbox"/> 未启用	复位时间: 0.75s
IO 口使用情况	使用	IOA0-IOA3:用作系统的 1×4 按键输入 IOA8-IOA15:USB 芯片 PDIUSBD12 的 8 位数据/地址复用口 IOB0-IOB2:用作对 FLASH 的操作 IOB3-IOB7:用作 USB 芯片的控制信号线 IOB8-IOB15:用作系统的 4×4 按键接口			
	剩余 IO 及处理方式	剩余 IO: IOA4-IOA7 处理方式: 连接 4 个系统的状态指示灯, 备用。			
Timer 使用情况	TimerA	放音时使用			
	TimerB	没使用			
ADC 使用情况	使用 MIC 输入通道	用来进行语音数据采集			
中断使用情况	1) 放音时使用 FIQ_TMA; 2) 用 IRQ3_EXT2 来实现 PC 枚举和 USB 通讯的握手				

2、USB 通讯电路

USB 通讯电路如图 67 所示, 该 USB 通讯电路即可支持 5V 的工作电压, 也可支持 3.3V 的工作电压, 它的主要作用是与 SPCE061A 配合工作实现语音数据的 USB 上传、下载功能。图 67 中的 USB 通讯芯片使用的是 Philip 公司生产的 PDIUSBD12 芯片, 它用作实现 PC 机与 SPCE061A 单片机进行通信的高速通用并行接口。USB 协议层的相关通讯协议大部分是通过 PDIUSBD12 来实现, 不需要固件的参与。

单片机 SPCE061A 与 PDIUSBD12 之间通讯采用中断方式, 数据交换主要是靠 SPCE061A 单片机给 PDIUSBD12 发命令和数据来实现的。PDIUSBD12 通过这种方式来识别命令和数据: 在 ALE 信号的下降沿时锁定地址, 如果是奇地址, 那么它接收的是命令; 如果是偶地址, 那么它发送或接收的是数据。PDIUSBD12 的中断寄存器只要不为 0, 它的中断输出引脚 (INT_N) 就保持低电平, 所以系统初始化时可将 SPCE061A 单片机的外部中断 (下降沿触发) 引脚 IOB2 设置为带上拉电阻输入。当 PDIUSBD12 的中断寄存器由零变为非零时, 马上触发 SPCE061A 的外部中断, SPCE061A 单片机读取 PDIUSBD12 芯片的状态寄存器可以清除中断寄存器中对应位, 使得中断引脚变为高电平。这样使得 SPCE061A 可以在读取 PDIUSBD12 芯片的状态寄存器后, 随时响应外部中断。

图 67 的 D2 灯非常有用, 它是 PDIUSBD12 的 GOODLINK 指示灯, 在系统枚举时会根据通信的状况间歇闪烁, 当 PDIUSBD12 被枚举和配置成功后, 将一直点亮。随后在 USB 通信时会闪烁, 这对调试非常有用。

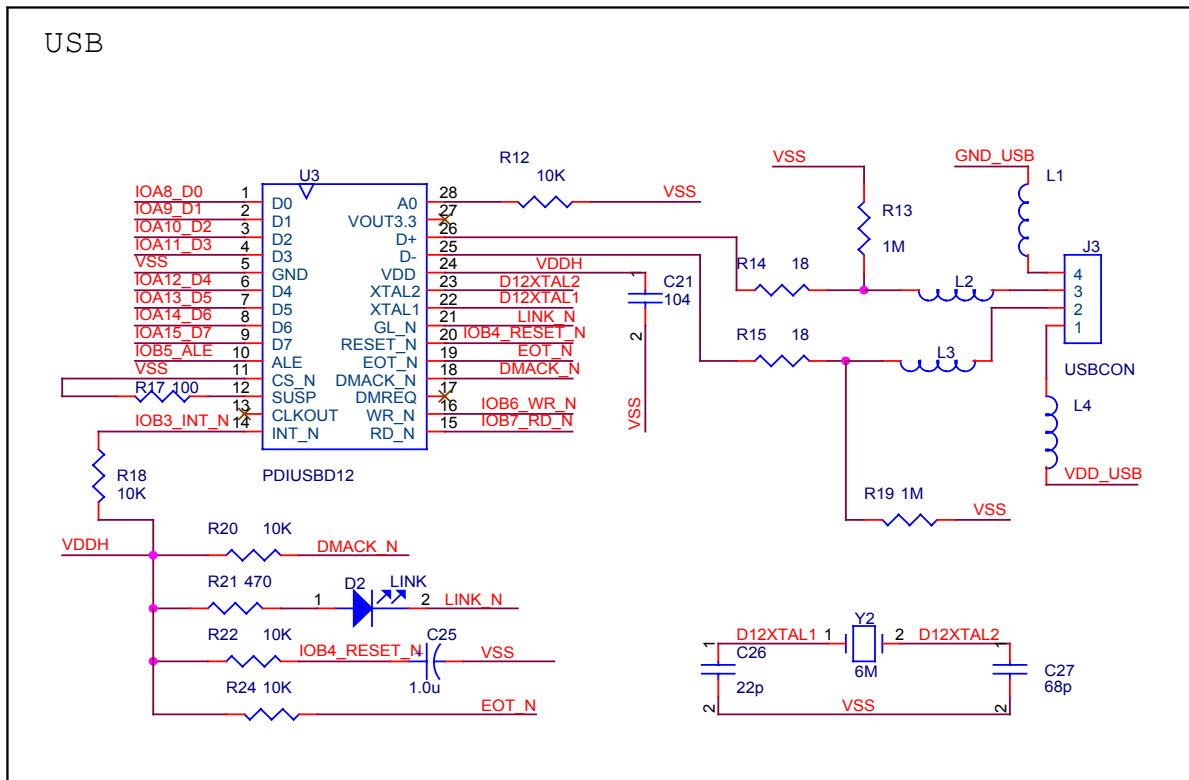


图67 USB 通讯电路

3、键盘输入电路

键盘输入电路如图 68，图中有 4×4 按键电路、1×4 按键电路，其中 4×4 按键用于拨号使用，1×4 按键用于特殊处理（比如，用它来控制语音数据存储到 FLASH 中，本版本的设计没有涉及到 1×4 按键）。

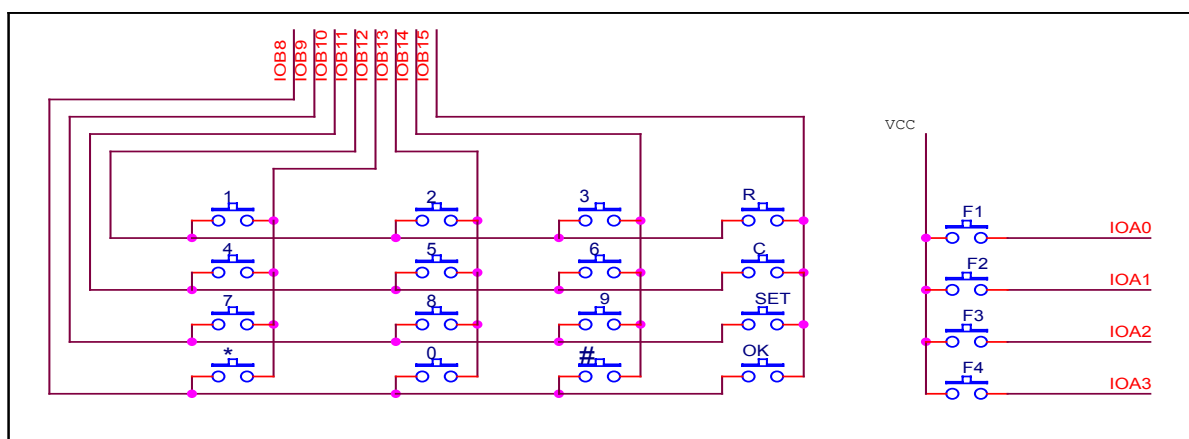


图68 键盘输入电路

4、音频输入电路

系统的音频输入电路包括：麦克录音输入及 AGC 电路。其中 AGC 电路内置在 SPCE061A 中，麦克录

音输入电路如图 69。

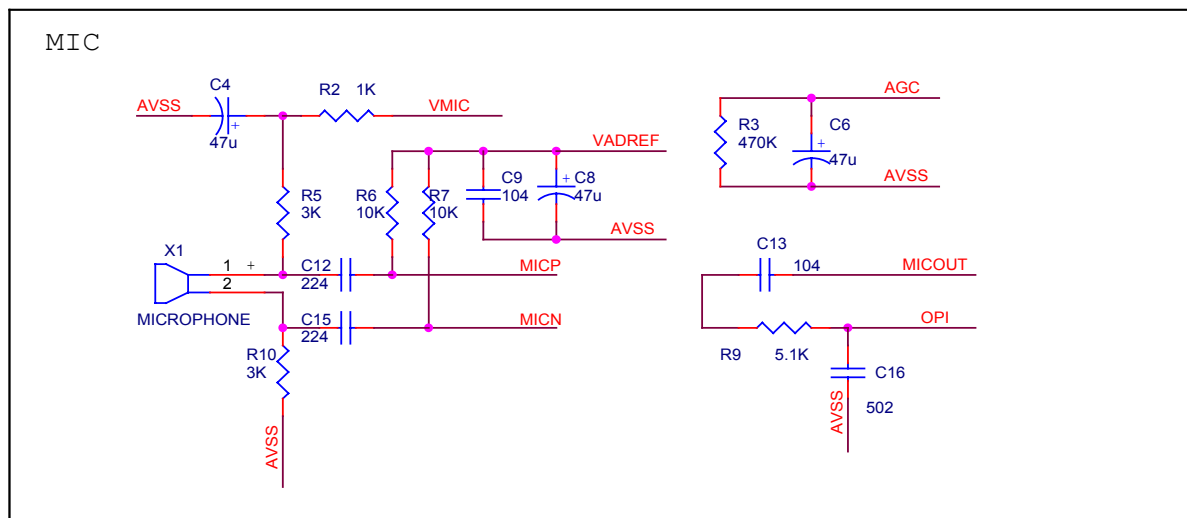


图69 音频输入电路

5、音频输出电路：

SPCE061A 可提供 2 路音频输出，本系统只使用一路音频输出，它的电路如图 70。音频输出电路采用凌阳公司生产的功放芯片 SPY0030，音频输出大于 1W。

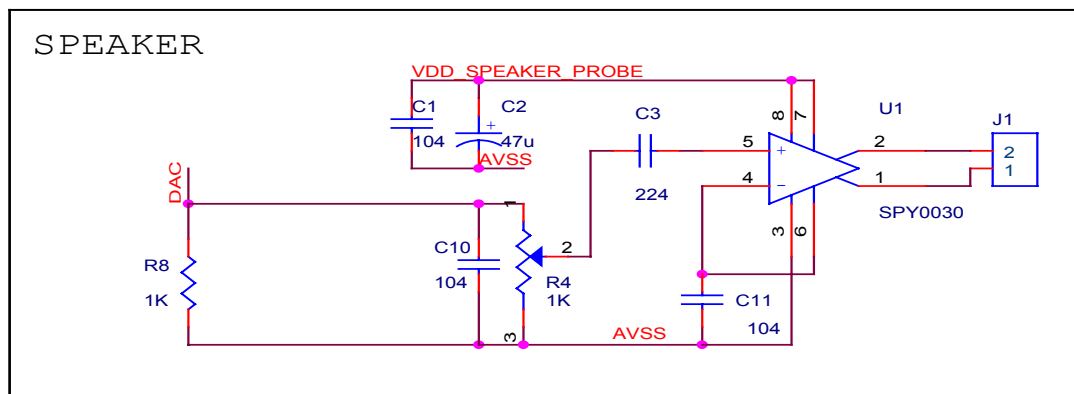
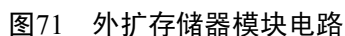


图70 音频输出电路

6、外扩存储器电路

本系统的外扩存储器采用凌阳公司生产的 SPR4096 芯片，它的周边电路如图 71。该部分电路为备用电路，用户可以根据自己的需要，将它用来存放语音等数据。SPR4096 内置 512K×8bit 高性价比存储器以及 4K×8bitSRAM。SPR4096 与 SPCE061A 之间的通讯采用 SIO 协议来实现的。SPR4096 电路与 SPCE061 的 IO 接口为：IOB0_SCK，IOB1_SDA，IOB2_CS_FLASH，其中 IOB2_CS_FLASH 口用于控制 SPR4096 内 FLASH 与 SRAM 的选择，当 IOB2_CS_FLASH 为低电平的时候选择 FLASH，当为高电平的时候用于选择 SRAM。



整个系统软件部分包括单片机 SPCE061A 程序、PC 端应用程序。其中单片机端的主程序流程如图 72。该程序流程主要包括：系统的初始化，按键拨号处理，接收 PC 端数据处理、发送数据到 PC 机、以及挂机处理。

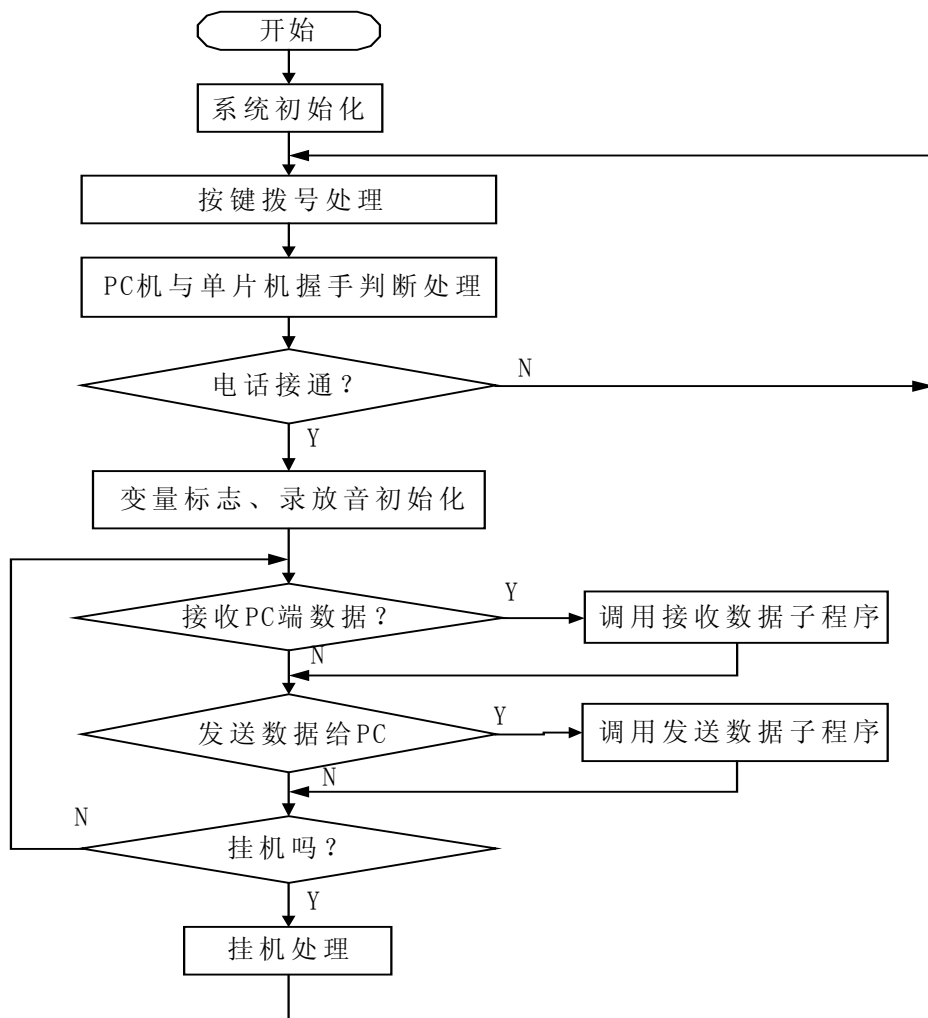


图72 单片机主程序流程

下面分别介绍各功能模块子程序的流程:

1、系统初始化

系统的初始化部分包括: 系统时钟初始化、中断初始化、IO 初始化、状态变量初始化、USB 设备的枚举。

(1) 系统时钟初始化: 系统时钟设为 49MHz

(2) 中断初始化: 打开外部中断。

(3) IO 初始化:

① IOA0—I0A4: 带下拉电阻输入

② IOA4—I0A7: 同相低电平输出

③ IOA8—I0A15: 同相高电平输出

- ④ IOB0—I0B1: 同相高电平输出
- ⑤ IOB2: 同相低电平输出
- ⑥ IOB3: 带上电电阻输入
- ⑦ IOB4—I0B7: 设置为输出
- ⑧ IOB8—I0B11: 带下拉电阻输入
- ⑨ IOB12—I0B15: 同相高电平输出

(4) 状态变量初始化

将所有状态变量值都清为 0

(5) USB 设备的枚举

完成 PC 枚举 USB 设备，执行相应的请求操作。USB 设备被 PC 枚举成功后，系统板上的 D2 灯被点亮。

2、按键拨号处理

本系统的按键拨号流程如图 73。拨号时主要按三种键:数据键、OK 键（通话键）、C 键（挂机键）。

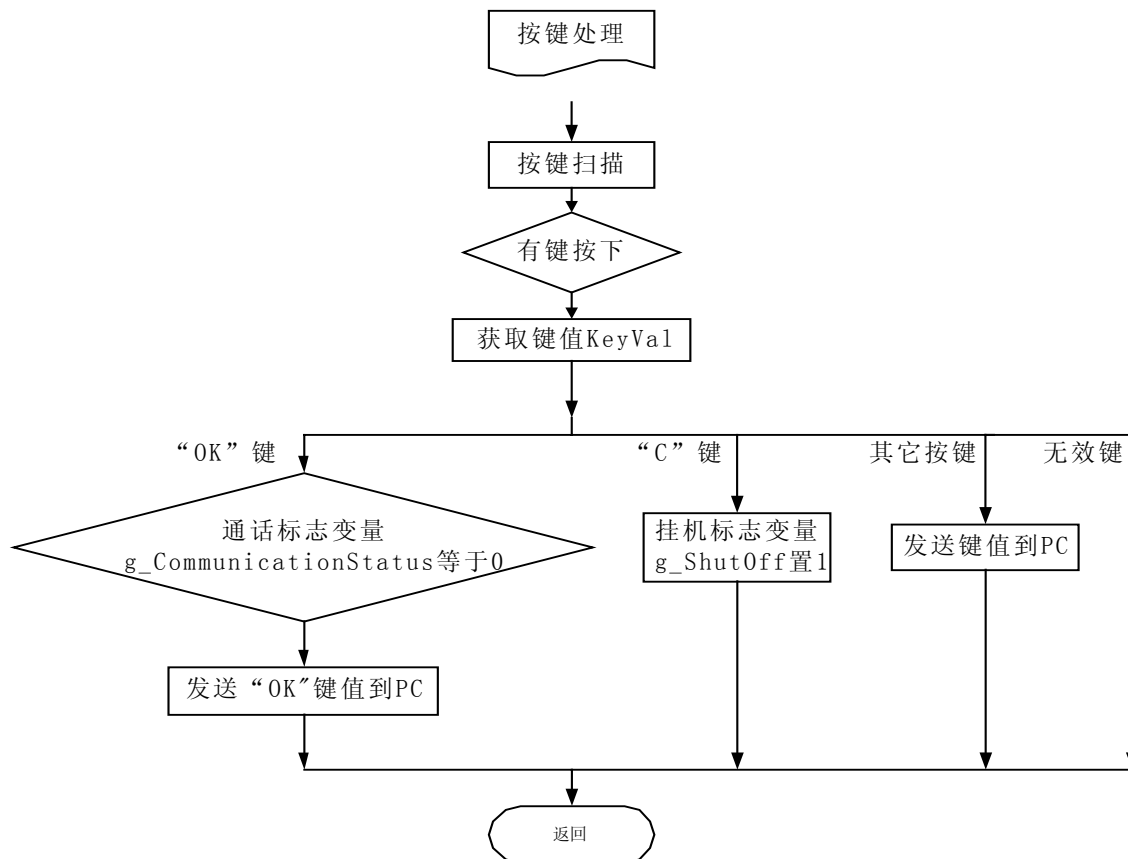


图73 按键拨号流程

3、单片机接收 PC 发送的 64bytes 数据的流程

单片机接收 PC 端应用程序发送的 64bytes 数据的流程如图 74，其接收 PC 数据时，主要用两个 64 字的数组，来切换存储。目的是为了使有足够的语音数据用于播放，因为以 8KHz 的速率播放语音数据 64 次需要 8ms，而 PC 送两个连续 64bytes 数据的时间间隔为 4ms，所以为了使播放完 64bytes 数据后，能够在 125us 内继续有数据用于播放，采用两个数组用于存放语音数据。

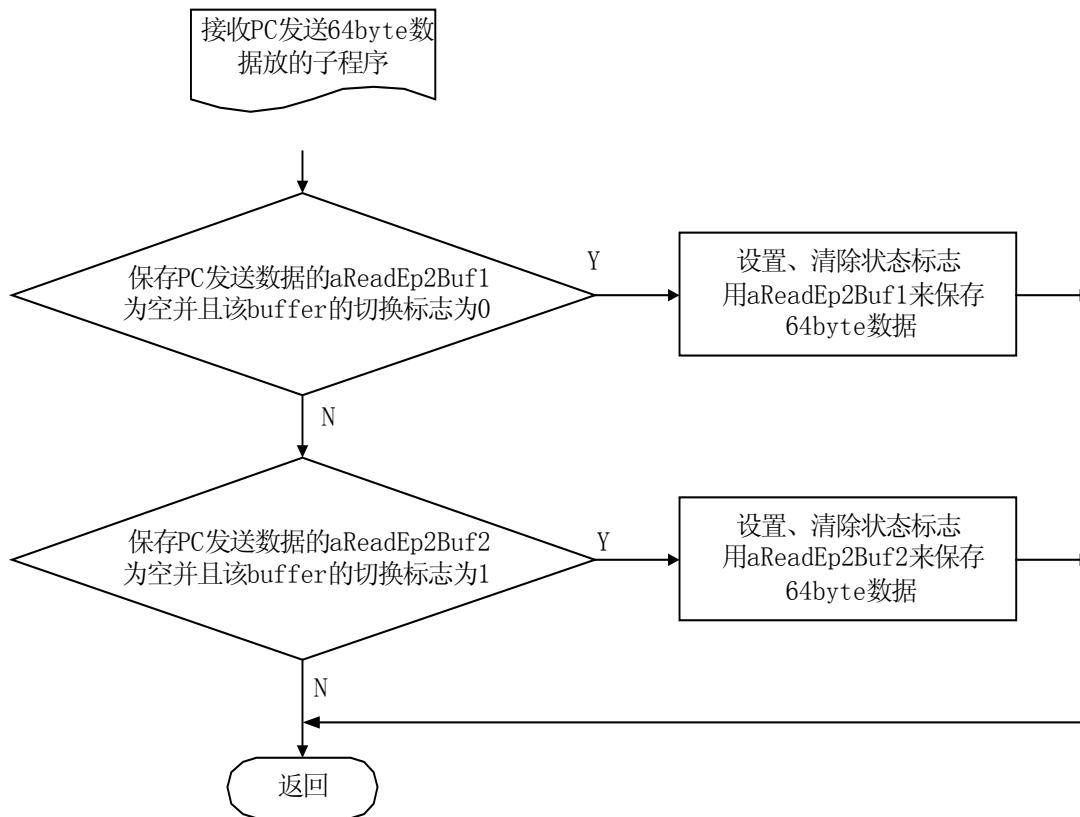


图74 单片机接收 PC 发送的 64bytes 数据的流程

4、单片机发送 64bytes 数据到 PC 的流程

单片机发送 64bytes 数据给 PC 端应用程序的流程如图 75，其发送给 PC 的数据存储在两个 64 字的数组。这是为了在发送数据的时候用其中一个数组（装满数据）发送，用另一个数组存放采样数据，这样使得系统不会丢失采样数据，保证实时采样语音数据。

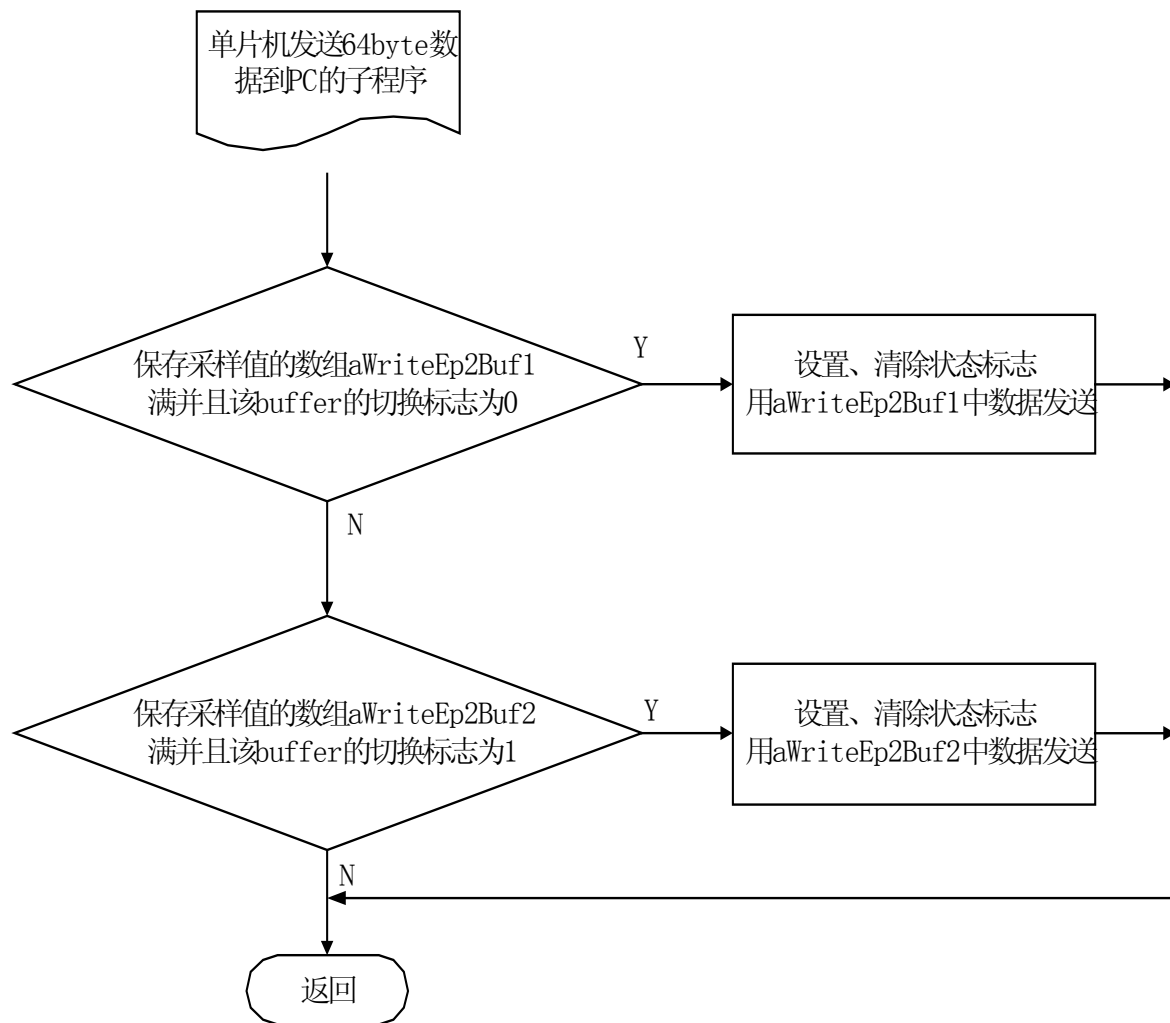


图75 单片机发送 64bytes 数据给 PC 的流程

5、挂机处理模块

系统单片机端的挂机处理流程如图 76。当用户按下 IP 电话系统的“C”键后，就会执行该挂机处理程序，即发送 5 个字节的 0x55 数据到 PC，通知 PC 应用程序系统挂机。

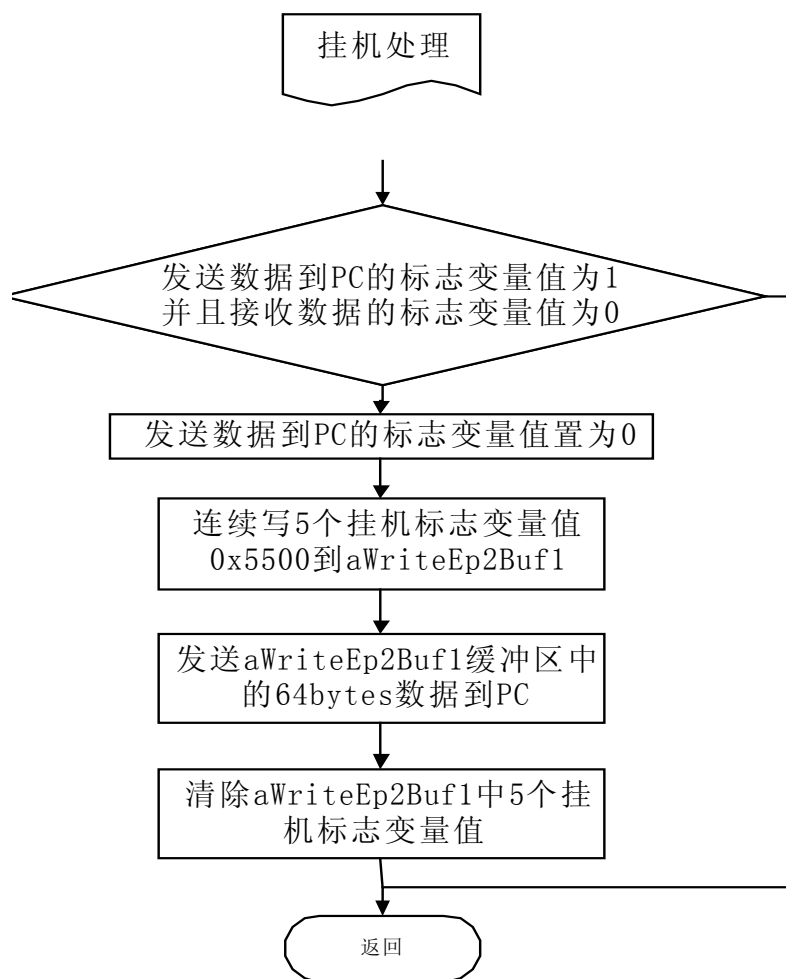


图76 系统单片机端的挂机处理流程

6、外部中断

本系统中 SPCE061A 与 PDIUSBD12 芯片之间的通讯靠 SPCE061A 的外部中断来实现的。外部中断服务程序的流程如 77。当 PC 枚举完 USB 设备后, 这个外部中断的主要作用是清 PDIUSBD12X 芯片的中断、设置相应的中断标志。

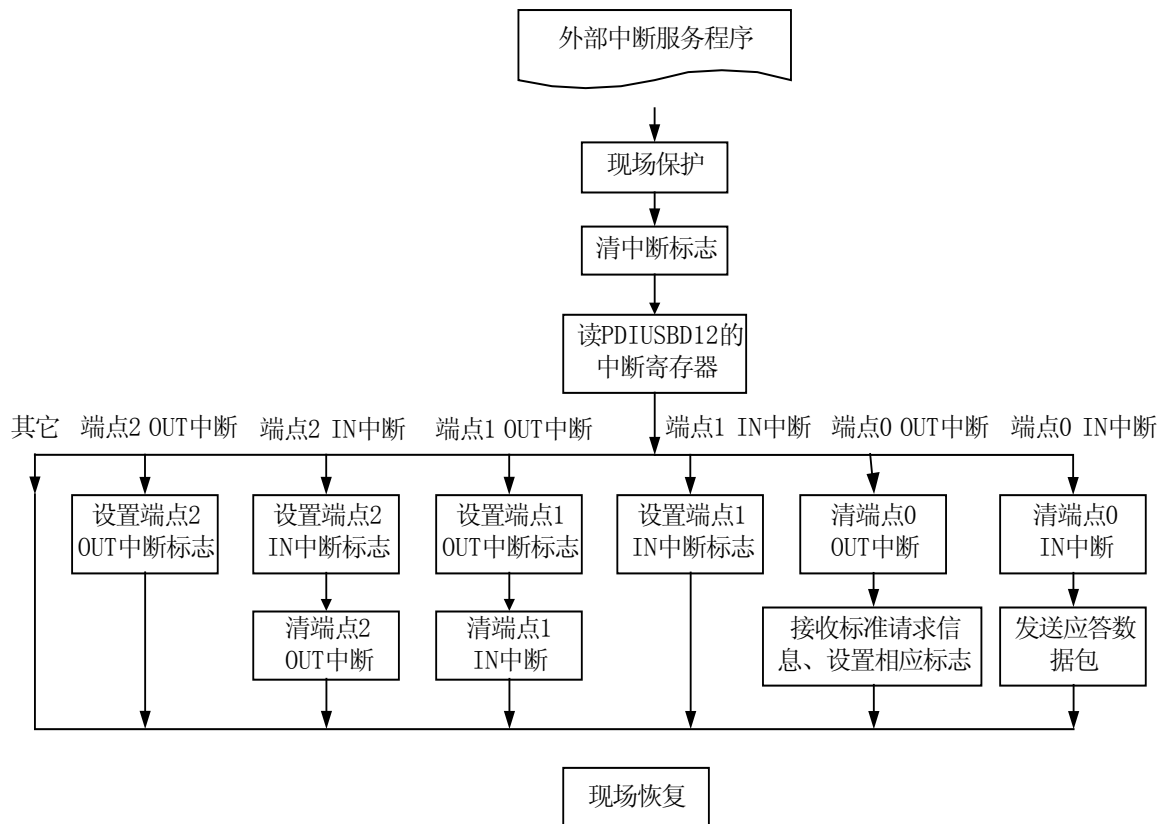


图77 系统单片机端的外部中断服务程序流程

7、定时器 A 中断

本系统用定时器 A 来实现 8Hz 的定时中断，它的中断流程如图 78。该 8kHz 的定时中断用于实时采样语音数据。

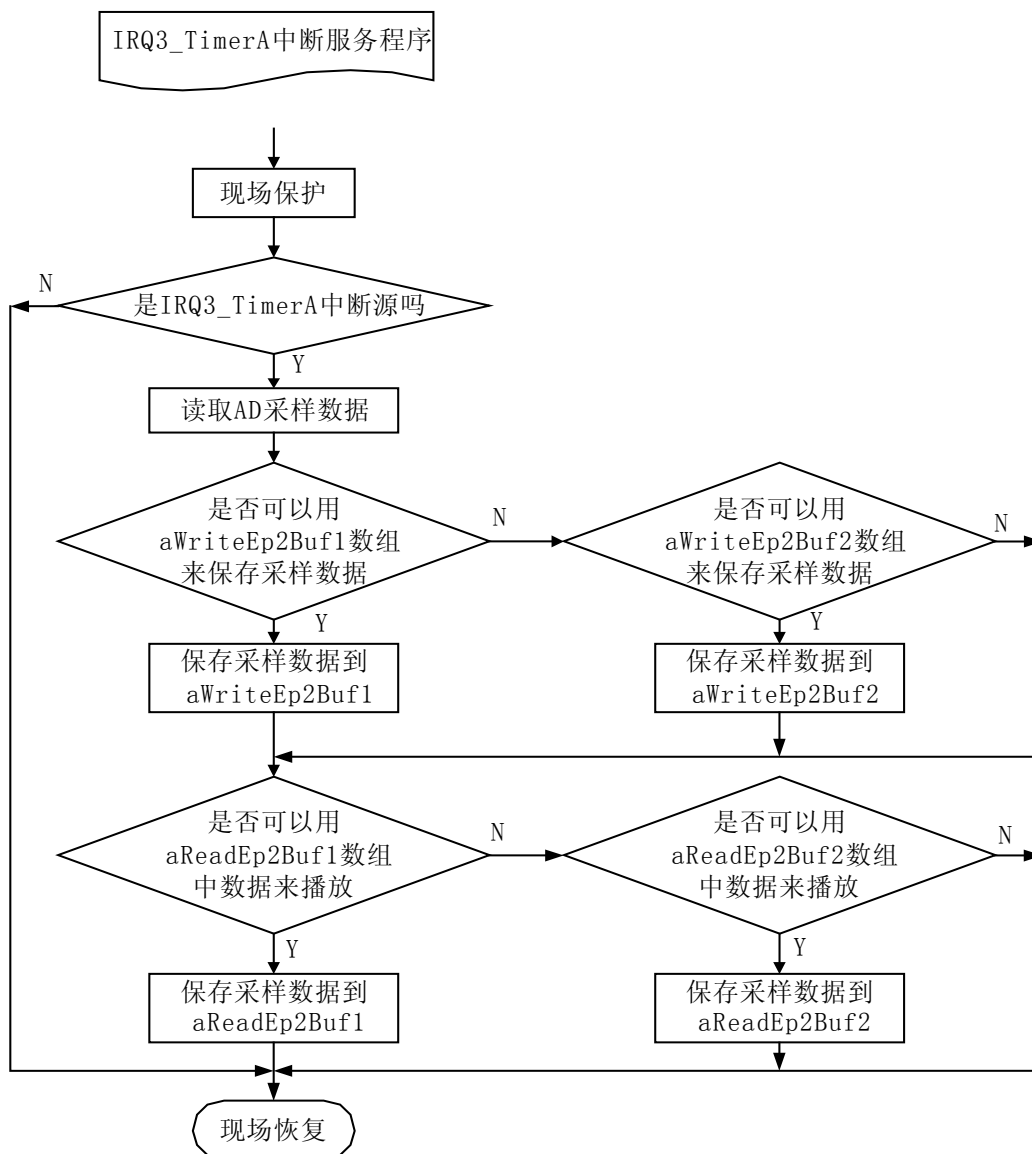


图78 IRQ3_TimerA 8KHz 中断流程

5.7.6 PC 端软件设计

本系统的 PC 端应用程序使用的是 Microsoft 的 MFC 来实现编程，应用程序主要使用一个线程来实现系统的拨号接收、语音数据接收、保存、下载语音数据、挂机等功能。该线程的程序流程如图 79。

