

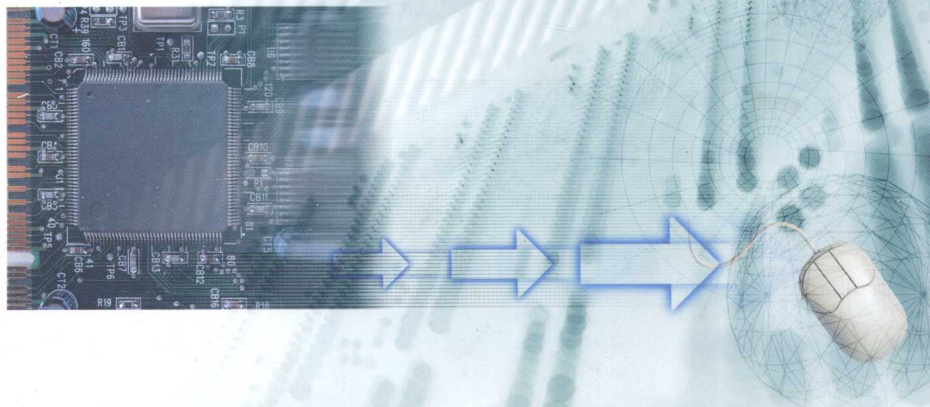


普通高校应用型本科电子与计算机系列规划教材

嵌入式系统 基础实验

金建设 于晓海 王永辉 编著

An Experiment Course
in Embedded System



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

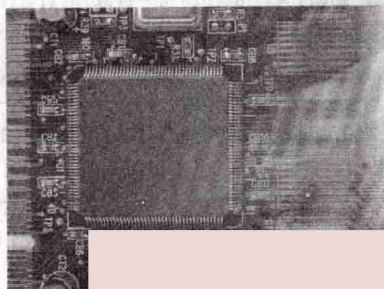
EC

普通高校应用型本科电子与计算机系列规划教材

嵌入式系统 基础实验

金建设 于晓海 王永辉 编著

An Experiment Course in Embedded System



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统基础实验/金建设,于晓海,王永辉编
著. —大连:大连理工大学出版社, 2010. 3
(普通高校应用型本科电子与计算机系列规划教材)
ISBN 978-7-5611-5404-5

I. ①嵌… II. ①金…②于… ③王… III. ①微型计
算机—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 029926 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连美跃彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×240mm	印张:15.5	字数:325 千字
2010 年 3 月第 1 版	2010 年 3 月第 1 次印刷	

责任编辑:王颖鑫

责任校对:杨焕玲

封面设计:季 强

ISBN 978-7-5611-5404-5

定价:32.00 元

出版说明

随着普通高等教育规模逐年扩大,我国高等教育已迅速进入大众化教育阶段,并成为全世界在校大学生规模最大的国家。在新时期,社会不但需要高校培养主要从事较高层次理论研究、设计和开发的学术型人才,而且更需要培养主要从事技术性和实用性工作的应用型人才。当前,许多用人单位对大学毕业生提出了专业脱离实际、上手慢、不好用的问题。因此,努力提高高校应用型本科人才培养质量,突出应用型本科人才培养特色,是一项意义重大的高等教育改革。在这项改革中,课程的教学改革是基础和关键,而对专业课程的传统教学内容进行改革,则显得尤为重要。

在大连理工大学的支持下,大连理工大学城市学院作为一所新型的独立学院,自建院时起就在各专业积极进行应用型人才培养模式改革,并以课程教学改革为主线,积极进行课程教学内容和教学方法的改革,通过多年来的课程教学改革实践,收到了比较好的效果。为了总结大连理工大学城市学院多年来在培养应用型人才中课程教学改革的实践成果和经验,大连理工大学出版社专门组织编写了这套电子与计算机类专业课程系列规划教材。

这套电子与计算机系列规划教材是由大连理工大学校部教师和城市学院教师共同编写完成的,他们都具有丰富的教学经验和较高的学术水平,以及比较丰富的专业实践经历,尤其更有在城市学院多年课程教学改革实践中积累的丰富教学经验,因此,这套教材可以说是应用型本科教学改革实践的丰硕成果。

这套教材的主要特色有两点,一是面向学生,二是联系实际,并体现在如下几方面:

以技术为基础 教材的编写主要建立在技术这个基点上,而不是理论的分析 and 研究,对于必需的理论,一般只给出或应用其结论,突出专业技术的学习。

以应用为目的 应用型人才培养理所应当要以应用为目的,在教材中突出专业技术的实际应用,使学生真正能够掌握专业技术之应用的真谛。专业课程也只有真正结合应用实际进行讲授,才能使学生真正理解和掌握。

