

基于 MSP430F449 单片机开发板的 数码录音机设计与实现

李蜀娴, 汤书森, 李冬冬

(兰州大学 信息科学与工程学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要:介绍了基于 MSP430F449 及 ISD4004 芯片如何实现单片机开发板的低功耗数码录音机。完成了 MSP430 单片机开发板的设计和 MSP430F449 与 ISD4004 芯片的通讯与接口控制设计及编程。

关键词:MSP430F449 开发板; 数码录音机; ISD4004; SPI 接口

中图分类号:TP334.7

在数字化信息技术迅猛发展的今天, 语音信息的数字化处理也得到了广泛的发展和运用。MSP430 系列单片机是美国德州仪器(TI)1996 年开始推向市场的一种 16 位超低功耗的混合信号处理器, 其把许多模拟电路、数字电路和微处理器集成在一个芯片上, 以提供“单片”解决方案。MSP430 系列微控制器, 特别适合于电池应用的场合, 而且该系列将大量的外围模块整合到片内, 也特别适合于设计单片系统。MSP430 有丰富的不同类型器件可供选择, 给设计者带来很大的灵活性。MSP430 单片机开发板是以 MSP430F449 为核心芯片, 并集成了诸如 RS232、RS485 和 SPI 等各种接口电路及 IC 芯片, 配合 JTAG 工具和仿真软件 IAR Embedded Workbench, 可方便地进行 MSP430 单片机通用集成模块的实验和仿真。

ISD4004 芯片无需 A/D 转换和压缩就可以直接储存, 没有 A/D 转换误差, 具有可多次重复播放、存储时间长、使用时不需扩充存储器、所需外围电路简单等优点。利用 ISD4004 语音芯片和单片机 MSP430 单片机设计的系统, 实现录音、存储和放音功能。加上外接输入和输出端口, 通过系统功能模块各部分的连接及软硬件设计, 可以实现数字化语音的存储和回放。通过外部设备的扩展, 可以提高产品的应用领域。如, 公交报站和汽车倒车提示等。

1 介绍 MSP430 开发板

1.1 MSP430 开发板结构

MSP430 开发板以 MSP430F449 为核心, 配合 FET 仿真调试和编程工具, 可方便地实现开发、在线调试与编程下载。

MSP430 开发板集成了丰富的接口电路与模

块, 具体如下:

- * 点阵 LCD12864 一块, 8 位七段数码管一组;
- * MSP430F449 一片, EEPROM 一片;
- * A/D 转换接口(12 位);
- * RS-232、RS-485、M_BUS、USB 接口和 4 × 4 行列式键盘。

MSP430 全部引脚用插座引出, 并通过 DIP 开关选择是否与外部电路相连, 方便使用者自行将扩展模块与单片机相连或用板上引出的引脚与自己的外围电路实现二次开发。

1.2 MSP430F449 结构与特点

MSP430 开发板以 MSP430F449 为核心, MSP430F449 是 MSP430 系列中功能较多的一款 MCU。强大的处理能力 MSP430 系列单片机是一个 16 位的单片机, 采用了精简指令集(RISC)结构, 具有丰富的寻址方式(7 种源操作数寻址、4 种目的操作数寻址)、简洁的 27 条内核指令以及大量的模拟指令; 大量的寄存器以及片内数据存储器都可参加多种运算; 还有高效的查表处理指令; 有较高的处理速度, 在 8MHz 晶体驱动下指令周期为 125ns。这些特点保证了可编制出高效率的源程序。丰富的片上外围模块 MSP430 系列单片机的各成员都集成了较丰富的片内外设。MSP430 系列单片机的这些片内外设为系统的单片解决方案提供了极大的方便。

在运算速度方面, MSP430 系列单片机能在 8MHz 晶体的驱动下, 实现 125ns 的指令周期。16 位的数据宽度、125ns 的指令周期以及多功能的硬件乘法器(能实现乘加)相配合, 能实现数字信号处理的某些算法(如 FFT 等)。

MSP430 单片机之所以有超低的功耗, 是因为其在降低芯片的电源电压及灵活而可控的运行时钟

方面都有其独到之处。MSP430 系列单片机的中断源较多,并且可以任意嵌套,使用时灵活方便。当系统处于省电的备用状态时,用中断请求将它唤醒只用 6μs。

1.2.1 特点

(1)低工作电压:1.8~3.6V,5 种节电模式,从待机到唤醒不到 6μs。

(2)超低功耗:活动模式 280uA,1MHz,2.2V;

