第 3 章 熟悉 ARM 嵌入式教学实验系统

CHAPTER 3

3.1 ARM 嵌入式教学实验系统

嵌入式教学实验系统采用双核处理器架构设计，双核处理器架构是指采用一个 ARM 核及一个 SoC 图像处理核的架构芯片，完成视频采集、H.264 压缩、音频压缩、网络传输以及嵌入式 Linux 操作系统等。如图 3-1 所示为嵌入式教学实验系统实物图。

图 3-1 嵌入式教学实验系统实物图

嵌入式教学实验系统集成了各类物联网功能模块，支持温度/湿度采集、超声波测距、加速度测定等传感器功能，支持音视频采集功能，以及以太网、蓝牙、WiFi 和 ZigBee 多种通信方式。

嵌入式教学实验系统主要由箱体、底板及核心开发板组成，其中核心开发板通过两个 2×40 的母排固定在底板上。进行实验时首先通过一个 220V 转 12V 的电源适配器将实验箱底板与三相电源相连，通过 RS232 串口线连接实验箱和计算机可以在计算机端进行串口调试，底板接上网线可与同一局域网下的其他设备进行数据交互。

3.2 嵌入式教学实验系统的总体设计方案

本嵌入式教学实验系统设计的功能可以分为以下几个主要部分，具体设计框图如图 3-2 所示。

以下是对系统的各个部分的简单说明。

(1) 核心板：本系统采用的 CPU 是主频率为 300MHz 的 TMS320DM365，核心板上能实现视频数据采集编码、音频数据采集编码、网络数据传输等功能。

(2) TF 卡槽：在本系统中用 TF 卡来存储视频数据等。

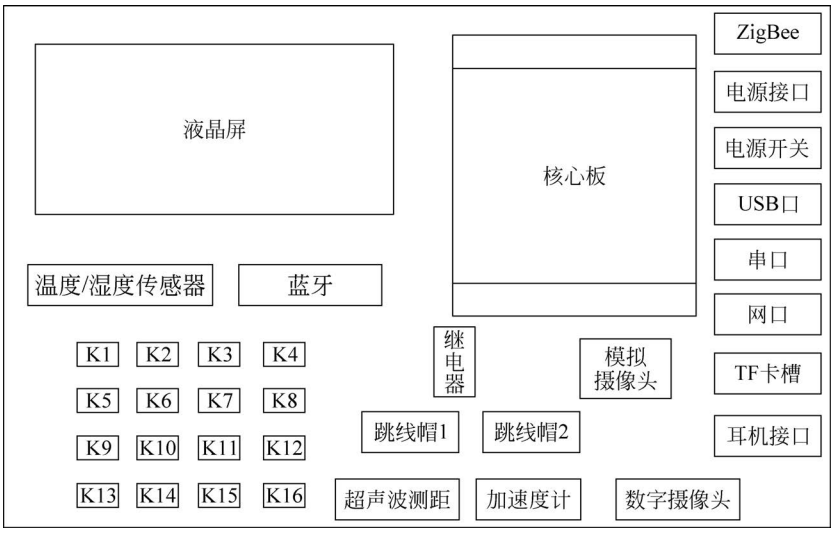

图 3-2　教学实验系统设计框图

(3) 温度/湿度传感器：通过 DHT11 测量本地温度和湿度。

(4) 蓝牙：采用 HM-10 蓝牙模块，主芯片为 TI 的 CC2541 芯片，支持 AT 指令，能够实现短距离内的通信。

(5) 超声波测距：采用 HC-SR04 模块测量障碍物与测距模块之间的距离。

(6) 加速度计：采用三轴传感器 ADXL335 确定运动方式。

(7) 继电器：本系统采用 SRD 继电器。

(8) 电源接口：12V 输入电源，负责给系统的各部分供电。

(9) ZigBee：芯片采用 TI CC2530，ZigBee 也可用于短距离通信。

(10) USB 口：采用 USB Type-A 接口，支持 USB 2.0、USB 3.1 Genl(SuperSpeed USB 5Gbps)和 USB 3.1 Gen2(SuperSpeed USB 10Gbps)数据传输速率。

(11) 串口：采用 RS232 接口，信号线少，传送距离远，可灵活选择波特率。

(12) 网口：采用常用的 RJ45 以太网接口，支持 10Mbps 和 100Mbps 自适应的网络连接速度。

(13) 数字摄像头和模拟摄像头：有数字和模拟两个采集视频的摄像头，可在视频采集界面通过 K16 按键进行摄像头切换。

(14) 液晶屏：摄像头界面和 QT 界面显示在 640×480px 的 LCD 屏上。

3.3　系统核心开发板硬件架构

实验箱核心板的布局如图 3-3 所示。

下面具体介绍所使用的关键芯片与各功能模块。

1. TMS320DM365 芯片

主芯片采用 TI 公司的 TMS320DM365 芯片(以下简称 DM365)，这是一款面向多媒体处理的专用 SoC 架构芯片，其延续了达芬奇家族处理器 ARM＋DSP 的双核架构，集成了 ARM926EJ-S 核和 DSP 核，其中 ARM 处理器核主要负责外设接口的管理和控制，DSP 核则包含一个 H.264 高清编解码协处理器 HD-VICP 和一个 MPEG-4/JPEG 高清编解码协处理器 MJCP，可以支持 H.264/MPEG-4 的高清视频(1080p@15f/s，720p@30f/s)。图 3-4 为 DM365 内部功能结构和对外接口。