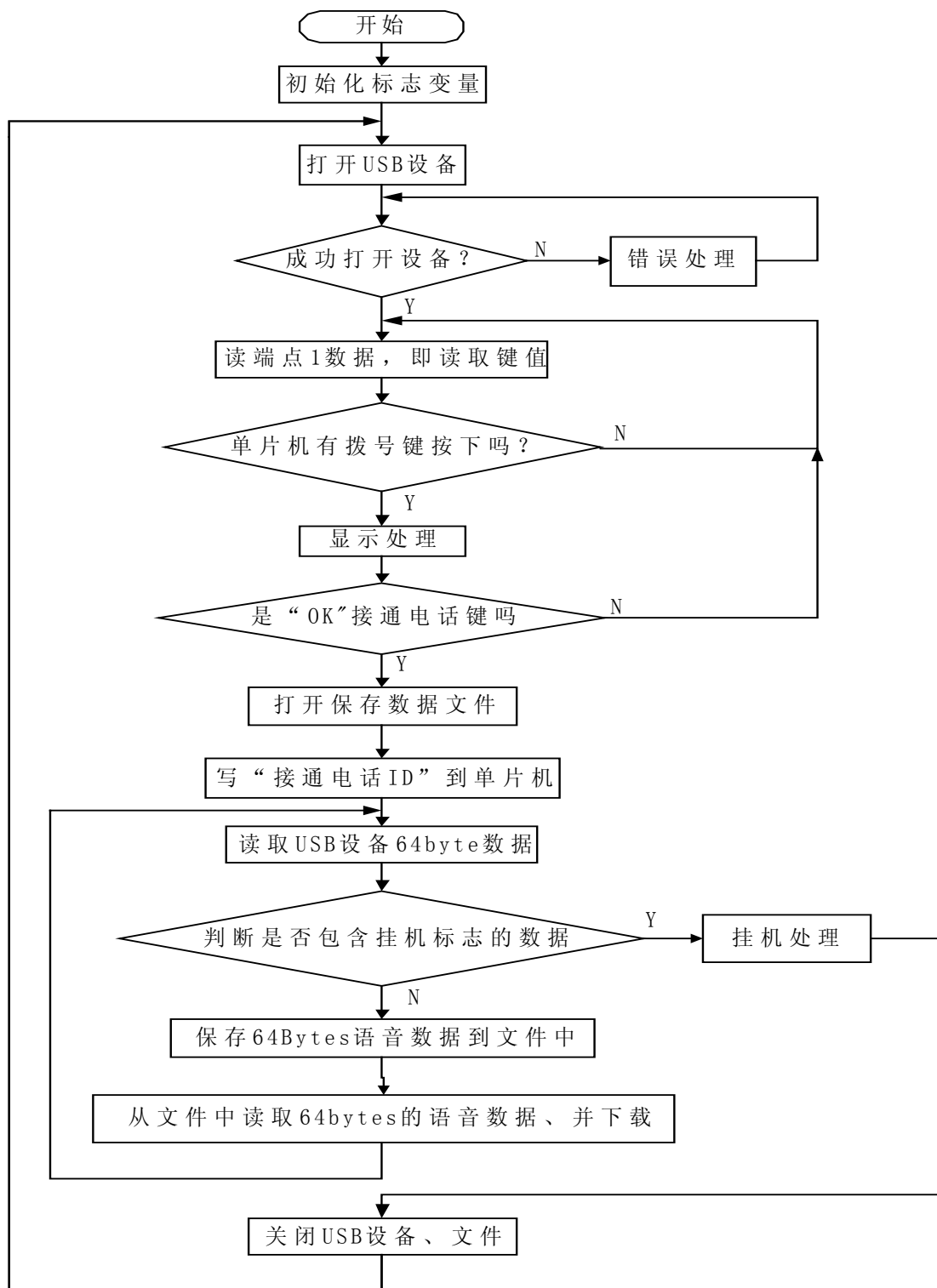


图79 PC 端应用程序接收数据、发送数据的流程

5.8 SPCE061A 在电冰箱中应用

随着家用电冰箱的普及，人们对电冰箱的控制功能要求越来越高，这对电冰箱控制器提出了更高的要

求，多功能、智能化是其发展方向之一，传统的机械式、简单的电子控制已经难以满足发展要求。本文介绍了采用凌阳科技公司的新秀——SPCE061A 作为控制器核心，对电冰箱的工作过程进行控制，并用语音将电冰箱的一些工作过程播报出来，使控制过程更人性化。

5.8.1 系统组成

我们知道，电冰箱一般设有冷冻室和冷藏室，冷冻室用于速冻食品，在冷冻室中的食品可以存放较长的时间，冷冻室的温度为 $-16^{\circ}\text{C} \sim -26^{\circ}\text{C}$ 左右；冷藏室以不冻伤食品又有保鲜作用为准，冷藏室的温度为 $2^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 左右；冷冻室食品中的水分会凝结成霜，到一定程度还要除霜。具体的说，电冰箱控制器的主要任务就是控制压缩机、电磁阀、化霜加热丝、风扇等来保持箱内食品的最佳温度，达到食品保鲜的目的，即保证所储存的食品在经过冷冻或冷藏之后，保持色、味、水分、营养基本不变，并用 LED 将设定温度或实际温度显示出来，当冷冻室温度过高或开门时间长还会用语音提示。系统组成如图 80。

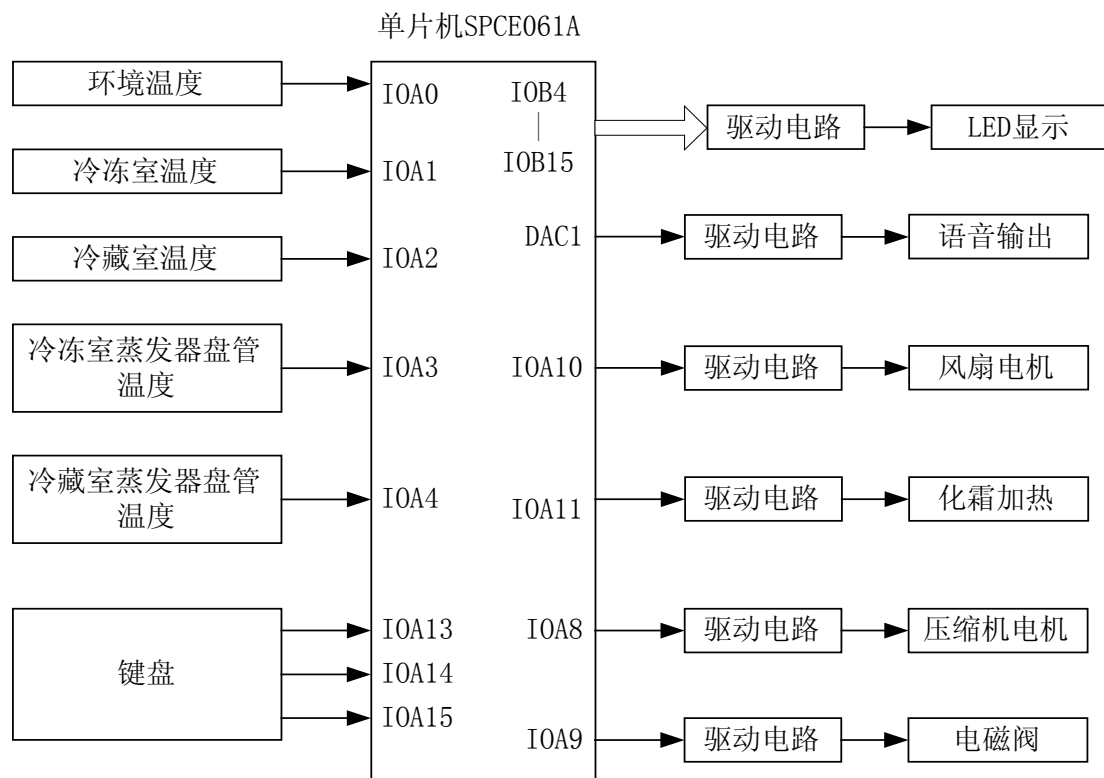


图80

5.8.2 硬件组成

整个系统工作于3.3V电压下，由电源板提供5V电压，经过LF33稳压到3.3V为系统供电。三个按键分别设置冷冻室、冷藏室温度或人工智能工作方式。温度传感器主要由冷冻室、冷藏室、冷冻室蒸发器盘管、冷藏室蒸发器盘管速冻室、环境温度检测等温度传感器组成。主控器不断采集冷冻室、冷藏室及环境温度，并根据设置值及采集值控制各部件的运行。

1、显示电路

显示电路由四位 8 段数码管组成，用来显示冰箱内的实际温度、设置温度或故障，接口电路如图 81，采用动态显示方式驱动。

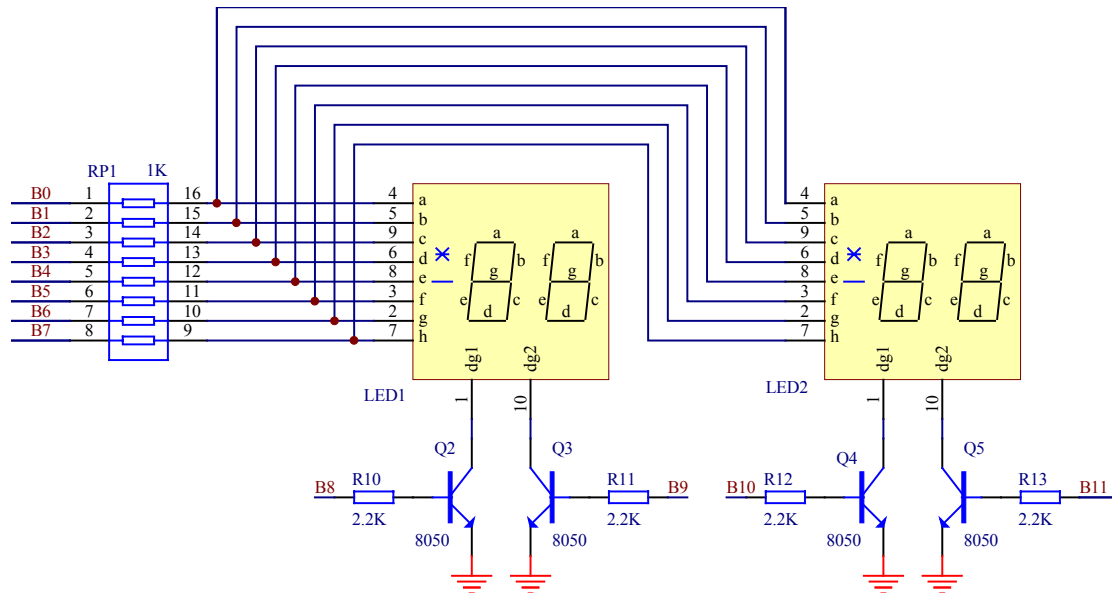


图81

2、化霜电加热丝、风机、电磁阀控制电路

压缩机控制电路比较简单。由 I/O 口输出信号，通过 8050 反相驱动电路去控制继电器，再由继电器控制压缩机的开停。压缩机的开停由相关室的温度决定，每次开机之前必须检测延时保护条件是否满足，才能作出开机决策，其控制电路如图 10 所示。

压缩机控制电路比较简单。由 I/O 口输出信号，通过 8050 反相驱动电路去控制继电器，再由继电器控制压缩机的开停。压缩机的开停由相关室的温度决定，每次开机之前必须检测延时保护条件是否满足，才能作出开机决策，其控制电路如图 82。

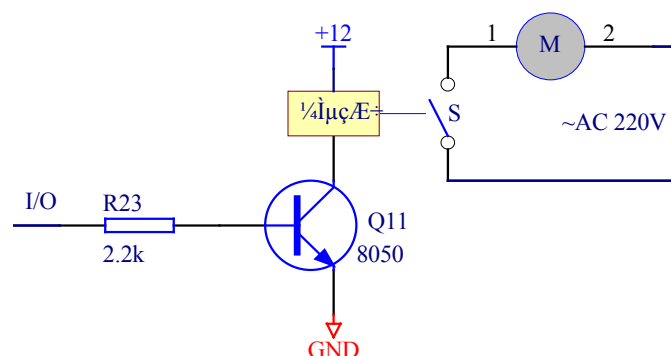


图82

化霜电加热丝控制电路、风机控制电路、电磁阀控制电路结构相似，只是器件参数有所不同，故在一起介绍。

3、断电记忆功能

系统扩展一块 AT24C01A 来记忆断电前的工作状态，来电后仍按断电前的设定工作。AT24C01A 为 I²C 总线，利用 SPCE061A 的 IOB 口的 IOB0、IOB1 作为 SCL、SDA 信号，如图 83，其中 R23、R24 为上拉电阻，I²C 总线的读写时序由软件控制。

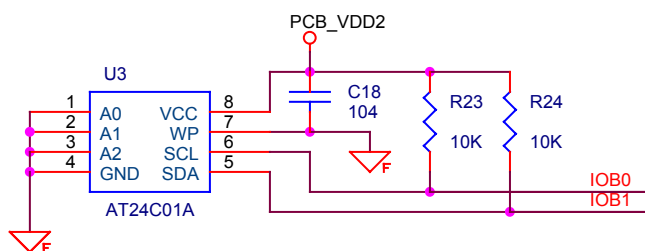


图83

4、语音提示、报警电路

每次通电开机、改变工作模式、冷冻室超温报警等都会以甜美的声音提示您，以保证操作正确，开机的提示语音还会向您普及一些使用电冰箱的常识。报警电路主要用于冷冻室温度过高时，冷冻温度显示会以一定的频率显示，并用语音提示“冷冻室超温”。此时应检查冰箱门是否关好（请将冰箱门关好）？是否一次性放入大量较热的食品？冰箱工作一段时间后，冷冻室温度降低，冷冻温度显示停止闪烁，超温报警功能自动消除。

5.8.3 软件设计

本系统软件主要由主流程、功能子程序、中断服务程序组成。

子程序主要由键盘扫描、键码分析、温度采集、传感器检测、人工智慧模块、冷藏室温度采集与控制、冷冻室温度采集与控制、压缩机保护及控制、驱动模块、显示数据计算模块、运行参数存储模块等组成，LED 的显示在 256Hz 的中断程序中完成，用 SPCE061A 播放语音程序在《SPCE061A 单片机》一书及凌阳大学计划网站上有详细讲解，这里不再做分析。主流程如图 84。

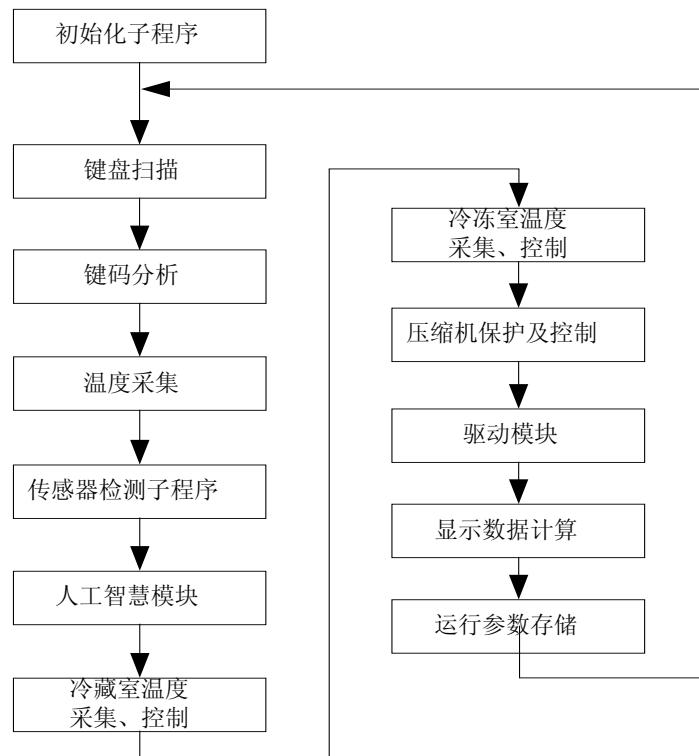


图84

初始化子程序

初始化模块主要完成初始化 I/O 口、中断、内存单元，并读出 AT24C01A 相应单元的值进行控制，程序流程如图 85。

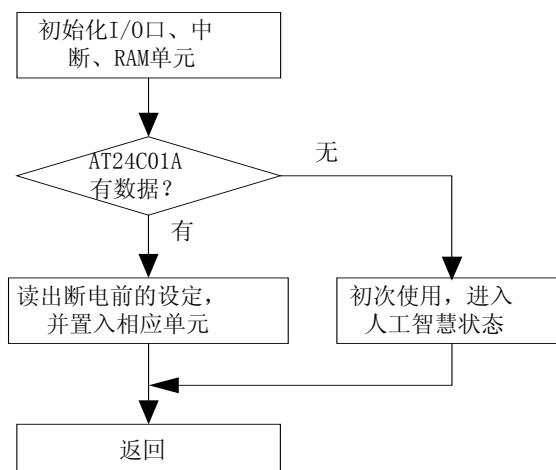


图85

AT24C01A 的 0x02 单元为标志位：当读出的值为 0xFF 时，表示初次使用，则自动进入人工智慧控制模式。为 0x55 时，表明断过电，读出断电前的工作状态。AT24C01A 单元分配如表 13。

表13

地址	工作状态	地址	工作状态
0x02	标志位	0x08、0x 09	冷冻室设置温度
0x04、0x 05	运行标志	0x0A、0x 0B	冷藏室设置温度
0x06、0x 07	驱动标志	0x11—0x1D	相关时间单元

并且每次存储时将各参数存储在三个不同的单元中（同一参数存储三次），每次上电复位后，将三个单元数据读出比较，采取三中取二的决策方式，如果三次都不同，则进入最安全的方式运行。

2、键盘扫描、键码分析

程序扫描到按键，则根据当前运行状态和按键来改变运行标志位，并开始计时，如果连续 5 秒无按键则将有效设置送相应控制单元。

3、人工智慧模块

通过检测环境温度的高低，自动确定冷冻室和冷藏室设定温度，如果环境温度高，则相应的将冷藏室、冷冻室温度设置高一些；如果环境温度低，则相应的将冷藏室、冷冻室温度设置低一些，以免压缩机长时间运行或不运行。

4、冷冻室（冷藏室）温度采集与控制

通过冷冻室（冷藏室）温度传感器采集冷冻室（冷藏室）温度，将数据致入显示缓冲区，并将实测温度与冷冻室（冷藏室）设置温度值比较，如果实测温度高于设置温度，则置冷冻室（冷藏室）高标志，否则返回。

5、压缩机保护及控制模块

本模块包括三部分：压缩机保护、压缩机控制、压缩机启动/停止子程序。

压缩机保护主要用于压缩机启动，压缩机每次启动前先检查停机时间是否已经延时 5 分钟。若压缩机已经延时 5 分钟，压缩机可以立即启动；若压缩机延时未到 5 分钟，则继续延时到 5 分钟后，压缩机才可以启动。流程见图 86。

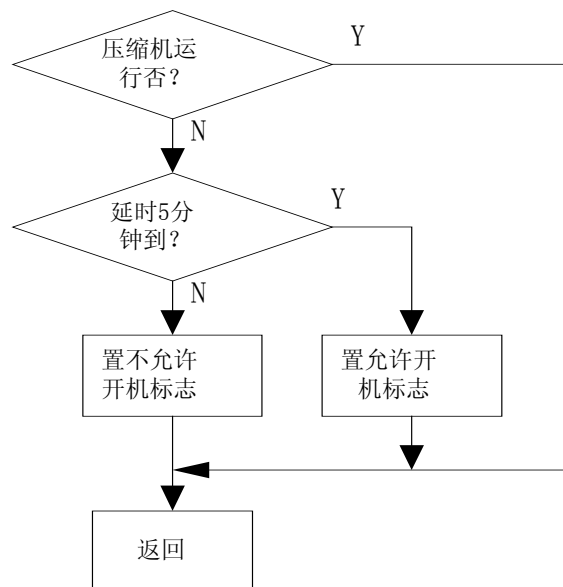


图86 压缩机保护

压缩机控制主要是根据冷冻室、冷藏室温度检测标志、化霜（结束）标志、压缩机允许开机标志来决策压缩机启动、停机运行，并置启动/停机命令标志。

压缩机启动/停止子程序主要根据当前压缩机的运行状态和启动/停机命令标志来控制压缩机运行。

表14

压缩机运行状态	启动/停机命令标志	动作
1	1	返回
	0	关压缩机；置关机标志；计时单元 1 清 0；计时单元 2 停止计时。
0	1	启动压缩机；置开机标志；计时单元 2 开始计时
	0	返回
注： 1) 计时单元 1 为压缩机关机延时 5 分钟计时单元； 计时单元 2 为压缩机累计运行时间计时单元，用于自动化霜计时。 2) 压缩机运行状态： 1----压缩机已经运行 0---压缩机停机 启动/停机命令标志： 1-----启动命令 0---停机命令		

6、驱动模块

驱动模块包括压缩机、电磁阀、风扇和化霜加热丝，程序根据当前运行状态和驱动标志位来确定运行状态。化霜控制及驱动

5.8.4 总结

用 SPCE061A 做家用电冰箱控制器具有以下特点：

1、设计新颖、功能强大：SPCE061A 是凌阳科技公司最新的 16 位单片机，特点是高速、低功耗、强大的 I/O 口功能，上面的设计方案只占用 SPCE061A 一部分资源，可以在此基础上开发出更强功能产品，缩短了开发周期。

成本低、性价比高、运行可靠：SPCE061A 有丰富的 I/O 口资源，外围电路相对简单。SPCE061A 价格低，性能可靠，上面的控制方案已经通过 EMC 测试。

5.9 控制式计热表

长期以来，我国在热水供暖上实行“小区式集体供暖”、按供热面积结算，与用户是否用热无关。这种结算方式属“包费制”，一方面严重影响了供热方供热积极性，另一方面由于部分用户缺乏节能意识，造成了资源浪费。计热表作为热力公司向每一位用户收费的依据和手段，不仅已广泛被用户所接受，而且由于用热量与费用直接相关，加强了用户的节能意识。

目前计热表的种类有很多，但多数都有着操作复杂、价格高等缺点。本文为大家介绍一种利用凌阳公司的 SPCE061A 单片机设计出的一款新型的计热表。该计热表不仅将用热实现了分户式管理，而且用户可对自家的各个房间分别控制；强大的语音发声功能弥补了人机交互界面单调乏味的缺陷；另外具有结构简单，易于操作，性价比高等优点。

“节能意味着节费”本计热表将工作时间标准分为：上、下班时间、出差时间、假日时间以满足不同情况的需求；计热表实现“一控五”即一个计热表控制五个房间；每个房间的温度、控热时间可分别设置；八位 LCD 可显示热量值、流量值、供水温度、回水温度、剩余费用、累计工作时间等相关数据资料；语音播报各个房间的温度、设置时间等；串行通讯实现集中抄表，方便管理。

5.9.1 系统组成

如图 87 所示，我们可以发现本计热表由计量、控制、显示、低电压保护等几个部分组成。那么我们就针对不同的功能模块的实现作以详细的描述。

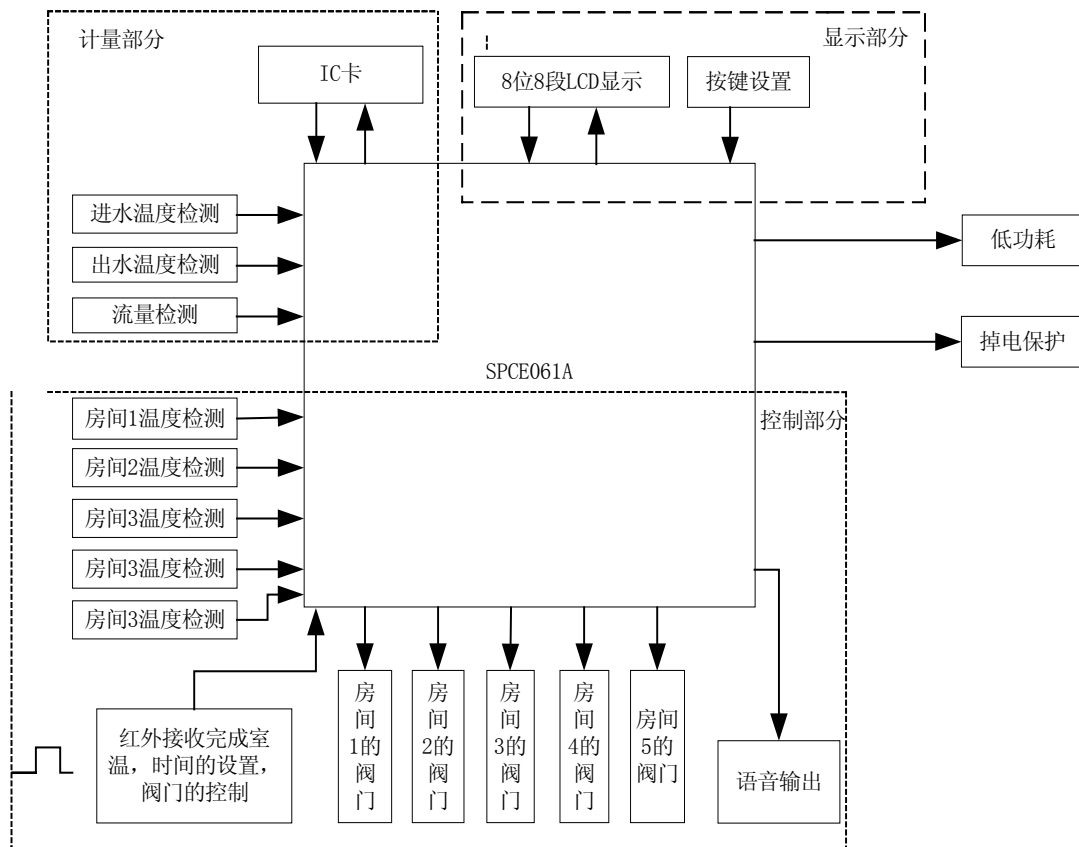


图87 结构框图

计量部分

总的来说计热表的计量包括热量、费用计算两个部分。具体的计算公式如下：

$$Q=V*(\rho_{\text{入}}*h_{\text{入}}-\rho_{\text{出}}*h_{\text{出}}) \quad (1)$$

其中：V 为体积， ρ 为水密度，h 为焓值，Q 为热量

$$M=k*Q \quad (2)$$

其中：k 为热量的单价，Q 为热量，M 为费用

水密度、焓值在已知温度的情况下可通过查表获得，那么计量实际上是检测：进、出水温度，流量等。在实际设计中，每隔 20s 进行一次费用、热量计算。SPCE061A 可支持 7 路 A/D 转换，A/D 转换的速率最大可达到 96k/s，转换的结果为 10 位数据。在此设计中由于对进、出水温度精度要求较高，所以选用 2 个 PT100。流量的检测可转化为计量流速计发送的脉冲数，（100 个脉冲为 0.001 立方米）在本设计中，SPCE061A 通过外部中断 EXT2 来检测流量，流速计每发送一个脉冲便产生一个方波脉冲作为外部中断信号，通过计算进入中断的次数进而计算出流量。SPCE061A 内部的两个定时器有较宽的频率选择范围，另外芯片内部的时基发生器可提供更加丰富的定时/计数频率。在设计中我们采用 2Hz 的定时频率制作万年历，20s 的定时可以通过读取万年历的时间值获得。每隔 20s 系统将 IC 卡中的费用值刷新一次。

控制部分：

此计热表控制部分包括：各时间标准的设置、各个房间温度的设置、各个房间阀门的开关、语音输出等。这些控制操作基本是通过遥控器来实现。SPCE061A 对遥控信号的接收是以 EXT1 引入，每接收完一组数据后便进行相应的判断、操作。设置时间标准指设置上下班时间，出差时间，假日时间。设置完毕后，系统会按所设标准运行：在上班期间房间温度保持在所设低温，下班后房间温度保持在所设高温；出差期间房间温度保持在所设低温；假日时间房间温度保持在所设高温。同样可设置各个房间温度，值得注意的是房间温度的底线必须大于 4°C ——防止管道结冰。SPCE061A 内置双通道发声器，每个 DAC 通道的输出能力为 3mA。D/A 转换的模拟量电流信号分别通过 AUD1，AUD2 管脚输出。本设计中将其用于播报各个房间的温度、所设的日期时间以及错误提示。

显示、按键操作：

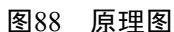
此计热表上设有一个手动按键，通过按键可查询：累计热量值 J、热量、流量、累计流量、供水温度、回水温度、累计工作时间、剩余费用等。在按键的同时 LCD 会有相关的数值显示，用户可从此读出相关的信息。SPCE061A 与 LCD 之间的通讯通过 IO 口来实现。

低电压保护、低功耗：

SPCE061A 内置低电压检测模块，当系统电压低于正常工作电压底线时，为了防止系统程序运行混乱，系统自动复位。在系统复位前可将重要的数据信息保存到 SPCE061A 的 FLASH 中。系统再次上电运行时将保存的数据读出继续参加运算。SPCE061A 的内核采用 CMOS 制造工艺同时具有弱振、空闲等方式，极大的降低了功耗。此外 SPCE061A 通常会有工作和睡眠两种状态，在睡眠期间 CPU 停止运行，此间系统的功耗约为 2 μA 。当然睡眠可以通过按键、中断等唤醒。

5.9.2 硬件设计

硬件结构原理如图 88：主体部分采用 SPCE061A，该芯片属于 16 位机，芯片的设计体现了 SOC 概念，内嵌 32K 的 FLASH 的存储空间，双 16 位的计数器、定时器，14 个中断源，A/D、D/A 转换单元，32 位可编程的多功能 IO 口，LVD/LVR 等部分。SPCE061A 在 2.6v~3.6v 的工作电压范围内的工作速率范围为 0.32MHz~49.152MHz，较高的工作速率使其应用领域极其宽广。



IC 卡采用 AT24C01A, 用于存储相关数据。SPCE061A 对 IC 卡的读写是通过 IOB0、IOB1 两个端口来实现。SPCE061A 通过外接两个 CC4097 实现对五个房间的电磁阀的控制。IOA13~IOA15 的不同组合用于选择不同的电磁阀; IOA11 和 IOA12 用于输出高低电平对所选电磁阀进行控制; IOB11 和 IOB12 是所选的电磁阀的状态输入口。

5.9.3 软件设计

本系统的工作流程如图 89。

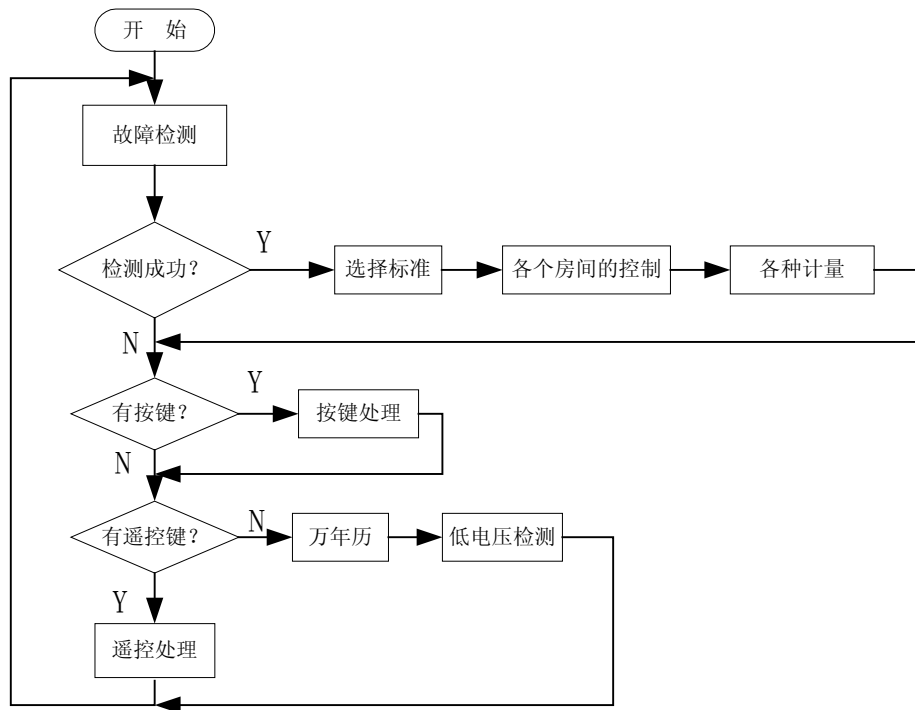


图89 工作流程图

首先进行的是故障检测，在此期间主要检测 IC 卡上金额是否大于 0 元，进水温度的检测，出水温度的检测，进、出水温度的比较，流量检测等。如果出现：卡上无线，检测不到进、出水温度，或进水温度小于出水温度，检测不到流量等问题系统都会有相关的错误信息提示。有错，则关闭所有的阀门，不参加各种计量运算；无错，按照选定的标准进行阀门控制，接着进行相关的计量。

按键扫描主要针对表上的手动按键，如有按键操作，存储按键次数，在按键处理部分根据该次数进行相关的显示，其中次数为 0 显示累计热量，次数为 1 显示热量，次数为 2 显示流量，次数为 3 显示累计流量，次数为 4 显示入水温度，次数为 5 显示出水温度，次数为 6 显示累计工作时间，次数为 7 电源欠压提示，次数为 8 显示剩余费用。30 秒后无按键操作自动恢复显示累计热量。

在遥控处理部分，用户可以通过遥控器设置出差、假日、循环时间、各个房间的高低温、即时控制各个房间的开关等。

5.9.4 总结

凌阳公司 SPCE061A 的诸多优点成就了本计热表的强大优势，利用 SPCE061A 的结构简单、成本低、易于实现、强大的语音优势开发小家电产品具有宽广的市场前景，它会使我们的生活变的“有声有色”。

5.10 语音智能空调控制器的设计

本应用介绍了利用凌阳 SPCE061A 在数字语音和模糊控制技术中的应用优势，设计一种能“说话”的智能空调器控制器，并详细描述了有关系统的电路原理图和实现方法，供读者参考。

21 世纪人们的生活是丰富多彩的生活，空调器的使用对大多数家庭已相当普及，人们对空调器的智能度提出了更高的要求。采用凌阳 SPCE061A 开发的具有语音智能的空调控制器必定成为生活中一道亮丽的风景线。它继承和发展了模糊控制技术在空调控制器的应用。由室温、管温、时间等输入参数通过模糊推理改变运行模式从而达到最佳的舒适程度。遥控按键的语音提示，出错时的语音报警，自诊断的语音提示，使得空调的“语言”更加丰富，人机对话更加亲切，感觉更加直观、形象。改变以往只能通过显示和主控板上蜂鸣器响声来判断命令执行的方式。

5.10.1 空调控制器基本技术功能要求

- 1、自动、制冷、制热、送风、除湿运行功能。
- 2、健康运行功能。
- 3、关机功能。
- 4、开机功能。
- 5、停电补偿功能。
- 6、运转功能。
- 7、运行功能。
- 8、机延时保护功能。
- 9、电流保护功能。
- 10、语音功能。

5.10.2 技术指标

- 1、正常工作电压范围：1 ϕ ，50Hz，165V~264V。
- 2、电路工作环境：
工作温度范围：-10℃~+60℃。
储存温度范围：-20℃~+70℃。
相对湿度：40%~98%。
- 3、温度测量精度： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。
- 4、温度控制精度： $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
- 5、时钟精度： $\pm 10\text{s}/24\text{h}$ （每天走时误差小于 10 秒）。
- 6、采用“看门狗”（watch dog）及其它可靠性和抗干扰设计。
- 7、电磁兼容性能：
控制器成品必须通过国家有关权威机构的电磁兼容性能测试。

5.10.3 系统硬件与功能概述

室内温度和盘管温度通过 A/D 通道采集室温传感器和盘管传感器的变化，CPU 在根据当前设置的工作模式、温度、时间等参数进行比较和模糊处理，依据结果控制相应的执行机构，从而达到调节室内温度及湿度的目的。图 90 所示为采用 SPCE061A 组成空调控制器的外围功能框图。

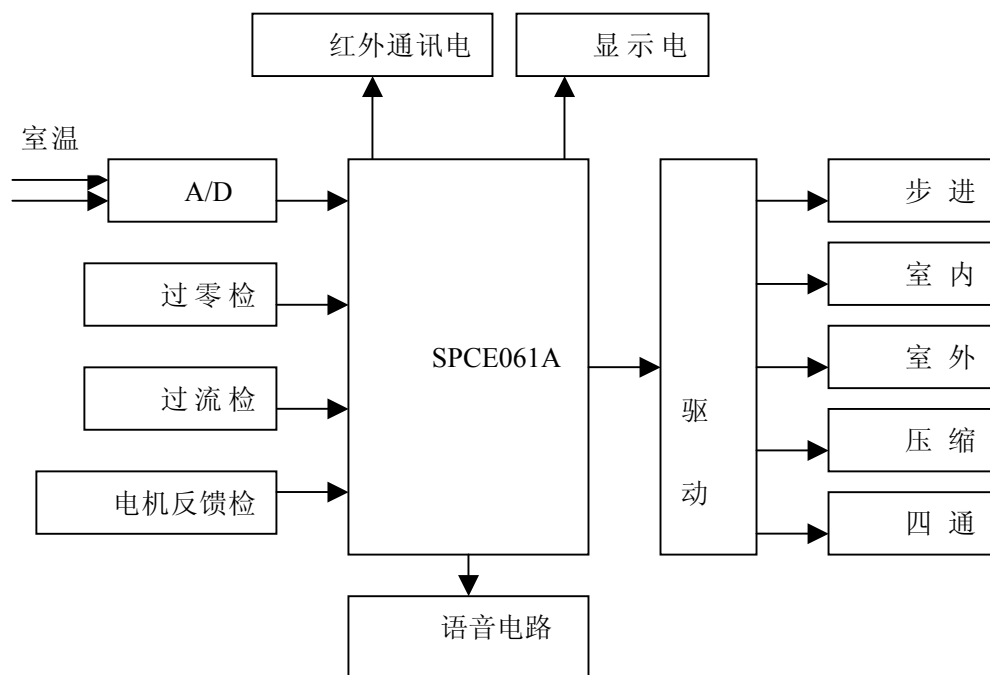


图90 SPCE061A 及其外围功能框图

SPCE061A 硬件资源前面已经讲过，这里不在重复。空调器的控制机构主要包括：室内风机、室外风机、摆风步进电机、压缩机、四通阀、LCD 显示电路以及红外接收电路等。输入信号主要包括：室内温度、盘管温度、电机反馈信号、过零信号以及红外接收和按键等。下面对部分设计做详细说明。

1、温度检测：

温度采样电路如图 91 所示，在连接器的 1、2 和 3、4 脚之间分别接入 10K（盘管）和 20K（室内）温度传感器，则输入到芯片内部的电压可用以下公式计算：

$$V_{in} = V_{CC} \times \frac{20}{x + 20} (v) \quad \text{公式-1}$$

由以上公式计算可得。

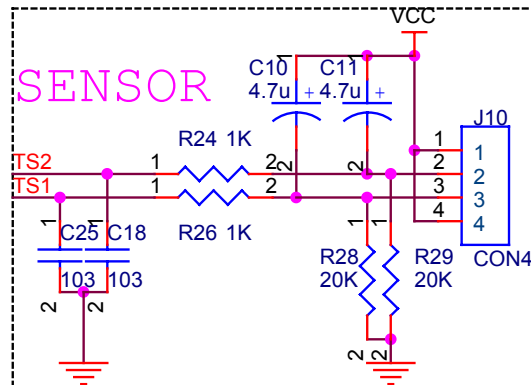


图91 温度采样电路

2、过流检测：

当电流互感器检知压缩机电流过大时，先将室外风机停转，待电流回复正常，风机回复运转；若电流继续过大，压缩机、室外风机将全部停止。

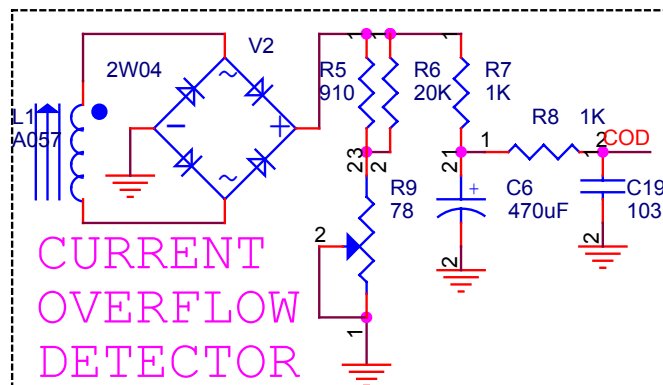


图92 过流检测电路

电流互感器原理：假设电流互感器的铁芯不消耗能量,那么一次绕组的能量全部差传递到二次绕组。则有：

$$E_1 I_1 = E_2 I_2$$

$$E_1 / E_2 = N_1 / N_2$$

E_1 、 E_2 为一次绕组、二次绕组感应电势， N_1 、 N_2 为一次绕组、二次绕组匝数。

理想电流互感器的电流比：

$$K = I_1 / I_2 = N_2 / N_1 \quad \text{公式 2}$$

这就是电流互感器计算的基本公式。

$$I_1 N_1 = I_2 N_2 \quad \text{公式-3}$$

即：电流互感器一次绕组安匝数等于二次绕组安匝数。

如图 93 所示，互感器输出经整流滤波后输入 A/D 转换器，其计算公式：

$$v_{in} = \sqrt{2}IR / K \quad \text{公式-4}$$

其中 I 为初级电流，即工作电流；R 为负载电阻；K 为匝比。

3、红外接收电路：

遥控器的红外信号可利用外部中断 EXT1 进行接收，遥控接收电路图如下。更可以使用 SPCE061A 具有的红外通讯接口功能，通过 IOB6 即 IRRX 端口接收外部设备发来的红外数据，而通过 IOB8 即 IRTX 端口向外部发送红外数据，红外信号的数据格式即可以由编程者自己定义，亦可以采取 UART 数据帧的传输格式，方便用户进行选择。

