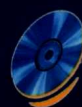
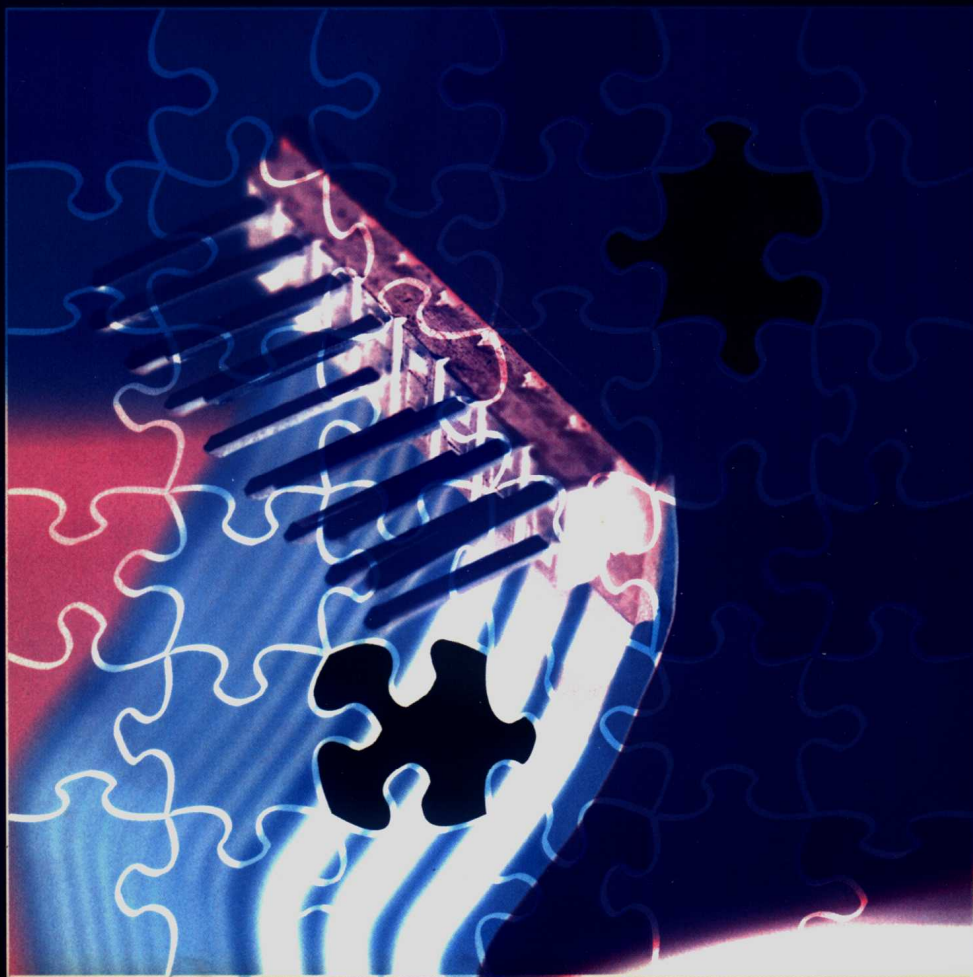


高等院校实验教材



嵌入式应用程序开发 综合实验 9 例

——基于博创 ARM300 教学平台和各类手持设备



俞建新 贾世祥 段卫然 等编著



清华大学出版社

高等院校实验教材

嵌入式应用程序开发综合实验 9 例

——基于博创 ARM300 教学平台和各类手持设备

俞建新 贾世祥 段卫然 等编著



清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是嵌入式系统应用软件开发案例实验教材。全书共分 10 章。第 1 章嵌入式系统实验教学概论,介绍了基于 ARM 处理器和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的嵌入式编程的基础知识和独有特点,以及基于 UP-NetARM300 实验系统开发应用软件的流程。随后各章分别详细介绍一个 UP-NetARM300 实验系统的综合实验案例项目。它们是一些典型的嵌入式应用软件,类似于手持设备上的游戏软件。项目名称依次是:游蛇吃豆、十字路口交通控制系统、井字棋、电子菜单、华容道、世界时钟、汉诺塔、计算器和捉小鸡。