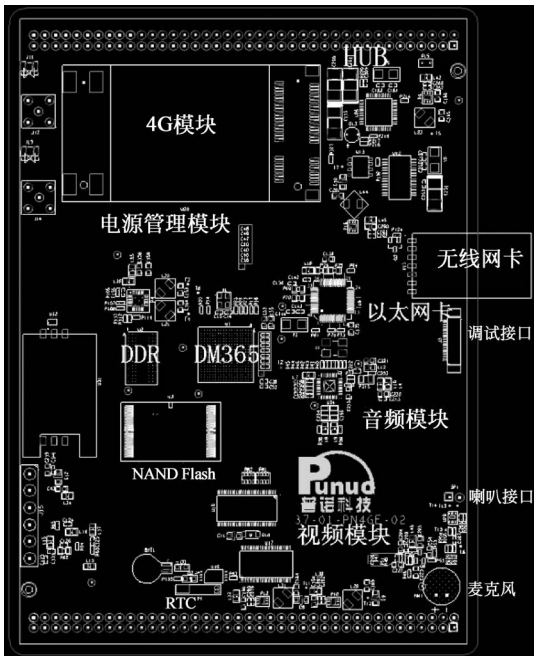

图 3-3　实验箱核心板的布局

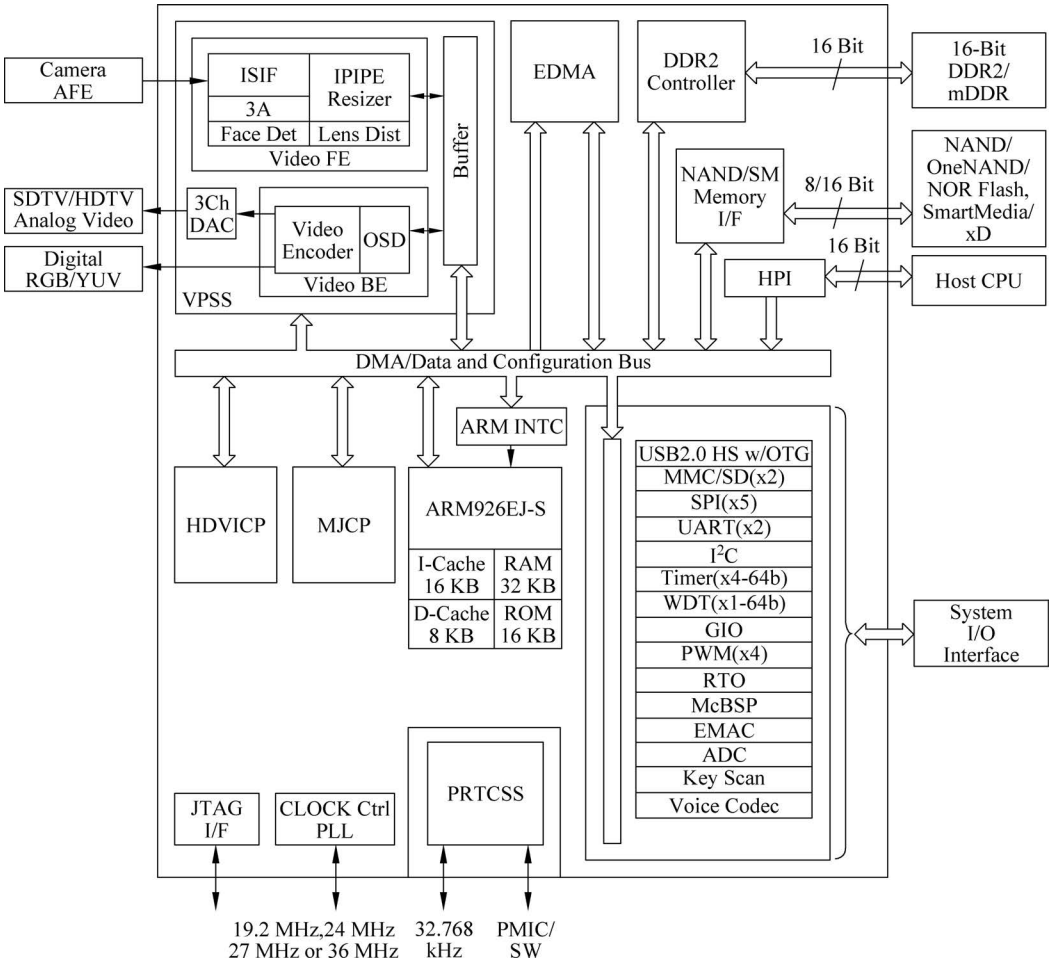

图 3-4　DM365 内部功能结构和对外接口

此芯片的输入输出(I/O)外设也非常丰富,存储接口包括 MMC/SD、DDR2 控制器、NAND/SM 接口等,连接接口包括 10Mbps/100Mbps 以太网口、USB 2.0(High Speed)等,通用 I/O 接口包括 SPI、UART、I^2C 等。

ARM 子系统、视频处理子系统、视频图像协处理器和外设之间通过直接内存读取(Direct Memory Access,DMA)实现。DMA 允许不同速度的硬件在不占用 CPU 的大量终端负载的情况下进行通信。进行 DMA 数据通信时,不需要程序控制,由硬件自动完成。这样在进行大量数据的通信时,减少了系统对 CPU 资源的利用率,提升了系统性能。

2. TVP5151 芯片

TVP5151 是一款由 TI 公司推出的超低功耗的 NTSC、PAL、SEVAM 制式视频解码芯片,它包括一个 9 位的模数转换器,工作频率是 2 倍的采样率,采样率 27MHz 是由晶振或振荡器产生输入的。它可以接收最多两路的复合视频输入,或一路端子视频输入,同时能够将模拟视频转化为内嵌同步的 8 位 ITU-R BT656 标准的或分离同步的 8 位 YCbCr 4∶2∶2 的数据格式。

在典型的工作条件下,其功率为 138mW,在掉电模式下,功率小于 1mW,可以使用 IPC 进行编程和配置。TVP5151 中共有 256 个寄存器,其中预留了总共 98 个寄存器(它们是 0ch、10h、17h、1Fh～20h、25h～27h、29h～2Bh、31h～7Dh、8Dh、8Fh、BCh～BFh、Ceh、FDh～FFh),且有 50 个寄存器为只读寄存器(它们是 2Ch、2Dh、80h～8Ch、90h～B0h、C6h、C7h)。

将 CMOS 摄像头获得的 AV 复合信号输入至 TVP5151 的 AIP1A 接口,经过 TVP5151 的模数转换后,获得 8 位的数字信号,接入至 DM365 的视频引脚,即完成视频数据的 A/D 转换和输入。SDA 和 SCL 连接 DM365 的 IC 总线后,可以用于 TVP5151 的寄存器配置。HSYNC 和 VSYNC 是行场同步信号,PCLK/SCLK 是信号时钟用于同步输出的视频信息。