内容安排突出重点 一门课程的教学内容很多,但基本的知识、概念是最主要的。抓住基本概念、基本公式、基本方法,围绕基本,提炼内容,突出重点,强化学生对基本知识的学习和掌握。

尽量降低学习难度 一本教材如果脱离学生的学习实际,那么教学的效果是不会理想的。内容循序渐进,前后衔接,推新温故,表述通俗易懂,深入浅出,是这套教材的编写原则。

这套教材是本社组织的第一套面向高校应用型本科教学的专业课程系列教材,希望这套教材能为应用型本科专业教学发挥积极的作用,同时请各位读者提出宝贵的意见。

联系电话:0411-84708947

信箱:yhl-0032029@163.com

大连理工大学出版社

2009年3月

前 言

近年来,随着 32 位嵌入式微处理器的出现,嵌入式系统技术得到了迅猛发展,其应用已经深入到工业控制、交通运输、商业和服务业、精准农业、医疗、家庭等各个领域。科技和社会的发展需要越来越多的掌握嵌入式系统技术的专业人才,针对这种需求,我国一些高校相继开设了有关嵌入式系统技术的课程。

编者从 2004 年开始探索在应用型本科教学中引入嵌入式系统技术,相继在计算机、自动化、电子信息工程专业开设嵌入式系统课程,并在计算机专业中开设了嵌入式系统专业方向。嵌入式系统是实践性很强的课程,不经过实践很难真正掌握这门技术,本书正是根据这种实际情况以及编者五年来从事嵌入式系统实践教学的经验编写而成。

事实表明,抓好嵌入式系统的实验与实践教学有利于学生更好地掌握嵌入式系统技术,提高学生的创新实践能力。近年来,大连理工大学城市学院嵌入式系统实践教学成果日益凸显,参加嵌入式系统实践学习的学生在各种全国大学生科技竞赛中多次获奖。在 2009 年第五届“博创杯”全国大学生嵌入式设计大赛中,我院的代表队摘取了唯一的特等奖桂冠。

本书的特点是由浅入深、循序渐进地安排实验,实践与理论紧密配合,基础实验与提高扩充实验相结合,实验内容贴近实际应用;在每个单元都安排了多个实验供教师根据学生学习的情况进行选择。本书既适合课堂教学,也适合有一定基础的读者自学。

全书共分 6 章:第 1 章 UP-NETARM2410-S 实验平台,简要介绍了该实验平台的结构,并给出实验平台的认识和基本操作实验,使读者对 UP-NETARM2410-S 实验平台有一个总体的认识;第 2 章 ADS 1.2 集成开发环境与编程基础实验,首先介绍 ADS 1.2 集成开发环境及使用方法,然后给出在 ADS 1.2 集成开发环境下 ARM 的汇编语言编程实验和 ARM 的 C 语言编程实验;第 3 章 S3C2410A 的基本接口实验,包括 S3C2410A 的串行接口及串行通信实验、S3C2410A 的 A/D 接口实验、S3C2410A 的通用 I/O 接口实验、S3C2410A 的 LCD 接口实验、S3C2410A 的触摸屏接口实验;第 4 章 μ C/OS-II 操作系统实验,包括多任务编程实验、信号量编程实验、消息信箱编程实验、消息队列编程实验;第 5 章 API 函数

应用实验,首先简要介绍 API 函数的基本概念,然后给出 API 绘图函数的应用实验、文件的使用实验、列表框控件实验、文本框控件实验、系统的消息循环实验;第 6 章扩展接口实验,包括嵌入式系统实际应用中经常涉及的 RS-485 扩展接口实验、CAN 总线扩展接口实验、GPRS 扩展接口实验、GPS 扩展接口实验。

此外,本书在附录中给出了实验平台主要硬件模块简介和常用的 API 函数,供读者查阅。

本书由金建设、于晓海、王永辉编写,全书由金建设统稿并最终定稿。本书的所有实验是在北京博创兴业科技有限公司开发的 UP-NETARM2410-S 嵌入式系统实验平台上完成,并获得了大量的技术资料,在此对北京博创兴业科技有限公司深表感谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 2 月