待机模式 1.1uA;掉电模式 0.1uA。

(3)12 位 A/D 转换器带有内部参考源、采样保持、自动扫描。

(4)2 个串行通信模块 USART0/1,可软件选择 UART/SPI 模式,先串行编程,不需外部编程电压。

(5)FLASH 存储器多达 60kB,RAM 多达 2kB。

1.2.2 结构

MSP430F449 的结构,如图 1 所示。

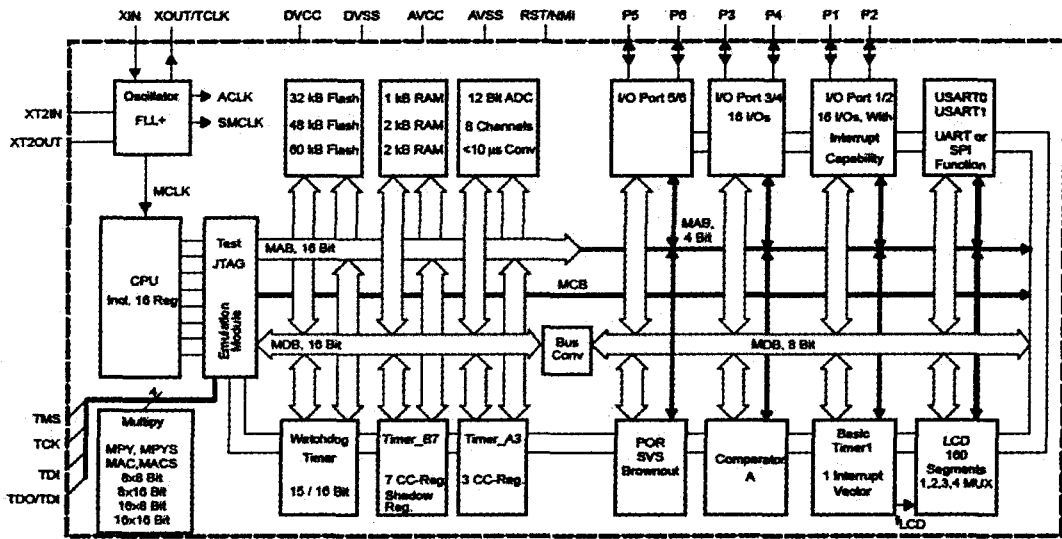


图 1 MSP430F449 的结构

1.3 MSP430 集成开发调试环境 IAR Embedded Workbench

MSP430 的开发软件较多,但常用的或方便的还是 IAR 公司的集成开发环境:IAR 系统嵌入式 Workbench 以及调试器 C-SPY。IAR 嵌入式工作台 Embedded Workbench 为开发各种不同的目标处理器的项目提供强有力的开发环境。IAR 嵌入式工作台 Embedded Workbench 被专门设计成能适合常用的软件开发项目的组织方式。设计者可能需要开发适合于不同版本目标硬件的应用程序的相应版本,但这些相应版本的应用程序可能有相同的部分源文件,那么使用项目管理方式就很方便。设计者只需要维护唯一的副本,就可以对应用程序的每一个版本进行改进。嵌入式工作台适合于维护用于建造应用程序的所有版本的源文件,允许设计者以树状体系结构组织项目,能一目了然地显示文件之间的依赖关系。

在树状结构中,目标位于最高层,它规定了设计者想要建立的应用程序的不同目标版本。对于一般的简单应用,可能只需要两个目标:DEBUG(调试)和 RELEASE(发布)。较为复杂的项目还可能有其

他的目标。每一个组将一个、多个相关的源文件组合起来,每一个组有可能被包含在一个或多个目标之中。每一个源文件也可能被包含在一个或多个组中。当设计者使用项目(PROJECT)工作时,总有一个选定的当前目标(CURRENT TARGET)在项目窗口中,只有作为该目标成员(MEMBER)的组以及它们所包含的源文件才能被真正建立并由此产生目标代码。项目的树状结构,如图 2 所示。

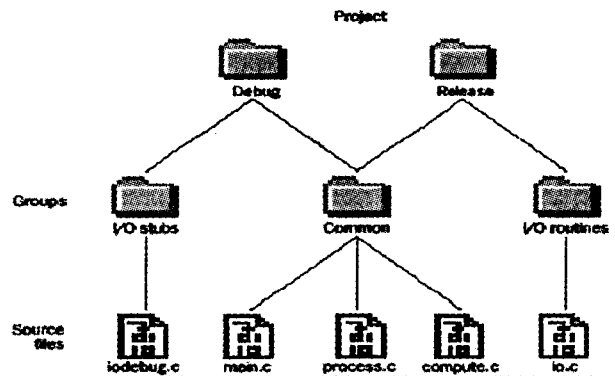


图 2 项目的树状组织结构

2 数码录音机的设计

2.1 传统的语音录放需要经过如下过程

语音信号经过设备接受后转化为模拟电信号,通过前置放大器把语音信号放大,通过带通滤波之后,去掉干扰,再经过自动增益控制和 A/ μ 压缩电路净化输入的模拟电信号,而后经 A/D 转换器转换为数字信号,由控制器对其进行处理和存储,之后再由 D/A 转换为模拟信号,达到放音的目的。本系统采用了 ISD4004 语音芯片,该芯片自带 A/D 转换和压缩功能,直接把声音信号存储在芯片内的闪存寄存器中,MSP430F449 通过 SPI 对其控制,达到系统的设计目的。