3. TVL320AIC3101 芯片

TVL320AIC3101(以下简称 AIC3101)是由 TI 公司出品的一款用于便携式音频/电话的低功耗立体声音频编解码器。它包含一个立体声的 DAC 和一个立体声的 ADC,其中 DAC 的信噪比为 102dBA,可以接受的数据为 16b/20b/24b/32b,支持采样率为 8～96kHz,ADC 的信噪比为 92dBA,也支持 8～96kHz 的采样率。AIC3101 包含 6 个音频输入脚和 6 个音频输出脚,可以通过 I^2C 总线配置,音频串行数据总线支持 I^2S。在使用 3.3V 模拟电源,立体声回放 48kHz 时功率为 14mW。在本设备上的主要信号输入输出连接示意图如图 3-5 所示。

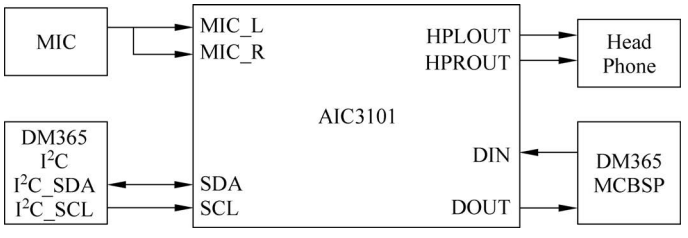

图 3-5　AIC3101 硬件连接图

DM365 通过 PC 控制总线对 AIC3101 的寄存器配置后,可完成音频数据采集和播放功能。主要过程如下:首先,经由 MIC 接收音频信号至 AIC3101 的 MIC 左右声道,进入 AIC3101 音频芯片进行模数转换,然后数据通过 MCBSP 口交给 DM365 处理,根据要求,可使用合适的音频压缩算法,由 DM365 完成如 G711 等音频编码工作;当 DM365 接收到音频数据后,会先通过 DM365 进行相应的解码,然后通过 MCBSP 口输入 AIC3101,最后在 AIC3101 中进行数模转换,通过耳机的左右声道输出播放。

4. DDR2 内存模块

本系统的内存由 DDR2(Double Data Rate 2)芯片构成,它与上一代 DDR 内存技术标准最大的不同就是,虽然同样采用了在时钟的上升/下降沿同时进行数据传输的基本方式,但 DDR2 内存拥有两倍以上一代 DDR 内存预读取速率,即 4b 数据预读取。换句话说,DDR2 内存每个时钟能够以外部总线 4 倍的速度读/写数据,并且能够以内部控制总线 4 倍的速度运行。

DDR2 的时钟信号也是一对差分信号,如图 3-6 所示,在 CLK*n* 信号和 CLK 信号的交叉处传输数据。

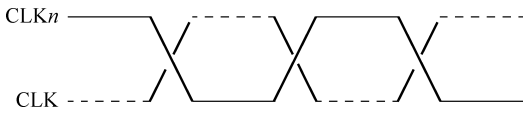

图 3-6 DDR2 差分时钟信号图

DDR2 可读写,存取速度较高,但不具备掉电不易失性属性,主要用于运行程序、数据以及堆栈。本系统采用三星公司的 K4T1G164QG-BCF7,其内存容量 128MB,内部组织结构为 8Mb×16 个 I/O×8banks,16Mb×8 个 I/O×8banks。这种同步装置实现的高速双数据率传输速率高达 800Mbps。

5. NAND Flash 闪存模块

非掉电易失性存储器 Flash,由于其具有成本低、速度快及密度大的特点而在嵌入式系统中得到了广泛的应用。与磁盘等磁性介质的存储器相比,对 Flash 的操作存在一些特殊性,例如下面的两点:

(1) Flash 最小的擦写单位是块(Block),有时也称为扇区(Sector),不能对单个字节进行擦除。一般一个块的大小为 64KB。

(2) Flash 只能对空的位置进行写操作,即该地址上的内容全为 0xFF,也就是说,如果该位置非空,那么写操作无法起作用。如果要对一个原来已经有内容的空间进行改写,则需要先将该空间所在块读出到内存,在内存中改写为全 0xFF,再对整个块进行改写。Flash 存储器主要有 NOR 和 NAND 两种类型。一般来说,NOR 型大多适合程序代码的存储,而 NAND 型则可以用来存储大容量数据。

本嵌入式教学实验系统使用一片 Flash 来对 CPU 的存储空间进行扩展,Flash 与 DM365 的连接原理图如图 3-7 所示。

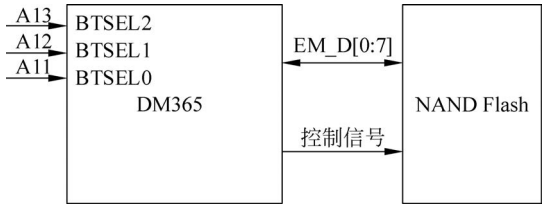

图 3-7 Flash 与 DM365 的连接原理图

闪存模块使用的 NAND Flash 芯片为三星公司的 K9K8G08U0E-SCBO,有 512MB 的闪存容量以及 256Mb 的备用空间,是一个 4Gb NAND 闪存。Flash 的编程与读操作都是以页为单位进行的,而擦除操作是以块为单位进行的。一个程序操作可以在(2K+64)B 的页上在 400μs 内执行完毕,而一个擦除操作可以在(128K+4K)B 的块上在 4.5ms 内执行完毕。数据寄存器中的数据可以以每字节 25ns 周期时间读出。I/O 引脚可作为地址和数据输入/输出以

及命令输入的端口。片上写控制器自动执行所有程序和擦除功能，包括脉冲重复、内部验证和数据边值。即使是写密集型系统也可以通过提供带有实时映射算法的 ECC（错误纠正码）进行数据校正。本嵌入式教学实验系统中的 BootLoader、各种设备驱动程序、Linux 内核映像和比较重要的配置文件都存储在 Flash 中。系统的物理内存布局如图 3-8 所示。