目 录

第 1 章 UP-NETARM2410-S 实验平台	1	3.4 S3C2410A 的 LCD 接口实验	68
1.1 UP-NETARM2410-S 实验平台简介	1	3.5 S3C2410A 的触摸屏接口实验	78
1.1.1 概 述	1	第 4 章 μC/OS-II 操作系统实验	90
1.1.2 实验平台的结构	2	4.1 多任务编程实验	90
1.2 UP-NETARM2410-S 实验平台的认识		4.2 信号量编程实验	96
和基本操作实验	6	4.3 消息信箱编程实验	103
第 2 章 ADS 1.2 集成开发环境与		4.4 消息队列编程实验	110
编程基础实验	13	第 5 章 API 函数应用实验	114
2.1 ADS 1.2 集成开发环境	13	5.1 API 函数简介	114
2.1.1 ADS 1.2 集成开发环境的		5.1.1 API 函数的发展	114
组成	13	5.1.2 μ C/OS-II 操作系统的 API	
2.1.2 Code Warrior 开发工具	15	函数	115
2.1.3 AXD 调试器	15	5.2 API 绘图函数的应用实验	115
2.1.4 ADS 1.2 集成开发环境的		5.3 文件的使用实验	121
安装	15	5.4 列表框控件实验	128
2.2 ADS 1.2 集成开发环境的使用	19	5.5 文本框控件实验	137
2.2.1 ADS 1.2 集成开发环境的		5.6 系统的消息循环实验	143
配置	19	第 6 章 扩展接口实验	152
2.2.2 程序的编辑、编译和链接	27	6.1 RS-485 扩展接口实验	152
2.2.3 程序的调试和运行	30	6.2 CAN 总线扩展接口实验	162
2.3 ARM 的汇编语言编程实验	33	6.3 GPRS 扩展接口实验	173
2.4 ARM 的 C 语言编程实验	38	6.4 GPS 扩展接口实验	185
第 3 章 S3C2410A 的基本接口实验	46	附 录	199
3.1 S3C2410A 的串行接口及串行通信		附录 1 实验平台主要硬件模块简介	199
实验	46	附录 2 嵌入式系统应用编程 API 函数	210
3.2 S3C2410A 的 A/D 接口实验	56	参考文献	238
3.3 S3C2410A 通用 I/O 接口实验	63		

第 1 章 UP-NETARM2410-S 实验平台

1.1 UP-NETARM2410-S 实验平台简介

1.1.1 概 述

UP-NETARM2410-S 嵌入式系统实验平台,以韩国三星公司生产的 S3C2410A 芯片作为嵌入式微处理器芯片,配备 64 MB 的闪存 Flash 以及 64 MB 的 SDRAM 存储器芯片。除了微处理器和存储器以外,实验平台还连接了多种外部设备。例如,该平台支持带有触摸屏功能的 LCD 液晶显示器、17 个按键的小键盘、USB 接口的摄像头、GPS+GPRS 模块、FPGA 模块、CAN 总线模块、音频模块、直流/步进电机、各类智能存储卡(IC 卡、SD 卡、PCM-CIA 卡及 CF 卡)、红外线收发模块、蓝牙模块、USB 接口、网口、串口以及 JTAG 调试接口等,资源非常丰富,基本涵盖了嵌入式系统中常用的硬件模块,该平台的具体实物如图 1-1 所示。