利用中断形式接收红外信号，平时 INT1 端为高电平，当接收到有红外信号，首先信号经过 RC 滤波掉 38k 载波，在 IC3（红外接收管）输出产生下降沿，由于 SPCE061A 的中断触发是下降沿触发，从而程序进入 INT1 中断服务程序对遥控信号进行解码。

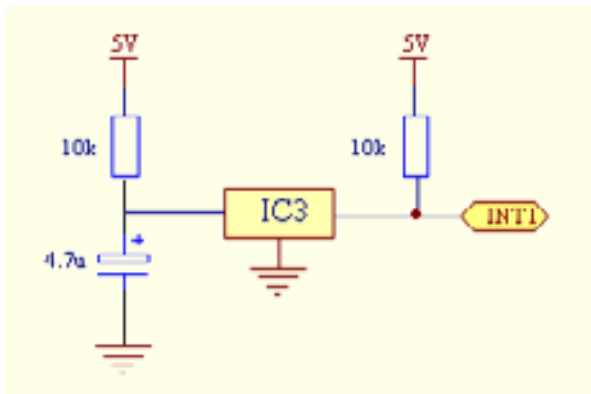


图93 遥控接收电路图

4、过零检测：

50Hz/220V 交流电经过变压器降压，整流桥整流，最后通过三极管整形后变成 100Hz 的脉冲波形，这就是过零中断信号，周期 10ms。依据这个信号为基准判断正弦波交流电过零，然后根据转速要求，向后推迟 α 角来触发可控硅，这样 220V 交流电经斩波后变成需要的电压，从而实现调速，而可控硅的触发脉冲由软件进行控制。

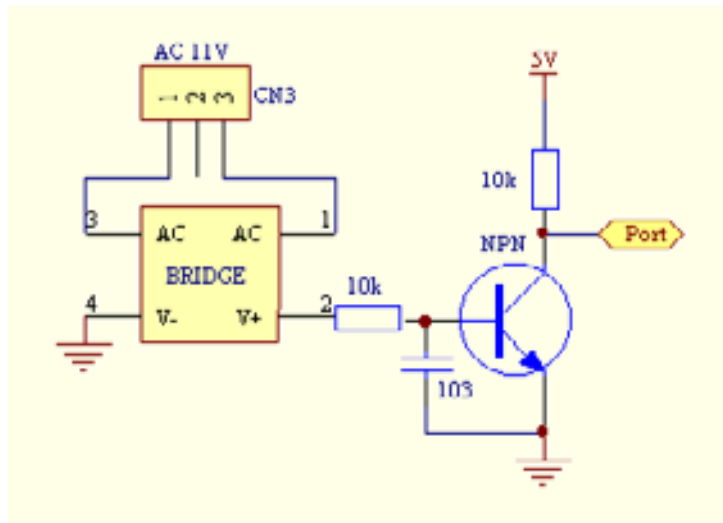


图94 图过零检测电路图

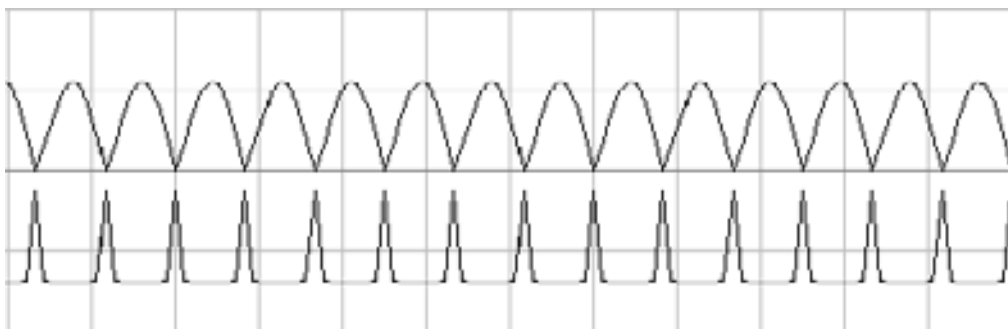


图95 过零中断波形图

在整流桥输出处如图 95 上部所示的波形，在 NPN 三极管集电极处输出如图 95 下部所示的波形，利用该波形作为外部中断源，就可以算出电压经过零点的时刻。

利用检测到的零点时刻，就可以在零点附近打开和关闭压缩机，保护压缩机。同时可为电机调速提供时间同步。

5、内风机电路：

室内风机电机采用霍尔元件测速的塑封电机，通过三极管 A2 将转速信号以外部中断的形式送给 CPU 的 EXT2 端，在中断程序中利用定时器 TimeB 对相邻两次中断的时间进行计算，这样就可以计算出当前室内风机转速。CPU 再根据过零检测反馈来控制 IOB4 口的调速信号。

内风机调速采用闭环控制方法，根据测速电路反馈回来的转速数据调整控制电机运行的脉冲宽度。利用 SPCE061A 内置的 PWM 发生器产生 PWM 波。芯片 TLP3526 是光偶可控硅，可以向室内机提供 80~170V 的交流电，随着电压的变化室内风机转速也随着变化（如图 96）。

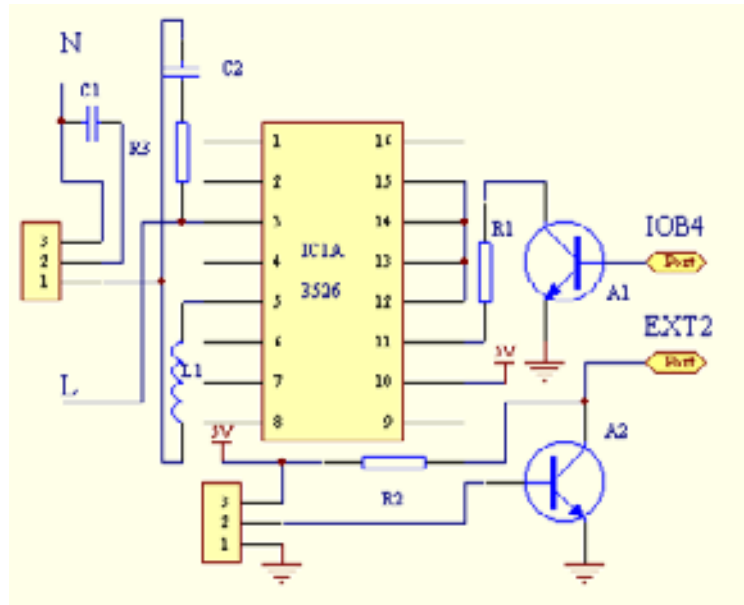


图96 室内风机电路图

内风机的控制算法首选比例调节算法，若调节精度与速度达不到要求时考虑采用 DIP 算法调节。公式如 5、6 所示。 $y_N = y_{N-1} + f(x_0 - x_N)$ 公式-5

$$y_N = y_{N-1} + f(x_0 - x_N) + g(dx/dt) + h(\int dx) \quad \text{公式-6}$$

步进电机驱动电路：

步进电机采用型号为 28BYJ48 永磁步进电机，其电机特性如下：

4 相 8 拍电机，其相序为：ABC、BC、BCD、CD、CDA、DA、DAB、AB

驱动电压：12VDC

步进角：5.625° /64

工作频率：100PPS

拖动扭矩：≥34.3mNm

制动扭矩：≥29.4mNm

线圈电阻：300Ω

温升：≤40K

噪音：≤35dB

电机 A、B、C、D 相序如图 8 所示，其步进电机原理如图 97 所示。

IOA0~IOA3 用来控制室内风向电机，该电机为 12V 四相八拍式步进电机，故用 4 个 I/O 口（IOA0~

IOA3) 来模拟 A、B、C、D 四相，以软件实现环形分配器的功能。由于空调器中步进电机的功率较小，由 SPCE061A 输出基本波形，经 2003 驱动后就可以直接驱动电机转动。这种方法突出优点是节省硬件，降低系统的成本，而且更改灵活，有利于系统的小型化。

摆风步进电机的速度运行是通过对每拍脉冲的宽度调节来实现的。在整个空调器运行过程中，步进电机都是匀速转动的，因此以固定间隔来进行步进电机的换相，也可以把步进电机运行程序做在中断服务程序中，以中断时间来固定换相。

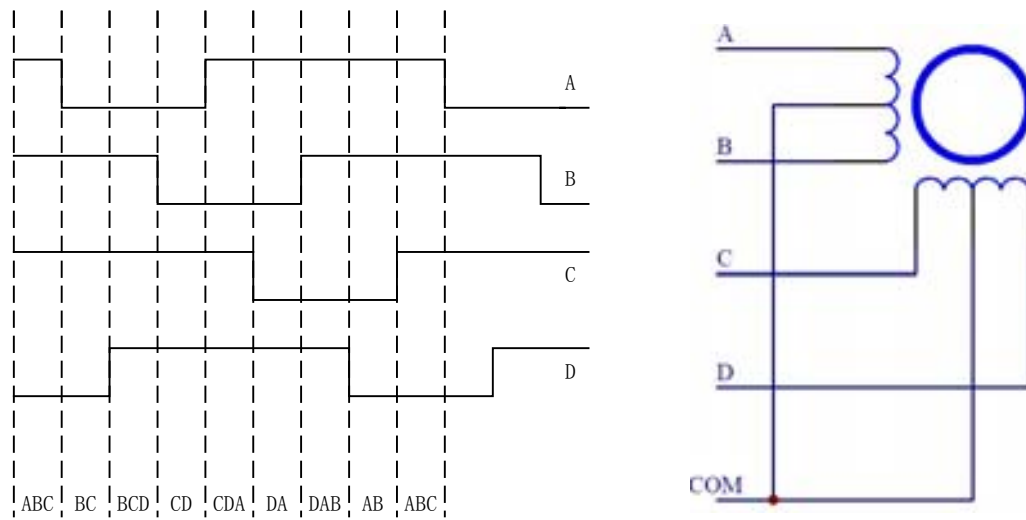


图97 步进电机驱动波形

步进电机原理

其他外设如：压缩机、四通阀、外风机的驱动较简单，通过 I/O 口控制开关量再接反向器 2003 来驱动相应继电器（图 98）。IOB0、IOB1、IOA5 分别输出控制四通阀、外风机和压缩机的控制信号。当 I/O 控制端输出高电平时，经 2003 反向后输出低电平，使对应继电器导通闭合。继电器线圈两端最好增加续流二极管，这样做消除断开线圈时产生的反电动势干扰。

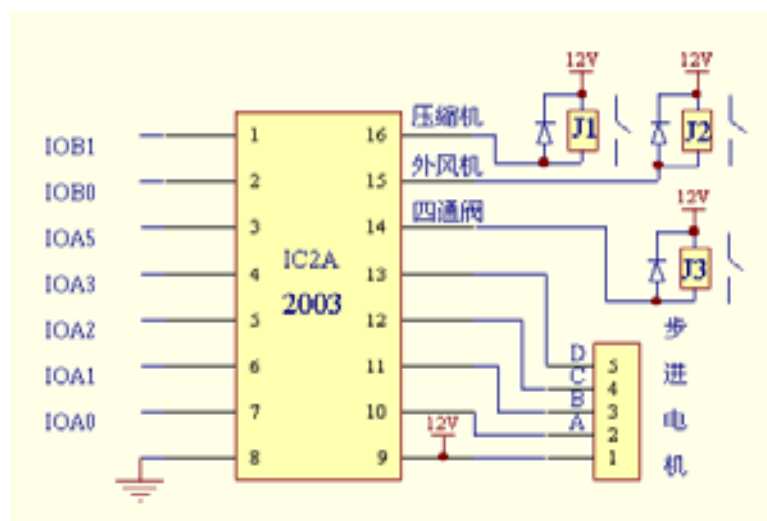


图98 外设示意连接图

5、语音播放电路

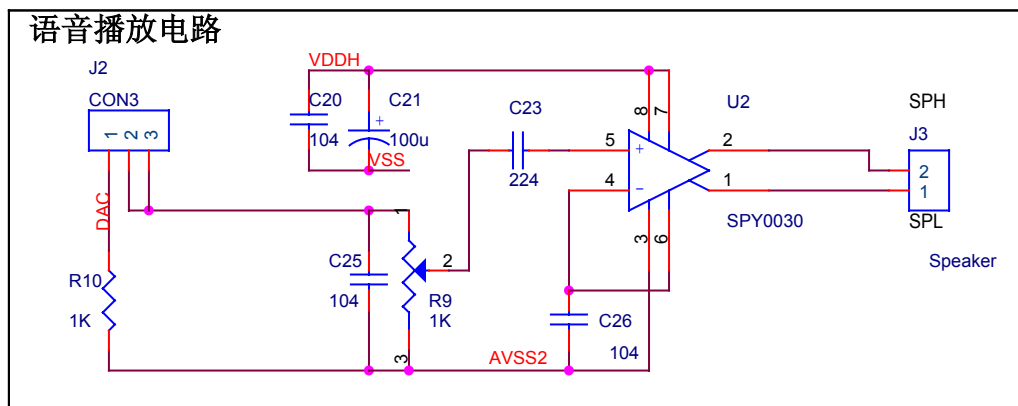


图99 音播放电路

我们在前面介绍的 SPCE061A 具有强大的语音处理功能，如图 99 所示，J3 是语音输出接口，外接喇叭，由 DAC 输出引脚 21 或 22 通过 J2，经语音集成放大器 SPY0030 放大，然后输出，SPY0030 是凌阳的芯片，相当于 LM386，但是比 386 音质好，它可以工作在 2.4~6.0V 范围内，最大输出功率可达 700mW（386 必须工作在 4V 以上，而且功率只有 100mW）。

空调器语音功能主要包括：

(1) 键盘语音提示

针对遥控器每一操作，（如：模式转换、风速变化等）都有相应语音提示，如：上电键提示：很高兴为您服务！的开机问候。语音结束后进入用户设定的运行模式。关机键提示：关机！也可提示为：谢谢使用，再见！等友好问候。也可扩展其它内容的问候，和其它方面的语音提示。

(2) 语音报警

用不同的语音，语调，语气来提示操作、或运行过程中的错误等。如：传感器的损坏，（提示：请检查我的传感器！）室外风机异常等，可提醒您及时发现异常情况，提供解除报警的方法。

(3) 状态语音提示功能

切换运行模式后不仅能提示相应语音（制热模式、制冷模式、自动模式等），还可依次提示当前设定温度（16~30 度）、设定风速（低风、中风、高风、自然风）等，使用户更加方便操作。

在运行过程中还可提示特殊运行状态，如：当压缩机连续工作 4 分钟后，开始检测盘管温度，若持续 5 分钟低于 0℃ 时，运行防霜冻保护，系统提示：执行防霜冻保护。同时除霜运行、高温保护等，也可对应相关的语音提示。使用户对空调运行状态一“听”了然。

4 可扩展功能

语音控制，红外通讯功能，智能查错功能。

下表为遥控按键对应的语音提示内容：

表15 语音空调器提示内容

序号	按键命令	回答
1	开机	您好，很高兴为您效劳
2	关机	谢谢使用，再见
3	升高温度	(提示相应温度) 设定为××度
4	降低温度	
5	低风量	已设置为弱风
6	中等风量	已设置为中风
7	高风量	已设置为强风
8	自然风	已设置为自然风
9	摆风取消	设置为固定风向
10	摆风设定	设置为摆风
11	健康运行设定	设置为健康运行模式
12	健康运行取消	取消健康运行
13	睡眠功能设定	进入睡眠模式
14	睡眠功能取消	进入正常模式
15	自动模式	切换为自动运行模式
16	制冷模式	切换为制冷模式
17	除湿模式	切换为除湿模式
18	制热模式	切换为制热模式
19	送风模式	切换为送风模式
20	定时	定时功能设定
21	取消定时	定时功能取消

5.10.4 系统的软件设计

软件设计主要包括三大部分：遥控接收及分析处理程序、运行模式及保护程序和语音播放程序。

在空调遥控接收码中包括有：风速、风向、运行模式、设定温度、时钟、定时等许多数据。由于空调器生产厂商各自制定的遥控码不同，所以遥控码从十几位到几十位不等，一般编码分为：引导码、地址码（或称为识别码、用户码）、操作码和校验码。（如图 100）

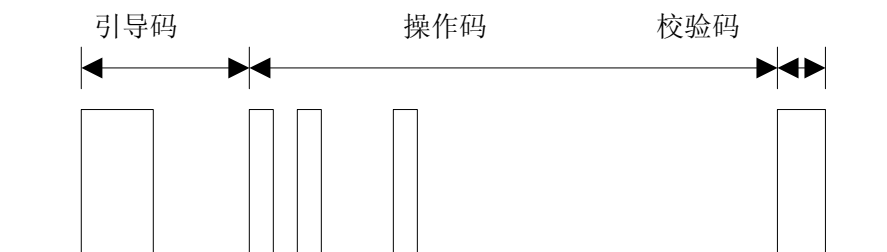


图100 遥控编码图

首先要对这些操作码进行接收和校验，如在 INT1 中断服务程序中作遥控接收程序。同样可以利用 TimeB 对遥控信号每次中断进行计时，以确定是否接收到引导码以及接收的相应位是“0”还是“1”，最

后一次中断还需要对结束位进行校验。被证明是有用的信号后，就要按照遥控编码规律进行信号处理，判断遥控类型，是高风、低风还是运行模式的改变等。然后置相应标志位，主程序只需在相应位置检测标志位的状况，调用对应子程序即可。遥控接收处理程序大致如下所示：

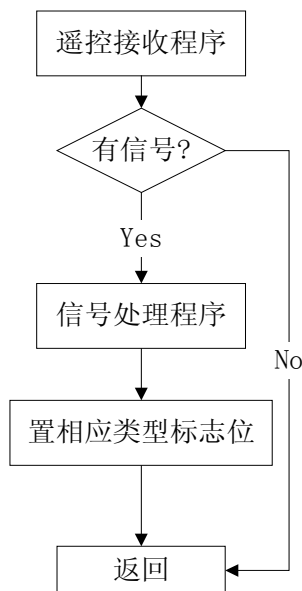


图101 遥控接收流程图

最后介绍一下空调器的运行模式，一般包括：制冷模式、制热模式、自动模式、送风模式、除湿模式等，各运行模式中不仅包括温度、风速、风向等的智能调节，还包括系统异常保护、压缩机保护以及各辅助智能运行功能。以下分别介绍空调器几种模式流程和运行情况。

1、制冷模式：

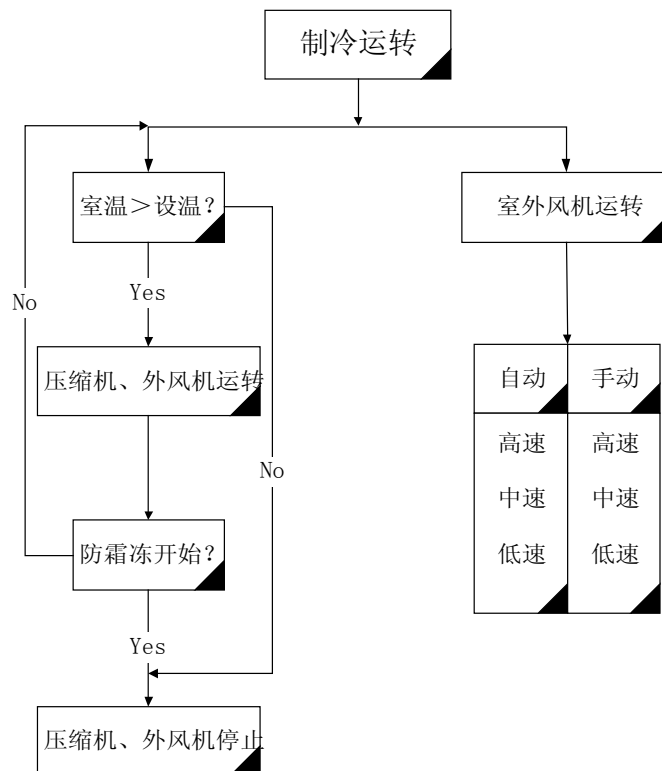


图102 制冷模式流程图

制冷运行是空调器最基本的工作模式。

在制冷模式下，房间温度的设定范围为 $16^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。当室内温度高于设定值时，空调器开始制冷，压缩机和室外风机运转；此时室内温度将逐渐下降，当降低到低于设定温度 1°C 左右时，压缩机将停止运转，空调器也就停止制冷。此时房间温度又慢慢回升，当回升到超过设定温度 1°C 时，压缩机将再次开机，空调器又开始制冷。如此反复循环，压缩机就不断地随着房间温度的变化而停停开开，从而保持室内温度在设定温度的 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围内。制冷模式的温度变化决定压缩机及室内风扇的工作情况。

2、制热模式：

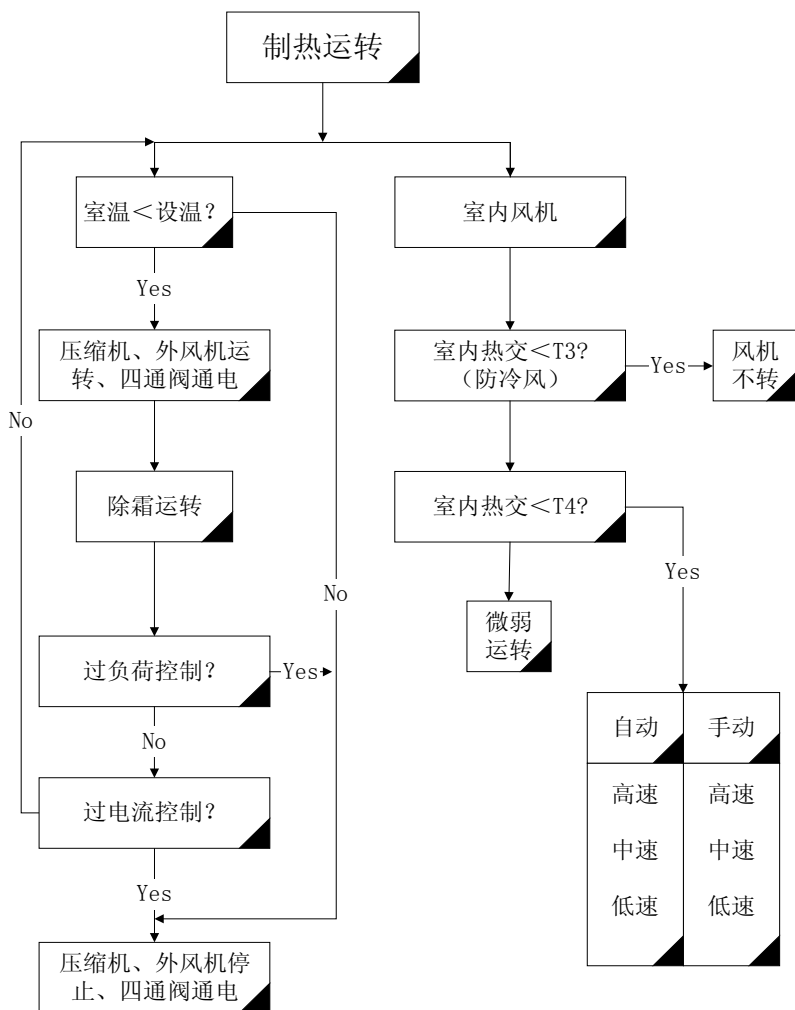


图103 制热模式流程图

当室内温度低于设定温度 1℃以下时，压缩机即起动，使空调进入制热状态，当室内温度高于设定温度 1℃时，压缩机即停机，使空调器停止制热。

热泵制热运行模式，进风口温度也就是室内温度，室内盘管温度就是室内机中蒸发器铜管的温度。进风口温度和室内盘管温度同时随着压缩机的开停而上升或下降。

室外风扇始终和压缩机保持同步，它们都随着室内机进风口温度的高低而开停。当压缩机停止时，至少要有 3 分钟时间，才会重新启动称为 3 分钟保护。

四通阀在整个制热模式下始终处于通电切换状态。它不随室内温度的变化而变化。

室内风扇是制热运行中工作状态最复杂的一个元件。当空调器刚开机通电时，进风口温度较低，室内盘管也大多在 20℃以下，此时一进入制热状态，室内风扇不运转。直到盘管温度逐渐上升到 28℃时，室内风扇起动并以低速风运转。当盘管温度再上升到 31℃时，室内风扇将改为设定速度运转。当室内温度到达设定温度上限，压缩机关机退出制热时，室内盘管温度也将逐渐下降，当降到 32℃时，室内风扇又改为

低速风运转。挂壁式空调器的控制电脑如此繁杂地调节室内风扇的速度，主要是为了防止蒸发器盘管热量不足时吹出冷风来，这就是防冷风功能。当室内盘管温度低于 20°C 时，室内风扇停止运转；当室内盘管温度在温度上升时处于 31°C 以下及温度下降时到达 32°C 以下，室内风扇都以微速风运转；只有在室内盘管温度处于 31°C 及 32°C 以上时，室内风扇才以设定的速度运转。因此，室内风扇的运行状态完全由室内盘管温度来决定的。

3、自动模式

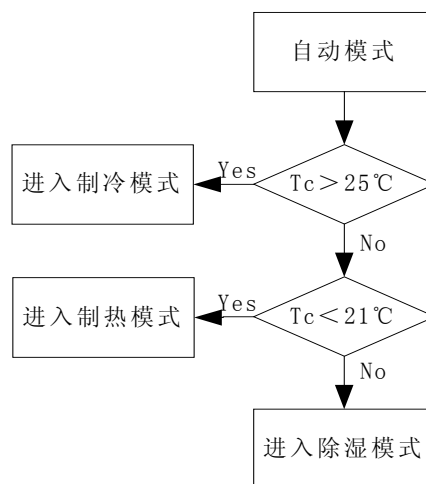


图104 自动模式流程图

当空调器工作在自动运行模式时，电脑控制器会根据室内温度的高低，自动地选择空调器的工作模式，当室内温度大于或等于 25°C 时，空调器将作制冷运行，当室内温度小于 25°C 而大于 21°C 时，空调器将作除湿运行；当室内温度小于或等于 21°C 时，空调器将作制热运行。这三种工作模式的转换，完全由电脑自动完成。电脑通过室内温度传感器测出室内温度。温度传感器实际上是一只热敏电阻，当温度变化时，电阻值发生变化，从而传输给电脑一个电压信号，它与电脑内预先设定的温度信号相比较，然后决定空调器应该作什么模式运行。这个预先设定的温度就是 25°C 时的信号电平和 21°C 时的信号电平。

4、除湿模式

除湿运行的作用是将室内空气中的水蒸气液化成冷凝水排出室外，从而达到降低室内相对湿度的目的。当空调器的蒸发器中的制冷剂蒸发时，要吸收大量的热量，使蒸发器表面温度降低很多，这使室内空气中的水蒸气产生遇冷液化成水的现象，这些冷凝水将流到接水盘经出水管而排出室外。这就是空调器能除湿的工作原理。

当空调器工作在除湿模式时，室内风扇一直以低速运行，压缩机则开开停停，制冷系统作间断性制冷循环，产生的制冷量大部分用于平衡室内空气的潜热，即水蒸气变成冷凝水。小部分用于平衡显热，即降低一些室内温度。当压缩机停机时，室温会逐渐地缓慢上升，当上升到比设定温度高 1°C 左右时，压缩机即自动开机，如此不断地循环，使室温保持在设定值附近，同时又大量地除去空气中的湿气。

上图除湿运行模式是除湿运行的模拟温度曲线。它的温度设定范围为 $16^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，初始设定值是 25°C 。刚开机时，一般此时室内温度较高，压缩机和室外风扇将立即起动作制冷运行状态，室内风扇按设定

的速度运行，逐渐地使室内温度下降。当降到设定温度时，空调器开始进入除湿运行，此时室内风扇保持低速运转，而压缩机和室外风机则继续运转制冷，当室内温度降到比设定温度低 1°C 时，压缩机将停机，此时室内风扇继续 0.5min 后停止，再过 5.5min 后同时起动室内和室外机组，又处于除湿运行，则室内风扇以设定速度运转，此时将重复上一个周期，如此循环。

在除湿运行时，如果遥控发射器发出室内风扇调整信号，遥控接收器能接收信号但不会执行。因为除湿运行时室内机风扇自动地保持在低速运转。

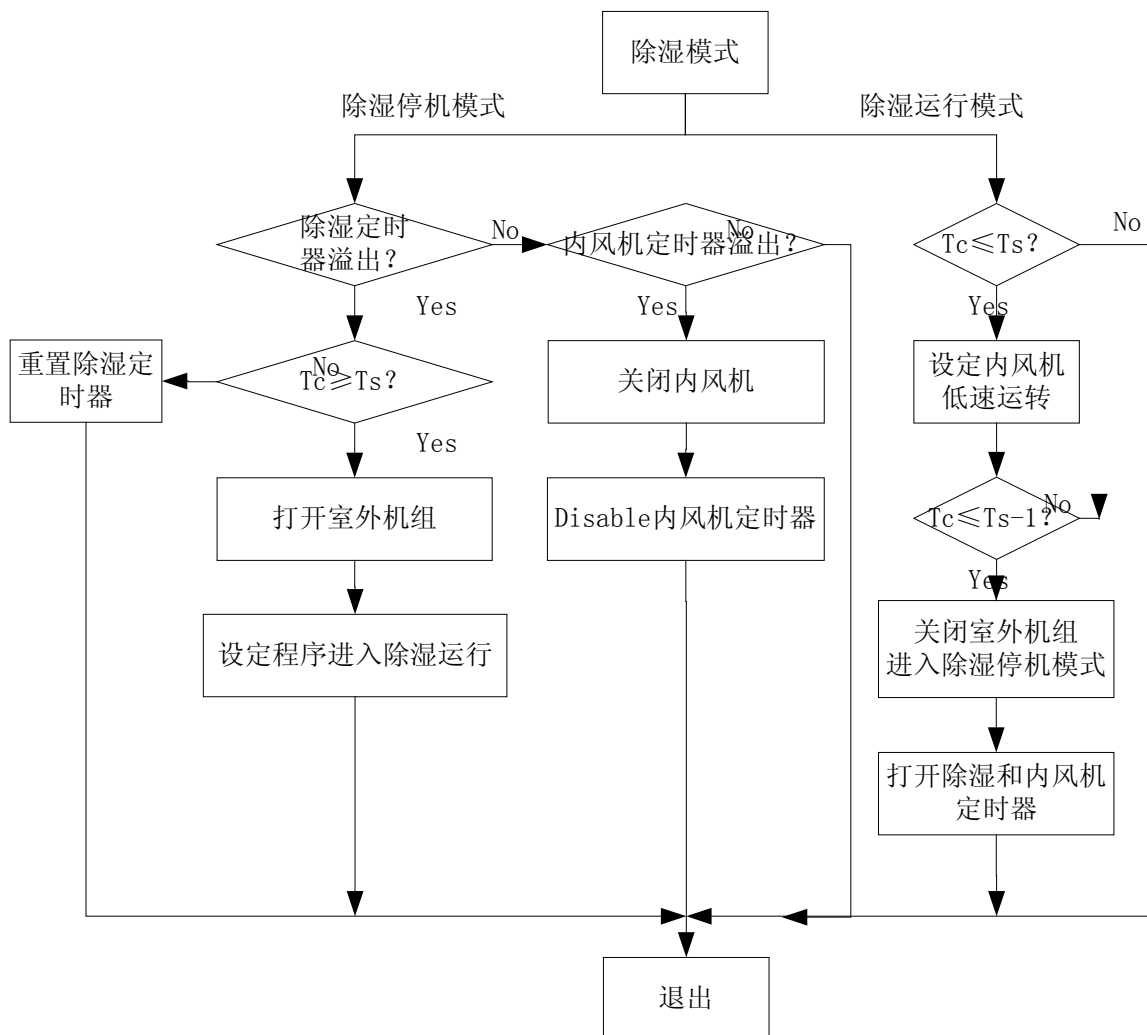


图105 除湿模式流程图

通风模式

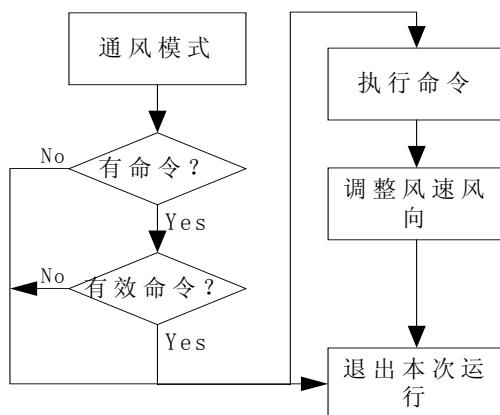


图106 通风模式流程图

通风运行是各种工作模式中最简单的一种模式。当空调器工作在通风运行模式时，室外机组包括压缩机和室外风扇均停止运转，仅室内风扇在开动。因此，这种工作模式空调器仅起到一台电风扇的作用。在送风模式下，室内风扇可选择强、弱、微三种风速。

5.11 语音数字万用电表的设计

万用电表是测量基本电气量的有力工具，数字式万用电表又具有操作简单、使用方便等优点倍受电气工程师的喜爱。本文主要介绍利用凌阳 SPCE061A 在数字语音和控制技术中的应用优势而设计一款能“说话”的智能型数字式万用电表。该数字式万用电表可以将测量值直接告诉测量者。语音发声功能弥补了以往产品人机交互界面单调乏味的缺陷，另外具有性价比高等优点。

5.11.1 语音数字万用电表基本技术功能要求

- 1、具有语音发声功能；
- 2、具有测量直流电压功能；
- 3、具有测量交流电压功能；
- 4、具有测量直流电压功能；
- 5、具有测量交流电压功能；
- 6、测量电阻功能；
- 7、测量二极管好、坏功能；
- 8、测量三极管放大倍数功能；
- 9、测量电容功能；

5.11.2 技术指标

1. 正常工作电压范围：9V（使用 9V 叠层电池）；

2. 体积：190×88.5×27.5 mm（长×宽×高）；

3. 电路工作环境：

工作温度范围：0℃～+40℃；

储存温度范围：-10℃～+50℃；

相对湿度：<80%。

5.11.3 统硬件与功能概述

将待测量转换为电压量送至 SPCE061A 进行测量。系统电路主要由 DCV、DCA、ACV、ACA、CAP、hFE、电阻测量电路、二极管测量电路、语音播放电路、自动关机电路和 LCD 显示电路组成，结构框图如图 107 所示。

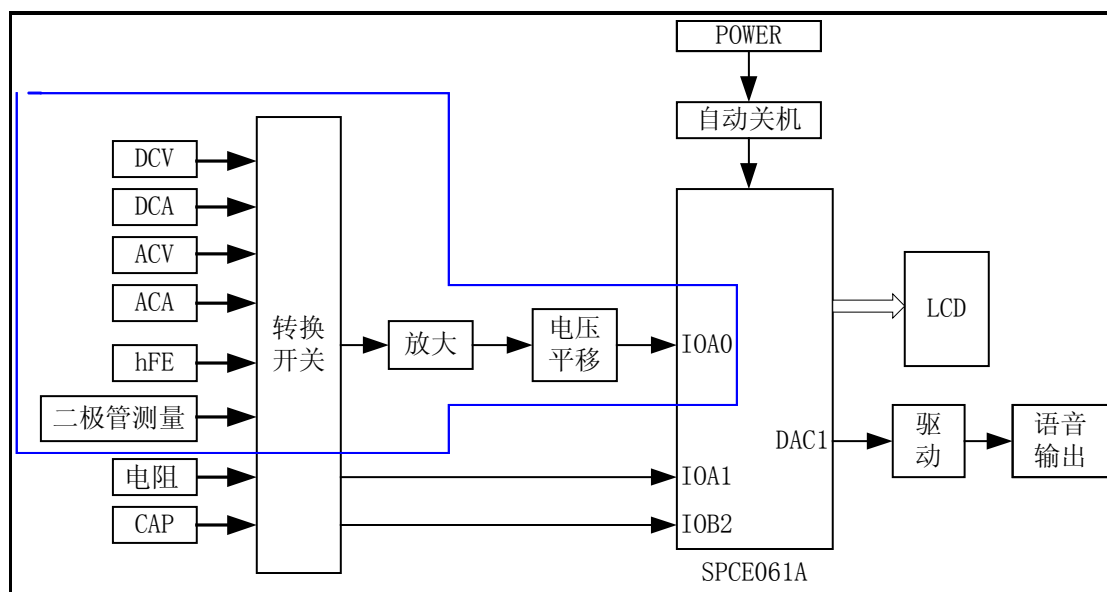


图107 SPCE061A 及其外围功能框图

前面已经介绍该数字式万用电表的基本功能，下面接针对每个功能分别介绍。

1、测量直流电压（DCV）：

直流电压测量原理是将待测直流电压加至几个串联的精密电阻上，通过测量某个精密电阻上的分压值来确定待测电压的大小。测量原理如图 108 所示。

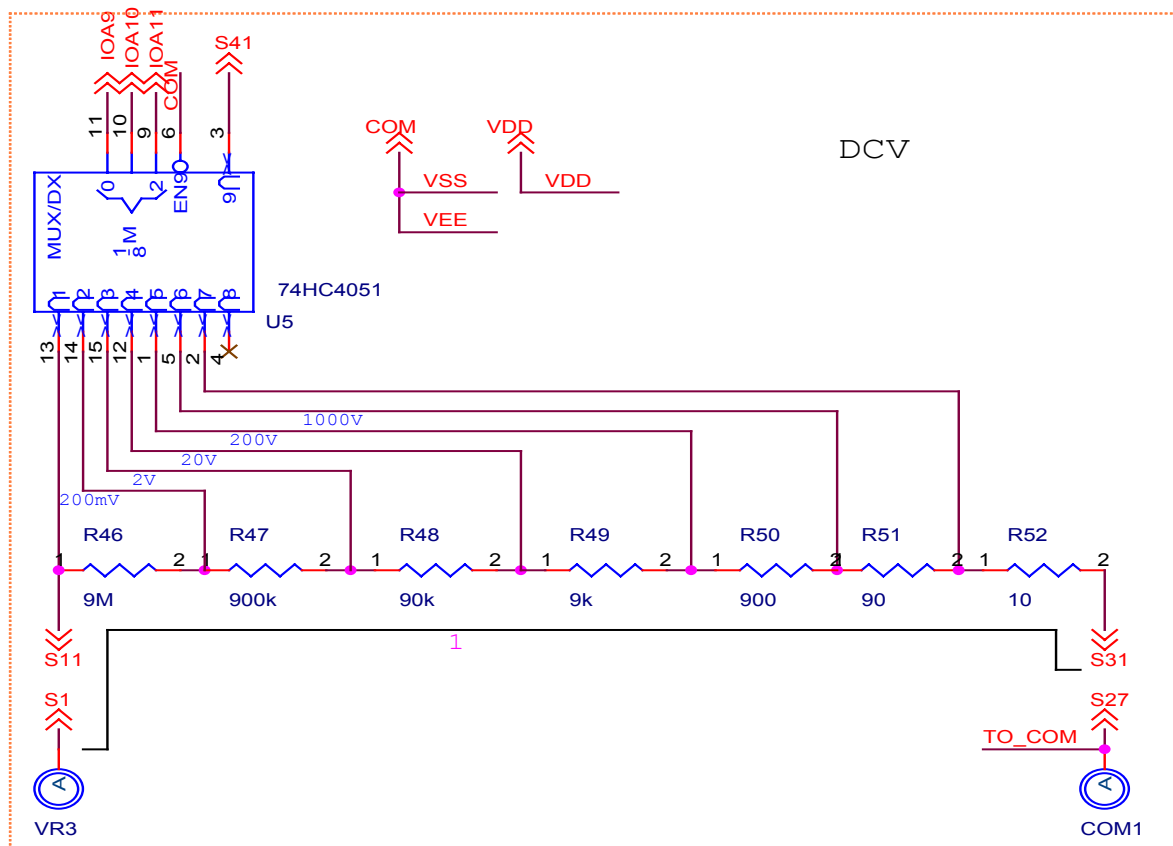


图108 测量直流电压

图中 R46——R52 为分压电阻，均采用误差较小的精密金属电阻（相对误差为 $\pm 0.5\%$ ）。5 个电阻的总和为 10M。U5（74HC4051）为多路模拟开关，通过 IOA9、IOA10、IOA11 控制其通道，用于选择不同的量程。