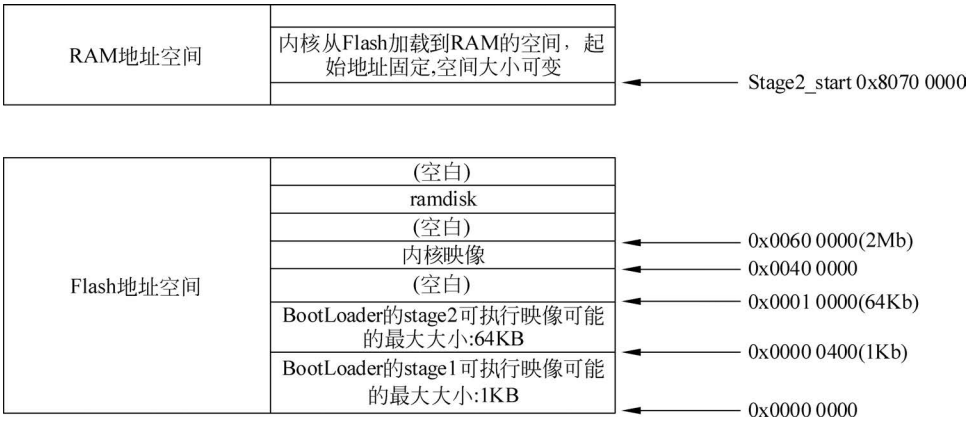

图 3-8　系统的物理内存布局

6. 时钟模块

RTC 使用了一块 X1205 芯片，用于系统时间的校准等。X1205 是一个带有时钟、日历两路报警振荡器补偿和电池切换的实时时钟。

实时时钟（RTC）使用一个外部的 32.768kHz 石英晶体来保持精确的年、月、日、星期、时、分、秒。RTC 具有闰年校正和世纪字节。时钟对少于 31 日的月也能校正。时钟寄存器有一位控制着 24/12 小时或上午/下午格式。

RTC 强大的双报警功能能够被设置到任何时钟日历值上，任意实际存在的时刻均可报警，警报能够在状态寄存器被查询到或在 IRQ 引脚提供一个硬件的中断信号，IRQ 引脚允许重复产生周期性的中断。

该芯片提供一个备份电源输入脚 VBACK，该引脚容许器件用电池或大容量电容进行备份供电。整个 X1205 器件的工作电压范围为 2.7～5.5V，X1205 的时钟日历部分的工作可降到 1.8V（待机模式）。

7. 以太网模块

KSZ8001L 是一款性能优良的支持自动协商和手动选择 10Mbps/100Mbps 速度和全/半双工模式的以太网控制器，完全适用于 IEEE 802.3u 协议。除了具备其他以太网控制芯片所具有的一些基本功能外，还有它的独特优点：工业级温度范围（0～＋80℃）；1.8V 工作电压，功耗低；高度集成的设计，使用 KSZ8001L 可以将一个完整的以太网电路设计电路最小化，适合作为智能嵌入设备网络接口；独特的包页结构，可自动适应网络通信模式的改变，占用系统资源少，从而增加系统效率。

8. 无线网模块

无线网卡选用 RT5370 芯片，支持 IEEE 802.11b/g/n 协议。WiFi 网络可以将有线网络信号转换成无线网络信号，向计算机、手机、PAD 等设备提供无线热点信号连接。

RT5370 是设有 USB 2.0 接口的系统单芯片（SoC），IEEE 802.11n WiFi 数据传输率最高可达 150Mbps。RT5370 采用整合式 IEEE 802.11n 基频及介质访问控制（MAC）架构、功率放大器及低噪声放大器，并备有传输接收及天线分集开关，再配合优化的射频架构及基频算

法，不仅带来卓越的效能表现，还提供了可靠且低功耗的处理能力。

3.4 存储模块设计

本嵌入式教学实验系统可通过外插 TF 卡存储数据。TF 卡又称 Micro SD 卡，是一种超小型卡(11mm×15mm×1mm)，约为 SD 卡的 1/4。TF 和 SD 都是闪存的一种，可经 SD 卡转换器后，当 SD 卡使用。利用适配器可以在使用 SD 作为存储介质的设备上使用。TF 卡主要是为手机拍摄大幅图像以及能够下载较大的视频片段而开发研制的。本系统采用的是金士顿 8GB Micro SD 卡来存储视频数据。系统采用翻盖式的 TF 卡卡座，向内按可插拔卡，向外拖可锁定卡盖，相比其他卡座更不易损坏。卡座的接入电路如图 3-9 所示。

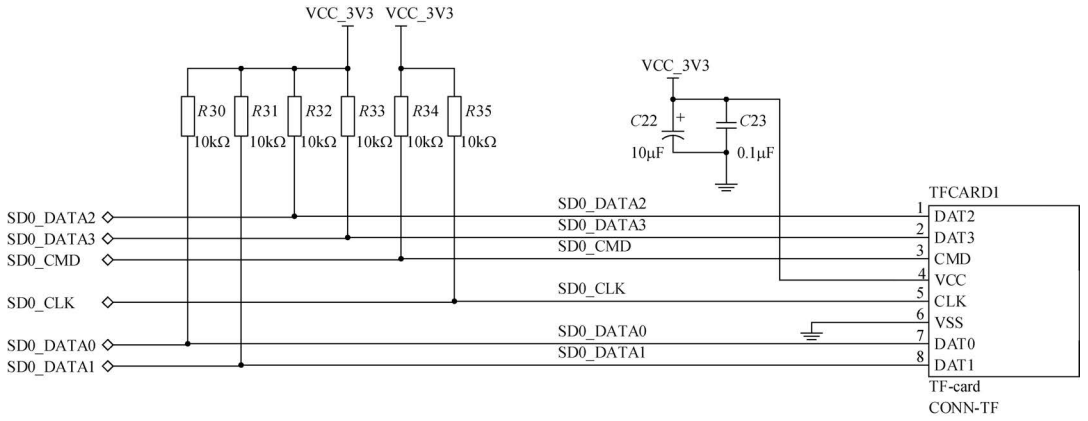

图 3-9 卡座的接入电路

3.5 温度/湿度模块设计

本嵌入式教学实验系统通过温度/湿度计测量本地的温度和湿度，选用 DHT11 数字温度/湿度传感器，如图 3-10 所示。

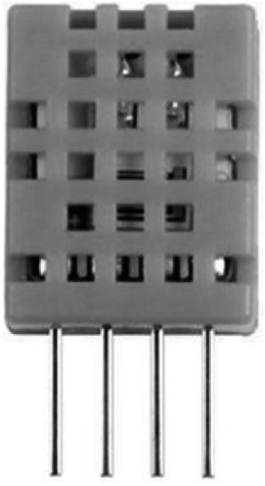

图 3-10 DHT11 数字温度/湿度传感器

DHT11 数字温度/湿度传感器是一款含有已校准数字信号输出的温度/湿度复合传感器。它应用专用的数字模块采集技术和温度/湿度传感技术，确保产品具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性。传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件，并与一个高性能 8 位单片机相连接。因此该产品具有品质卓越、响应超快、抗干扰能力强、性价比极高等优点。产品为 4 针单排引脚封装，连接方便，可根据用户需求提供特殊封装形式。每个 DHT11 传感器都在极为精确的湿度校验室中进行校准。校准系数以程序的形式存储在 OTP 内存中，传感器内部在检测信号的处理过程中要调用这些校准系数。单线制串行接口，使系统集成变得简易快捷。超小的体积、极低的功耗，信号传输距离可超过 20m，使其成为各类应用甚至最为苛刻的应用场合的最佳选择。温度/湿度传感器的接入电路如图 3-11 所示。