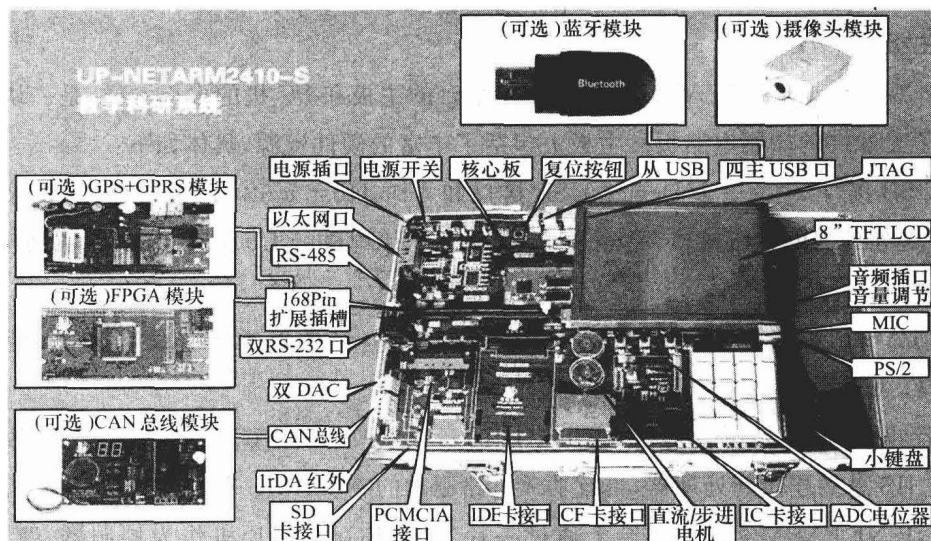


图 1-1 UP-NETARM2410-S 嵌入式系统实验平台实物图

该平台具有教学、科研一体化的特点,目前在高校中具有很高的使用率,是中国电子学

会嵌入式系统专家委员会指定的嵌入式系统教学实验平台。

1.1.2 实验平台的结构

UP-NETARM2410-S 实验平台从总体结构上分为核心板、主板、显示器以及扩展模块 4 个部分。

1. 核心板

核心板主要由 ARM 微处理器 S3C2410A、64 MB NAND Flash ROM 闪存芯片、64 MB SDRAM 动态 RAM 存储芯片、复位和时钟电路构成。核心板是整个 UP-NETARM2410-S 实验平台的“指挥部”，好比人类的大脑，而实验平台的其他硬件部分，则好比是大脑控制的感官以及完成各类动作的肢体。核心板的实物图和组成结构图，如图 1-2 所示。

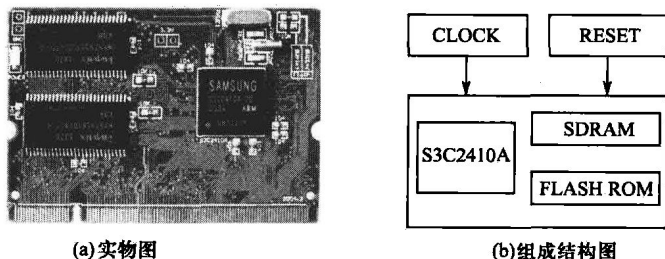


图 1-2 核心板的实物图和组成结构图

2. 主板

从外观来看 UP-NETARM2410-S 实验平台的主板和 PC 机的主板一样，是一块集成了各种电子元器件的印刷电路板。主板上包括了丰富的硬件资源，具体如下：

①USB 接口：包括一个 Device USB 接口和 4 个 Host USB 接口。前者直接来自处理器，后者是处理器的主机接口，是经过 AT43301 芯片构成的 USB HUB 电路扩展出来的 4 个主机接口。

②JTAG 调试接口：在实验平台上有两种，即 20 针的标准 JTAG 口和 14 针的简易 JTAG 口。

③音频接口：实验平台提供 44.1 kHz 的音频接口，采用 UDA1341 芯片，可放音和录音，通过 IIS 总线连接到处理器，具有功放电路驱动的喇叭、MIC 和音频 I/O 插座。

④UP-NETARM2410-S 平台上通过一片 ATMEGA8 单片机作为控制器，驱动 PS/2 键盘接口和 IC 卡接口，ATMEGA8 单片机通过 IIC 总线和 ARM 处理器 S3C2410A 相连接。

⑤模/数转换:平台上有3个电位器用来调节加到S3C2410A的A/D转换器上模拟输入信号的大小,A/D转换器的8个通道经过跳线设置可全部作为外部模拟电压输入。

⑥直流/步进电机:直流电机的控制信号来自PWM输出,步进电机信号来自EXIO扩展电路。EXIO扩展电路由74HC573构成,分配专用地址段和IDE接口在同一Bank。

⑦IDE卡接口:直接与扩展总线连接,由软件完成驱动控制,可接笔记本电脑的硬盘。

⑧CF卡接口:PCMCIA模式的CF智能卡接口。

⑨SD卡插座:直接来自S3C2410A的SD控制器。

⑩PCMCIA插座:PCMCIA接口挂在扩展总线上,通过EPM3128A100 CPLD和HC245芯片等实现总线隔离和控制,并配置专用的电源控制芯片TPS2211,采用无线网卡的型号为DWL-650。

⑪IrDA/RS-485:与S3C2410A的UART2连接,分别经过TFDU4100收发器和MAX485芯片的控制来实现红外线收发和RS-485通信。在做红外线收发通信实验时,必须将UART2设置到IrDA电路上,而此时不能同时做RS-485实验。

⑫CAN总线:由控制器MCP2510和驱动器TJA1050构成,使用SPI总线接口。

⑬数/模转换:设置了两个10位DAC端口,采用MAX504连接SPI总线,输出两路模拟电压信号,并且预留一路。

⑭串行接口:包括两个RS-232接口,处理器的UART0和UART1经过MAX3232芯片电压转换后,通过DB9插座输出连接外部串行设备。

⑮168pin扩展插座:该插座和计算机的内存条插座规格一致,用户可以据此进行系统扩展。扩展槽上包含扩展总线的所有信号。

⑯以太网卡:网卡芯片型号是AX88796,类型是10 M/100 M自适应型。

3. 显示器

显示器主要包括LCD和触摸屏两部分。

①LCD:是8寸的16位TFT,分辨率为640×480,型号是LQ080V3DG01。S3C2410A处理器内部包含LCD控制器,这使得LCD的驱动变得非常简单,LCD控制器的信号线经过驱动电路后即可连接LCD模块。