直流电压测量电路以 200mV 为基本量程，共设 5 档：200mV、2V、20V、200V、1000V。

经过分压电阻分压后，每一档（通过 74HC4051 的第三脚）输出的电压都变为在 200mV 以内的数值。该数值再经放大电路放大后送到 CPU（SPCE061A）检测。

2、测量交流电压（ACV）：

测量交流电压值实际是测电压的有效值，交流电压测量是在直流电压测量的基础上加入了整流、滤波电路。整流、滤波电路如图 109 所示。

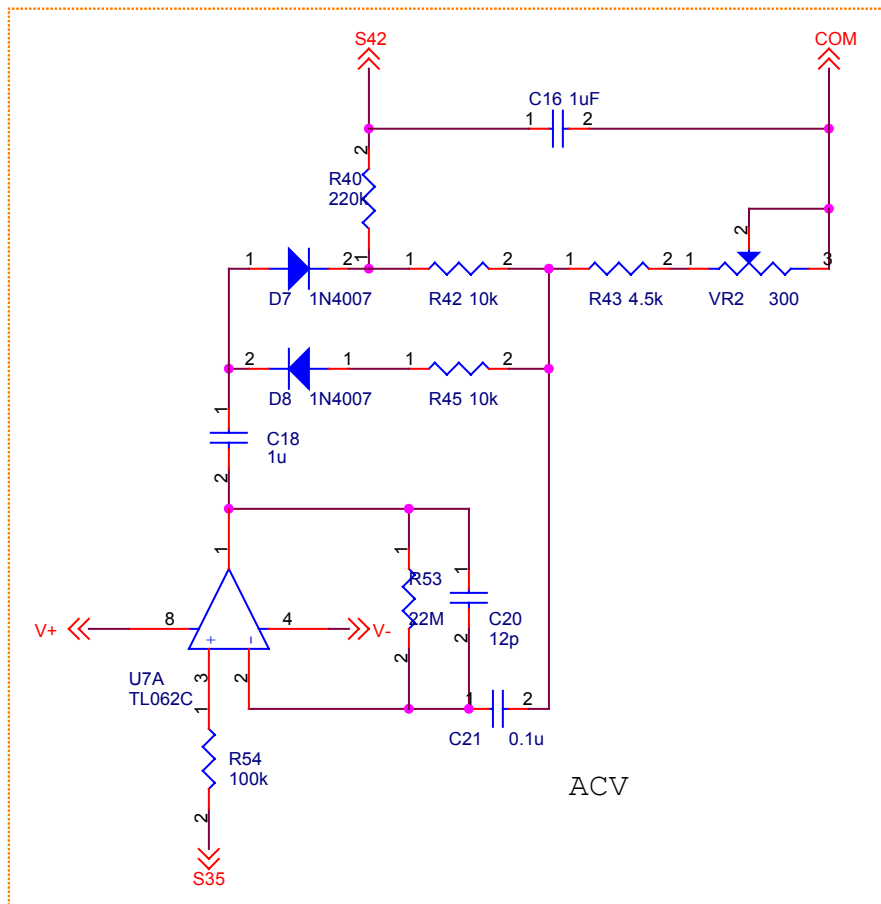


图109 整流、滤波电路

由 U7A (TL062C) 和二极管 D7 等组成交流/直流转换器, 该电路属于平均值响应的半波整流电路, 其中 D7 是整流二极管, D8 是保护二极管。U7A 接成同相放大器, 是为了提高输入阻抗, R53 为负反馈电阻, C20 为频率补偿电容, C21、C18 为隔直电容, 避免直流分量引起测量误差。

由 U7A 放大后的交流电压信号经隔直电容 C18 输出, 当信号正半周时 D7 导通、D8 截止, 电流通路为 U7A → C18 → D7 → R42 → R43 → VR2 → COM (模拟地); 信号负半周时 D8 导通、D7 截止电流通路为 COM → VR2 → R43 → R45 → D8 → C18 → U7A。从整流二极管 D7 负端输出的信号是脉动直流电压, 经过 R40、C16 滤波后得到平均值电压 V0, 送至数字式直流电压表头进行测量。

交流电压的测量电路共设 5 档: 200mV、2V、20V、200V、700V。

3、测量交、直流电流:

电流的测量实质上是待测电流加到几个串联的精密电阻上、将电流转换为电压。通过测量某个精密电阻上的分压值和对应的计算关系来确定待测电流的大小。交、直流电流的测量电路如图 110 所示。

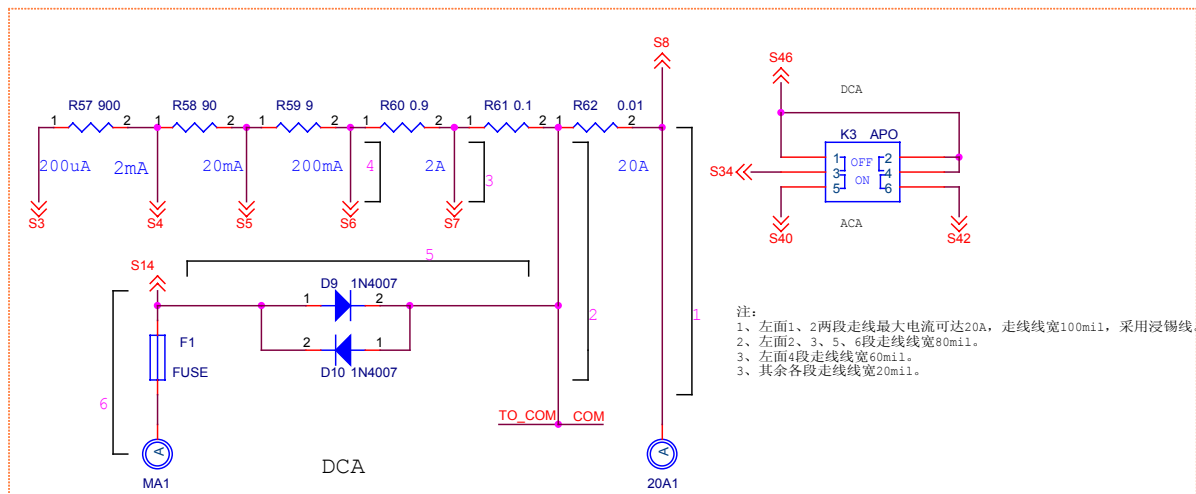


图110 测量交、直流电流电路

测量直流电流和交流电流公用了转换开关中的几档，通过按键开关 K3 来确定是测量直流电流还是交流电流：当 K3 按下时测量交流电流，当 K3 弹起时测量直流电流。

该电路共设 6 档：200uA、2mA、20mA、200mA、2A、20A，其中 20A 档专用一个输入插孔，二极管 D9、D10 起双向限幅过压保护作用，选用 1N4007 型二极管，当输入电压低于二极管的正向导通压降时，二极管截止，对测量毫无影响；一旦输入电压大于 0.6V——0.7V 时，二极管立即导通，从而限制了仪表的输入电压。FUSE 为 2A/250V 快速熔断丝，起过流保护作用。

4、测量电阻：

测量电阻的基本原理是将被测电阻 R_x 与标准电阻串联分压，通过测量被测电阻 R_x 上的电压来确定被测电阻的大小。测量电路是在测量电压的电路基础上附加分段电路，分段电路图如图 111 所示。

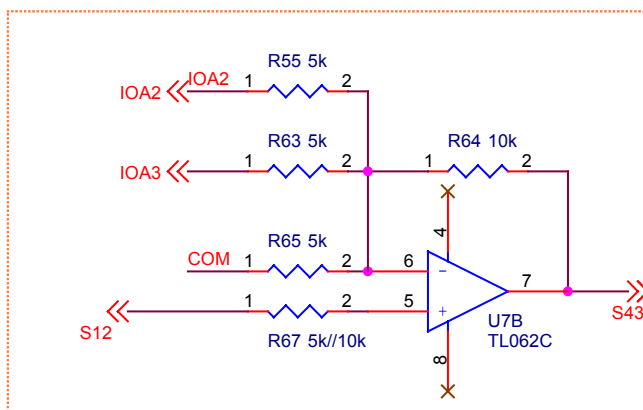


图111 测量电阻电路

利用图 111 电路对电压进行分段，以提高测量准确度。进行分段原理如下：电压信号从 U7B 的第五脚输入，经 U7B 放大。设置 IOA2I、OA3 的属性可以改变放大后电压的范围，达到对电压分段的目的。

5、测量二极管的好坏：

二极管测量电路是通过测量二极管的正向导通压降 V_F 值，以准确判定二极管的质量好坏。当 $V_F=0V$ 时，表明二极管内部短路；当 $V_F>1.5V$ 时，表明二极管已经开路。正常情况下，对于硅二极管 $V_F=0.5\sim 0.7V$ ，对于锗二极管 $V_F=0.15\sim 0.3V$ ，根据这个特点可迅速判断出硅管或锗管的好坏。二极管的测量电路如图 112 所示。

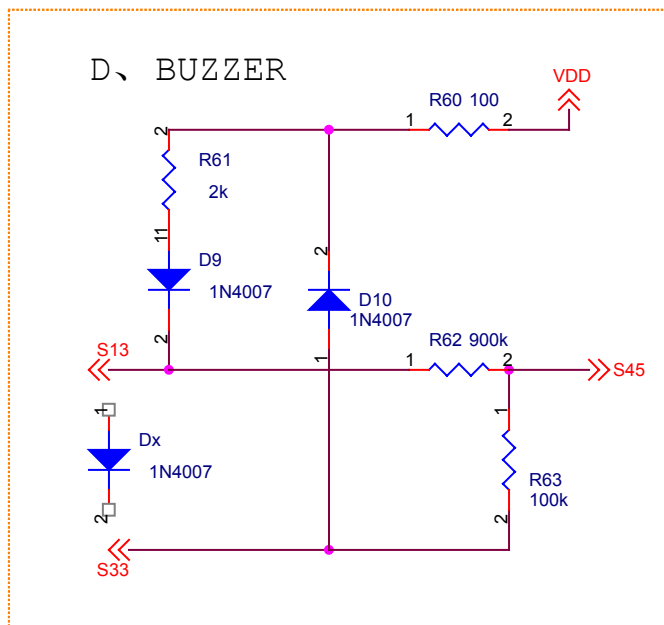


图112 二极管测量电路

由图 112 可知：VDD 经过 R60、R61、D9 向被测二极管 D_x 提供大约 1mA 的工作电流 I_F ，二极管的正向压降 V_F 再经过 R62、R63 分压后衰减到原来的 1/10，以此作为 200mV 档的输入电压。测量通断时，被测二极管接于 D_x 位置，根据 R62、R63 分压的大小来判断二极管通断。

6、测量三极管的放大倍数：

共发射极电流放大系数 h_{FE} 是晶体管的一个重要参数，它表示在共发射极电路中，当输出电压保持不变时集电极电流 I_C 与基极电流 I_B 之比， I_C 、 I_B 均为直流电流，如公式 1 所示：

$$h_{FE} \approx \frac{I_C}{I_B} \quad \text{公式 (1)}$$

严格讲， I_C 还应减去被测管子的穿透电流 I_{CEO} ，如公式 2 所示：

$$h_{FE} \approx \frac{I_C - I_{CEO}}{I_B} \quad \text{公式 (2)}$$

I_{CEO} 一般很小，完全可以忽略不计。

NPN 管 hFE 测量原理见图 113 (PNP 管 hFE 测量原理见图 114)，其基极电流由公式 3 确定：

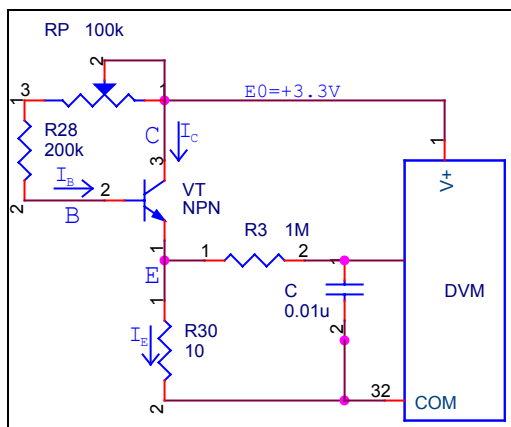
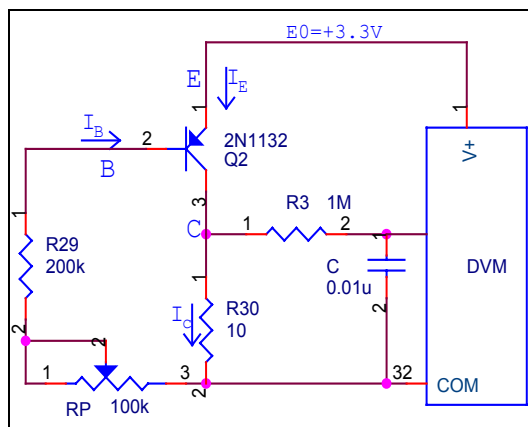


图113 NPN 管 hFE 测量原理图



PNP 管 hFE 测量原理图

$$I_B = \frac{E_0 - V_{BE}}{R_{28} + RP} \quad \text{公式 (3)}$$

以 NPN 型三极管为例分析：设 $E_0=3.3V$ ，被测管的发射结正向压降 $V_{BE}=0.7V$ ，取 $R_{28}=200k\Omega$ ，调整 RP 为 $60k\Omega$ ，可求得 $I_B=10\mu A$ ，发射结经 R_{30} (10Ω) 接至模拟地 COM ， R_{30} 为取样电阻，由它实现 I/V 转换，把发射极电流转换成仪表得输入电压 V_{IN} 。因为：

$I_E=I_C+I_B \approx I_C$ 所以： $V_{IN}=I_E * R_{30} \approx I_C * R_{30}=hFE * I_B * R_{30}$ ，将 $I_B=10\mu A$ 、 $R_{30}=10\Omega$ 代上式，后得到 $V_{IN}=0.1 * hFE$ (mV) 即： $hFE=10 * V_{IN}$

测试晶体管 hFE 的实际应用电路如图 114 所示。

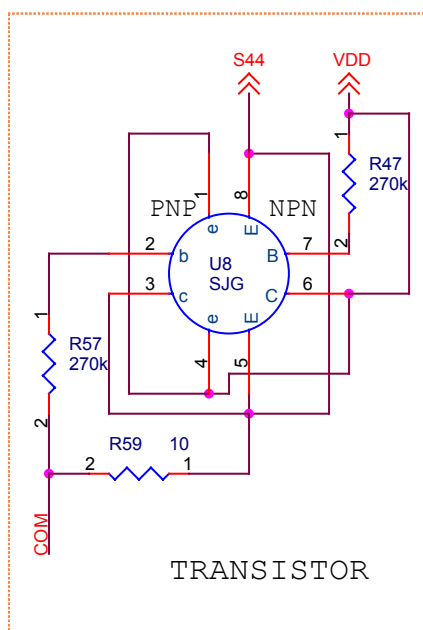


图114 测试晶体管 hFE 电路

7、测量电容：

电容测量采用“脉冲计数法”，电路如图 115 所示。

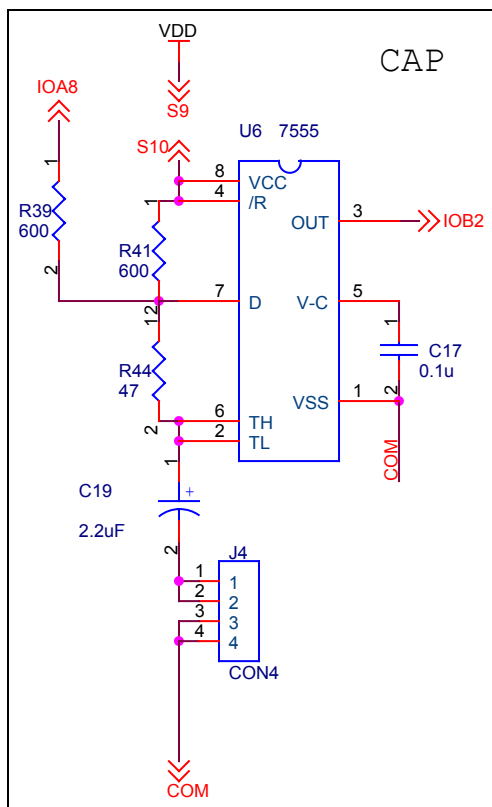


图115 测量电容电路

U6 为多谐振荡器。当 S9 与 S10 相连、即 R41 的一端与电源相连，外接电容插入 J4，IOA8 设为高电平输出时构成两路 RC 振荡：

$$\text{IOA8} \rightarrow \text{R39} \rightarrow \text{R44} \rightarrow \text{C19} \rightarrow \text{Cx} \rightarrow \text{COM}$$

$$\text{VDD} \rightarrow \text{S9} \rightarrow \text{S10} \rightarrow \text{R41} \rightarrow \text{R44} \rightarrow \text{C19} \rightarrow \text{Cx} \rightarrow \text{COM}$$

电容的振荡周期为：

$$T = t_1 + t_2 = (\ln 2) (R_{39} + R_{44}) * (C_{19} // C_x) + (\ln 2) R_{44} * (C_{19} // C_x)$$

电容测量的最大值为 22μF，为了使振荡频率有一个合适的值，且大小电容的一致性，在被测电容 Cx 上串联了一个电容 C19，串联后的电容值可使用公式 4 计算：

$$C = \frac{C_{19} * C_x}{C_{19} + C_x} \quad \text{公式 (4)}$$

可以计算出 22μF 电容的振荡频率为：

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(\ln 2)(R39 + 2R44)(C19 // Cx)} \approx 1kHz$$

当电容值减小，则计数频率升高。

8、语音播放电路：

每次测量结束，将测量值语音播报给使用者。语音播放电路如图 116 所示。

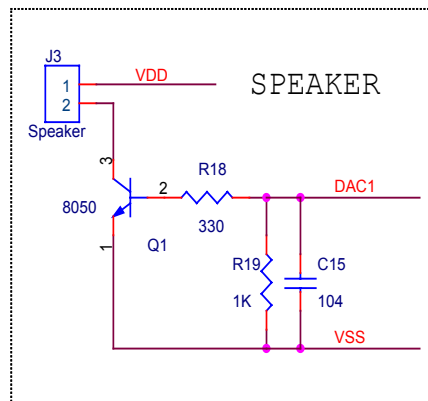


图116 语音播放电路

正如我们在前面介绍的 SPCE061A 具有强大的语音处理功能 J3 是语音输出接口，外接喇叭，DAC 输出信号经 Q1 放大，然后输出。

5.11.4 系统的软件设计

从前面的介绍可以看出，整个系统输入包括：初始化、LCD 显示、语音播放、数值的计量等几个主要的模块，流程如图 117 所示。

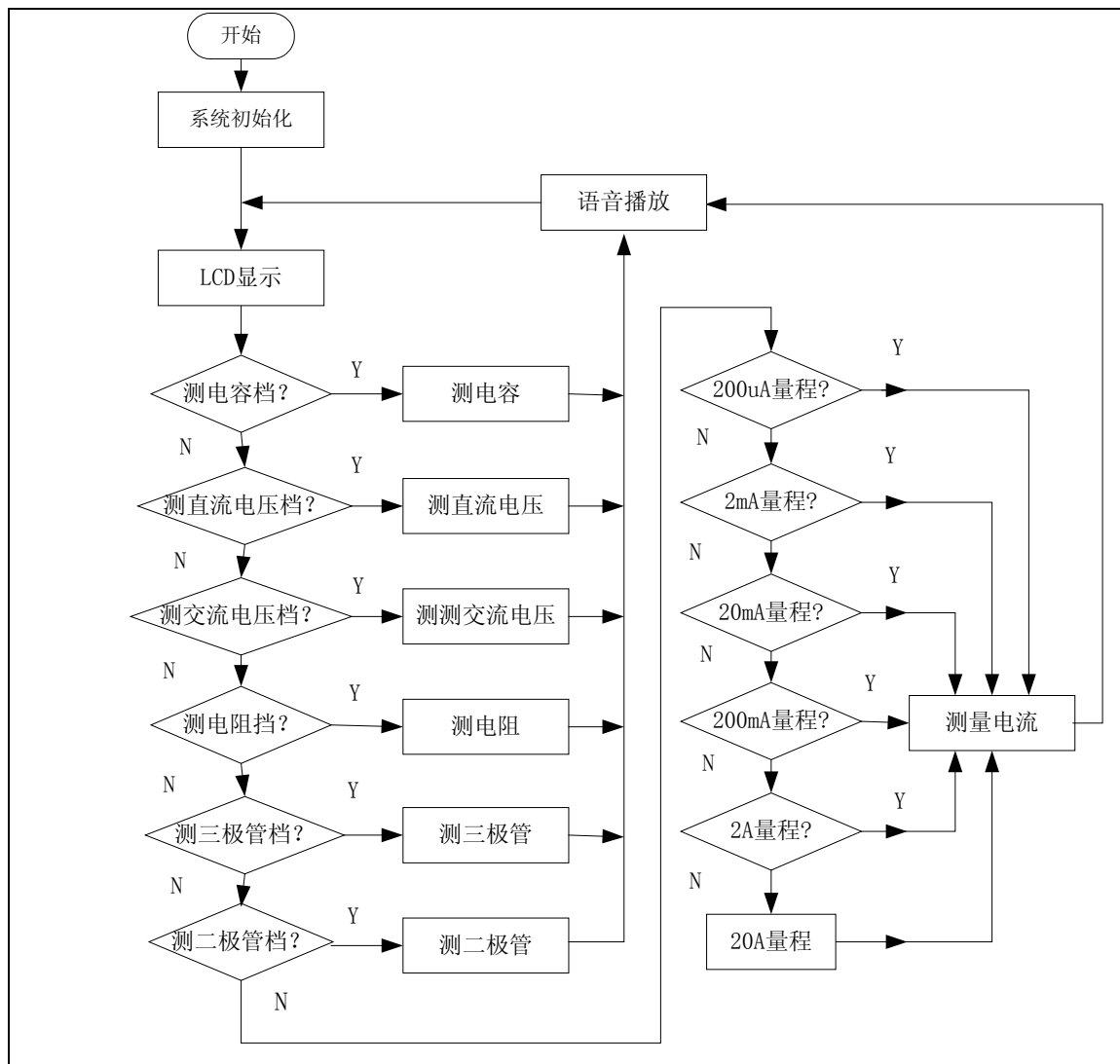


图117 主流程图

系统首先进行初始化，接着进入主循环。主循环包括以下操作：

通过判断转换开关的位置来判断即将测量的内容；

测量数值、并将测量值通过 LCD 显示并伴有语音提示；

响应中断；

系统初始化：

系统初始化包括：端口初始化、中断初始化、时钟初始化。

端口初始化：设置对应的端口状态为输入或输出。

打开 2Hz、256Hz 和 TimerA 中断：2Hz 用来进行计算时间，256Hz 用于 LCD 显示，Timer 用于语音

播放。计数器 TimerB 用于测量电容。

系统时钟初始化：设置系统时钟频率为 24MHz。

(二) LCD 显示：

LCD 的刷新频率为 32Hz，通过 256Hz 中断实现。系统每进入一次中断，计数值加 1，循环到 7，至此 LCD 被刷新一遍。流程图如图 118 所示。

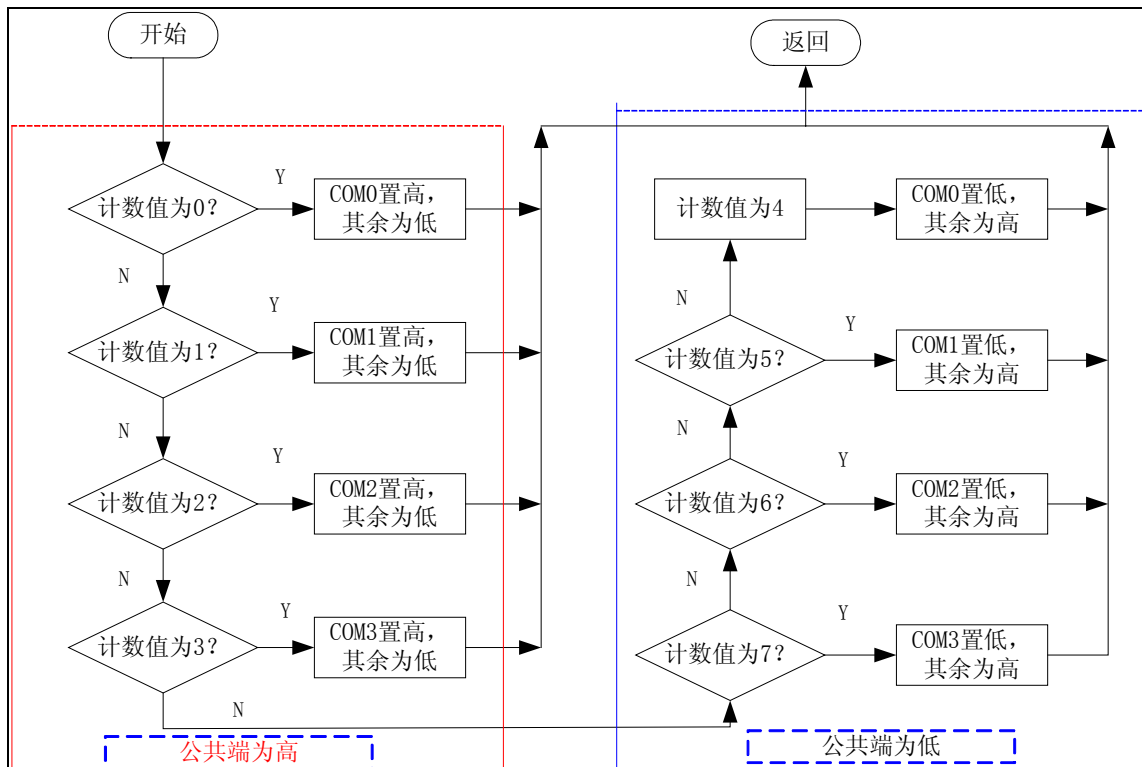


图118 LCD 显示

(三) 测量电容：

电容的计算通过 TimerB 实现，每隔一秒读出 TimerB 的数值，通过相关公式计算出对应的电容值。对应的流程图如图 119 所示。

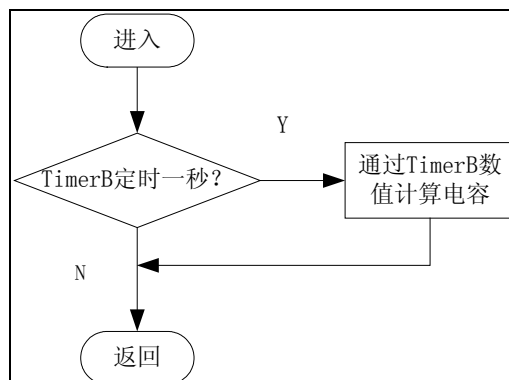


图119 测量电容

(四) 电压的测量、计算:

电压的测量的量程切换由内部软件实现, 为了安全起见, 电压档的量程选择按下列顺序是由大到小。电压测量流程图如 120 所示。

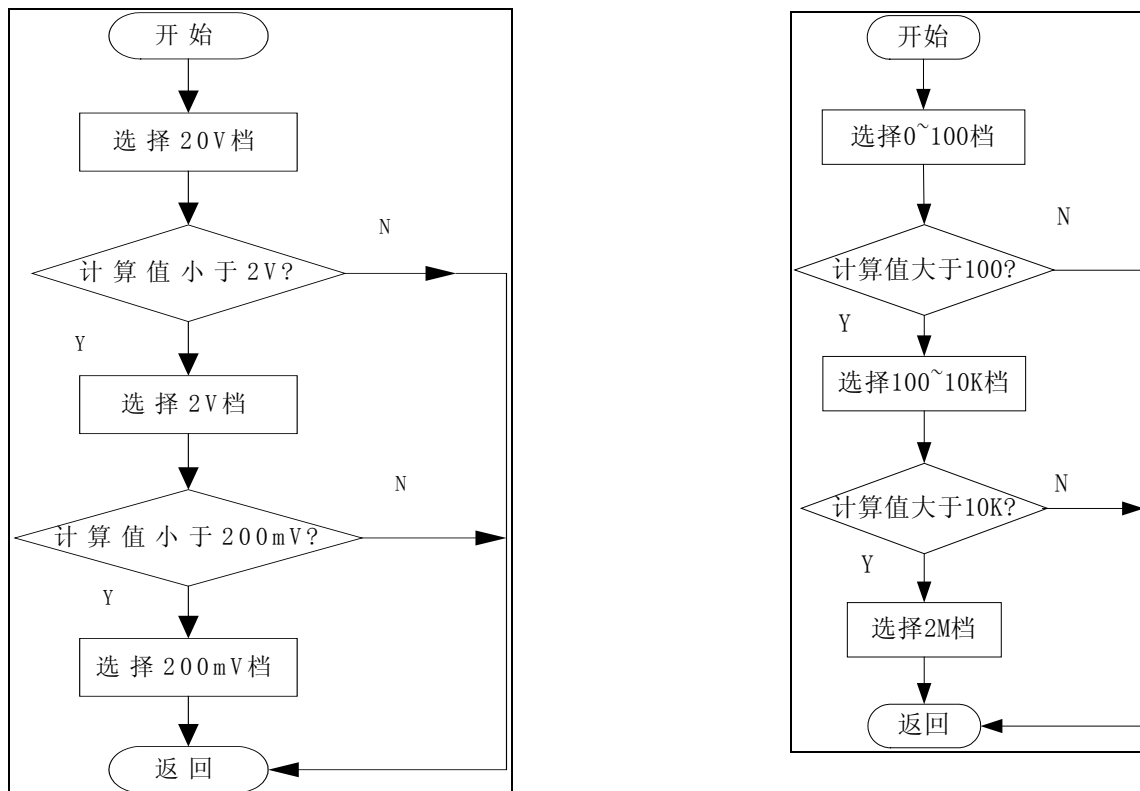


图120 测量电压

电阻测量

(五) 电阻的测量、计算:

电阻测量的量程切换由内部软件实现, 测量结果通过 LCD 显示并有对应的语音播报。电阻测量流程图如图 120 所示。

(六) 二极管的测量

二极管测量电路的作用使用来测量二极管的正向导通压降 V_F 值, 以准确判定二极管的质量好坏。当 $V_F=0V$ 时, 表明二极管内部短路; 当 $V_F>1.5V$ 时, 表明二极管已经开路。正常情况下, 对于硅二极管 $V_F=0.5\sim0.7V$, 对于锗二极管 $V_F=0.15\sim0.3V$, 根据这个特点可迅速判断出硅管或锗管的好坏。流程图如图 121 所示:

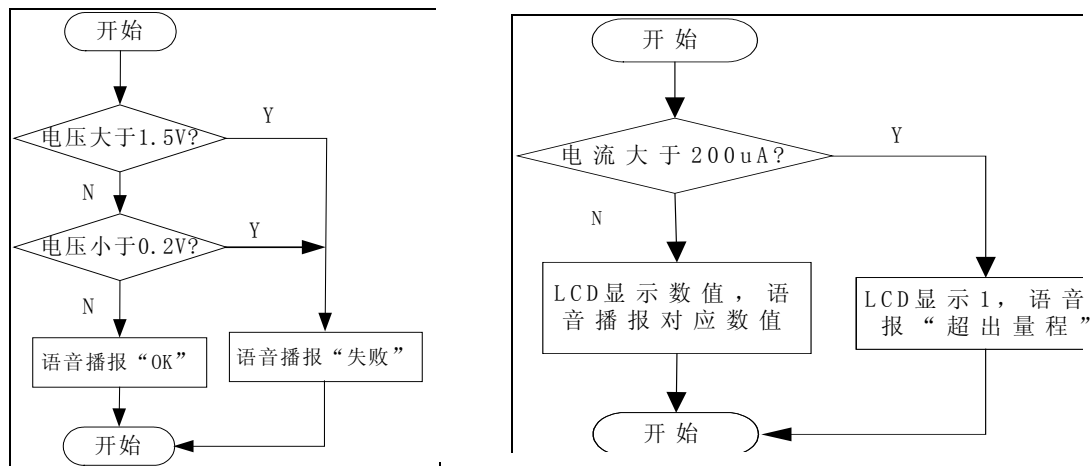


图121 二极管测量

电流测量

(七) 电流的测量、计算:

电流的测量分六档: 200uA、2mA、20mA、200mA、2A、20A。当所测电流大于对应档的范围时, LCD 最高位显示 1, 否则显示、语音播报对应的数值。下以 200uA 档为例: 流程图如图 121 所示。

5.12 SPMC701FM0A 在 UPS 中的应用

随着计算机的普及和信息处理技术的广泛应用, 越来越多的系统和部门对市供电质量提出更高的要求。一些重要的用电部门(比如银行、医院等)和一些重要的用电设备(如计算机、通讯设备)不仅要求不停电, 还要求: 电压、频率、波形准确完好, 不能受到电网的任何干扰。这样, 一种称之为 UPS 的新型供电系统便迅速发展起来。

UPS 是英文(Uninterruptible Power Supply)的缩写, 即不间断供电电源。UPS 是一种含有储能装置, 以逆变器为主要元件, 稳压、稳频输出的电源保护设备。当市电正常输入时, UPS 就将市电稳压后供给负载使用。同时对机内电池充电, 把能量储存在电池中, 当市电中断(各种原因停电)或输入故障时, UPS 即将机内电池的能量转换为交流电继续供负载使用, 使负载维持正常工作并保护负载软、硬件不受损坏。UPS 不仅具有电源备用功能, 还具备电力净化的功能。

本文介绍了凌阳十六位单片机 SPMC701FM0A 在 UPS 中的应用, 文中主要介绍 UPS 中控制板的电路设计, 并描述了有关系统的工作原理和实现方法。

5.12.1 UPS 基本功能

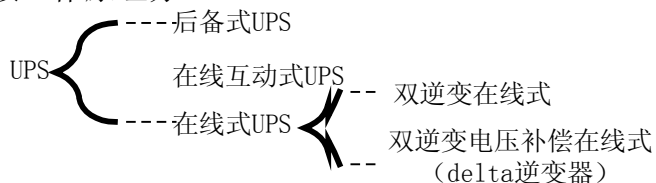
UPS 是由电池组、逆变器和其他电路组成, 能在电网停电时提供交流电力的电源设备。UPS 具有以下几项基本功能:

- 1、电网电压正常时, 市电电压通过 UPS 稳压后供应给负载使用, 性能好的 UPS 本身就是良好的交流稳压器; 同时它还对机内的电池进行充电, 贮存后备能量。
- 2、电网电压异常时(欠压、过压、掉电、干扰等) UPS 的逆变器将电池组的直流电能转换成交流电能维持对负载的供电。
- 3、UPS 在电网供电和电池供电之间自动进行转换, 确保对负载的不间断供电。一般的电脑设备允许有很小的电力间断(切换时间 10ms 以内), 但精密的电脑设备和通信设备不允许电力有间断(切换时间 0ms)。

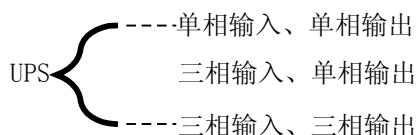
5.12.1.1 UPS 的分类

目前，市场上的 UPS 品牌种类繁多，但可按其工作原理、输入输出方式、容量和输出波形等四方面进行分类。

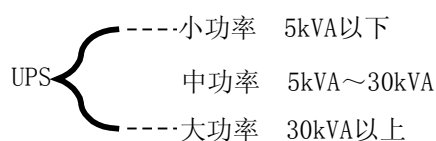
(1) 按工作原理分



(2) 按输入、输出方式分



(3) 按容量分



(4) 按输出波形分



目前市场上 UPS 主要按工作方式分，它分为后备式、在线互动式、在线式三大类。

后备式 UPS 工作时输出波形大都为方波，供电质量相对较差，只适用于要求不高的场合，并且功率一般都较小，多在 2000 瓦以下。但后备式 UPS 产品有着价格优势，比较便宜，适合于小型办公企业和家庭用户使用。在线互动式 UPS 价格远远低于在线式 UPS，只比后备式 UPS 价格稍高，因此也是一种适合小型办公或家庭使用的 UPS。在线式 UPS 输出多为正弦波，电压及频率稳定，所以它多被用在供电质量要求很高的场所。

5.12.1.2 基本参数

- 1、环境温度: 0℃到 40℃
- 2、相对湿度: 20%到 90%
- 3、储藏温度:-25℃到 55℃

- 4、输出波形：正弦波
- 5、输出电压： $220 \times (1 \pm 2\%) \text{VAC}$
- 6、输出频率： $50 \times (1 \pm 0.2\%) \text{Hz}$

5.12.2 系统硬件与功能概述

本文所介绍的 UPS 供电系统是属于在线式型的，该系统整个硬件组成框图如图 122 所示。主要由输入滤波器、充电器、DC/DC 变换器、微处理器、RS232 通讯接口、按键显示电路、报警电路、逆变电路、输入功率因素调节电路等部分组成。

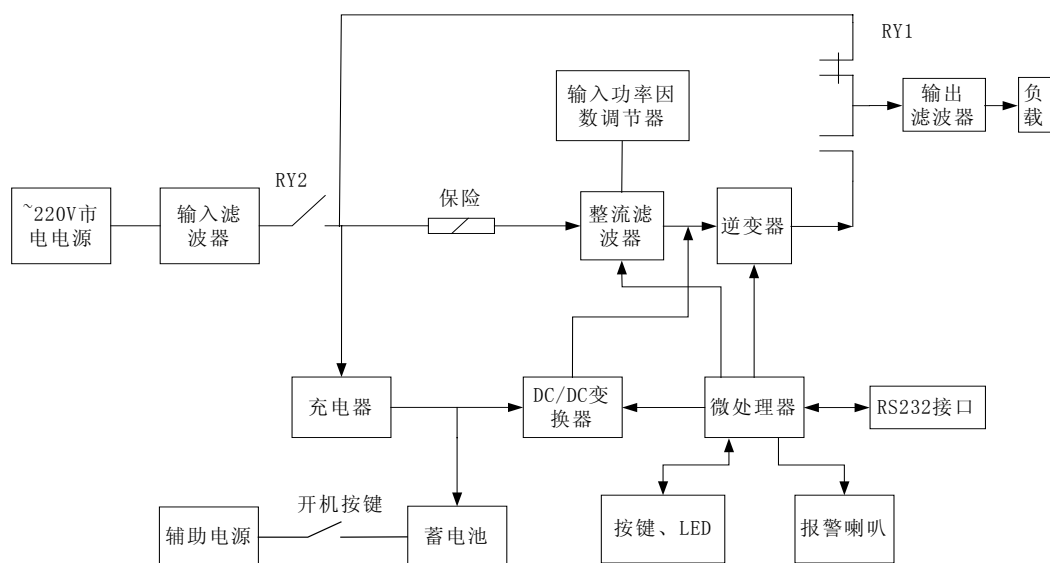


图122 控制系统构成框图

该在线式 UPS 的工作原理：当市电正常时，在线式 UPS 输入 220V 交流电压，经过 EMI/RFI 滤波后，被送到继电器 RY2。当市电电源的电压正常时，RY1 继电器处于闭合状态。在此条件下，市电电源将分以下几路去控制后级电路的运行。

① 市电直接经交流旁路被送到常闭触点继电器 RY2，然后向负载供电。这种情况一直维持到 UPS 执行开机“自诊断”检测操作后，通过微处理器的调控将 UPS 从市电供电状态切换到逆变器供电状态为止。