串行外围设备 SPI 总线技术是一种同步串口接口,具体的 3~4 线接口,收发独立、可同步进行,其硬件功能很强。所以,与 SPI 相关的软件相当简单,SPI 总线上可以连接多个可作为主机的 MCU(微控制器)。

ISD4004 系列语音芯片是美国 ISD 公司采用直接模拟量存储技术推出的语音录放器件,该芯片采用了直接模拟量存储技术,将语音信息通过多级存储技术以接近原始模拟量的形式存储,声音信号无需进行 A/D 转换和数据压缩就可以直接存放,录制的声音失真小,音质好,无背景噪声。而录制的声音信号在播放时也无需 D/A 转换和语音合成等复杂的数字信号处理过程。

ISD4004 工作于 SPI 串行接口。SPI 协议是一个同步串行数据传输协议,协议假定微控制器的

SPI 移位寄存器在 SCLK 的下降沿动作,因此,对 ISD4003 而言,在时钟止升沿锁存 MOSI 引脚的数据,在下降沿将数据送至 MISO 引脚。协议的具体内容为。

(1)所有串行数据传输开始于 SS 下降沿。

(2)SS 在传输期间必须保持为低电平;在两条指令之间则保持为高电平。

(3)数据在时钟上升沿移入,在下降沿移出。

(4)SS 变低,输入指令和地址后,ISD 才能开始录放操作。

(5)指令格式是(5 位控制码)加(11 位地址码)。

(6)ISD 的任何操作(含快进)如果遇到 EOM 或 OVF,则产生一个中断,该中断状态在下一个 SPI 周期开始时被清除。

(7)使用“读”指令使中断状态位移出 ISD 的 MISO 引脚时,控制及地址数据也应同步从 MOSI 端移入。因此,要注意移入的数据是否与器件当前进行的操作兼容。当然,也允许在一个 SPI 周期里,同时执行读状态和开始新的操作(即新移入的数据与器件当前的操作可以不兼容)。

(8)所有操作在运行位(RUN)置 1 时开始,置 0 时结束。

(9)所有指令都在 SS 端上升沿开始执行。

2.2 ISD4004 指令,见表 1

ISD4004 操作时序,如图 3 所示。

表 1 ISD4004 指令

指令	5 位控制码 <11 位地址 >	操作摘要
POWERUP	00100 <XXXXXXXXXXXX >	上电;等待 TPUD 后器件可以工作
SET PLAY	11100 < A10 - A0 >	从指定地址开始放音,必须后跟 PLAY 指令放音继续
PLAY	11110 <XXXXXXXXXXXX >	从当前地址开始放音(直至 EOM 或 OVF)
SET REC	10100 < A10 - A0 >	从指定地址开始录音。必须后跟 REC 指令录音继续
REC	10110 <XXXXXXXXXXXX >	从当前地址开始录音(直至 OVF 或停止)
SET MC	11101 < A10 - A0 >	从指定地址开始快进。必须后跟 MC 指令快进继续
MC	11111 <XXXXXXXXXXXX >	执行快进,直到 EOM。若再无信息,则进入 OVF 状态
STOP	0X110 <XXXXXXXXXXXX >	停止当前操作
STOP WRDN	0X01X <XXXXXXXXXXXX >	停止当前操作并掉电
RINT	0X110 <XXXXXXXXXXXX >	读状态;OVF 和 EOM

根据 ISD4004 的时序要求,MSP430F449 设置串口为 SPI 工作模式,发送数据先于串行时钟半个周期建立,数据在时钟上升沿发送。ISD 接收命令字的方式是先地址后命令,且位序从低到高;而 DSP 发送数据方式是先高位后低位,故在 DSP 发送程序中须将待发送地址和命令进行高低位对调。串行时钟(SCLK)由 DSP 主时钟产生。在 DSP 运行于