②触摸屏:采用S3C2410A微处理器内部集成的A/D转换器和触摸屏控制器接口进行控制,触摸点的位置坐标被转换成模拟电压信号后,再由S3C2410A芯片内部的A/D转换器转换为数字信号,最后输入微处理器进行处理。

4. 扩展模块

UP-NETARM2410-S 实验平台除了具有上述的核心板资源、主板资源以及 LCD 显示部分以外,还具有一系列扩展模块,例如 GPRS+GPS 扩展模块、FPGA 模块、摄像头模块、蓝牙模块以及 CAN 总线模块等。这些扩展模块的应用,为 UP-NETARM2410-S 实验平台提供了一个更广阔的应用开发空间,以上各模块的实物图如图 1-3 所示。

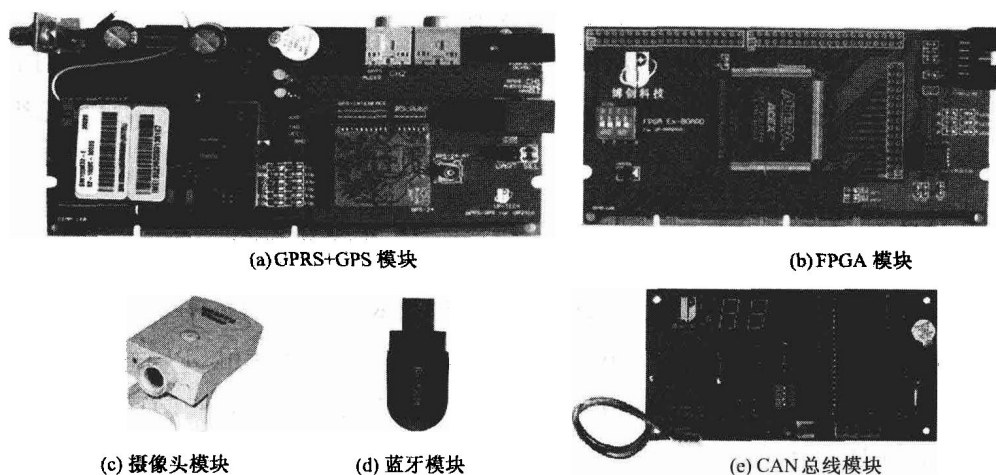


图 1-3 UP-NETARM2410-S 实验平台各扩展模块的实物图

综上所述,UP-NETARM2410-S 实验平台是由核心板、主板、显示器以及扩展模块等多种硬件资源组成的教学、科研一体化实验平台,平台的硬件结构框图如图 1-4 所示。为了便于理解,将图 1-4 进行归纳,得到了简化的硬件结构框图,如图 1-5 所示。

在 UP-NETARM2410-S 实验平台的支撑下,可以运行 $\mu\text{C}/\text{OS}_{\text{II}}$ 、嵌入式 Linux、Windows CE 等嵌入式操作系统,实现串行通信、A/D 转换、D/A 转换、直流/步进电机控制、触摸屏控制、LCD 显示、CAN 总线通信、RS-485 通信、红外线通信、多通道数据采集、UDP 通信、音频设计、GPRS 远程无线通信、GPS 地理定位、视频采集、多线程应用程序设计、嵌入式 WEB 服务器设计、QT 图形界面设计、操作系统内核移植、Linux 驱动程序设计、以及 $\mu\text{C}/\text{OS}_{\text{II}}$ 系统下的 API 函数绘图、系统消息循环、文件、列表框、文本框使用等各类实验项目的开发与研究。