② 经充电器对 UPS 的内置蓄电池组进行充电。

③ 市电电源经由保险丝后，再经由带输入功率因数调节功能的整流滤波器后，变成幅值为 $\pm 390\text{V}$ 的两路直流电源。该直流高压电源在逆变器内经正弦脉宽调制功率放大和高频滤波后，变成一路幅值稳定，频率和相位同步跟踪市电网频率和相位的高质量的纯正正弦电源，最后通过输出滤波器送到负载。

④ 当市电供电异常时，电池的电压通过 DC/DC 变换器变成幅值高达 $\pm 390\text{V}$ 的直流高压电源，然后再经过逆变器，变换成交流正弦波供给负载。

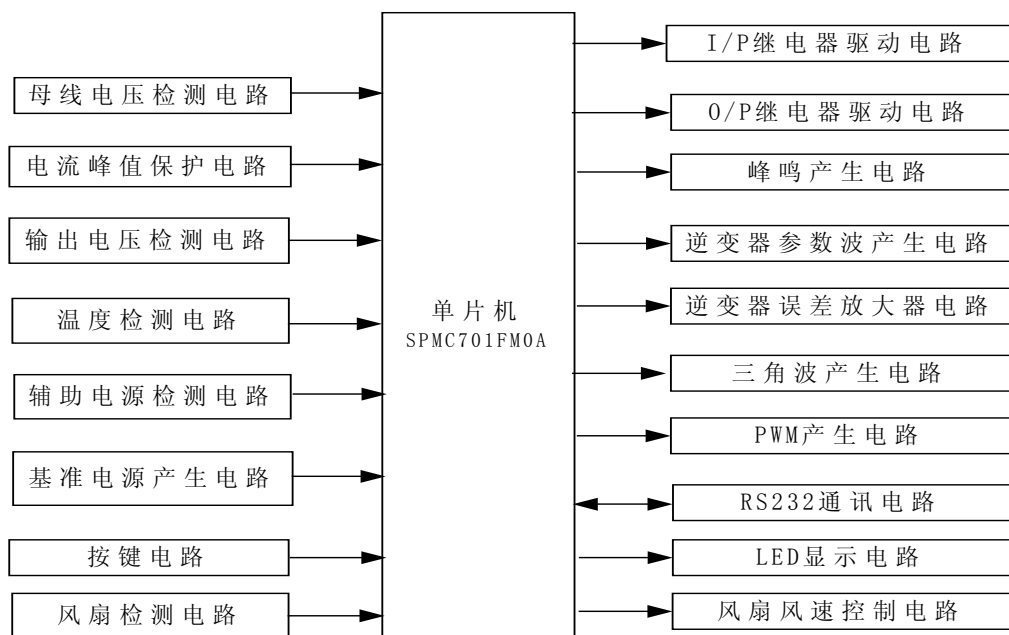


图123 硬件框图

下面主要介绍使用 SPMC701FM0A 微处理器来设计 UPS 控制板的电路，该 UPS 控制电路的硬件框图如图 124 所示。

CPU 的输入监测信号包括：

1) 母线电压检测电路 2) 电流峰值保护电路 3) 输出电压检测电路 4) 温度检测电路 5) 辅助电源检测电路 6) 基准电源产生电路 7) 按键输入电路 8) 风扇检测电路

CPU 的输出控制信号包括：

1) I/P 继电器驱动电路 2) O/P 继电器驱动电路 3) 峰鸣产生电路 4) 逆变器参数波产生电路 5) 逆变器误差放大器电路 6) 三角波产生电路 7) PWM 产生电路 8) RS232 电路 9) LED 显示电路 10) 风扇风速控制电路

下面对各个模块电路进行介绍

过零检测电路

过零检测电路如图 124 所示，它主要用于逆变器过零检测、市电过零检测。其中 Input 为正弦波信号，Output 信号为方波信号。

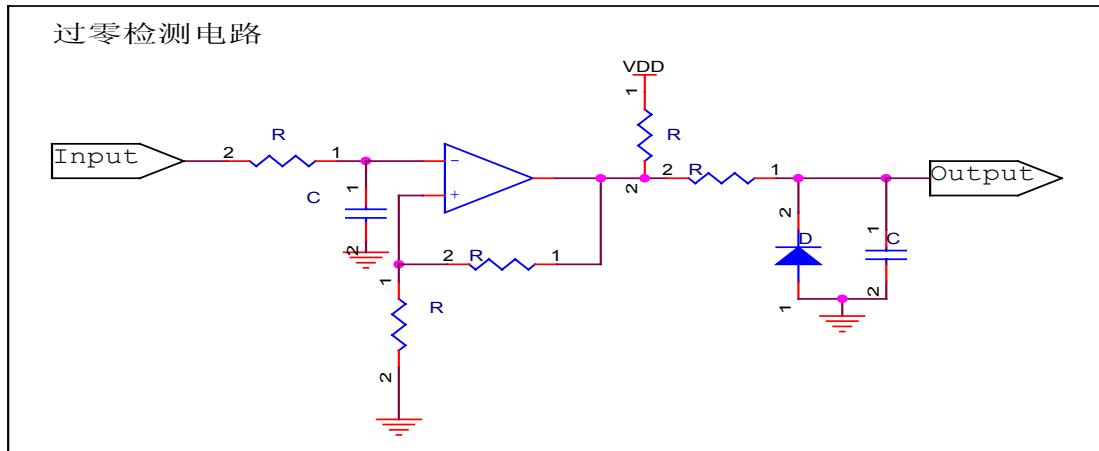


图124 过零检测电路

1、幅值检测电路

幅值检测电路如图 125 所示，它用于逆变器输出电压、市电输入电压、负载电流幅值检测。该电路采用正值单向有源精密检波器实现的，采用有源精密检波器的目的是确保从该检波器输出端得到的单极性信号的幅值总是与输入到检波器的正弦波信号的幅值保持着严格的线性关系，用以消除一般二极管检波器在小信号输入时可能产生的非线性失真。

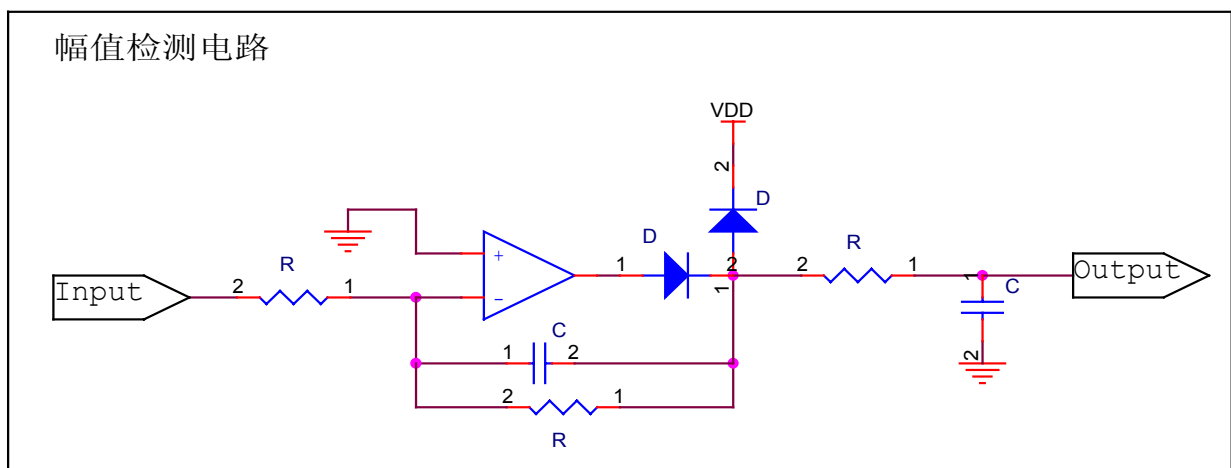


图125 幅值检测电路

2、电流峰值保护电路

电流峰值保护电路如图 126 所示，功率板上的 UPS 输出电源通过电流互感器后，以电压形式表现电流大小的信号通过信号放大器后分三路走。一路经过幅值检测电路，送往 CPU 的 PB0 口；一路经过电流过零检测电路后，送往 CPU 的 PA2 口；另一路经过过载、短路保护电路。当负载过载或短路时，PWM_OFF 变为低电平信号，就会立即关断逆变器所需的两路 PWM 波输出，同时 CPU 将系统切换到旁路工作模式，起到迅速保护作用。

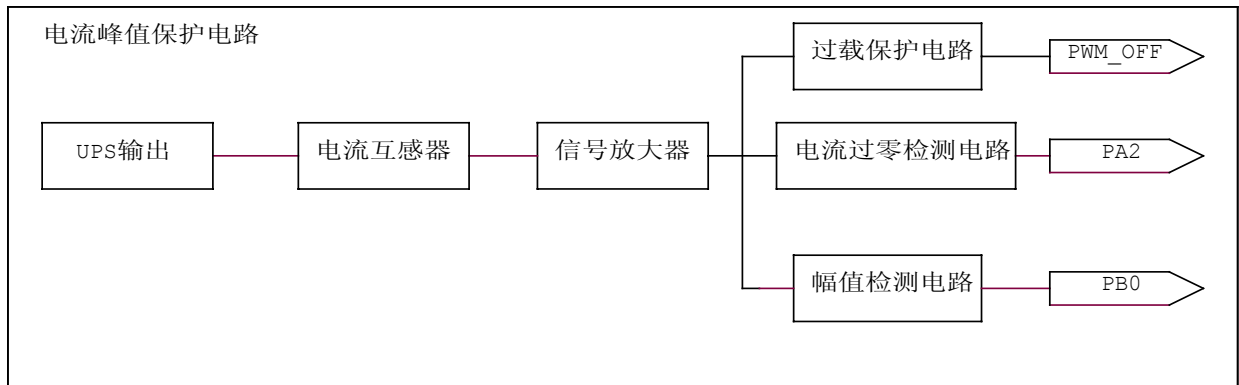


图126 电流峰值保护电路

3、辅助电源监测电路

辅助电源监测电路如图 127 所示，正常情况下，运放的输出经上拉电阻箝位为 5V，若 12V 电源因某种原因低于 10V 或 5V 电源因某种原因高于 5V，则运放的输出会变为低电平，那么由于二极管 D 的作用，PWM_OFF 将会被拉到低电平，这样就会关断 PWM 输出，起到保护作用。

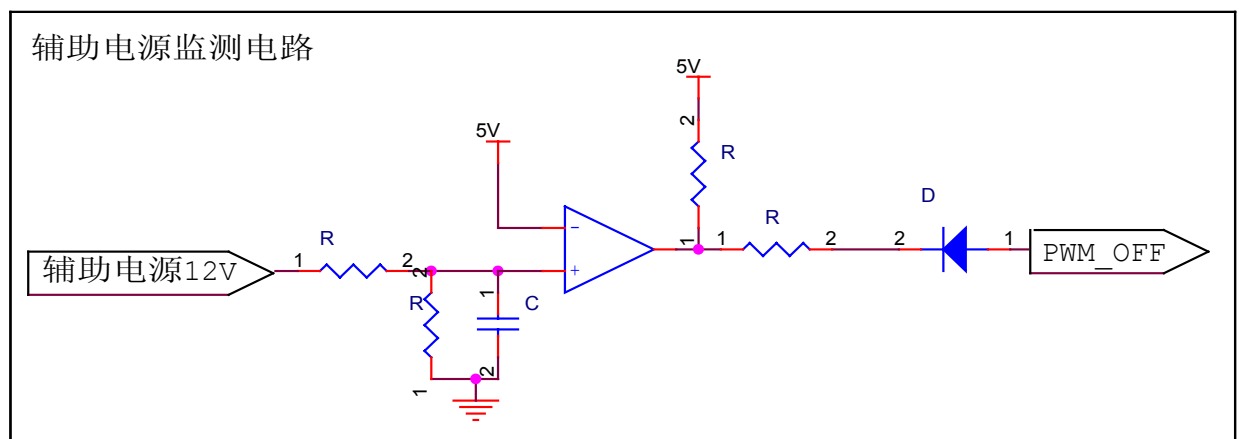


图127 辅助电源监测电路

4、市电输入检测

市电输入检测电路如图 128 所示，经过分压后的市电，再经过信号放大器后分两路走。一路经过幅值检测电路，送往 CPU 的 PB1 口；另一路经过电流过零检测电路后，送往 CPU 的 PA3 口。

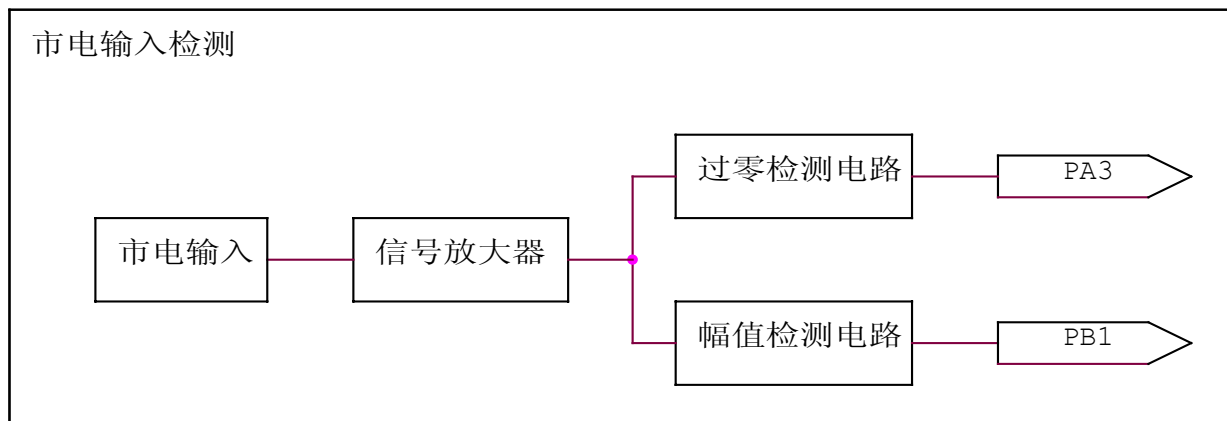


图128 市电输入检测

5、开、关机电路

系统的开、关机电路如图 129 所示。当按下开机按键时，经分压后的电池正极电源经开机按键、限流电阻、二极管送到功率板上的开机电路，然后功率板产生 12V、5V 直流辅助电源，给控制板供电。当 CPU 启动后，就扫描 PA0，查看是否真正开机。如果确认是开机键被按下，那么就进行“自检”。当按下“关机”键时，PA1 为高电平,CPU 扫描到该口为高电平的时候，就进行关机操作。

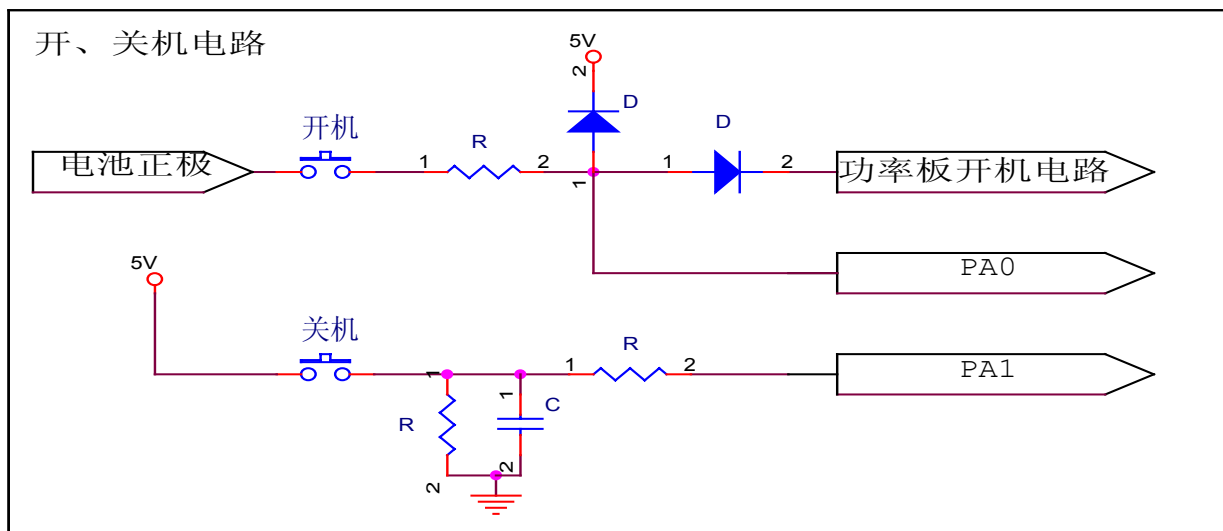


图129 开、关机电路

6、逆变输出检测

逆变输出检测电路如图 130 所示，逆变器输出信号通过信号放大器后分三路走。一路经过幅值检测电路，送往 CPU 的 PB2 口；一路经过过零检测电路后，送往 CPU 的 PA4 口；另一路经过过压保护电路。当逆变器输出电压过高时，PWM_OFF 变为低电平信号，就会立即关断逆变器所需的两路 PWM 波输出，同时 CPU 将系统切换到旁路工作模式，起到迅速保护作用。

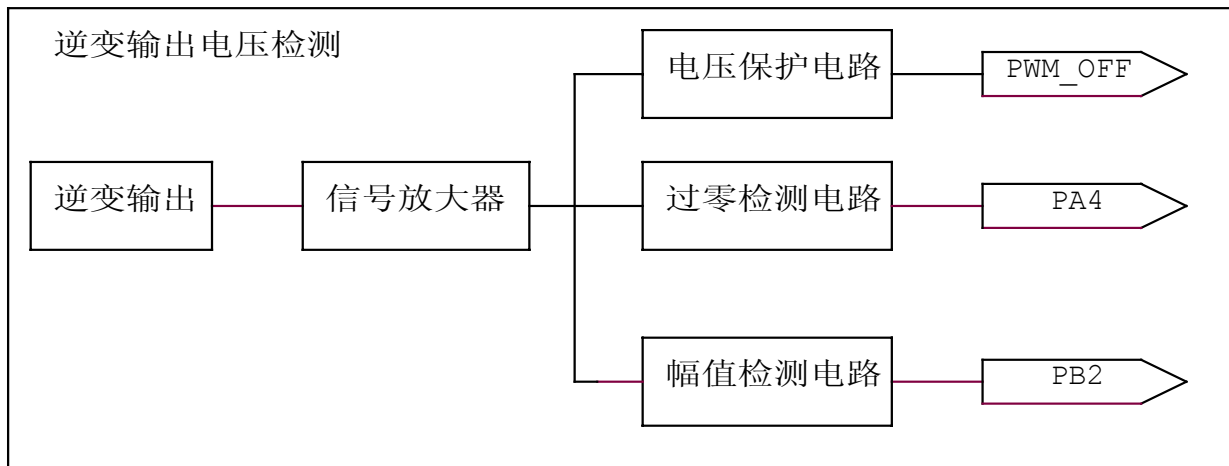


图130 逆变输出电压检测电路

7、线电压检测

母线电压检测电路如图 131 所示。经分压后的+BUS 电压经 RC 滤波后送往 AD 转换口 PB4。分压后的-BUS 电压经反相器后，再经 RC 滤波器送往 AD 转换口 PB3 口。

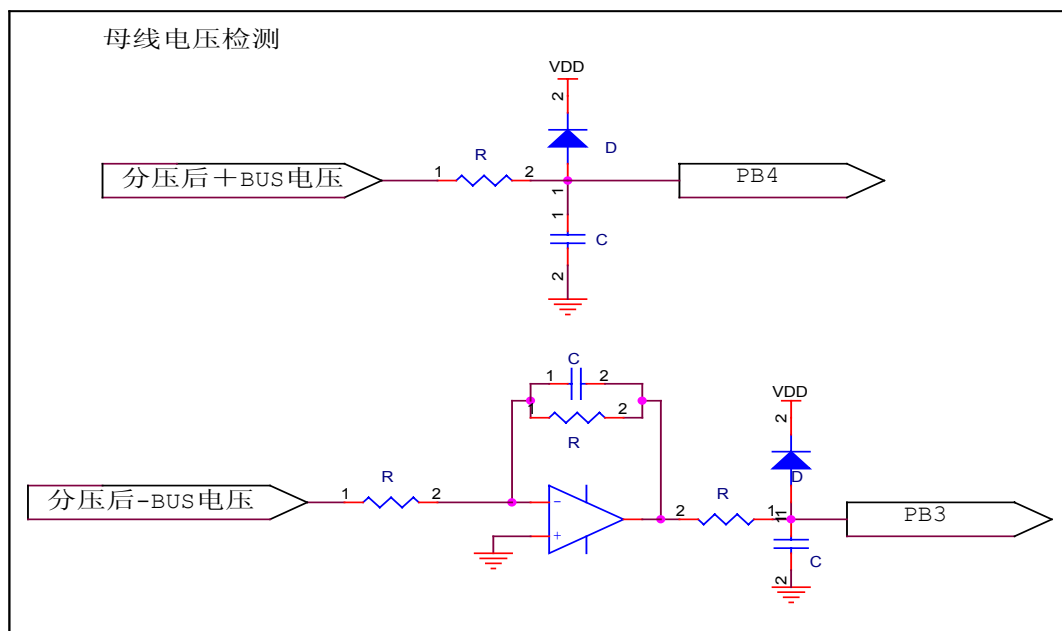


图131 母线电压检测电路

8、温度检测

系统的温度检测电路如图 132 所示，它用于检测 UPS 机箱内散热片的温度。

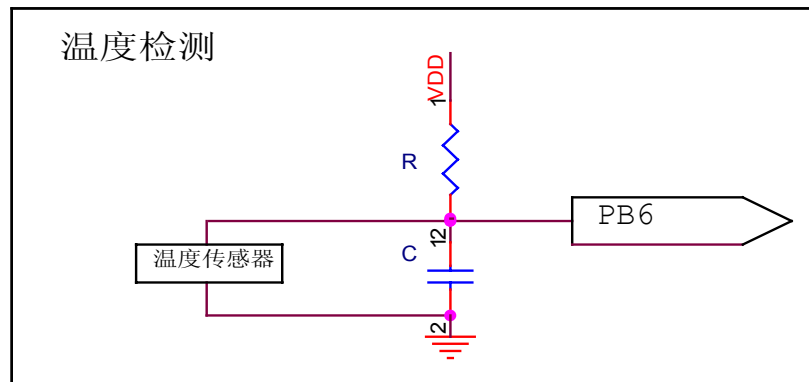


图132 温度检测电路

9、电压检测

电池电压检测电路如图 133 所示。电池组电压经分压后，送往 AD 口 PB5。

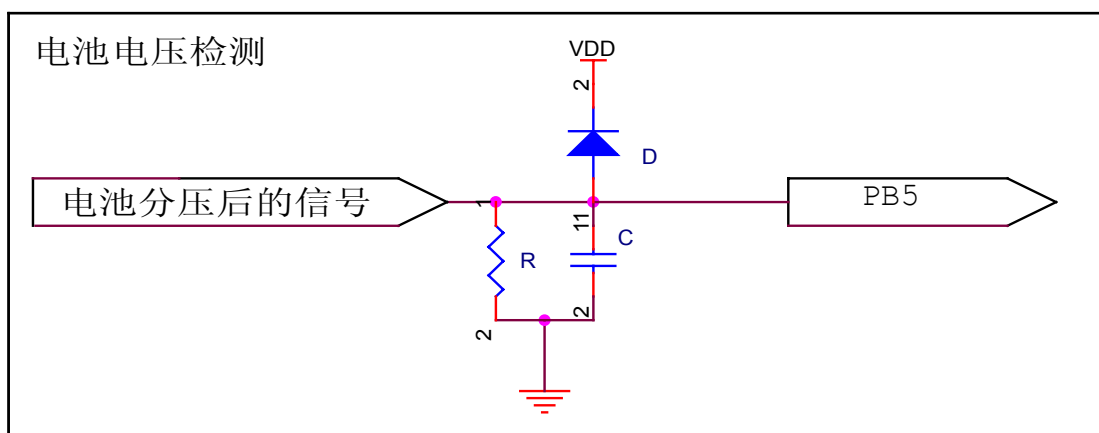


图133 电池电压检测电路

10、LED 指示灯

本系统共有 10 个 LED 灯，如图 134 所示。其中 LD7~LD10 灯，在市电正常供电时，用于指示负载量；在市电异常、电池供电时用于显示电池容量。

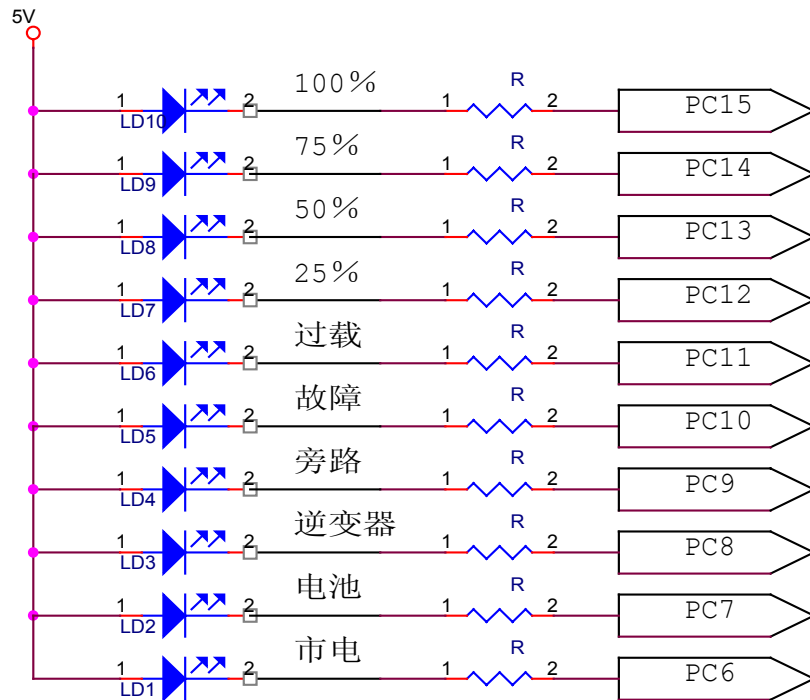


图134 LED 指示灯电路

11、外扩存储器

外扩的存储器电路如图 135 所示，该电路主要用于记录系统的工作状况，比如每天系统的负载量、市电电压、工作时间等。所记录的数据主要供给 PC 端软件分析，实现人机界面的多功能性。该存储芯片是凌阳公司生产的，具有 512K*8Bits FLASH 和 4K*8bits SRAM 存储空间。

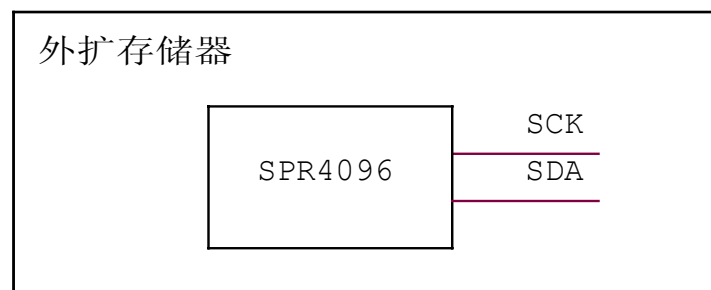


图135 外扩存储器电路

12、三角波产生电路

三角波产生电路如图 136 所示，图中输入信号是来自 CPU 的 PB11,该信号是 PWM 信号，它经过积分后，变为三角波，送入 PWM 产生电路。

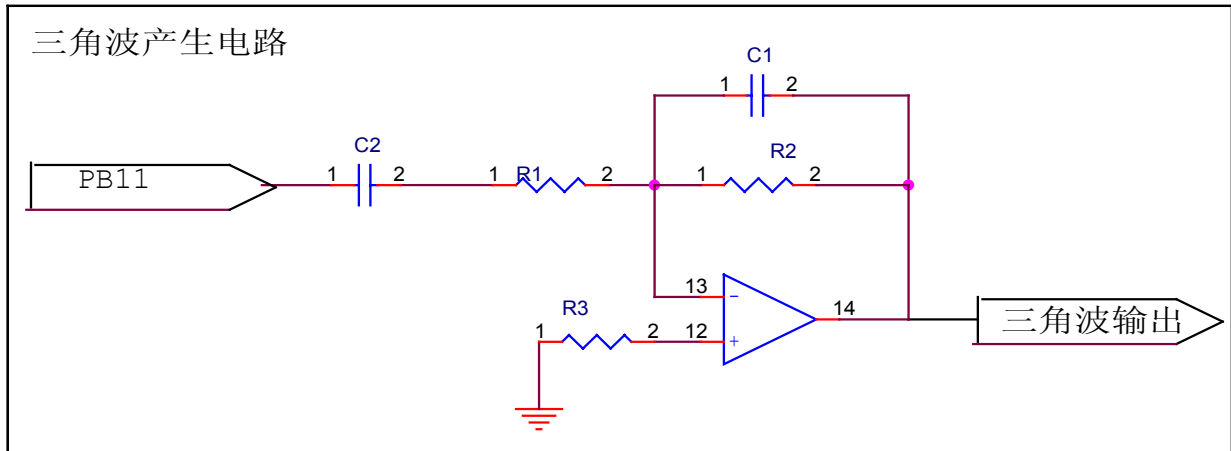


图136 三角波产生电路

13、正弦波产生电路

如图 137 所示，来自 SPMC701FM0A 的 PWM 信号 PB12 经过二阶低通滤波后，产生正弦参考波信号，该信号与逆变输出的电压反馈信号反相。PB12 口所输出的 PWM 信号是跟踪市电输入的，该电路具有对输出的正弦波信号进行调控作用。

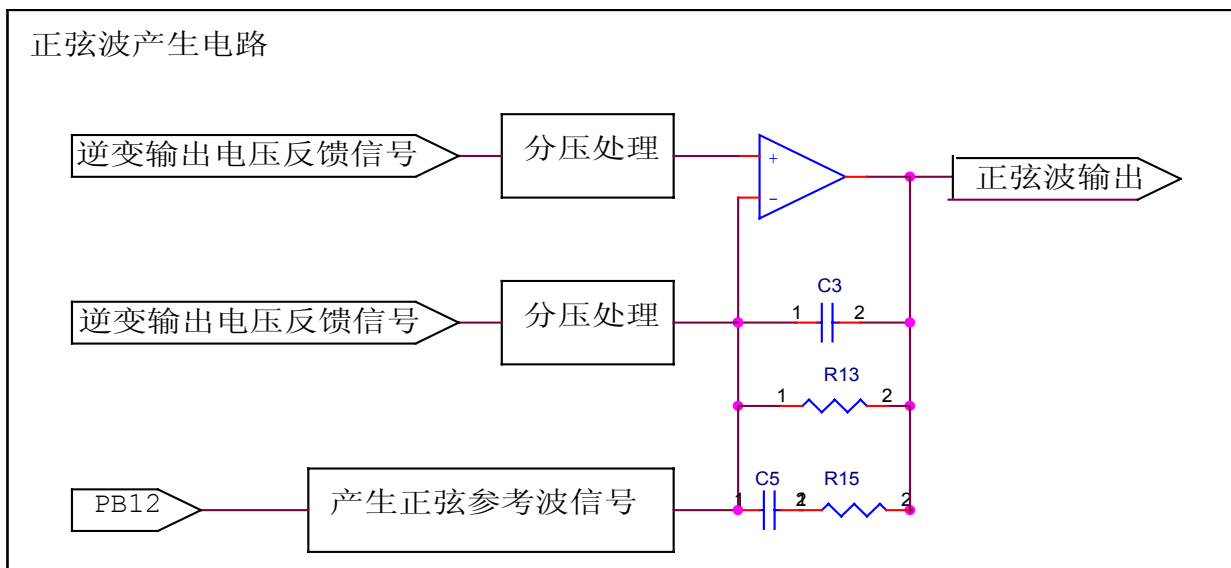


图137 正弦波产生电路

14、PWM 产生电路

PWM 产生电路如图 138 所示，它采用正弦脉宽调制（SPWM）法来实现脉宽调制的目的。根据调制原理可以在比较器的输出端得到一个脉宽等于三角波大于正弦波部份所对应的时间间隔的正脉冲。图中 PWM_OFF 信号用于控制 PWM 的输出，当该信号为低电平时无 PWM 输出。

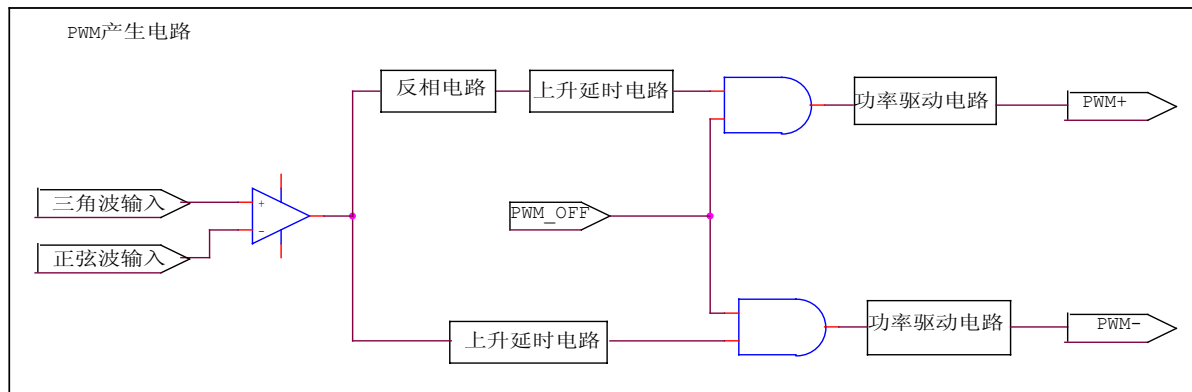


图138 PWM 产生电路

15、继电器控制电路

图 139 所示的继电器控制电路 是用 NPN 三极管来实现对继电器的驱动，其控制信号来自 CPU 的 PC0 口。当 PC0 为输出高电平时，继电器 RY1 动作。同样，继电器 RY2 也使用该驱动电路。

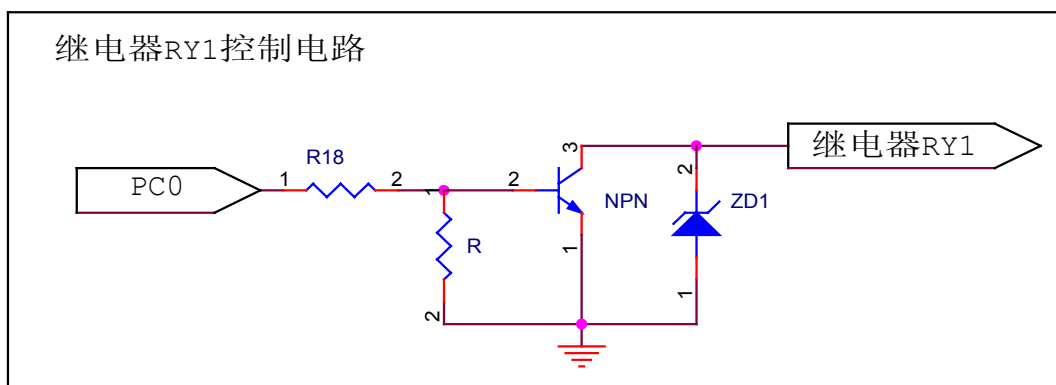


图139 继电器控制电路

16、峰鸣产生电路

峰鸣产生电路如图 140 所示，当来自 CPU 的控制口 PC1 为高电平时，系统峰鸣。

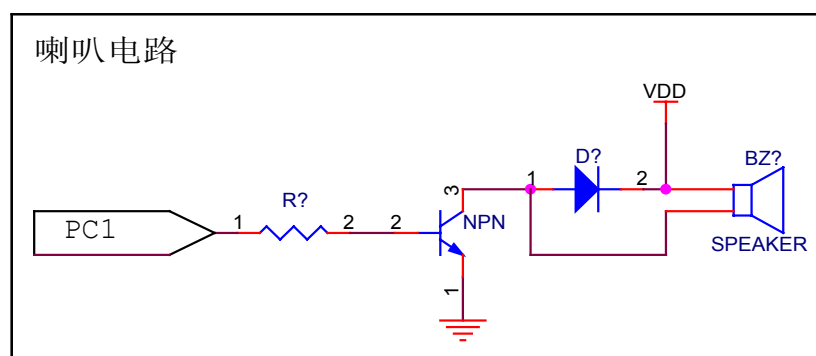


图140 峰鸣产生电路

5.12.3 系统的软件设计

整个系统程序流程如图 141 所示，其主要包括这几个子程序：开机自检程序、PWM 产生、LED 显示、关机、故障检测、AD 采样、按键扫描、读写 FLASH 等。

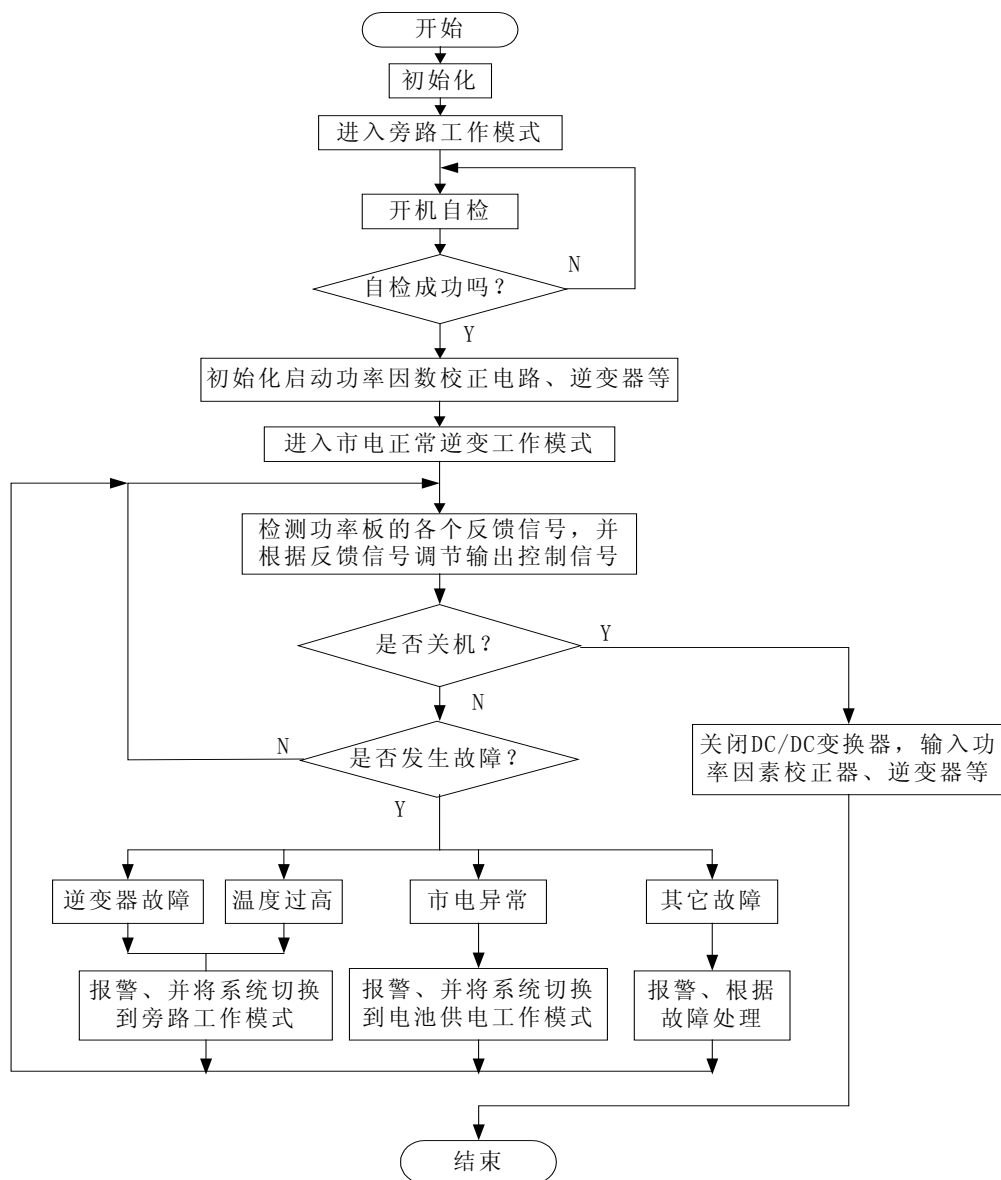


图141 程序主流程图

图 141 自检过程主要是检测以下几个部件是否正常。

- ①检测 UPS 的逆变器和蓄电池的容量是否正常；
- ②检测 UPS 是否执行市电供电 \leftrightarrow 逆变器供电双向切换操作；

③检测风扇是否正常工作。

1、PWM 产生程序

下面简单介绍 SPMC701FM0A 系统是如何产生 PWM 波形，程序代码如下：

```
R1 = 0xFFE5;
```

```
[P_Timer1_CCPR] = R1;
```

```
R1 = 0xFFE0;
```

```
[P_Timer1_Preload] = R1;
```

```
R1 = 0x8631;           //Enable PWM mode as output high
```

```
[P_Timer1_Ctrl] = R1;
```