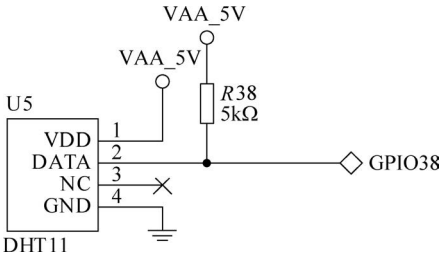

图 3-11　温度/湿度传感器接入电路

3.6　超声波模块设计

本嵌入式教学实验系统通过在超声波测距传感器前放置物品，进行测距实验。选用的是HC-SR04 超声波测距模块，如图 3-12 所示。

HC-SR04 超声波测距模块可提供 2～400cm 的非接触式距离感测功能，测距精度高达3mm；模块包括超声波发射器、接收器与控制电路。电路连接图如图 3-13 所示。

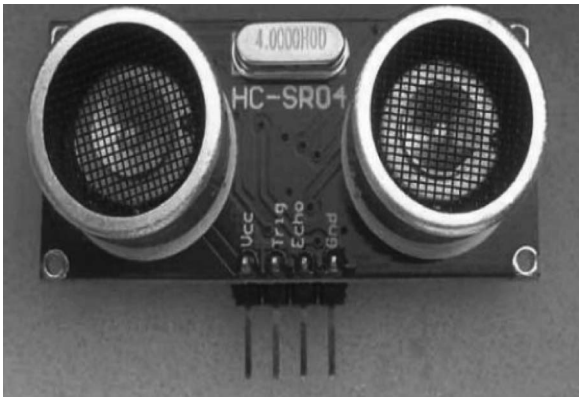

图 3-12　HC-SR04 超声波测距模块

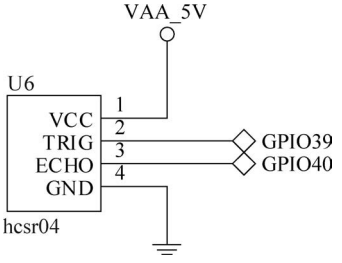

图 3-13　电路连接图

3.7　WiFi 模块设计

本嵌入式教学实验系统通过 WiFi 模块进行数据的收发。WiFi 无线通信模块选取的是RALINK 公司的 RT5370 嵌入式模块，如图 3-14 所示。使用 RT5370 作为 WiFi 模块可以连

图 3-14　RT5370WiFi 模块

接 150m 范围内的无线接入热点(基于不同的环境会有不同)。可以简单快速地接收和传输文件。传输速度可达 150Mbps,遵循 IEEE 802.11b/g 或 IEEE 802.11n 标准,使用 2.4GHz 频段。

RT5370 模块传输距离远,室内最远可达 100m,室外最远可达 300m。采用 USB 接口方式进行数据传输,工作电压为 3.3V,且模块连接方式简单,共有 7 个连接脚:2 个数据引脚,2 个电源引脚,1 个 LED 指示引脚,1 个地,1 个脚悬空。连接图如图 3-15 所示。

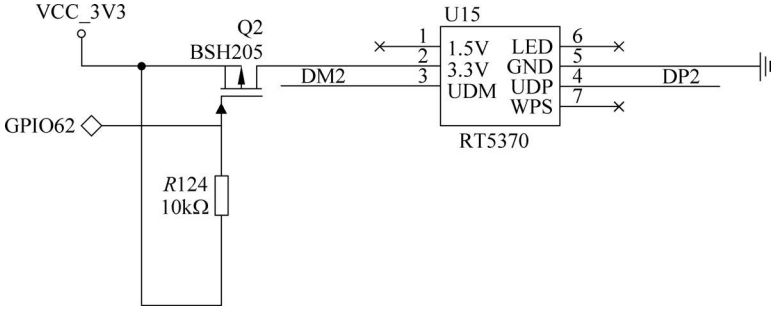

图 3-15 WiFi 连接电路

3.8 ZigBee 模块设计

ZigBee 无线功能模块是指遵循 ZigBee 协议的数据无线传输模块,具体由射频通信模块+微处理模块(MCU)+ZigBee 无线通信协议构成,一般用来对小数据量的数据进行无线传输,ZigBee 通信协议是不收费的,成本低,信息通过 ZigBee 通信协议进行远程传送,接收端利用 ZigBee 协议将数据进行收集并解析,然后再传送给 PC。ZigBee 开发套件如图 3-16 所示,ZigBee 核心模块如图 3-17 所示。

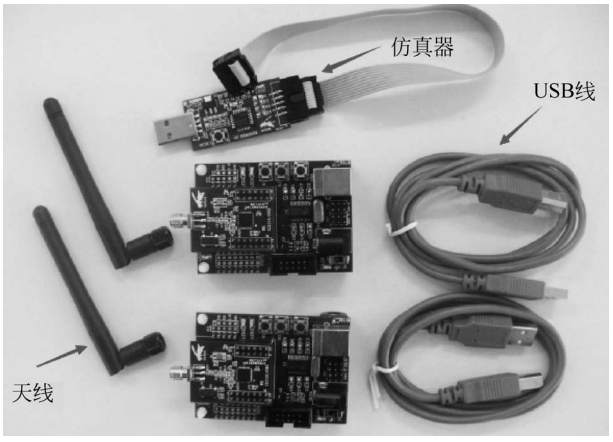

图 3-16 ZigBee 开发套件

ZigBee 模块具有近距离、低复杂度、自组织、低功耗、低数据速率、低成本的特点,非常适宜在交通、家居、安全监控等方面使用。

ZigBee 模块最主要芯片采用 CC2530,CC2530 芯片使用的 8051 CPU 内核是一个单周期的 8051 兼容内核。它有 3 种不同的内存访问总线(SFR、DATA 和 CODE/XDATA),单周期访问 SFR、DATA 和主 SRAM。它还包括一个调试接口和一个 18 输入扩展中断单元。