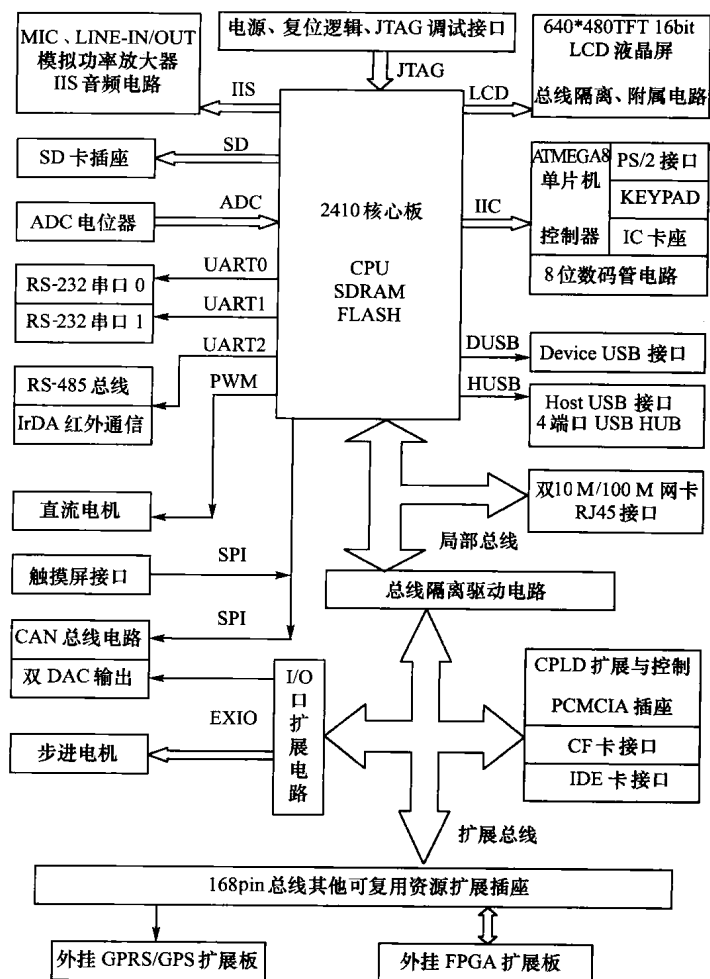


图 1-4 UP-NETARM2410-S 实验平台的硬件结构框图

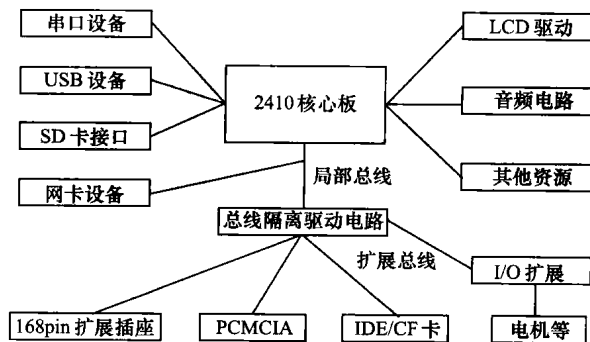


图 1-5 UP-NETARM2410-S 实验平台的简化硬件结构框图

1.2 UP-NETARM2410-S 实验平台的认识和基本操作实验

【实验目的】

- (1) 了解 UP-NETARM2410-S 实验平台的组成；
- (2) 掌握宿主计算机与实验平台的硬件连接方法；
- (3) 掌握宿主计算机中超级终端的配置以及使用方法；
- (4) 掌握系统下载和运行程序等基本操作方法。

【预习与思考】

- (1) 阅读配套教材《嵌入式系统基础教程》第 2 章 2.7 和 2.8 节的相关内容；
- (2) 浏览本教材 1.1 节的内容；
- (3) 预习 1.2 节的实验内容；
- (4) 如何将将在宿主计算机上的一个可执行的程序下载到实验箱上执行。

【实验原理】

嵌入式系统的开发一般采用“宿主计算机(宿主机)+目标板”的方式。在本实验系统中,UP-NETARM2410-S 实验箱可看成目标板,PC 机作为宿主计算机使用。UP-NETARM2410-S 实验箱与 PC 机的连接方式有三种,即串口、网口和 JTAG 调试口的连接方式。对于初学者而言,首先需要掌握的是串口的连接方式。连接过程是在 PC 机和实验箱断电的情况下,将串口电缆的一端连接到实验箱的串口 0 处(位于上面的串口),另一端连接到 PC 计算机箱后面的串口 COM1 处。这里需要注意,通常默认的连接方式是上述的连接方法,也可根据实际情况在 PC 机侧和实验箱侧任意选择串口进行连接,建议初学者使用默认的连接方式。连接好串口电缆的 PC 机和实验箱示意图如图 1-6 所示。

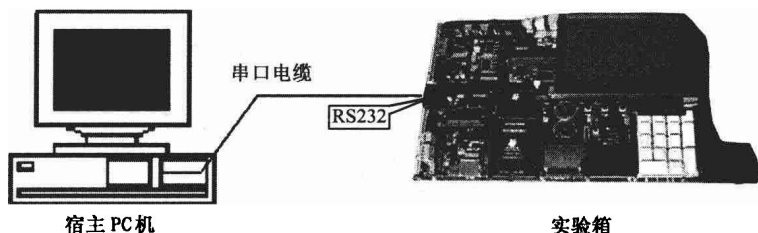


图 1-6 宿主 PC 机与实验箱的串口连接示意图

图 1-6 就是嵌入式系统开发中典型的“宿主机+目标板”的连接方式。由于所有的嵌入式设备或嵌入式实验箱本身无自主开发能力,因此嵌入式设备的软件是由宿主机来设计完成的。当宿主机完成软件程序的设计并形成可执行的目标文件后,通过超级终端发出“下载程序到目标板”的命令,可执行的目标文件就被传送到目标板的 Flash Memory,即闪存中。然后,在超级终端输入运行命令,就可在目标板上运行此程序。