根据 SPMC701FM0A 的 PWM 特性（如图 142 所示），可以计算上面一段代码的 PWM 波的占空比为：

$\frac{0xFFE5 - 0xFFE0}{0xFFFF - 0xFFE0}$ 。因此使用 SPMC701FM0A 可以很容易产生任意占空比的 PWM 波形。

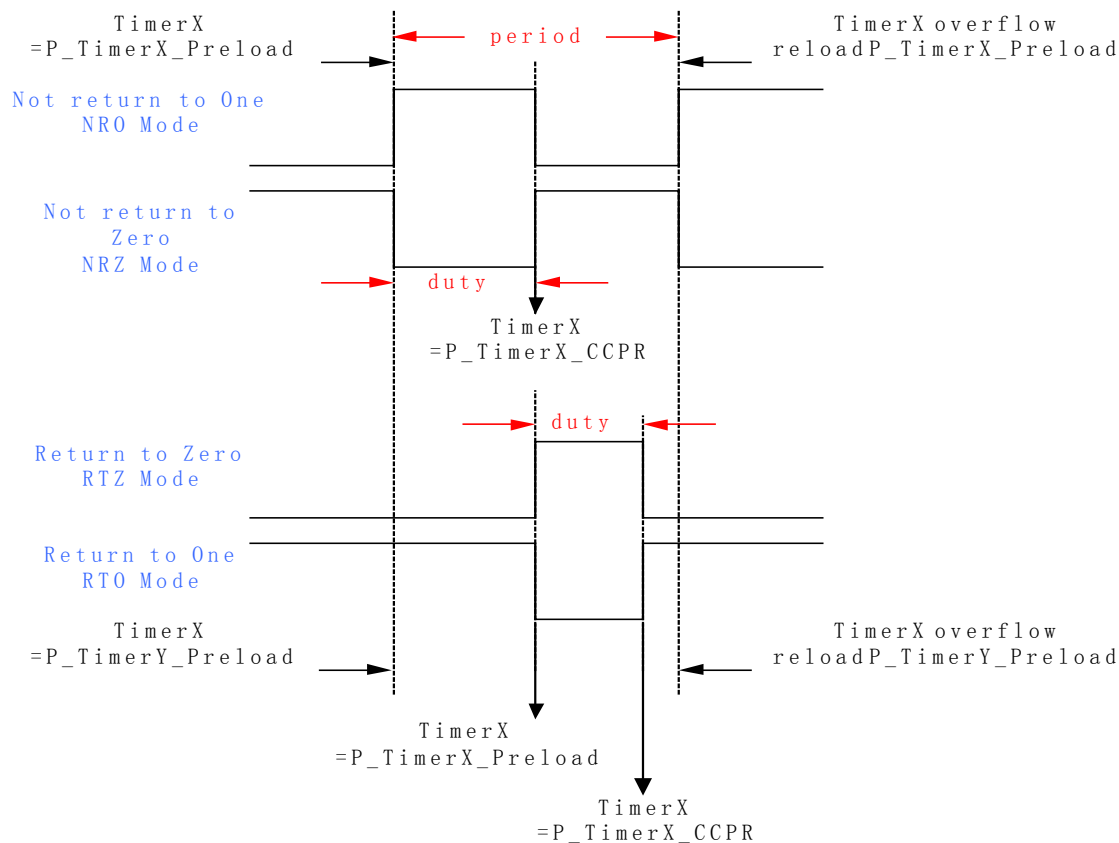


图142 PWM 占空比

2. AD 转换程序

SPMC701FM0A 具有 8 路 10bit AD 转换器，它们分别在 SPMC701FM0A 的 PB0~PB7，下面介绍 AD 采样的过程。

```
R1 = 0xfffe          //设置 IOB0 为悬浮输入

[P_IOB_Dir] = R1

R1 = 0xffff

[P_IOB_Attrib] = R1

R1 = 0xfffe

[P_IOB_Data] = R1

//enable software ADC conversion request, ADC  conversion frequency 8KHz,

//ADC top reference voltage equal to VDD,Select AD0,enable ADC block

R1 = 0x1401

[P_ADC_Ctrl] = R1

R3 = 0;

L_ADC_Loop:

R2 = [P_ADC_Ctrl]

test R2,0x2000

jz L_ADC_Loop

R1 = [P_ADC_Data]

R1 &= 0x03ff          //AD 转换的结果保存在 R1 中低 10 位。
```

5.13 基于 SPG200 的电视教学琴设计

本文介绍了使用凌阳 SPG200 在视频、音频技术中的应用优势，设计完成了电视教学琴方案。本系统具有普通电子琴的基本功能，如改变音色、设置音量、改变节奏、快进、快退等，同时本教学琴具有可视功能，是少儿音乐教育的好伙伴。

5.13.1 基本技术功能要求:

- 1、MIDI 文件解释功能
- 2、MIDI 文件播放功能
- 3、歌曲播放功能
- 4、歌曲停止功能
- 5、本首曲目循环播放功能
- 6、上一首曲目功能
- 7、下一首曲目功能
- 8、上一小节功能
- 9、下一小节功能
- 10 拍速增加功能
- 11、拍速减小功能
- 12、音量增加
- 13、音量降低

5.13.2 系统技术指标

37 个琴键，音阶为 C4-C7。

示范曲信息指标:

- 1、基本通道: 1~16;
- 2、音符: 0~127;
- 3、力度: 音符开有力度, 音符关无力度;
- 4、弯音轮: 上下两个半音;
- 5、控制改变: 6 (数据输入), 7 (通道音量), 10 (声相), 64 (延音开关), 100 (注册信息细调), 101 (注册信息粗调), 121 (所有控制器复位), 123 (所有音符关);
- 6、音色改变: 0~127。

5.13.3 系统框图

本系统由 SPG200、两组键盘和一台电视机组成，整体框图如图一所示。SPG200 是一颗综合视频、音频处理单元为一体的单片机，在本系统中我们主要使用其中的 SPU（声音处理单元）完成 MIDI 信息的播放，PPU 单元完成图片显示在电视机屏幕的处理。系统框图如图 143 所示。

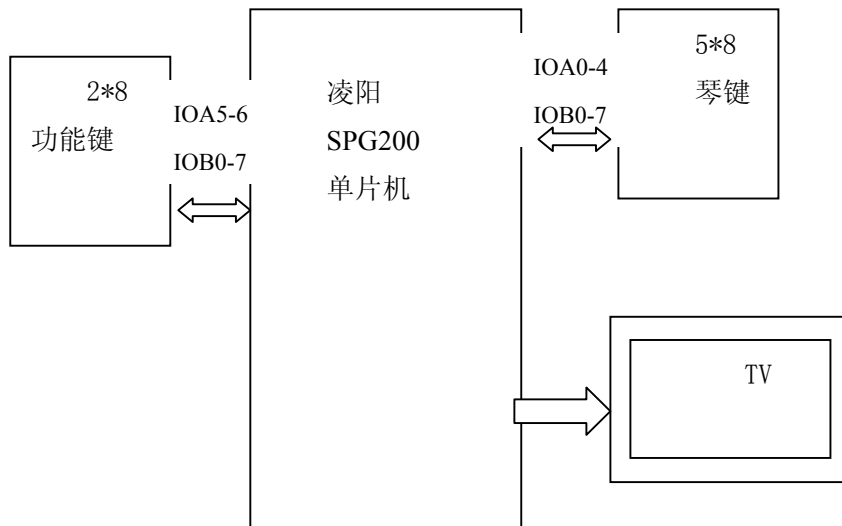


图143 整体框图

1、音符键控制电路

在这里采用矩阵式排列键盘，如图 144 所示，这样可以合理应用硬件资源，把 37 只按键排列成 5*8 矩阵形式，用 13 个 I/O 口控制如图所示。把键盘上的行和列分别接在 IOA0~IOA6 和 IOB0~IOB7 上。关于行列式键盘的原理在很多资料中都有介绍，在这里就不在重复介绍。

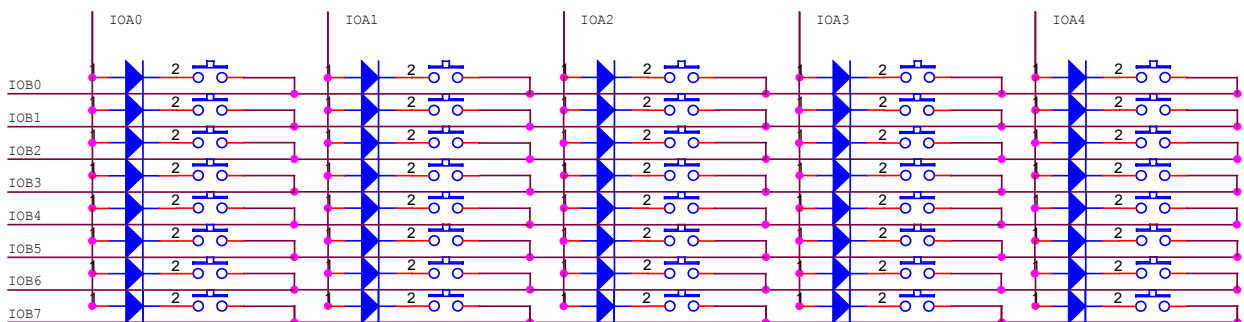


图144

2、功能键原理图控制电路

功能键与音符键采用同样的键盘排列方式，为节省 IO 我们将功能键和音符键的输入都使用 IOB0-7。

原理图如图 145 所示。

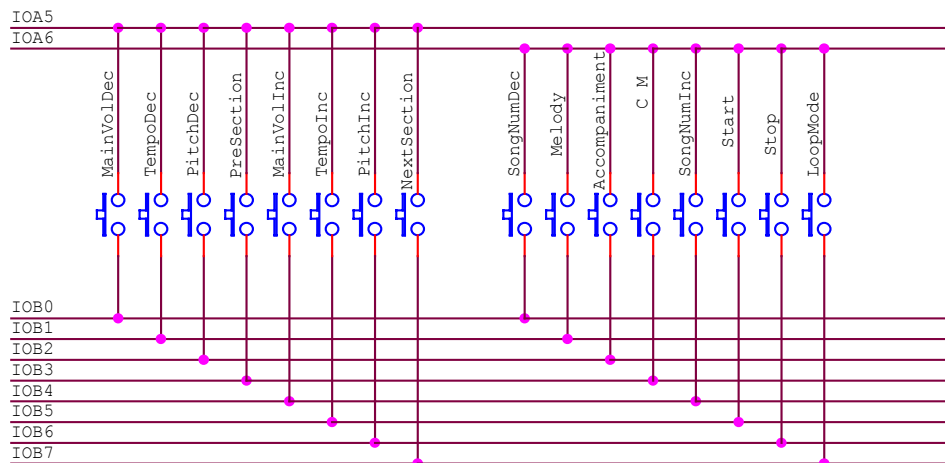


图145

3、显示

由于 SPG200 具有 PPU 单元，可产生电视系统(NTSC 或 PAL)的图像和声音信号，所以我们的显示方式为电视机屏幕显示，图画色彩模式为真彩色。画面由两层背景和 15 个功能动画以及 37 个琴键动画组成。其中一层是整体背景画面层，另一层是五线谱层，一个功能键对应一个功能动画。一个音符键对应一个琴键动画。具体显示画面如图 146 所示。



图146

下面我们就以一首示范曲为例来介绍显示模块。

按下播放键，本教学琴开始播放示范曲，电视画面将显示本首曲目的五线曲谱，在琴键画面上显示需要小朋友弹奏的琴键，同时播放按钮高亮显示。这样小朋友就可以按照琴键上面的指示按下相应的琴键跟着学习弹奏。

在进行功能设置时，相应的显示画面以高亮表示当前的操作状态。

4、SPU 模块

SPU 提供了 16 个声道，结构图如图 147 所示，其原理是采用波表合成技术将音色与包络数相乘的乘积被送入每个声道的左/右通道,再通过设置力度和声相参数来控制声道的信息，最终由 DAC 输出声音信息。当所有的声道都启用后声音输出通过主音量进行控制。

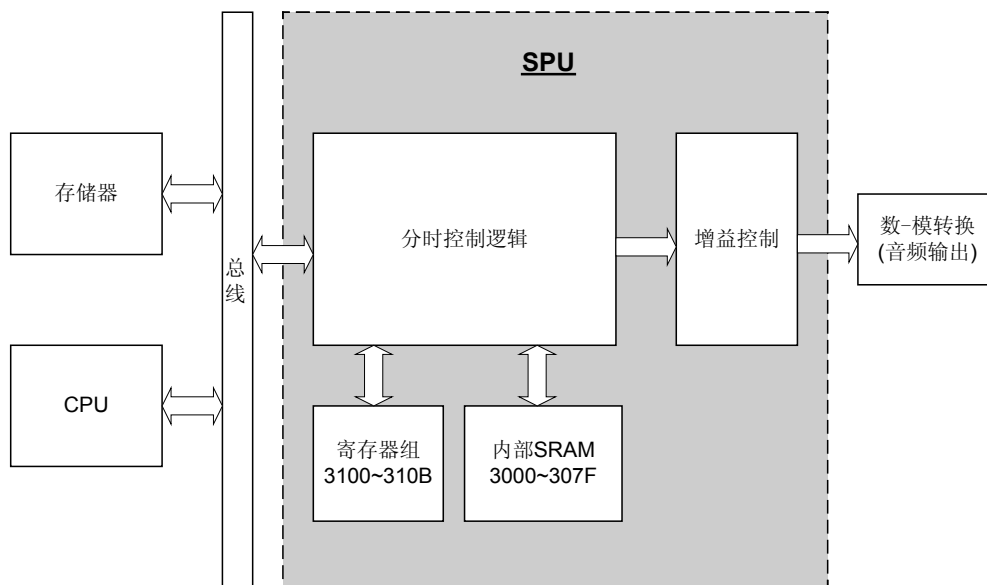


图147 SPU 结构图

5.13.4 软件设计

设计思想说明：

根据按下的键完成相应功能的处理，然后将视频、音频信号通过电缆传至电视机进行显示和发声。

采用 1K 的中断频率对琴键进行扫描，将扫描的结果存于缓冲区中，供给琴键分析模块，由琴键分析模块再进行声音的播放。软件中主要的处理信息是内置的 MIDI 文件，所以我们将主要介绍对 MIDI 信息的处理。MIDI 信息的处理流程分为解释和播放两个模块。具体流程如下所示：

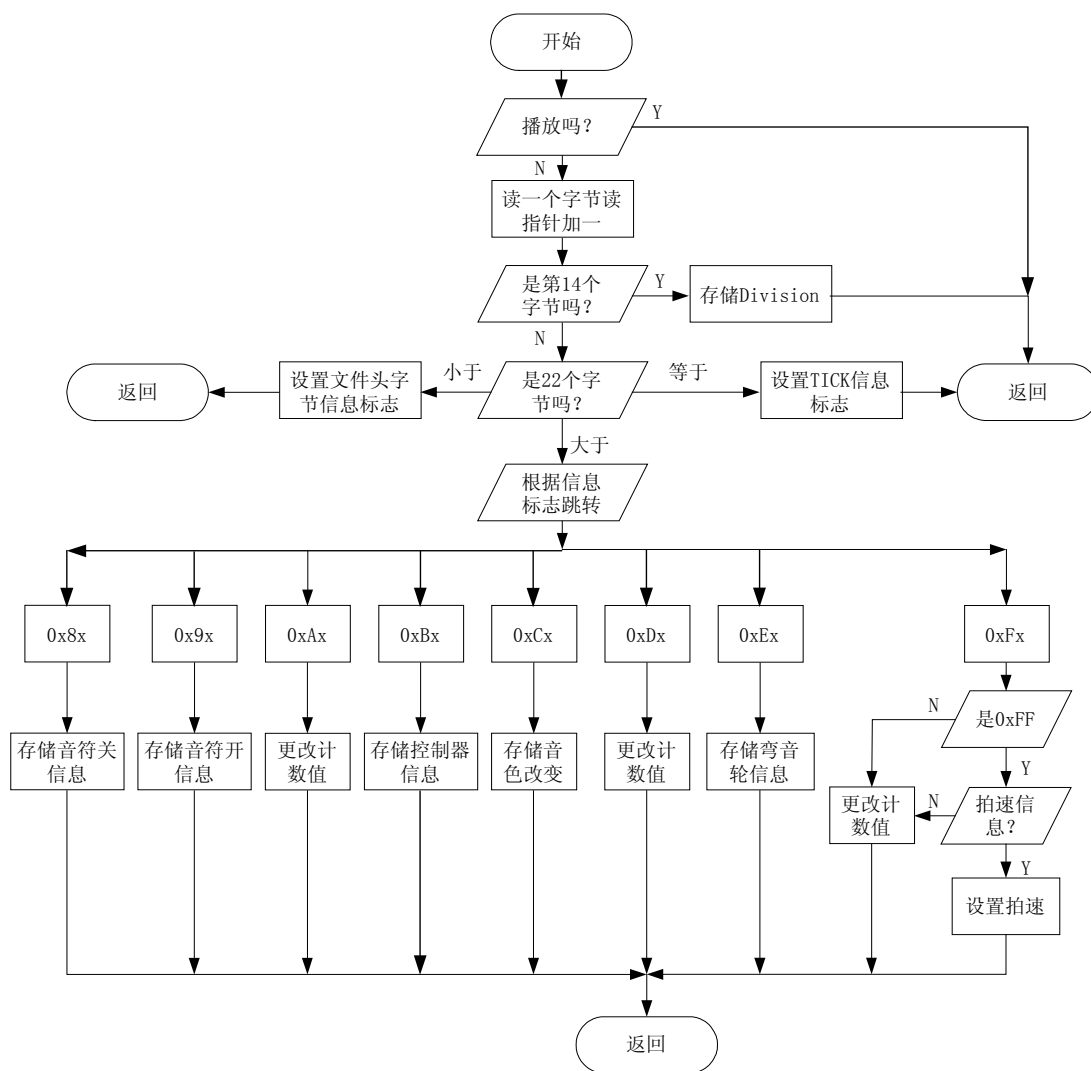


图148 MIDI 信息分析流程图

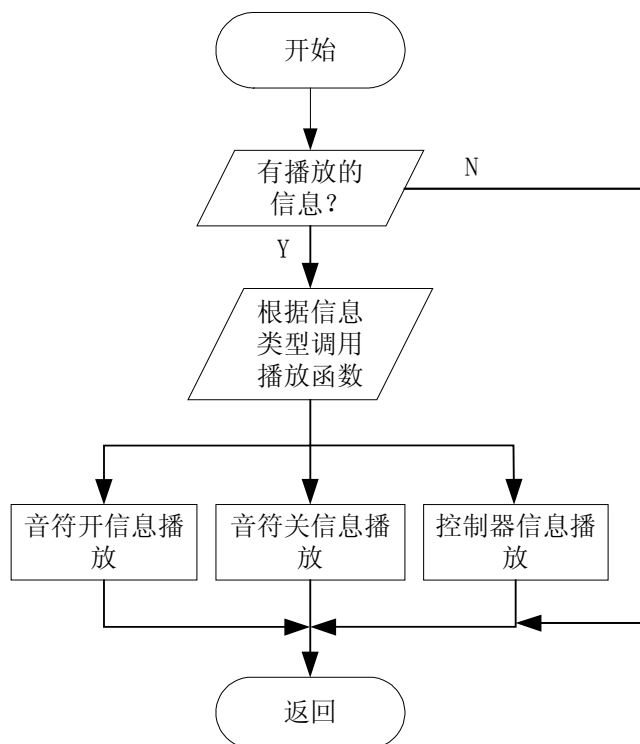


图149 MIDI 信息播放流程

5.14 SPL16256A 在电子销售终端上的应用

这是一个将 SPL16256 应用于小型电子销售终端的实例，这个应用中仅应用到了 SPL16256A 丰富外围接口的部分功能。这个电子售卡终端的工作流程为：通过外置 Modem 拨号连接到远程服务器，经过身份验证后，下载资料，这些资料由终端进行维护。当需要时，由操作员选择合适类型的资料通过打印机打印输出。这种小型化的电子销售终端适用于没有完备的计算机大型买场的店中店打印销售单据、一次性有效的充值卡等，实现集中管理，分散经营。

5.14.1 系统硬件框图

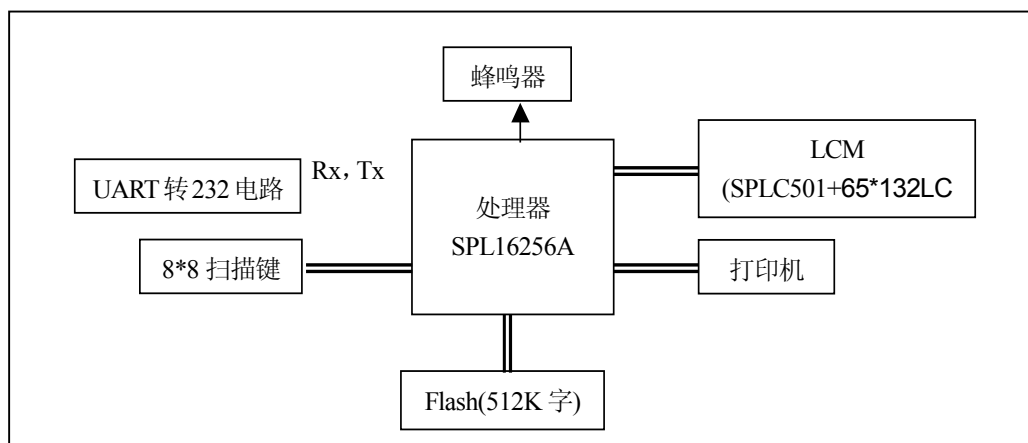


图150

5.14.2 分步电路描述

UART 转 232 电路描述

SPL16256A 提供一个全双工的 UART，这个 UART 通过一个到 RS232 电平转换的电路同 Modem 连接。电路描述为：

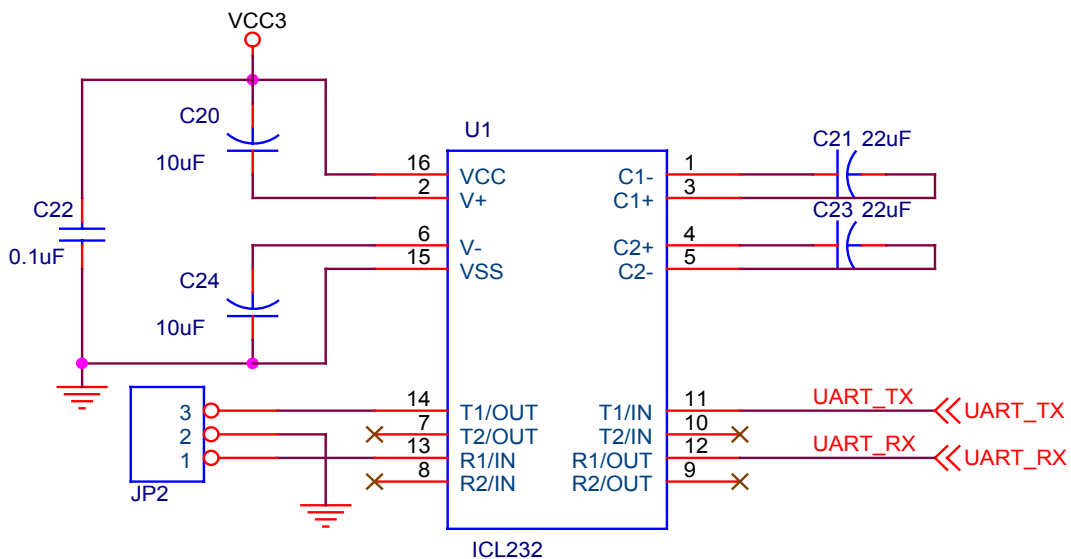


图151

2、蜂鸣器连接

SPL16256A 提供两路可编程的 ADC/PWM 输出，引脚为 AUDA,AUDB 在这个应用中使用 AUDA PWM 输出，蜂鸣器共振频率 7.2KHz，SPL16256A 的 PWM 输出频率可以为以 93.6KHz 为基频，作 2—20 分频。

键盘电路

这里采用 8*8 的扫描键盘，最多可以允许 64 个键，这 64 个键包括 26 个字母，10 个数字，一些符号以及控制键。PC 口作为扫描输出，PA 口扫描输入；系统进入睡眠后，可以通过按键唤醒，键盘原理图描述为：

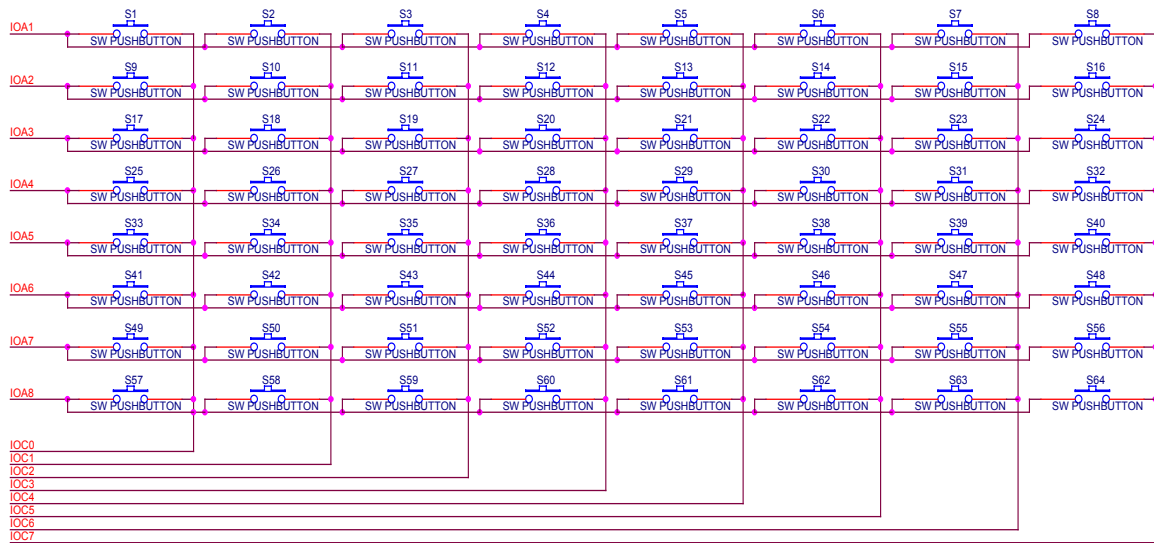


图152

512KWordFlash 连接

系统使用 1 片 512KWords(1MBytes)Flash 作为程序和数据存储器。这个存储器采用作为总线设备连接到 SPL16256A，他的片选端为 CS0。连接图为：

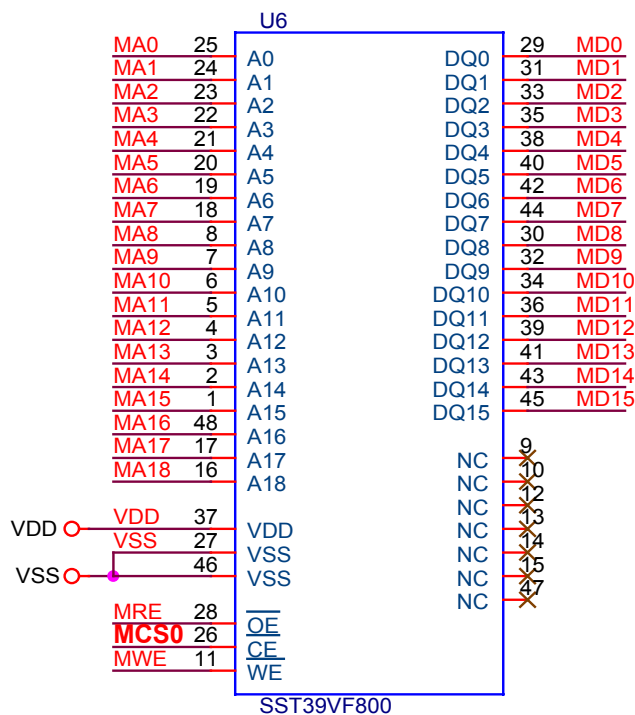


图153

LCM 电路：

在这个应用中为采用现成的 LCM，没有使用 SPL16256 内置 LCD 控制器，这个 LCM 的 LCD 驱动控制器为 SPLC501，它可以驱动 65*132 点阵的 LCD，它同 MCU 的连接方法，可以通过总线连接，或并行 8 位 I/O，或串行方式连接。在这个应用中，LCM 作为一个总线设备连接到 SPL16256A，设备选择引脚位 CS2，接口方式为：

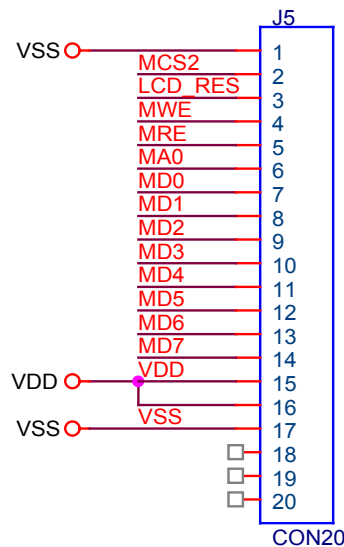


图154

一边为柔性电缆，连接 LCD 模组。

这个 LCM 采用 64*132 点阵的 LCD，6*12 英文字库，或 12*12 中文字库，每行可显示 11 个汉字，共可显示 5 行。LCD 的显示程序采用凌阳大学计划网站公开的 LCD 程序，这里不详细描述，如果需要可以在 www.unsp.com.cn/download 中找到相应的源代码。

打印机采用 LTPC235 热敏打印模块 它每行可打印 288 个点，打印纸宽度为 58mm 打印宽度为 48mm SPL16256A 使用 I/O 口来控制，SPL16256A 同 LTPC235 的联结方式为：

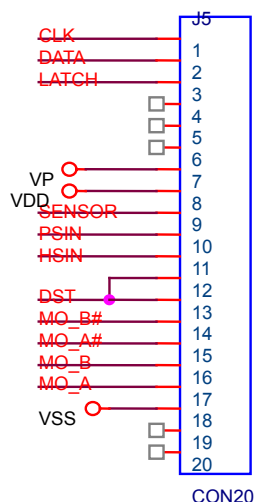


图155

其中, CLK、DATA、LATCH 为串行数据线, CLK 为时钟, DATA 为数据, LATCH 提供锁存信号; 这三条控制线完成打印数据的传输; SENSOR、PIN、SIN 分别感知打印机当前状态, 包括打印头的温度、是否有纸、压纸轮是否压紧; DST、MO B#、MO A#、MO B、MO A 分别控制打印头加热, 以及步进电机完成走纸的动作。

三、软件功能及流程描述

软件总体流程描述:

软件总体采用菜单描述, 主菜单包括〈选择商品〉、〈信息统计〉、〈终端设置〉、〈商品下载〉; 可以根据不同的应用环境进行修改;

- 1、进入〈选择商品〉, 可以浏览并选中要出售的商品, 并通过打印机输出相关商品信息;
- 2、进入〈信息统计〉, 可以浏览当前已下载的产品信息、最近销售过的产品信息, 以及产品资料明细;
- 3、进入〈终端设置〉可以设置时钟、终端密码、操作员登录系统的帐号、密码、拨号号码等信息;
- 4、进入〈商品下载〉可以更新当前操作台的商品信息。

对于每台终端, 均可以设置密码, 在第一次上电时, 均会提示本机没有密码, 要求提示输入密码; 在有密码后, 开机时, 会要求输入密码。

低功耗处理:

应用于便携式设备时, SPL16256A 的功耗是比较高的, 但在低功耗模式下, 功耗为 10uA, 基本可以满足要求; 在系统设计时, 当没有按键、也没有其他工作时, 将进入待机模式, 以减少功耗; 基本来说, 在待机状态下, 整个系统的功耗为 25uA。

键处理的工作在中断处理程序中完成, 由一个 128Hz 的中断来驱动, 其流程描述为:

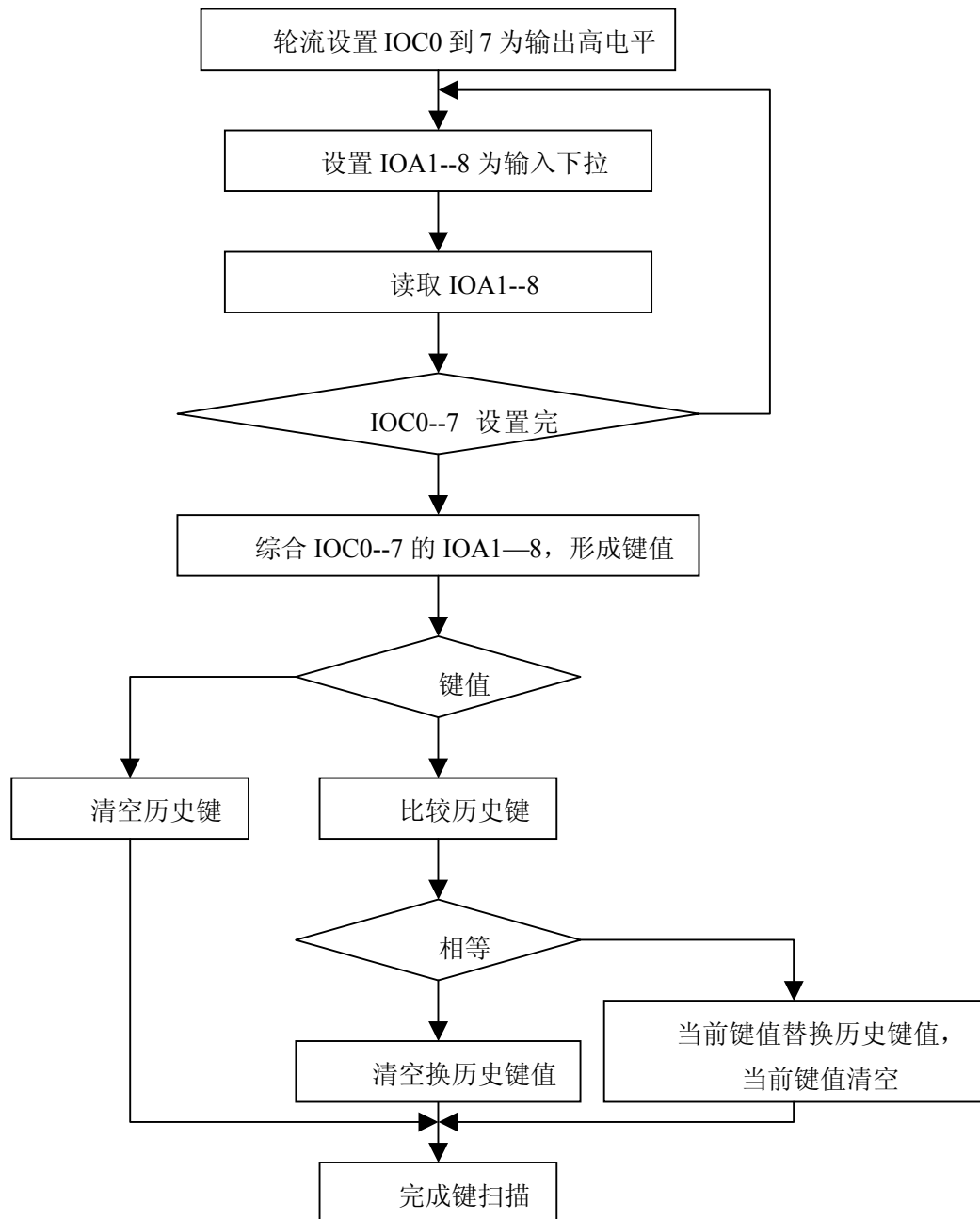


图156

Modem 拨号连接 Server，Modem 采用市场通用的 Modem，使用 AT 指令设置 Modem，并拨号，连接后，采用同 Server 端定义的协议交换数据。通过 Modem 下载数据的流程为：

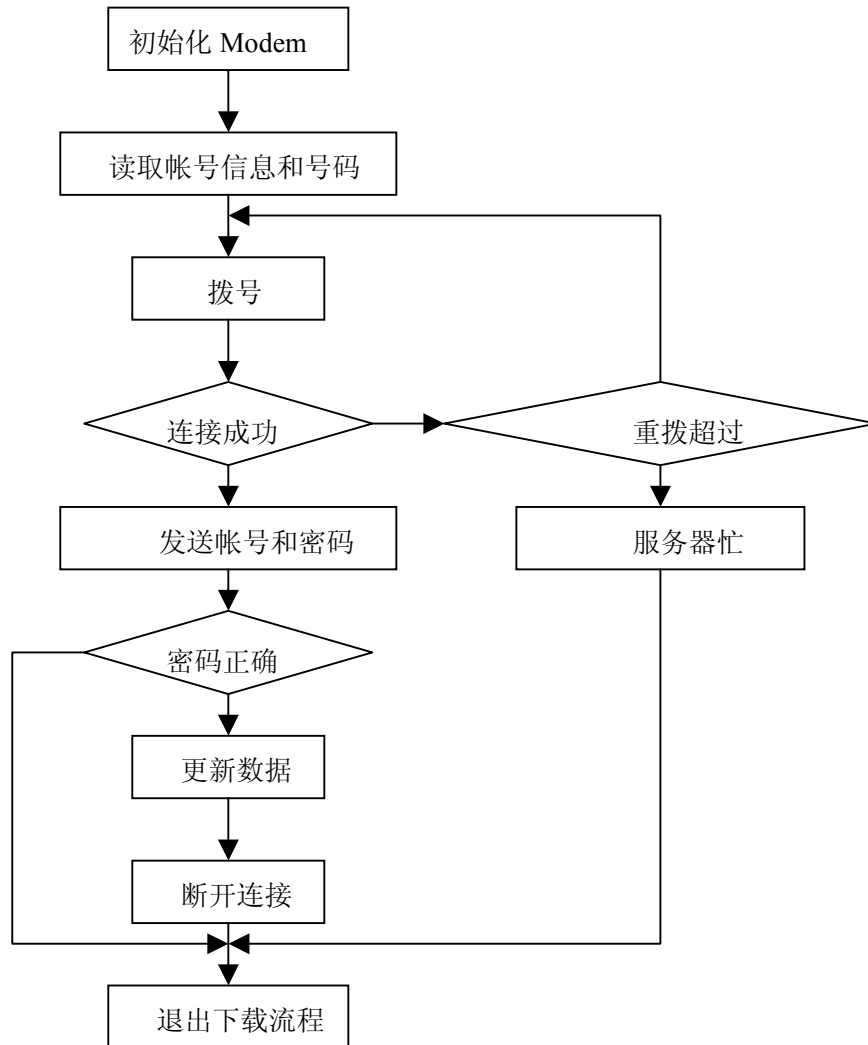


图157

打印机驱动方式

打印机驱动如图中描述：

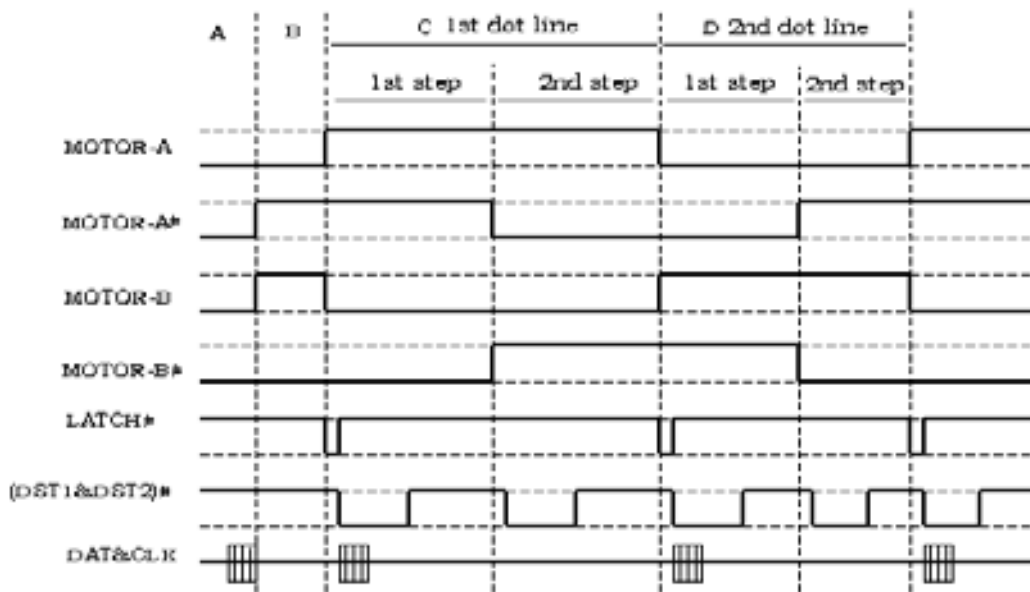


图158

数据线、步进电机和加热头在这种时序下工作，完成打印工作，数据组织方式及发送流程为：



图159

Flash 处理流程：

SPL16256A 虽然内部有 256KWord Rom，但需要在工厂做 Mask，对于一些多量少样的产品，显然不合适；因此 SPL16256 提供了可直接访问外部 Memory，从外部 Memory 启动的功能，这个应用就是这样一个实例。具体的使用方法，请参考《SPL16256A 编程手册》。