10MHz 时,设置时钟分频因子为 255,得到约 40kHz 的串行传输时钟,以适应 ISD4004 相对慢速的要求。

2.3 硬件电路设计

话筒放大器对语音输入信号放大,以达到 ISD4004 输入信号要求。使用功率放大器驱动扬声器发出语音。由于 ISD4004 与 MCU 的接口为 SPI 串行方式,只需要少量 I/O 线,这里使用

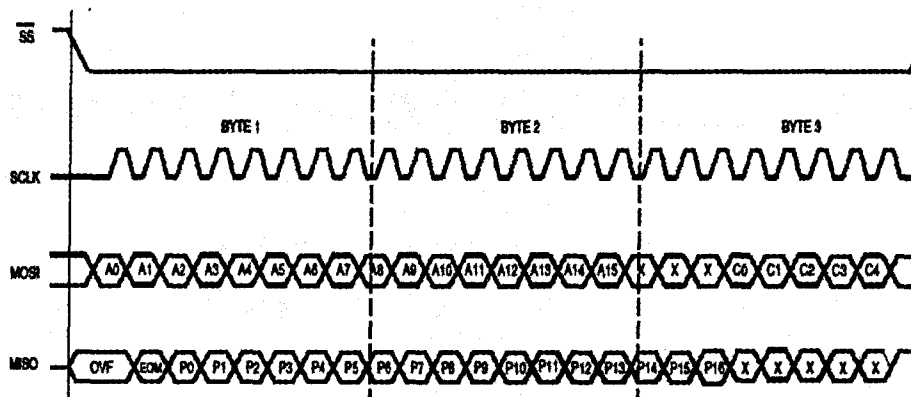


图 3 ISD4004 操作时序

MSP430F449为控制芯片。设置两个按键,录音键与放音键,每个按键第一次按下为启动操作,再次按下为结束操作,停止当前操作。则电路如图 4 所示。其中的所有器件均为 3V 工作,可以使用电池供电。

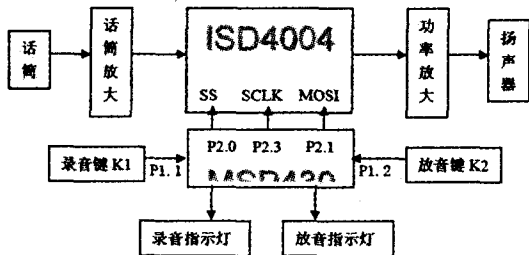


图 4 固体录音机电路框图

2.4 软件设计

操作界面,对整个录音机的操作只有两个按键, K1、K2 对应录音与放音。系统的运行听从两按键的指挥。所以主程序很简单,查询键盘。如果 K1 按下,则录音,如果 K1 再次按下,则停止录音;如果 K2 按下,则放音,如果 K2 再次按下,则停止放音。程序流程,如图 5 所示。

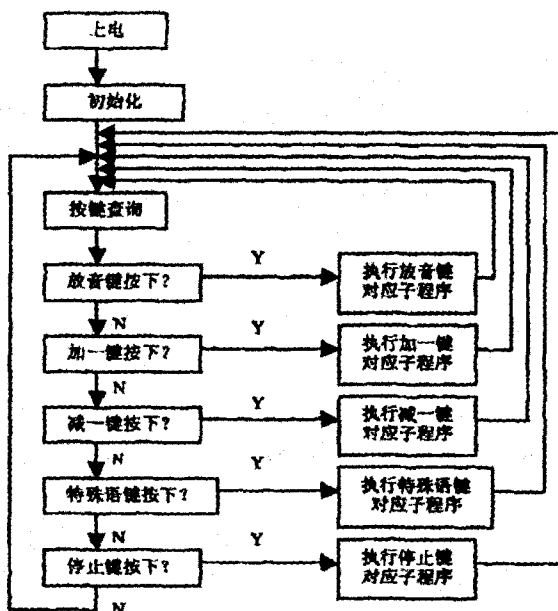


图 5 程序流程

3 结束语

MSP430 单片机开发板拥有丰富的外围模块,基本可以实现 MSP430 单片机的各种具体应用,可以安排以各模块为基础的实验项目,特别适合学习 MSP430 单片机者使用。单片机开发板既可以作为学习工具用,也可以通过其丰富多样的接口设计自己的系统,作为开发工具用,它对提升学生的设计水平和开发应用能力具有积极作用。

参考文献:

- [1] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术与系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] 沈建华. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机实践与系统设计[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [3] 陈斌,施克仁. TMS320VC5402 DSP 与 ISD4004 语音录放芯片的接口设计及其信息管理[J]. 集成电路应用, 2003(7).
- [4] 孟振中. 基于 ISD4004 芯片的语音录放系统设计[J]. 前沿高教视窗,2008(1).