中断控制器总共提供了 18 个中断源,分为 6 个中断组,每个与 4 个中断优先级之一相关。当设备从活动模式回到空闲模式,任一中断服务请求就被激发。一些中断还可以从睡眠模式

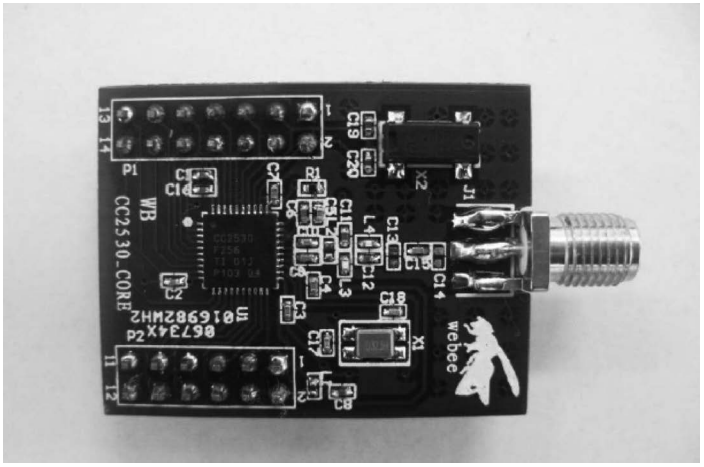

图 3-17　ZigBee 核心模块

(供电模式 1～供电模式 3)唤醒设备。

内存仲裁器位于系统中心,因为它通过 SFR 总线把 CPU 和 DMA 控制器和物理存储器以及所有外设连接起来。内存仲裁器有 4 个内存访问点,每次访问可以映射到 3 个物理存储器之一:8KB SRAM、闪存存储器和 XREG/SFR 寄存器。它负责执行仲裁,并确定同时访问同一个物理存储器之间的顺序。

8KB SRAM 映射到 DATA 存储空间和部分 XDATA 存储空间。8KB SRAM 是一个超低功耗的 SRAM,即使数字部分掉电(供电模式 2 和供电模式 3)也能保留其内容。这是对于低功耗应用来说很重要的一个功能。

32KB/64KB/128KB/256KB 闪存块为设备提供了内电路可编程的非易失性程序存储器,映射到 XDATA 存储空间。除了保存程序代码和常量以外,非易失性存储器允许应用程序保存必须保留的数据,这样设备重启之后就可以使用这些数据。使用这个功能,就不需要经过完全启动、网络寻找和加入过程加载已经保存的网络数据。

时钟和电源管理、数字内核和外设由一个 1.8V 低差稳压器供电。它提供了电源管理功能,可以实现使用不同供电模式的长电池寿命的低功耗运行。有 5 种不同的复位源来复位设备。

3.9　蓝牙模块设计

蓝牙模块可以完成无线数据传输和音频传输。本嵌入式教学实验系统选择的是 HM-10 蓝牙 4.0 模块,该模块集成了高性能、低功耗的 8051 微控制器内核,可靠传输距离达 200m,无线传输速率达 1Mbps。HM-10 蓝牙模块采用 TI CC2541 芯片,配置 256Kb 空间,支持 AT 指令,用户可根据需要更改角色(主、从模式)以及串口波特率、设备名称、配对密码等参数,使用灵活。HM 系列蓝牙模块出厂默认的串口配置为:波特率 9600bps,无校验,数据位 8,停止位 1,无流控。HM-10 蓝牙模块如图 3-18 所示。

TMS320DM365 有两个串口,因为 ZigBee 模块和蓝牙模块都需要用到串口,而且还需要一个用于调试的串口,所以增加了一个跳线帽,如图 3-19 所示是跳线帽选择电路,用于两个模块间的切换。使用蓝牙通信时,需要用两个跳线帽分别将 UART1_TXD 和 BLE_TXD、UART1_RXD 和 BLE_RXD 连通。

蓝牙模块电路接入原理图如图 3-20 所示。

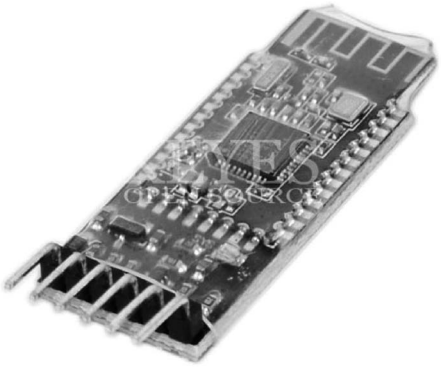

图 3-18　HM-10 蓝牙模块

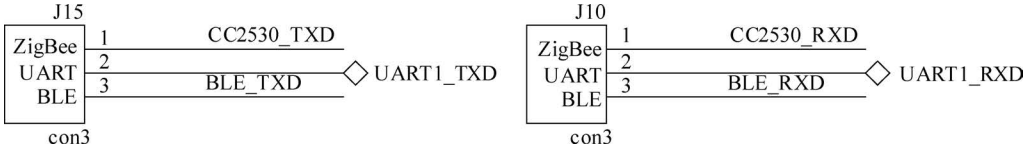

图 3-19　跳线帽选择电路

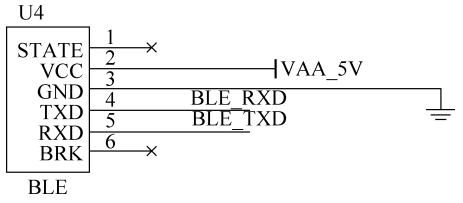

图 3-20　蓝牙模块电路接入原理图

3.10　加速度模块设计

本嵌入式教学实验系统采用的加速度计是 ADI 公司的 ADXL335 加速度计。该传感器是一款小尺寸、低功耗、完整的三轴加速度计，分辨率高(3.9mg/LSB)，测量范围为$\pm 3g$。输出结果为 16 位二进制补码，通过 A/D 口与 DM365 相连。该模块既可以在静止状态下测出加速度值，也可以在运动状态下测出动态加速度值，甚至能测出角度值变化在 1°以下的加速度值，是一种可靠性较高的加速度计，如图 3-21 所示。