对于 Flash 处理流程，由于比较复杂，这里不详细描述，这里仅说明一点，由于在一片 Flash 中，同时程序和数，因此对于 Flash 的作擦除和写操作的功能，函数必须放在 SPL16256A 的 6Kwords 的 SRAM 中处理，或者添加外部其他存储器。因此对 Flash 进行操作的程序流程为：

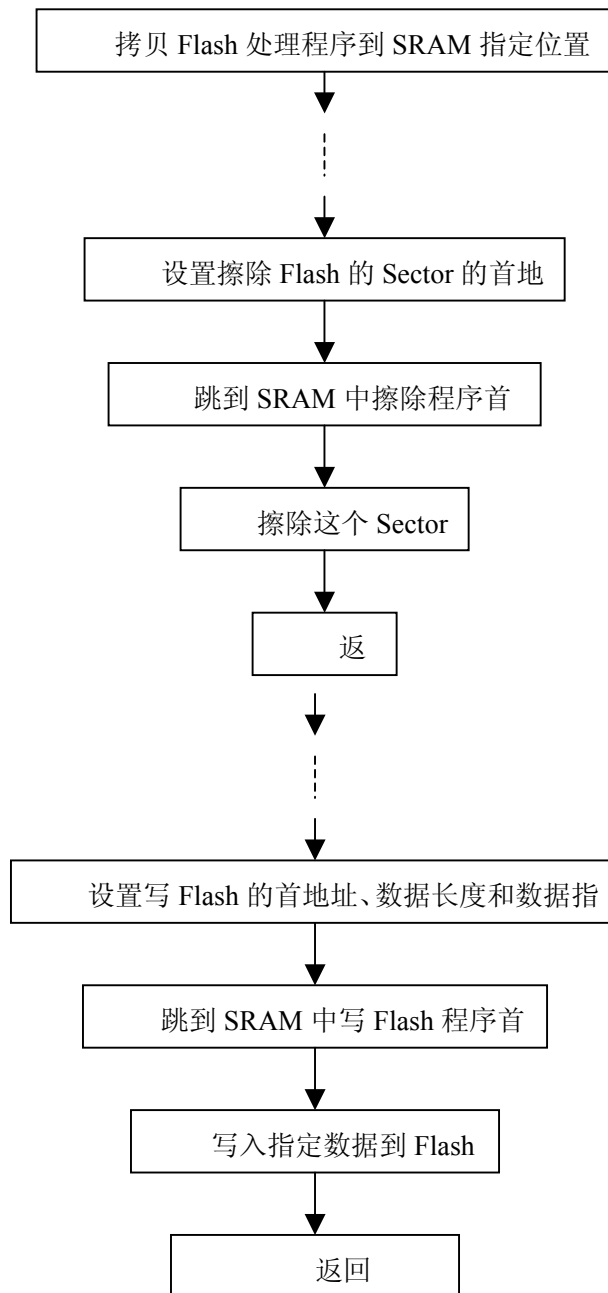


图160

5.15 具有远程家电控制功能的电话

上班出门后才想起忘记关客厅灯，怎么办？下班进门之前又想打开空调器、电视机，又如何解决？这些对现代既要求工作效率又讲求生活质量的都市人来说，也无不是一些常常使您颇费心思的麻烦事。

您是曾想过有这样一种电话：无论我们走到那里，只要向家里拨打一个电话，通过它就可以控制各种家用电器，从而消除您的后顾之忧。下面，就来介绍采用凌阳科技公司设计的 MCU---SPT6602A 所设计开发的具有远程家电控制的电话机。

5.15.1 功能描述

远程家电控制电话，它是在普通来电显示电话的基础上，增加红外发射功能，远程联动功能，语音提示功能以及主叫识别功能。

主叫识别功能：电话远程家电控制器可存储主人特服电话号码（可设置多个），当由这些号码打过来的电话时，不需输入操作密码，就可直接对家电进行远程操作，否则作为普通来电信息进行存储。

语音提示功能：当远程家电控制电话自动接通后，它可自动播放提示语音，主叫方可根据语音提示进行功能选择操作。

红外遥控功能：根据语音提示进行远程按键操作，通过控制器上的红外发射口可对某些家电（如空调、电视机等）实现远程红外遥控控制。

I/O 联动功能：对某些只需开关量进行控制的家电（如照明灯、淋浴器的开关等），直接对通过对 I/O 口操作而达到控制家电开关之目的。

5.15.2 系统组成

当需要系统设定，如响铃次数、系统操作密码及特符号码等时，可按下设置键进行键盘设定。当有电话打进来时，LCD 会显示来电号码和来电的准确时间，当来电信息为特服号码时，自动接通电话，然后主叫方就可根据控制器所播放的语音提示进行所需要的操作。系统组成框图如下图 161 所示。

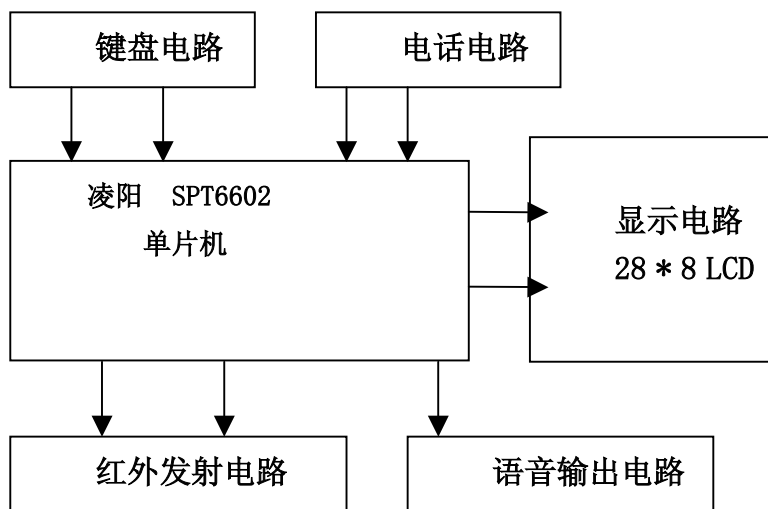


图161

5.15.3 硬件设计

远程控制电话主要由语音输出电路、红外发射电路、I/O 联动电路、键盘输入电路和液晶显示电路、电话电路组成。下面简要介绍各个组成部分。

语音输出电路

SPT6602A 内置数-模转换器 DAC 用于双音多频(DTMF)发生器、语音发生器或音调发生器。

关于 DTMF/音调发生器各位控制的描述见下表：

表16

控制位名称	BIT=0	BIT=1
C2SEL	TMFO 管脚选为音调输出管脚	AC2 管脚选为音调输出管脚
CEN	用作 DTMF/音调发生器的 DAC	用作 DTMF/音调发生器的 DAC
1E	Tone1 通道的语音输出	Tone1 通道的音调输出
0E	Tone0 通道的语音输出	Tone0 通道的音调输出

红外发射电路

红外发射电路由红外发射管、高频三极管、保护电阻和直流电源（DC 2*1.5V）等构成。从 MCU 的 IOC2 输出红外信号。具体电路见图 162 所示。

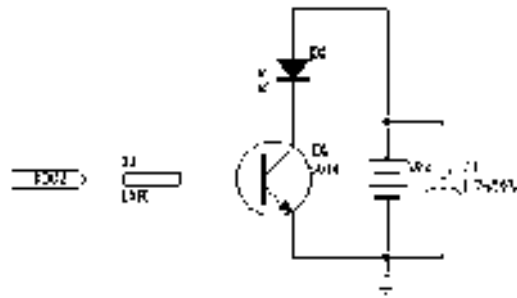


图162

I/O 联动电路

由于所要控制的开关量信号是 220V 交流电的通断，而对于实现弱电控制强电的最简单易行的方法是用三极管的开关特性来控制继电器的触点的转换。具体电路见图 163 所示。

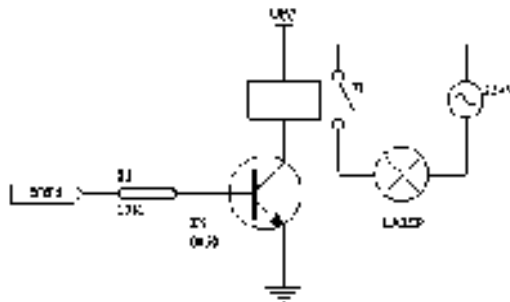


图163

键盘输入电路

设置带有按键唤醒的 IOA0-IOA4 作为输入，IOB0-IOB4 为输出。采用 5*5 行列式键盘，这种接法较为简单，在这里就不再重复介绍。

液晶显示电路

系统采用的是 8Com×28Seg 七段数码式液晶显示器件，数据输入为并行输入方式。SPT6602A 内置液晶控制电路及驱动电路，只要进行简单的软件设置即可实现液晶显示功能。

电话电路

电话电路主要由振铃电路、来电唤醒检测电路、通话电路组成。

限于篇幅这里只列出主程序模块和键盘分析模块的流程说明。

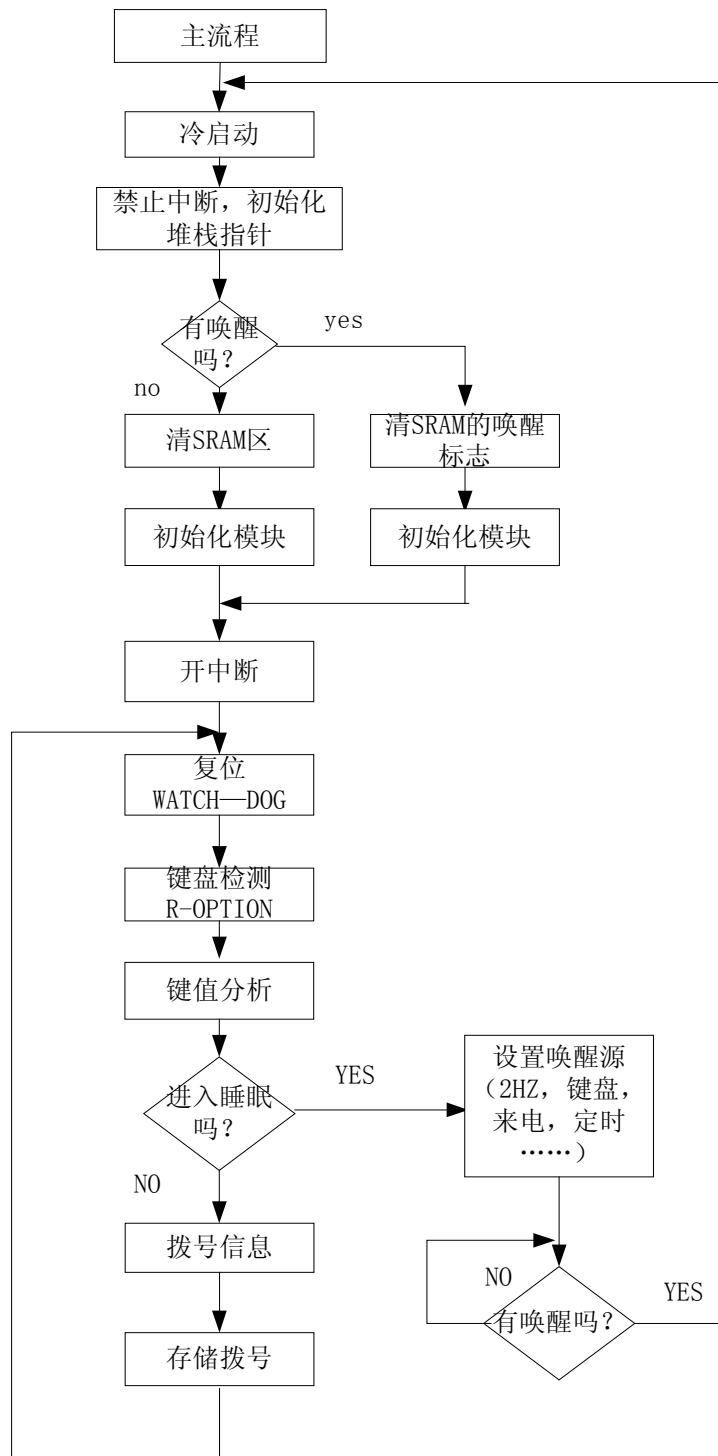


图167 主流程

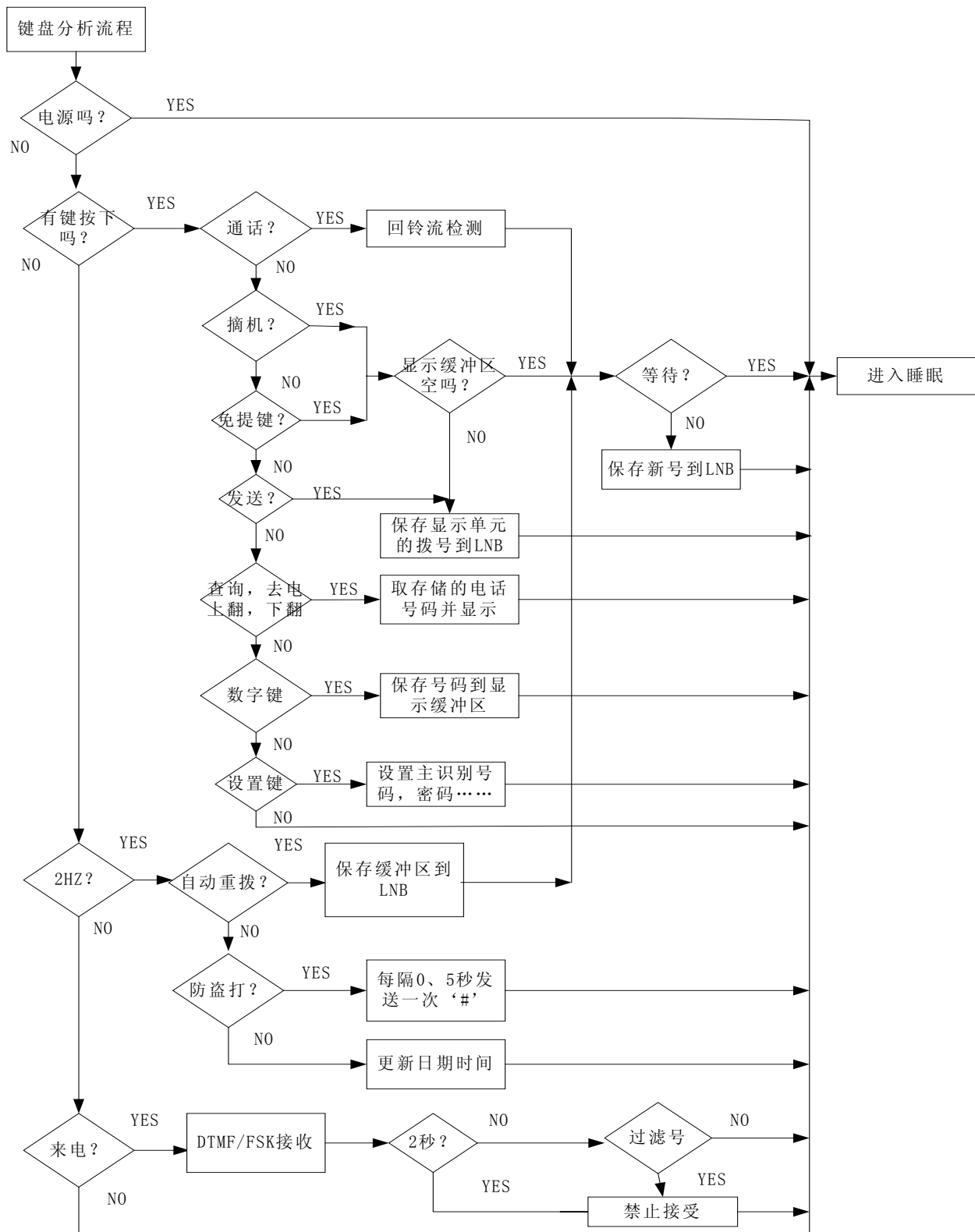


图168 按键分析流程

5.16 语音智能型洗衣机控制器的设计

本文介绍了利用凌阳 SPCE061A 在数字语音和模糊控制技术中的应用优势，设计一种会“说话”带 VFD 显示的时尚界面的智能洗衣机主控制器（DISP），同时利用凌阳 SPMC701RF01A 在电机控制技术中的应用优势设计出高可靠性的直流无刷电机控制器（PMD），通过 UART 使其两块控制器完美结合。其电路原理图和实现方法，供读者参考。洗衣机的三个主要技术指标是（1）能耗（2）洗洁度（3）脱水率。本系统采用智能模糊控制技术的能够自动识别衣质，衣量，从而自动选择水位，脱水时衣物的平衡及不平衡的修正洗涤水流和洗涤时间及脱水转速达到一种最佳洗涤效果，其大大提高洗衣机的三大指标。凌阳 SPCE061A 在数字语音技术上的优势使洗衣机的“语言”更加丰富多变，人机对话极具乐趣，方便，实用，又可帮助厂家检验及维护进行语音提示。

5.16.1 洗衣机控制器基本技术功能要求：

- 1、衣量，衣质感知功能。
- 2、水位检测功能，多水位控制功能。
- 3、多程序设置，过程单独选择。
- 4、预约定时功能，自检功能。
- 5、语音提示和语音报警功能。
- 6、喷淋脱水，优化的脱水速度曲线。
- 7、脱水不平衡检测，及不平衡矫正。
- 8、直流变频电机控制（正转，反转，停止）。
- 9、直流变频电机 PID 调速。
- 10、试验运行功能。

5.16.2 技术指标：

电源： AC220V ,50Hz

温度范围： 0-80

安规要求： CCC

5.16.3 系统硬件与功能概述：

本系统水位传感器采用压容振荡电路，不同水位不同振荡频率。SPMC061A 通过测量其振荡频率，可以精确检测到当前水位，测量门盖开关量，检测门盖的状态和脱水时震动情况以确定衣物是否平衡，依据模糊理论结合设置给 SPMC701RF01A 下发命令，使其达到最佳控制。SPMC701RF01A 依据霍尔反馈的信

号测量电机转速，利用数字 PID 对直流无刷电机进行调速，并将数据传给 SPMC061A。

5.16.4 系统程序划分

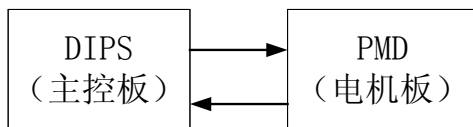


图169

5.16.5 系统通讯协议

洗涤命令

帧头	关键字	正转时间	反转时间	转动速度	调节域值	代号	CRC 高	CRC 低
7F	**	**	**	**	**	**	**	**

脱水命令

帧头	关键字	正转时间	反转时间	PWM 初值	调节域值	代号	CRC 高	CRC 低
7F	**	**	**	**	**	**	**	**

注释：

代号：代表一次有效命令的序号

时间：单位为 1/256Hz

转速：180 度的时间单位为 1/ 8192Hz

关键字解释

0x88— 上电，即继电器闭合

0x22— 停止，电机停止

0x55— 脉冲，即电机，正传，停，正转循环

0x66— 洗涤，即电机，正传，停，反转，停循环

0x77— 平衡，即电机，洗涤 30S，然后变化参数（转停比,运转速度）洗涤

0xAA— 爬坡，即电机加速运行到一设定速度

0xBB— 减速，即电机减速运行到一设定速度

0xCC— 掉电，即继电器断开

CRC 解释:

循环冗余码校验传统的差错检验法有: 奇偶校验法, 校验和法, 行列冗余校验法等。这些方法都是在数据后面加一定数量的冗余位同时发送出去, 例如在单片机的通讯方式 2 和 3 中, TB8 就可以作为奇偶校验位同数据一起发送出去, 在数据的接收端通过对数据信息进行比较、判别或简单的求和运算, 然后将所得和接收到的冗余位进行比较, 若相等就认为数据接收正确, 否则就认为数据传送过程中出现错误。但是冗余位只能反映数据行或列的奇偶情况, 所以这类检验方法对数据行或列的偶数个错误不敏感, 漏判的概率很高。因此, 此种方法的可靠性就差。循环冗余码校验英文名称为 Cyclical Redundancy Check, 简称 CRC。它是利用除法及余数的原理来作错误侦测 (Error Detecting) 的。CRC 原理:

CRC 检验原理实际上就是在一个 p 位二进制数据序列之后附加一个 r 位二进制检验码(序列), 从而构成一个总长为 $n=p+r$ 位的二进制序列, 例如, p 位二进制数据序列 $D=[d_{p-1}d_{p-2} \dots d_1d_0]$, r 位二进制检验码 $R=[r_{r-1} r_{r-2} \dots r_1 r_0]$, 所得到的这个 n 位二进制序列就是 $M=[d_{p-1}d_{p-2} \dots d_1d_0 r_{r-1} r_{r-2} \dots r_1 r_0]$; 附加在数据序列之后的这个检验码与数据序列的内容之间存在着某种特定的关系。如果因干扰等原因使数据序列中的某一位或某些位发生错误, 这种特定关系就会被破坏, 因此, 通过检查这一关系, 就可以实现对数据正确性的检验。

5.16.6 DISP 软件设计

软件资源占用见表 16。

表17

程序代码长度	RAM Size	CPU 时钟	主程序循环
32K byte	0.5K	24MHz	256Hz

5.16.7 主程序流程及说明

程序复位后先进行初始化, 包括三部分: 系统初始化、诊断程序和中断初始化。

程序部分分两种工作模式: 测试模式和正常工作模式。测试模式主要用于做 EMC 测试用, 在测试模式下可以单独打开各耗能部件。

Display.c: 功能是把显示区的值, 依据 VFD 驱动 IC PTC1615 的对应关系输出显示, 函数结构见图 170。

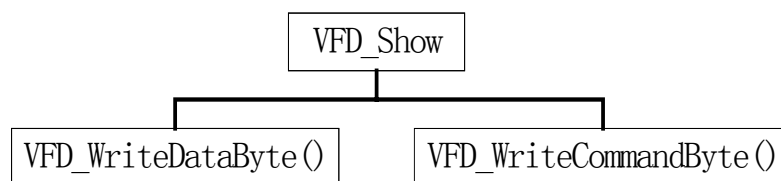


图170

Key.c 功能是 3*键盘扫描, 包括:

Key_Scan_Initial(): 键盘扫描初始化

Key_Scan_ServiceLoop(): 在主循环里扫描键盘, 并返回键值

ModelCase: System_Initial()系统初始化功能

ISR: 中断服务程序.包括

FIQ 中断用于语音 S480.

IRQ3 外部中断用于水位测量和门盖检测

IRQ4 IRQ4_1KHz 中断用于水位测量数据定时读出。

IRQ6 TMB2 中断用于控制系统时钟,

IRQ7 UART 中断用于和 PMD 通讯

Main: 主循环, 还有过程控制的函数。程控制如下函数见图 171。

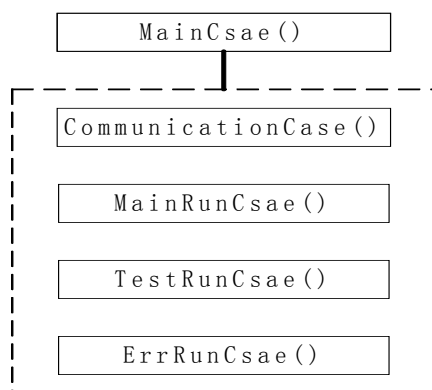


图171

主循环流程图见图 172。

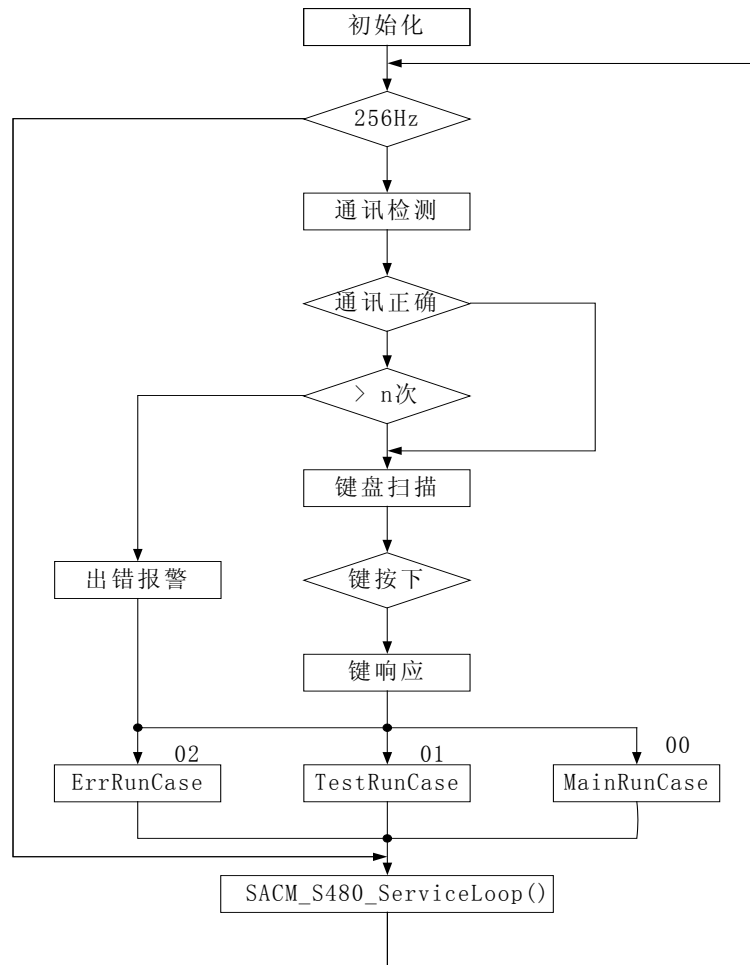


图172

MainRunCase 函数层次结构见图 173。

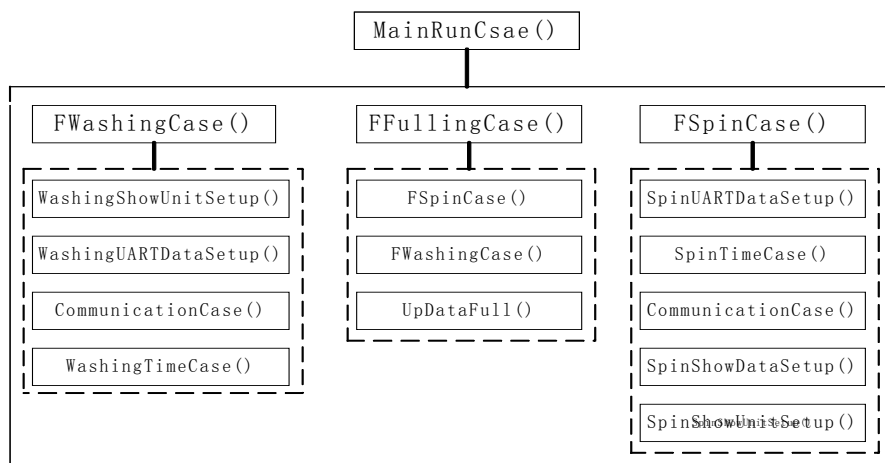


图173

MainRunCase 流程图（图 174）。

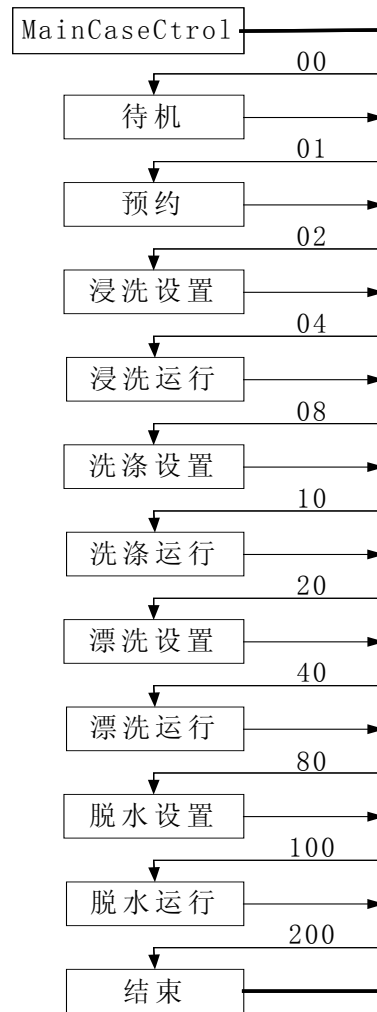


图174

5.16.8 限制条件

24M CPUCLK 主频震荡。

主循环频率：256Hz

工作温度： 0 —80C

5.16.9 PMD 软件设计

5.16.10 PMD 软件资源占用

软件资源占用见表 18。

表18

程序代码长度	RAM Size	CPU 时钟	主程序循环
2K Word	128 Word	24MHz	512Hz

5.16.11 主程序流程及说明

Main.C: 主循环, 包括电机控制, 模拟函数, 流程见图 175。

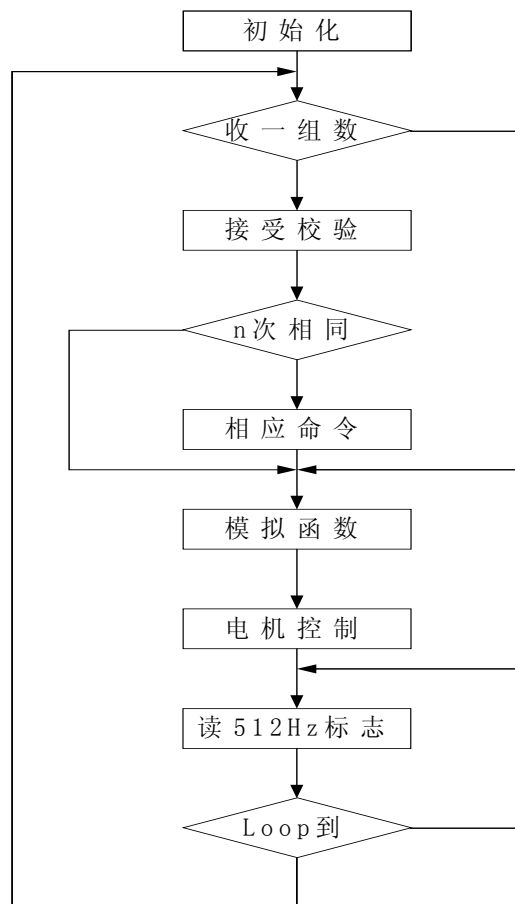


图175

5.17 凌阳 16 位单片机在变频洗衣机控制器中的应用

本文介绍了利用凌阳 SPCE061A 在数字语音和模糊控制技术中的应用优势, 设计一种能“说话”的智能洗衣机控制器, 并详细描述了有关系统的电路原理图和实现方法, 供读者参考。

洗衣机的三个主要技术指标是(1) 能耗(2) 洗洁度(3) 脱水率。本系统采用台湾凌阳公司 SPCE061A 开发的具有语音智能模糊控制技术的应用能够自动识别衣质, 衣量, 从而自动选择水位, 脱水时衣物的平衡及不平衡的修正洗涤水流和洗涤时间及脱水转速达到一种最佳洗涤效果, 其大大提高洗衣机的三大指标。凌阳 SPCE061A 在数字语音技术上的优势使洗衣机的“语言”更加丰富多变, 人机对话极具乐趣, 方便, 实用, 又可帮助厂家检验及维护进行语音提示, 同时红外接口又为以后功能扩展为信息家电提供了硬件资源。

5.17.1 洗衣机控制器基本技术功能要求：

- 1、衣量，衣质感知功能。
- 2、水位检测功能，多水位控制功能。
- 3、喷淋脱水，优化的脱水速度曲线。
- 4、脱水不平衡检测，及不平衡矫正。
- 5、多程序设置，过程单独选择。
- 6、预约定时功能，自检功能。
- 7、语音提示和语音报警功能。
- 8、具有停电补偿功能。
- 9、试验运行功能。

5.17.2 技术指标：

电源： AC220V ,50Hz

温度范围： 0-80

安规要求： CCC

5.17.3 系统硬件与功能概述：

本系统水位传感器采用压容振荡电路，不同水位不同振荡频率。SPMC061A 通过测量其振荡频率，可以精确检测到当前水位.依据电机反电动势来测量电机转速，控制可控硅的导通相位进行电机调速。测量门盖开关量，检测门盖的状态和脱水时震动情况以确定衣物是否平衡。图 176 所示为采用 SPCE061A 组成空调控制器的外围功能框图。

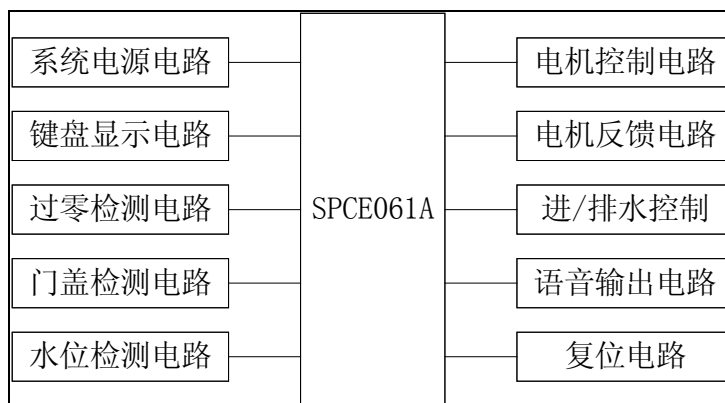


图176

5.17.4 系统的硬件设计

1、电源，过零检测，门盖检测，水位检测电路（图 177）。

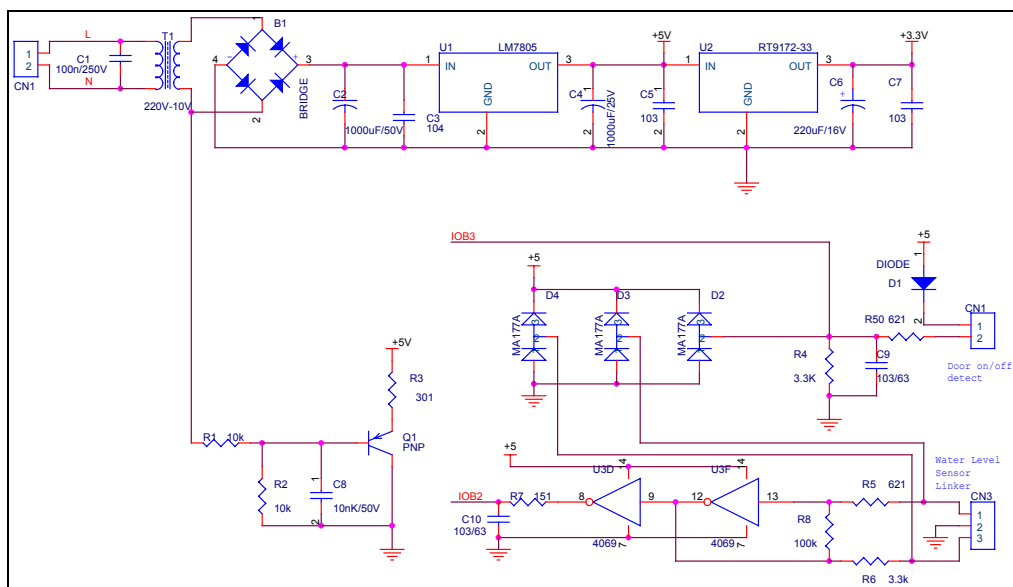


图177

AC220V 电源通过变压器为 AC10V 经整流，经滤波电容及 7805 得到 DC5V，经 RT9172-33 得到 DC3.3V 为 CPU Core 提供电源。

R1, R2, R3, Q1, C4 组成过零检测电路，为可控硅和继电器提供相位参考点。

CN3 为水位传感器输入端，水位传感器的结构是个 LC 振荡，通过外围电路，成为 V/F 转换器频率信号进入 CPU 的外部中断 1 口，CN1 为门盖检测信号输入端，开关量进入进入 CPU 的外部中断 2 口，MA177A 为提高 EMC 器件。

2、电机控制，电机反馈，进水控制，排水控制电路（图 178）。

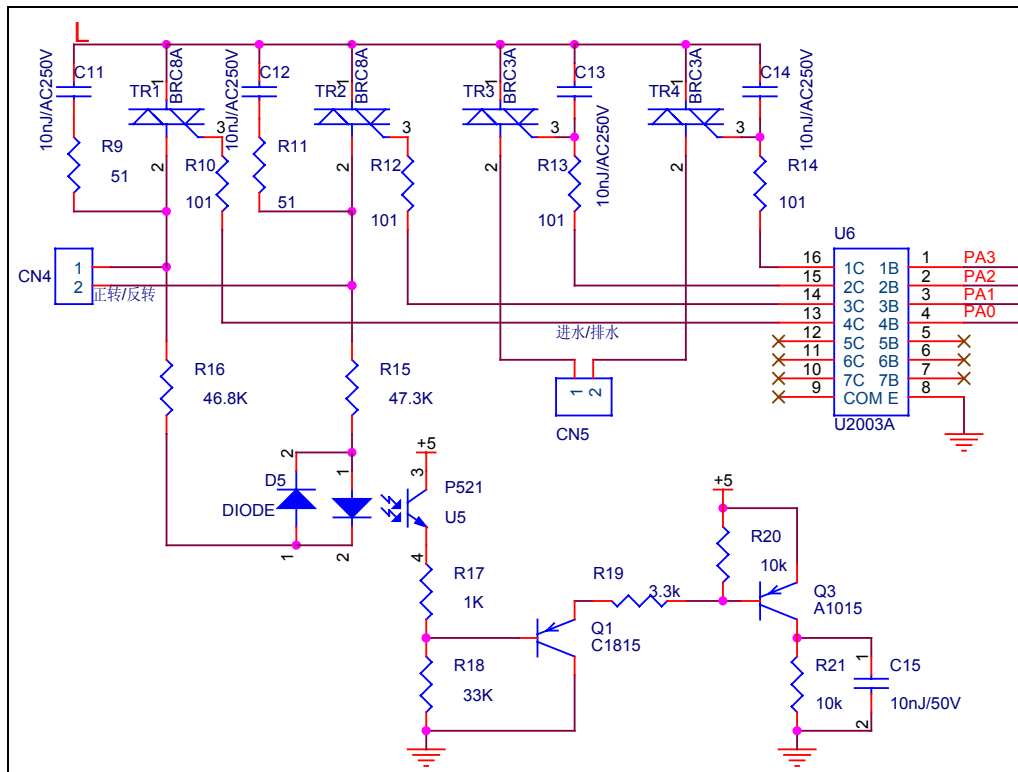


图178

电机反馈电路：依据电机反电动势原理测量电机速度 R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, D5, U5, Q1, Q3 组成。通过实验发现衣量，衣质的信息会在电机由转动掉电后电机反电势反馈经整型后的波形上反映出来，具体如下：