【实验设备和器件】

- (1)UP-NETARM2410-S 实验箱一台;
- (2)PC 机一台,操作系统为 Windows XP,且装有 ADS 1.2 集成开发环境;
- (3)实验箱专用的网线、串口线、电源线等各 1 条。

【实验内容】

- (1)在教师的指导下,认识实验箱的各硬件组成部分。
- (2)完成计算机与实验箱的硬件连接。
- (3)配置计算机上的超级终端。

如图 1-6 所示,当串口电缆连接好后,如何来判断计算机与实验箱之间能够通过串口电缆进行正确的通信呢?这里需要借助超级终端进行测试。超级终端是 PC 机上控制串口数据通信的一种工具软件,由微软公司开发并集成在 Windows 操作系统中。通过超级终端,PC 机可以实时监控串口工作情况。因此,如果串口电缆连接正确,当 PC 机和实验箱完成加电启动后,就可以在 PC 机的超级终端上看到“vivi”提示信息,代表硬件连通。在看到正确信息之前,首先要创建并合理配置超级终端,实验步骤如下:

①创建超级终端

顺序点击“开始”→“程序”→“附件”→“通讯”→“超级终端”选项后,会自动弹出 1 个超级终端连接描述界面,如图 1-7 所示。新建的超级终端命名为“arm”,图标可以任意选,这里选择第 1 个红色的小电话,然后点击“确定”按钮就会进入图 1-8 所示的界面。

②配置超级终端

在图 1-8 所示的界面中区号、电话号码等信息可以任意填写,但是 PC 机的串口一定要选择 COM1,因为在前面的实际硬件连接中使用的是 PC 机上 COM1 串行口。点击图 1-8 中的“确定”按钮,进入图 1-9 所示界面。按图 1-9 的参数配置,进行正确设置,然后点击“确定”按钮,并将超级终端 arm 保存在桌面,以方便后续的操作。

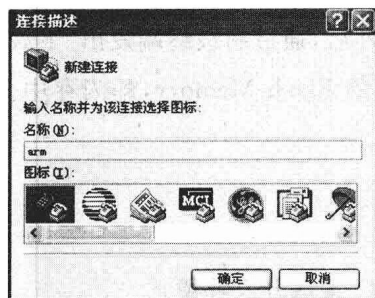


图 1-7 新建超级终端的界面图

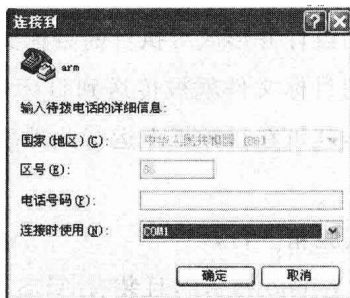


图 1-8 超级终端的配置界面图 1

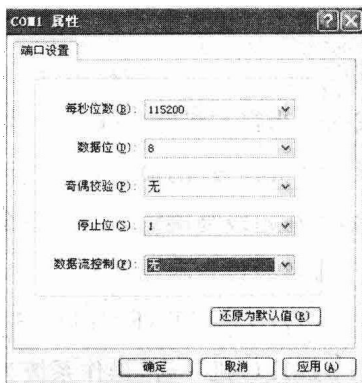


图 1-9 超级终端的配置界面图 2

(4) 宿主机向目标板下载并运行程序举例

在超级终端配置完毕后,出现一个名称为 arm 的空白超级终端界面,接下来可以向目标板下载程序,具体步骤如下:

①重新启动实验箱,并在启动的同时按下 PC 机键盘的任意键,就会进入到带有“vivi”提示符的界面,如图 1-10 所示。此时代表 PC 机和实验箱可以通过串口电缆进行正常的通信。这里需要注意,如果在实验箱重新启动的过程中,没有按任意键,实验箱将会进入 Linux 嵌入式操作系统中,目前暂时不使用 Linux 环境。