ADXL335 加速度计模块连接电路如图 3-22 所示，该模块供电电压为 3.3V，且满足三轴

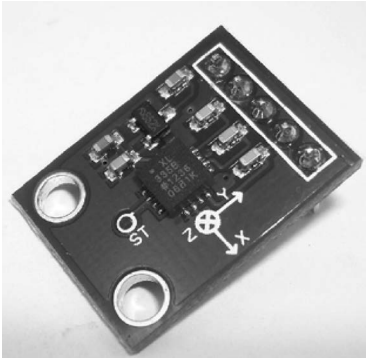

图 3-21　加速度计的实物图

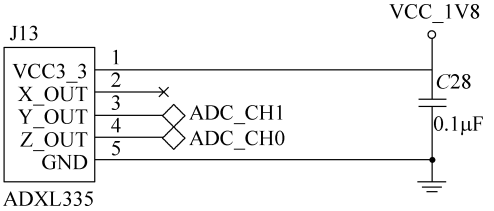

图 3-22　ADXL335 加速度计模块连接电路

加速度测量，但是我们只需要两个方向的加速度，故其中一个悬空。另外，加速度计所测得的数据是一个模拟数据，所以要先进行 A/D 转换。数据线连接在 DM365 的两个 A/D 口上，在内部将完成 A/D 的转换。

3.11　按键模块设计

本嵌入式教学实验系统采用 4×4 键盘，利用 DM365 的 GPIO 口中断功能，其中 GPIO65～GPIO68 用于控制 4×4 键盘的横列，GPIO69～GPIO72 用于控制 4×4 键盘的纵列。硬件连接原理图如图 3-23 所示。

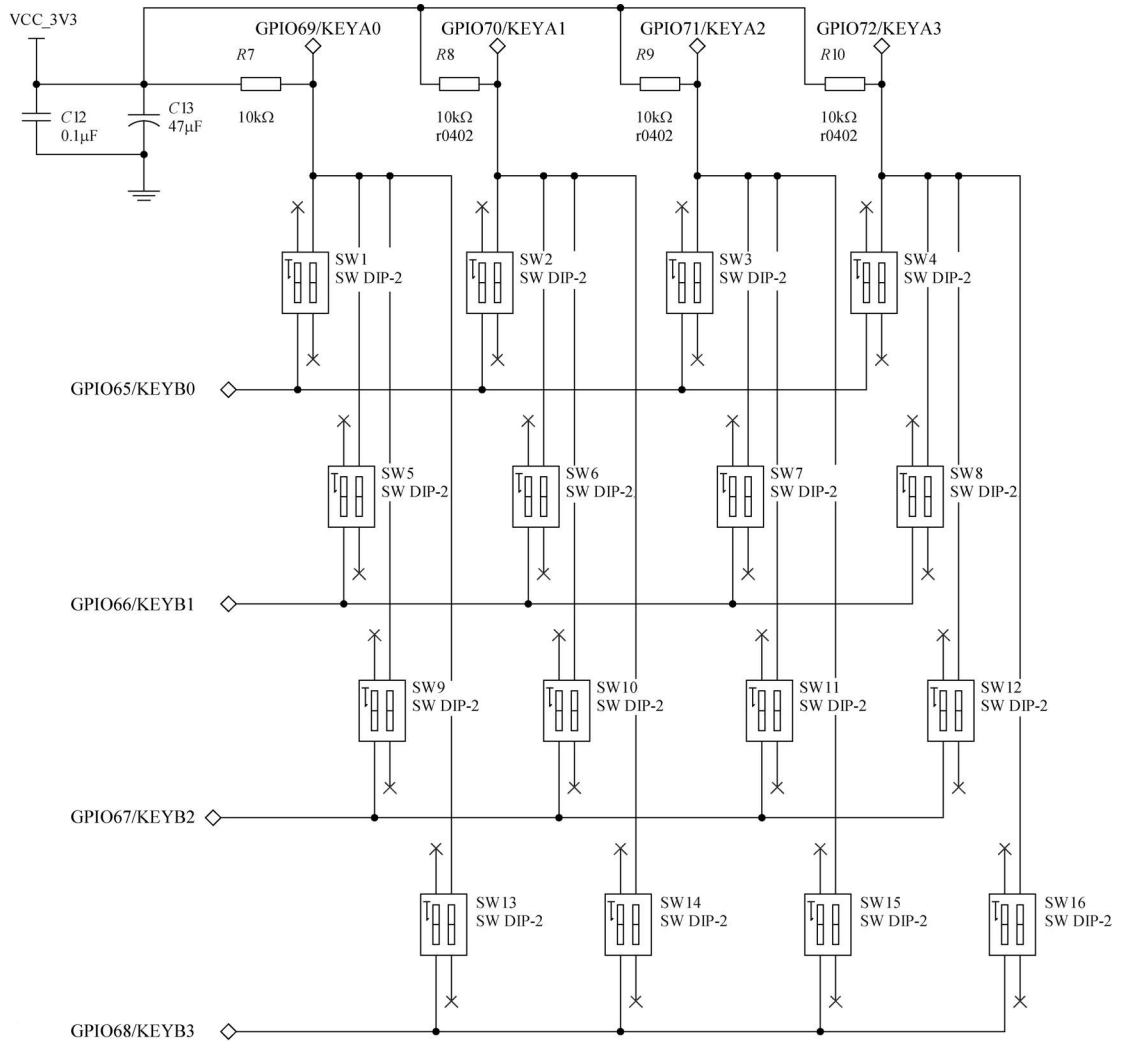

图 3-23　硬件连接原理图

3.12　继电器模块设计

本嵌入式教学实验系统中使用的继电器型号为 SRD-05VDC-SL-C。继电器是一种当输

入量变化到某一定值时，其触头（或电路）即接通的控制器。

如图 3-24 所示，电磁式继电器一般由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成。只要在线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，从而产生电磁效应，衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁芯，从而带动衔铁的动触点与静触点（常开触点）吸合。当线圈断电后，电磁的吸力随之消失，衔铁就会在弹簧的反作用力下返回原来的位置，使动触点与原来的静触点（常闭触点）释放。这样吸合、释放，从而达到了在电路中的导通、切断的目的。对于继电器的“常开、常闭”触点，可以这样来区分：继电器线圈未通电时处于断开状态的静触点，称为“常开触点”；处于接通状态的静触点称为“常闭触点”。