衣量测量：衣物放入洗衣机内，电机正，停，反，停 4 次（共 8 秒）衣量模糊量由电机反馈产生的脉冲个数来确定。曲线图如下：

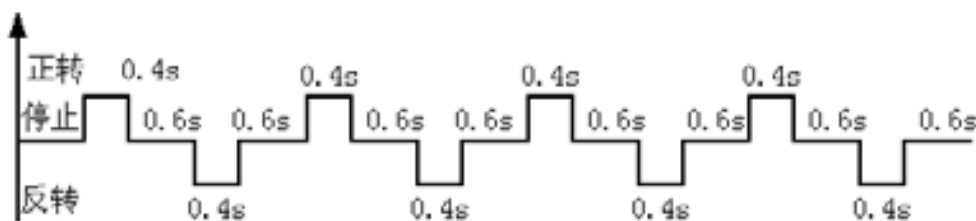


图179

衣质测量：进一定量水后，电机按如下曲线运行，在此期间测量衣质模糊量。衣质模糊量由衣物吸水量和电机反馈波形的占空比的信息来确定：

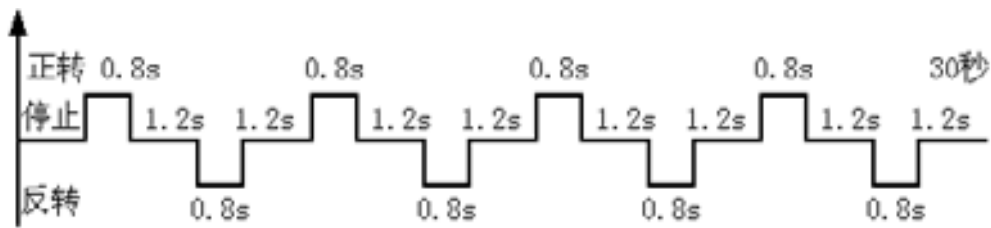


图180

控制电路：电机的正反转由双向可控硅控制，进水，排水由双向可控硅控制电磁阀。

3 LED 显示，键盘扫描，红外接口略。

5.17.5 模糊控制

1、各模糊量的论域：

水位 {0,1,2,3,4,5,6,7,8,9}

吸水量（水位差）{0, 1, 2}

衣量{0, 1, 2, 4}

衣质{0, 1}

2、隶属函数：通过大量洗衣标准测试实验数据，模糊子集的隶属函数。

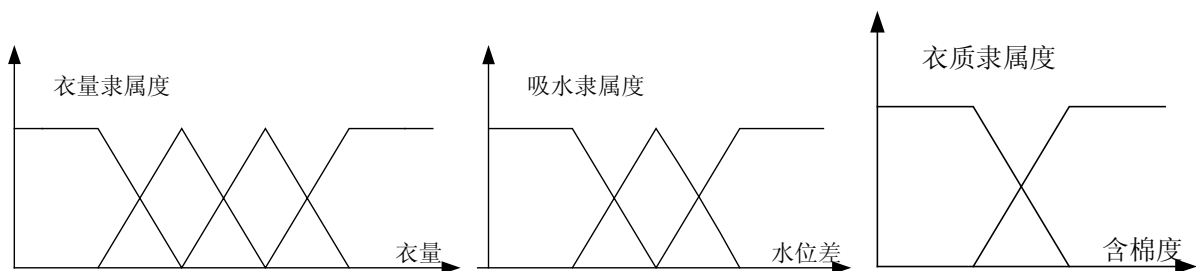


图181

3、水位传感器水位与频率的关系如下表：

（传感器在水位两端非线性）

频率(KHz)	20. 00	20. 66	20. 90	21. 10	21. 26	21. 46	21. 66
状态	溢水位	10	9	8	7	6	5

频率(KHz)	21. 82	22. 10	22. 48	22. 68	23. 82	24. 00
状态	4	3	2	1	复位水位	正常状态

4、水位模糊控制规则表：

衣量	0	1	2	3
水位	4	6	8	10

5、洗涤水流量对应的水流表：

洗涤水流量	0	1	2	3	4	5	6
转（s）	6	2	0	2	2	0	5
停	0.8	0.8	0.8	1.2	1.6	1.6	1.8

6、洗涤时间量对应的时间表：

洗涤时间量	0	1	2	3	4	5	6
洗涤时间（m）	7	9	12	13	14	15	16

7、洗涤水流模糊控制规则表：

衣质量		0			1		
吸水量	0	0	0	1	2	2	3
	1	0	1	2	2	3	4
	2	0	2	3	2	3	5

8、洗涤时间模糊控制规则表：

衣质量		0			1		
吸水量		0	1	2	0	1	2
水位	1,2	0	0	1	1	1	2
	3,4,5,6	1	2	3	3	3	4
	7,8,9,10	3	4	5	5	5	6

5.17.6 软件结构设计

有关数字语音技术，在本书之前章节中已介绍如何用凌阳音频编码方法进行语音压缩算法，这里就不对此进行叙述。

软件采用软总线结构：命令字和地址字在总线上流动（在运行中改变），每个模块都有一个地址，如果总线上的地址和模块的地址相同，就依据命令字执行该模块的运行。

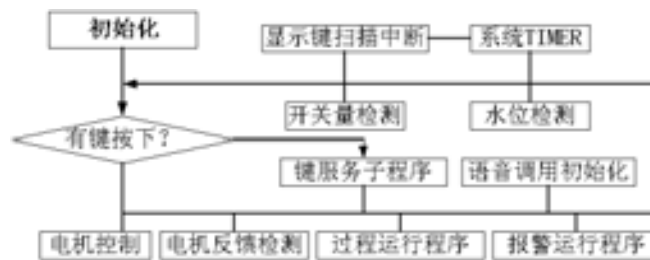


图182

5.18 SPT6608A 在短消息电话机中的应用

随着中文短信息逐步为大家所熟知，短消息的使用者正越来越多，使用量正越来越大，应用范围正越来越广。人们发送短信息已不仅仅是信息传递，还有购物、娱乐、广告、证券、旅游等方方面面的功能。中文短信息，正以其特有的快捷和方便，影响到人们日常生活的许多方面。特别是中国电信推出固网短信业务后，更使中文短信应用扩大到 2 亿户的固定电话用户。

基于这种形势，凌阳公司推出了为固网短信电话量身定做的单芯片解决方案——SPT6608A。由于片上集成了 A/D、D/A、DTMF 产生电路、LCD 模块接口、IrDA/UART 接口、振铃检测、低电压检测等功能，从而可大幅节省成本，提高性价比。

5.18.1 功能描述

1、话机常用功能

1) 接听电话

用手柄接听：提起手柄，即可与对方通话，通话完毕，放回手柄，表示恢复挂机状态。

用免提接听：响铃时，按一下“免提”键即可与对方通话，通话完毕后再按一下“免提”键，恢复挂机状态。

手柄转免提：用手柄通话时，按一下“免提”键，显示屏显示“免提”放下手柄即可继续用免提通话，通话完毕按一下“免提”键，恢复挂机状态。

免提转手柄：用免提通话时，拿起手柄，即可以用手柄继续通话，通话完毕，放回手柄，恢复挂机状态。

2) 拨打电话

使用手柄打电话：提起手柄，听到拨号音后，即可进行拨号，显示屏显示拨打号码，6 秒后即转入通话计时显示。听到回铃音表示被叫方电话已响铃，静候对方摘机通话，通话完毕，放回手柄，恢复挂机状态，这时拨出的号码及通话时间已被存入去电存储区。

使用免提打电话：按一下“免提”键盘，显示屏显示“免提”，听到拨号音后，可按键拨号，通话完毕按一下“免提”键，恢复挂机状态，拨出的号码及通话时间已被存入去电存储区。

3) 重拨

当打电话遇忙音（占线）时：按“重拨”键，话机就会自动重拨前一次所拨的电话号码。

4) 挂机预拨号

挂机预拨号功能：为了预防拨错电话号码可在挂机关态下，按数字键输入想拨的号码（如输错可按“删除”键逐位删除后重输），确定无误后，按“重拨”键，话机自动摘机并拨出。

5) 音乐保留

在摘机状态，按“HOLD”键进入音乐保留状态，同时保留音乐响起，此时可放下听筒，如：

(1)、再摘机时，则保留音乐停止，自动进入通话状态。

(2)、再一次按“HOLD”键，保留音乐停止，进入通话状态。

2、来电显示

在当地电信局申请开通来电显示（FSK 或 DTMF 制）服务，本机便有来电显示功能。

1) 来电显示/记忆

在收到 FSK 来电后，话机自动显示来电号码，同时显示来电的日期，时间，并记录这是第几个来电，显示屏同时显示来电序号。

2) 来电的查询

按“上翻”或“下翻”键可向前或向后查询来电信息，每按一次，查询一组来电的号码、日期及时间，当翻查到第一组时再按“上翻”或“下翻”键可循环查询，若无来电信息，按“上翻”或“下翻”键不做任何操作。

3) 来、去电的回拨功能

在查询状态时，若查到要拨的号码，按“重拨/回拨”键即可拨出。

4) 来、去电的信息号码的删除功能

在查询状态时，若查到要删除的号码，按“删除”键，则删除此组号码。

3、收发短消息功能

1) 设置服务中心号码

在待机状态下，按 FUNCTION 键进入主菜单，在主菜单下按上翻键或者下翻键选择短消息。按 OK 键进入短消息的下级菜单，用下翻键选择“服务中心号码”，按 OK 键进入服务中心号码设定状态，输入中心号码后，按 OK 键返回上级菜单。服务中心号码设定完毕。

2) 信息下传

在待机状态下，短消息中心向终端发送信息。终端接收到短信后显示“接收/存储数据”接收完后返回待机状态，待机界面显示闪烁的小信封说明收到新信息。

3) 信息查阅

在待机状态下，按 FUNCTION 键进入主菜单，在主菜单下按上翻键或者下翻键选择短消息。按 OK 键进入短消息的下级菜单，此时可以看到信箱 0---信箱 3 以及订阅 5 个信箱。按上翻或者下翻进行选择进入的信箱，然后按 OK 键进入信箱中。当有新消息时显示未开的小信封以及消息的来源号码。用上翻或者下翻键选择短信按 OK 键阅读短信内容。当短信内容超过一屏时，可用下翻键阅读下一屏，若想返回看上一屏按上翻键即可。阅读之后按 CANCEL 键返回上级菜单。小信封此时为打开状态。信箱中若无信息，则显示没有信息，两秒后自动返回上级菜单。

4) 信息删除

在阅读信息状态下，按 DEL 键后显示提示语句：“删除？”确定要删除信息按 OK 键即可删除正在阅读的信息。

5) 信息上传

在待机状态下，按 FUNCTION 键进入主菜单，在主菜单下按上翻键或者下翻键选择短消息。按 OK 键进入短消息的下级菜单，此时可以看到“新消息”，按 OK 键进入信息的编辑状态用全拼输入法输入要发送的信息内容，按 OK 键选择具体的汉字，输入完毕后按 OK 键确定要发送信息，界面提示“发送？”后按 OK 键确定发送。此时界面显示：“收信人号码：”您只要在这里输入收信人的号码即可，输入完毕后按 OK 键话机将自动将您要发送的信息进行上传。信息发送后话机自动返回待机状态。

6) 信息点播

在待机状态下，按 FUNCTION 键进入主菜单，选择“家家 e……”，然后按 OK 键，此时话机自动与中心进行交涉，当为单选时，用户选择输入的内容用 OK 键确定输入并发送。当是多选时用户选择输入的内容用 OK 键确定输入，按 STORE 键发送选定的内容。当为确定何不确定输入时，按 OK 键发送确定输入，按 CANCEL 键发送不确定输入。

4、其它功能

1) 液晶显示亮度调节

挂机状态下按“STORE”键可实现亮度调节功能。亮度共有 16 个等级可选。

2) 防盗打功能

把本机上侧的防盗开关拨至 ON（开）的位置，这时如果有人在该机外线并机盗打，本机会不断地自动发出“*、#”字干扰交换机，从而达到防盗的目的。

注：当使用本机作分机或把本机接在电压低于 24V 的线路上使用时，都要把防盗开关拨至 OFF（关）的位置。

5.18.2 系统组成

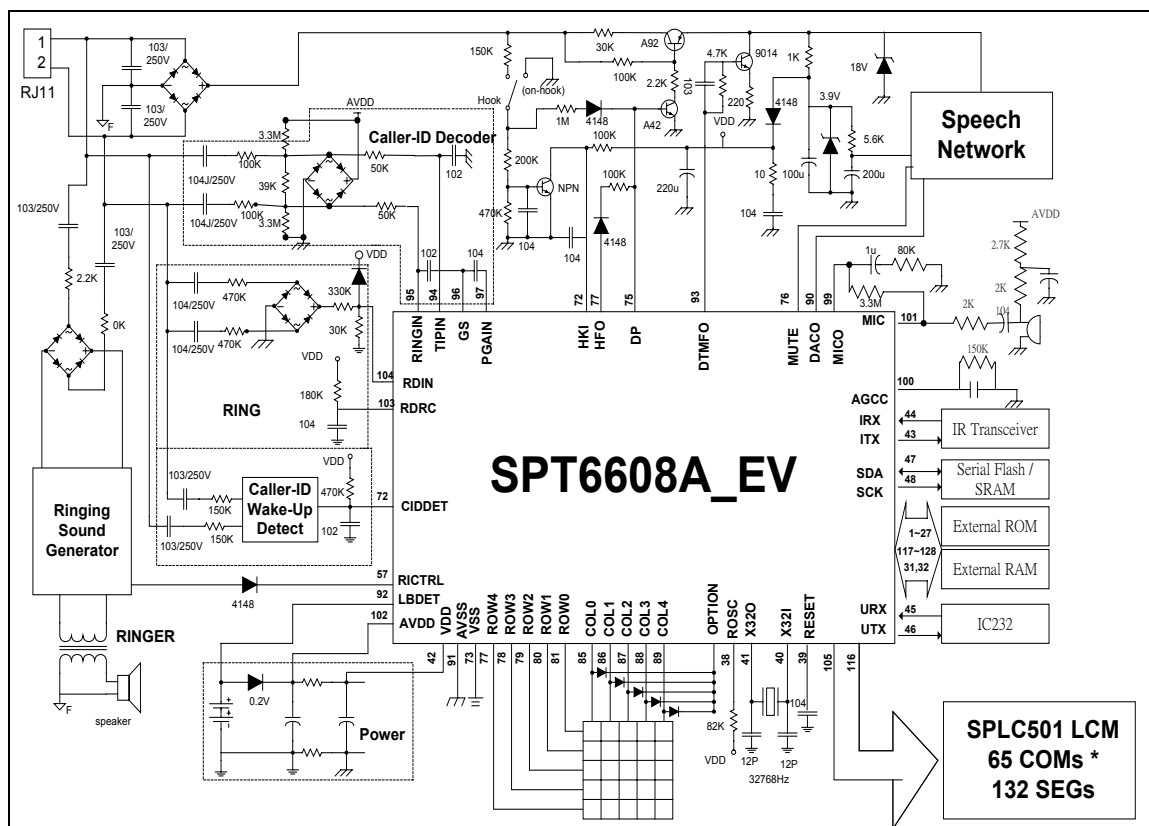


图 183

5.18.3 软件设计

程序总体上按照模块化程序设计思想完成，将程序分为初始化、键扫描程序、显示进程、自动摘机进程、键分析进程、来电解码及短信处理进程、拨号进程、记忆拨号进程、播放音乐进程等几个部分。

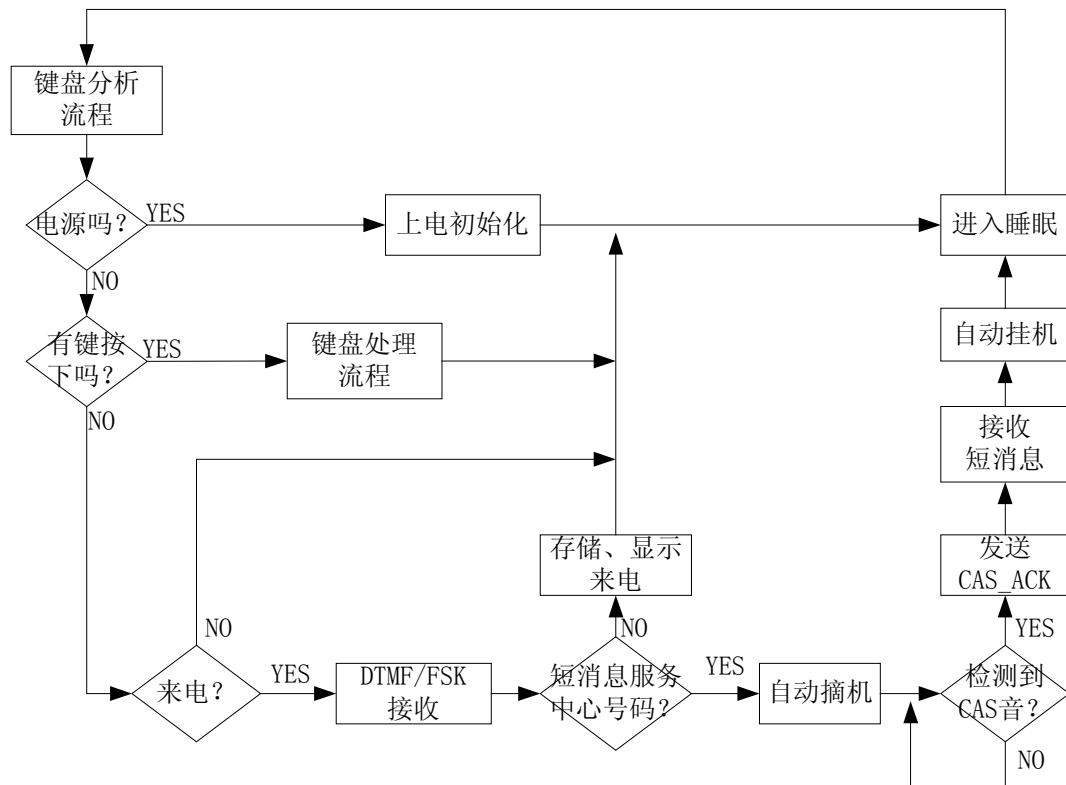


图 184 系统框图

1、初始化

初始化分为上电初始化和唤醒初始化两种情况，程序根据 P_WakeUpClr 的值来判断是上电操作还是唤醒操作，若是上电则清除所有用到的 RAM 区，设置中断源，进行初始化操作等；若是唤醒，判断唤醒源是键唤醒、2Hz 唤醒或定时器溢出唤醒等，根据唤醒源的不同进行不同的初始化操作。

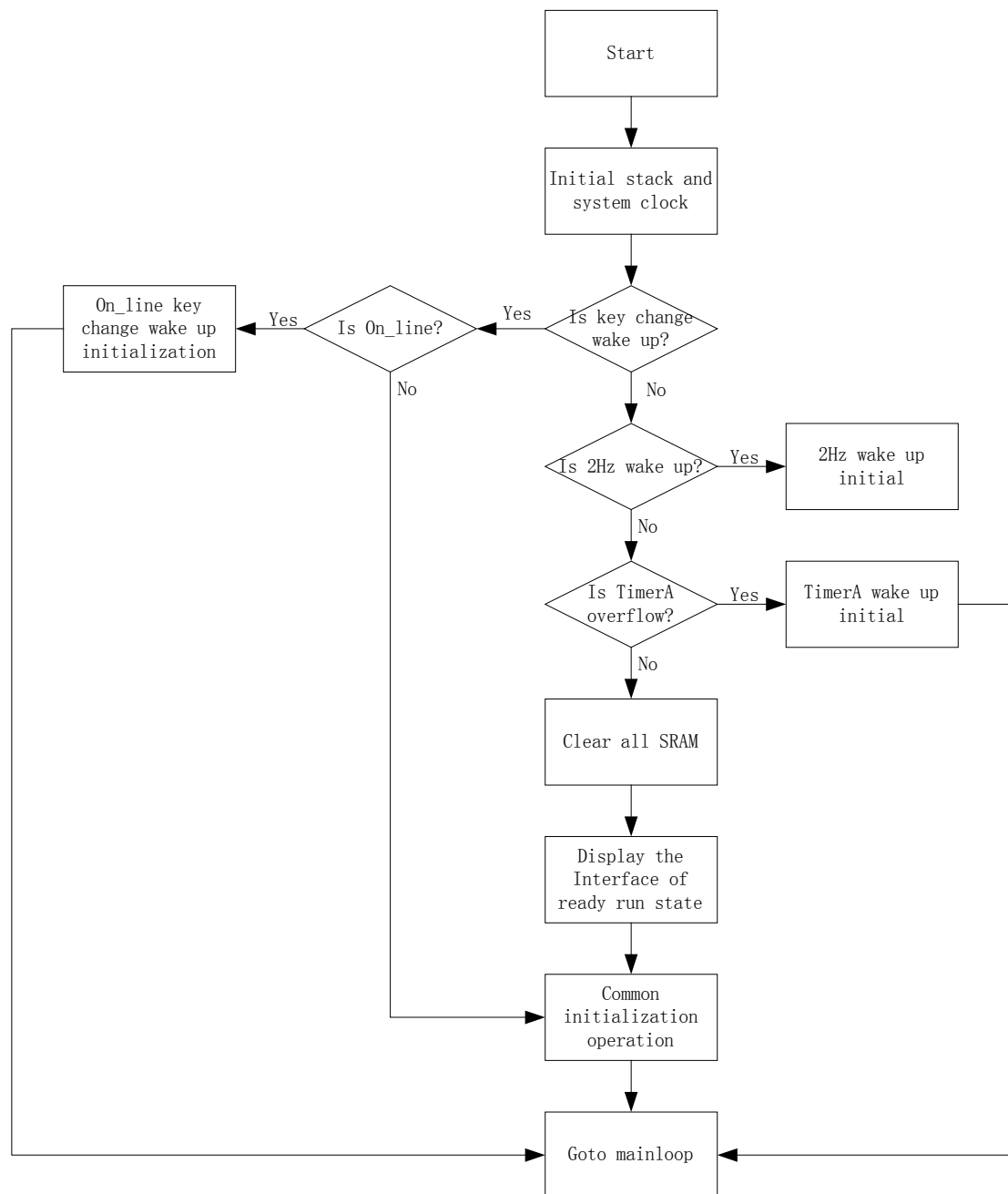


图 185 初始化流程图

2、键扫描程序

主要实现键盘扫描功能。键盘采用 5×5 行列式键盘，扫描方式采用逐行扫描。扫描时进行消抖处理，并能记录按键状态，扫描后转换为键值输出。

工作过程如下：程序上电或唤醒后，初始化程序调用 F_StartKeyScan 进行键扫描初始化，清除 keyready 标识，清除消抖定时器，清除键状态缓冲区，设置开始扫描行；扫描时，先读出 A 口的值，消抖后再次读 A 口的值，并比较两次值是否相同，若相同则作为有效键入保存，否则丢弃。当所有行都扫描完毕后，根据扫描数据转换为键值并存入键值缓冲区。

键扫描过程中没有清除键状态，两次按下同一键之间必须扫描到没有按键的状态。

扫描按键的同时扫描话机设置选项。

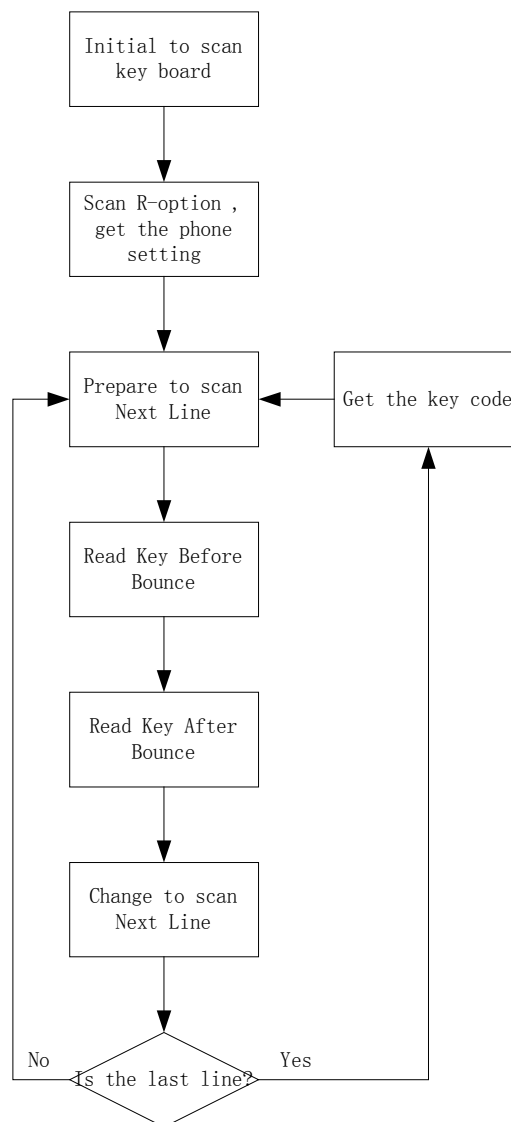


图 186 键盘扫描流程图

3、显示进程

本程序利用进程的方式来管理和协调各种信息在 LCD 上的显示，主要在点播过程中协调显示下载的

菜单及提示信息。主要功能如下：

- 1)、显示待机界面，显示拨号功能；
- 2)、显示普通短消息，支持翻页键（Up、Down）进行上下翻页，取消键（Cancel）退出显示，删除键（Delete）删除信息等功能；
- 3)、显示订阅短消息，支持翻页键（Up、Down）进行上下翻页，取消键（Cancel）退出显示，删除键（Delete）删除信息等功能；
- 4)、显示下传的选择菜单，包括单选、多选菜单的显示，支持翻页键（Up、Down）进行上下翻阅，确定键（Ok）选定选项，取消键（Cancel）取消选定，Store 键发送数据等功能；
- 5)、显示确定输入的提示信息；
- 6)、显示不确认询问的提示信息；
- 7)、刷新显示不确定输入中数字数据的输入；
- 8)、刷新显示不确定输入中字符数据的输入；

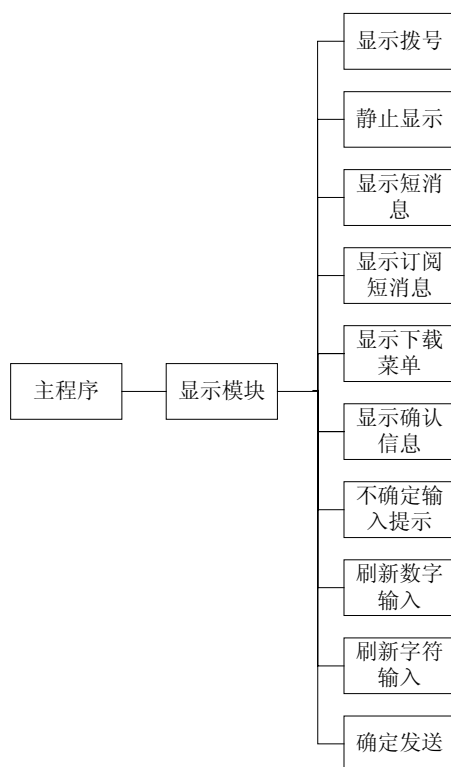


图 187 显示进程框架图

5、键分析进程

本进程主要功能为根据用户按键操作进行话机各种运行状态之间的转换，包括摘机、免提、来电、挂机状态下的各种操作以及处理按键唤醒。上电可理解为一个特殊按键来处理。

- 1、 完成上电初始化操作，包括初始化 LCD、设置系统时间、初始化实时时钟以及各种运行状态等。
- 2、 根据程序运行状态分析键值，并根据键值的不同设置各进程的状态，完成各种不同的操作。
- 3、 等待键盘扫描结束后转入睡眠状态。
- 4、 处理摘机转免提功能，用户在摘机状态下按下免提键程序即进入本程序处理，用户放下话筒进入免提状态，再次按下免提键进入摘机状态。按下 Hold 键进入音乐保持状态 1。
- 5、 话机处于免提通话状态，在此状态下用户拿起听筒则进入摘机通话状态；按下免提键则挂断电话，处于离线状态；按下 Hold 键进入音乐保持状态 2。
- 6、 音乐保持状态 1，用户放下听筒则进入音乐保持状态 2，按下免提键进入摘机转免提状态 (F_StayAtHandFree01)。
- 7、 音乐保持状态 2，用户拿起听筒进入摘机通话状态 (F_StayAtOffHook)，按下免提键进入免提通话状态 (F_StayAtHandFree02)。
- 8、 摘机通话状态，用户放下听筒挂断通话，进入离线状态；按下免提键进入摘机转免提状态 (F_StayAtHandFree01)；按下 Hold 键进入音乐保持状态 1。
- 9、 实现离线状态下按 Up、Down 键上下翻查接收到的来电号码。
- 10、 离线状态下按 Cancel 键查看拨出的号码。
- 11、 翻查来电过程中按下 Delete 键删除当前显示来电号码。

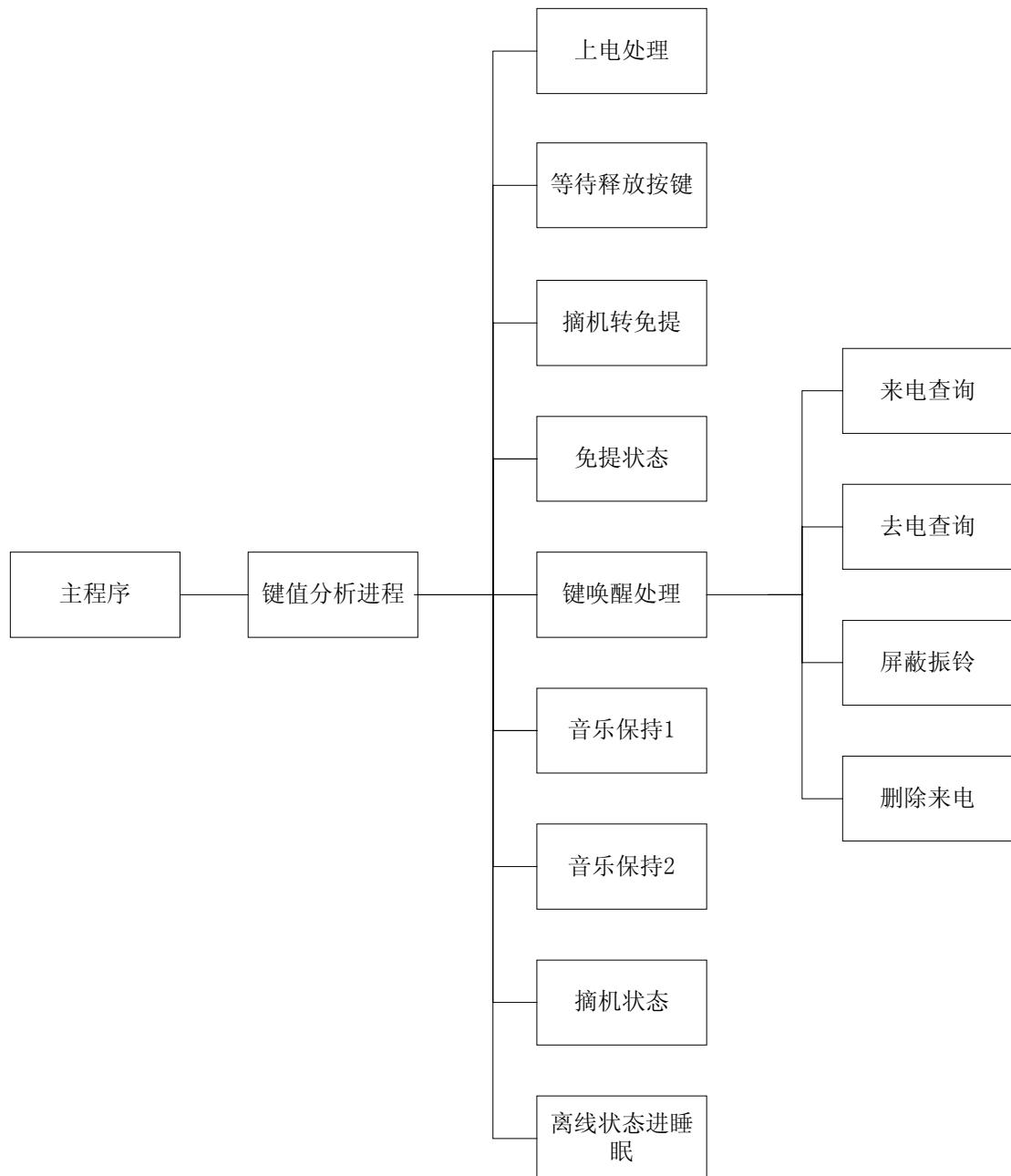


图 188 键分析进程框图

6、来电解码及短信处理进程

本进程主要功能为接收并存储来电显示号码，管理菜单显示与汉字拼音输入法等。

话机来电唤醒，进行必要的初始化后即进入本进程进行来电解码与分析。首先进入程序 F_CidWakeUp，初始化接收程序，开始接收来电号码。接收完毕后，判断来电是 DTMF 制式或 FSK 制式，

然后根据信号制式进行信息分析，并将来电信息转换为十进制数据，存放于 CidBuf。将接收到的号码与设置的短消息中心号码进行比较，若相同则转入接收短消息，不同则存储来电号码，并将来电显示在 LCD 屏幕上。

菜单显示管理程序采用逐级查表的方式。当程序进入菜单运行状态后，用户键入由程序 F_Card_GetKeyIn 进行处理，将结果存入 Menu_Input_Quence 中，菜单管理程序根据用户的输入显示相应的菜单或执行某种功能程序。

汉字拼音输入法程序也采用查表的方式，根据用户的输入数据查找数据表格。若用户没有选定汉字，程序将根据用户输入数据显示输入界面，显示备选的拼音及汉字；若用户已经选定了某个汉字，程序则将该汉字存入缓冲区，并显示在屏幕编辑区域。

程序判断有下传短消息时，由 F_PreRxSMS 使能短消息接收程序，开始接收短消息，接收完毕后判断校验和，若接收正确则转入其他程序分析短消息，若不正确则上传接收错误报告，重发上一个包

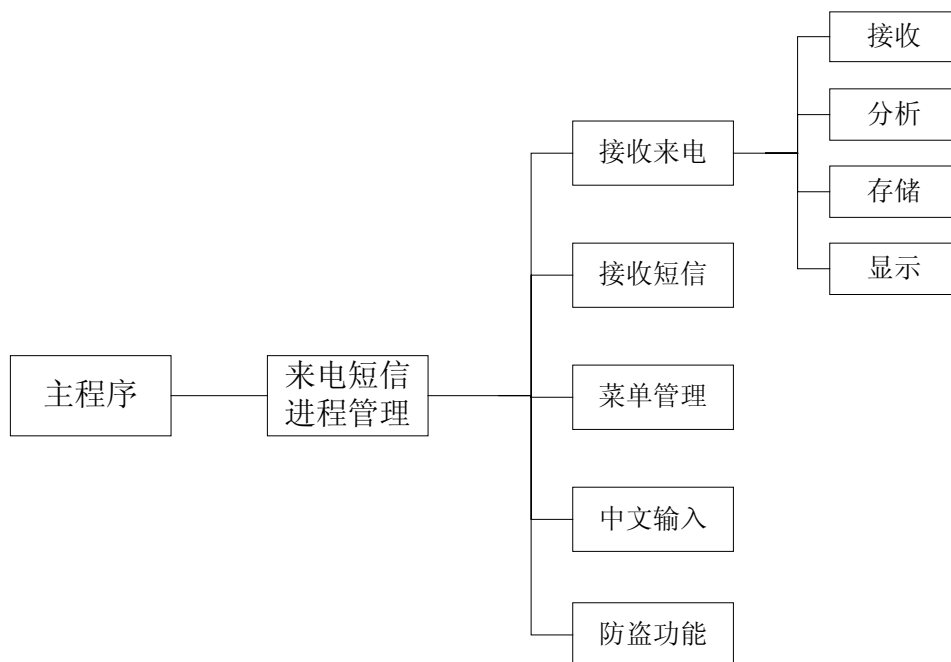


图 189 来电短信进程框图

附：

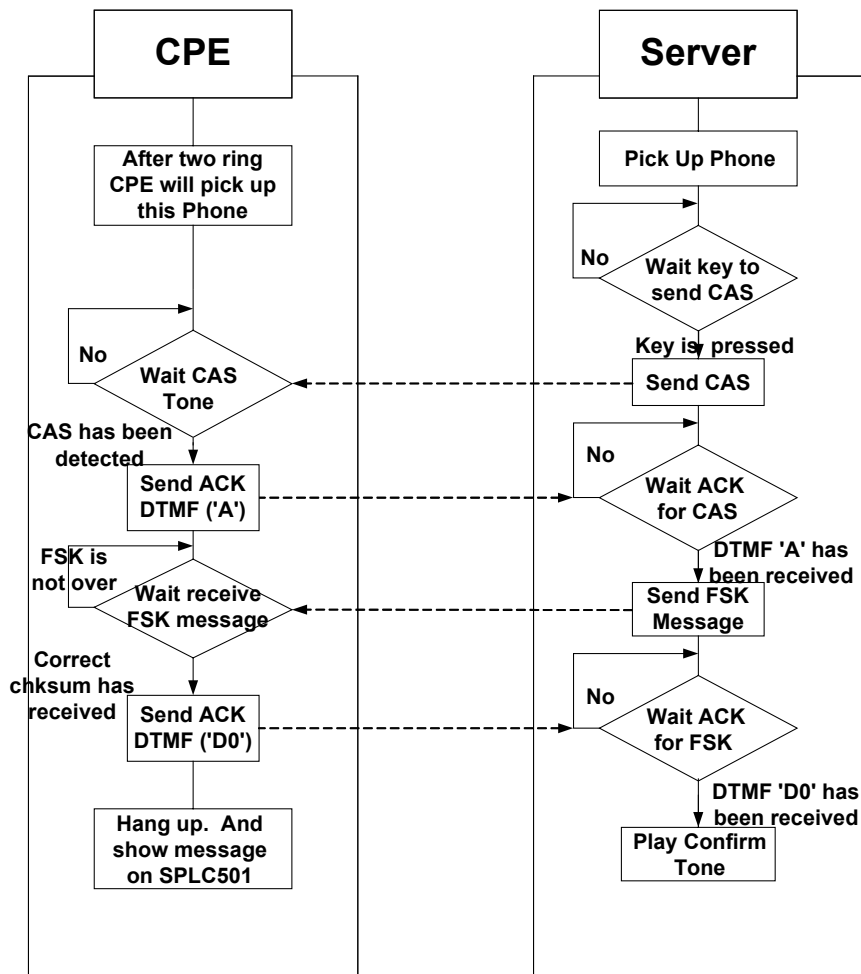


图 190 交互时序图