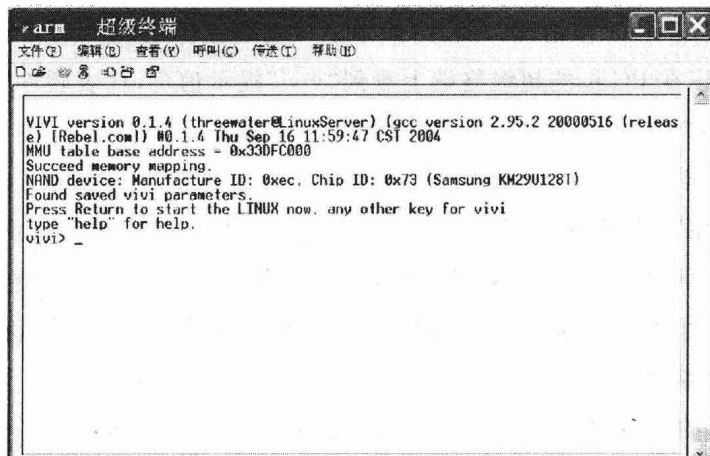


图 1-10 重启实验箱后超级终端的界面显示图

在图 1-10 中,当出现 vivi 提示符后,就代表 PC 机和实验箱已经可以通过串口电缆进行正常的通信了。接下来,就可以将 PC 机中的实验程序下载到实验箱中,这里以工程项目“Exp0-多任务与 AD 转换”为例,进行程序的下载和运行操作。工程项目“Exp0-多任务与 AD 转换”的用途是将 3 路模拟电压信号实时采集,并以棒状图的形式在 LCD 显示器上动

态显示,同时在 PC 机的超级终端上也能够看到采集电压的动态变化情况。

②在图 1-10 中的 vivi 提示符下输入命令“load flash ucos x”,然后回车,进入图 1-11 所示的界面,然后点击“传送”菜单,并选择“发送文件”选项。此时会出现如图 1-12 所示的界面,点击“浏览”按钮,查找路径“C:\2410S\ucos6.0\Exp0 多任务与 AD 转换”,并进入编译生成的映像文件所在的文件夹“Exp0 多任务与 AD 转换\Exp0_Data\Debug”下,选中“system. bin”文件,然后在协议栏选择 Xmodem 通信协议,最后点击“发送”按钮。

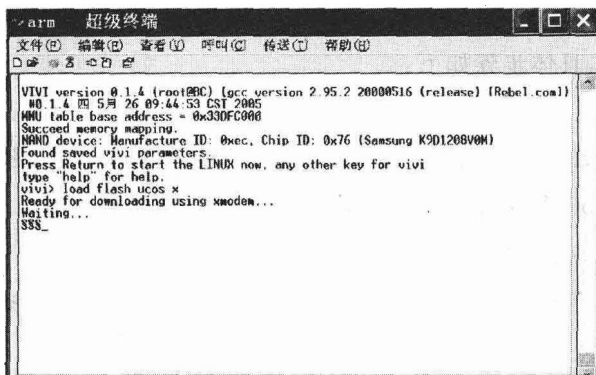


图 1-11 输入命令“load flash ucos x”后回车的界面图

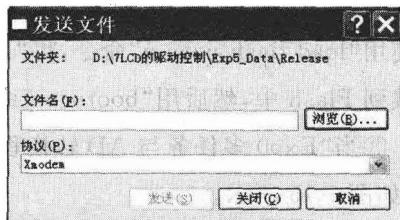


图 1-12 选择“system. bin”文件发送的界面图

③当发送结束后,映像文件被下载到闪存 Flash 中,然后在图 1-13 中键入“bootucos”命令并回车,即可运行多任务与 AD 转换的程序 system. bin。程序在实验箱上的运行结果如图 1-14 所示。这里需要注意,映像文件的下载实际就是下载程序被编译成功的可执行二进制代码,即 system. bin 文件。

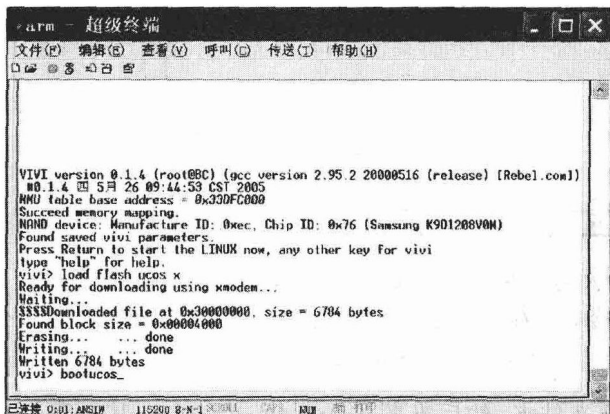


图 1-13 输入命令“bootucos”启动可执行程序的界面图



图 1-14 实验箱上的运行结果图