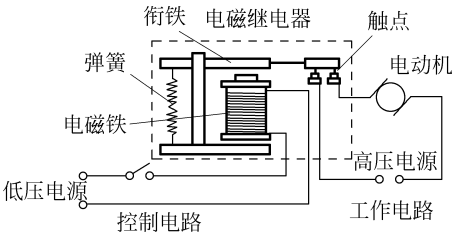

图 3-24　电磁继电器构造图

由永久磁铁保持释放状态，加上工作电压后，电磁感应使衔铁与永久磁铁产生吸引产生向下的运动，最后达到吸合状态。

当晶体管用来驱动继电器时，使用 9013 NPN 三极管，具体电路如图 3-25 所示。把继电器应用到我们自己的开发板，当 GPIO41 输入低电平时，光电耦合器导通，晶体管 9013 饱和导通，继电器线圈通电，触点吸合，相应的二极管 D3 点亮，同时能听到继电器发出一声“啪”的响声；当 GPIO41 输入高电平时，光电耦合器断开，晶体管 9013 截止，继电器线圈断电，触点断开，相应的二极管 D3 熄灭。

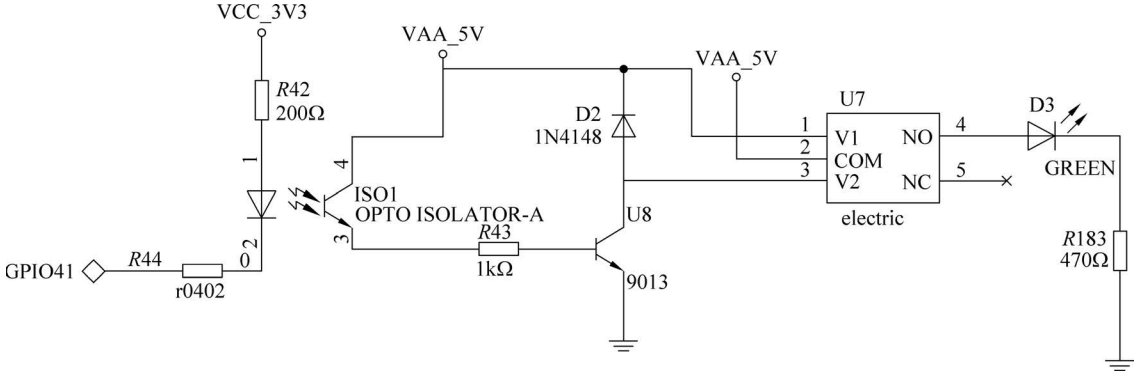

图 3-25　电路原理图

3.13　液晶显示

本嵌入式教学实验系统采用 TFT 640×480px 的 LCD 屏。TFT（Thin Film Transistor）即薄膜场效应晶体管，与无源 TN-LCD、STN-LCD 的简单矩阵不同，它在液晶显示屏的每一个像素上都设置有一个薄膜晶体管（TFT），可有效地克服非选通时的串扰，使显示液晶屏的静态特性与扫描线数无关，做到高速度、高亮度、高对比度地显示屏幕信息，大大提高了图像质量。

TFT-LCD 自带触摸屏，可以用来作为控制输入。本系统中采用 I^2C 驱动触摸屏，电路原理图如图 3-26 所示。

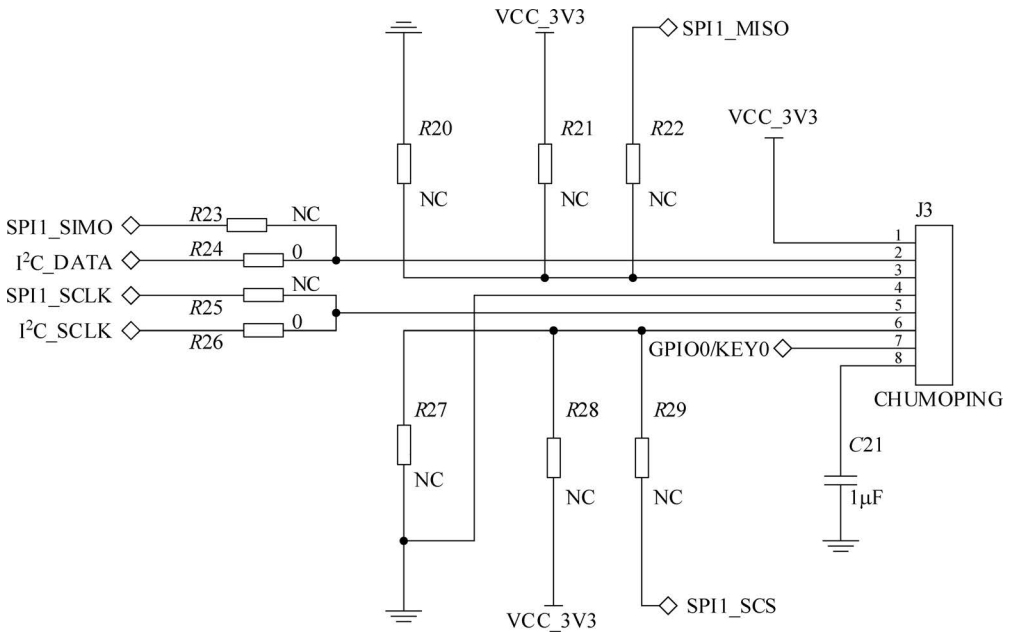

图 3-26　触摸屏电路

本章习题

1. 本教学实验系统采用了双核处理器，双核指的是哪两个核？每个核主要实现什么功能？

2. 在 ARM 开发系统中，什么是脱机调试？什么是断点功能？什么是程序单步执行？什么是变量监视功能？

3. 画出 ARM 嵌入式实验系统总体设计方案。

4. 画出本实验系统开发板硬件架构。

5. 写出 DDR 的英文含义。其主要功能是什么？一般用来存储哪些信息？

6. Flash 的主要功能是什么？一般用来存储哪些信息？相对于 DDR 器件，Flash 的速度是快还是慢？

7. 0x80000000～0x8fffffff 的存储空间为多少？