对本书的每一个综合实验案例项目,分别用实验报告书、实验指导书和源代码详解 3 个部分予以介绍。通过这些案例,读者可以获知嵌入式综合应用程序的编写方法、实验报告书的编写要点、自行开发类似程序的帮助指导、嵌入式应用软件开发流程和技巧。

本书可以作为高等院校有关嵌入式系统教学的本科生或者研究生的案例实验教材,也适合作为各类相关培训班的教材,还可以作为机电仪一体化控制系统、信息电器、工业控制、手持设备、智能玩具、游戏软件等方面嵌入式应用软件开发人员的参考书及嵌入式系统爱好者的自学用书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式应用程序开发综合实验 9 例——基于博创 ARM300 教学平台和各类手持设备/俞建新等编著. —北京:清华大学出版社, 2004

ISBN 7-302-08672-9

I. 嵌… II. 俞… III. 微型计算机-系统设计 IV. TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 047679 号

出 版 者: 清华大学出版社

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

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 钟志芳

封面设计: 秦 铭

版式设计: 张红英

印 刷 者: 北京市世界知识印刷厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 19.5 字数: 432 千字

版 次: 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08672-9/TP·6215

印 数: 1~5000

定 价: 33.00 元(附光盘 1 张)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704。

前 言

近几年来,嵌入式系统逐渐成为 IT 业界技术研究和产品开发的热点。许多高等院校陆续开设了这门课程。学习和研究嵌入式系统成为大量在校学生和社会青年的自觉行为。广大教育工作者也纷纷展开这一方面的研究。现在,我们已经欣慰地看到国内出版了不少有关嵌入式系统的好专著和好教材。这些图书丰富了嵌入式系统的教学资料库,为信息类专业教师提供了精神食粮,大大地促进了全社会的嵌入式系统教学工作的进展。

对于嵌入式系统课程的教学,除了要有好的教材之外,还需要好的实验教材或者好的实验指导书。因为,无论从硬件角度、软件角度,还是工程组织或知识传授的角度来看,实验都是学习和掌握嵌入式知识必不可少的环节。可以讲,不经过实验就很难获得嵌入式系统的真知。

因此,实验教材是学生参加实验时的主要教科书,它有助于学生在实验中加快理解、触类旁通、举一反三。我们写成的这本实验教材就是希望能够达到这个目的,以加速学生在嵌入式系统实验过程中理解流程、掌握方法、积累经验和培养创意。

本书背景:

为了把握好嵌入式系统这门课程的实验环节,我们组织了几名青年志愿者开展了实验课教学的前期探索工作。我们选择购买了博创公司生产的 UP-NetARM300 嵌入式教学实验系统,每一名志愿者利用该系统认真地完成了 17 个专项实验,并且写出了相应的实验报告书。这表明 ARM300 嵌入式开发系统的基本功能是完备的。

为了充分利用该实验系统各部件的功能,我们进一步通过命题的方法或者自行创意的方法让每一位志愿者尝试完成一个综合应用实验系统功能的项目。这类实验项目都是典型的嵌入式应用程序,体现了手持设备编程的特点,除了具有一定难度之外,还具有较强的示范性和实用性。

所有参加者都按计划完成了一个综合实验项目。从志愿者提交的综合实验报告书来看,他们都对嵌入式编程有了直接的经验体会,对嵌入式应用软件开发获得了较深的认识,从而为我们开设嵌入式系统课程的实验课积累了宝贵经验。

在已有的实验成果基础上,为了提高嵌入式系统实验课的质量,加快实验教学的进度,减轻实验指导教师的工作量,我们将实验探索阶段完成的 9 个综合实践案例按照实验报告书、实验指导书和源代码详解的顺序汇编成册,在清华大学出版社的支持下出版了本案例实验教材。

本书特点:

本实验教材共有 10 章,除了第 1 章嵌入式系统实验教学概论以外,其他各章分别介绍 1 个由青年志愿者完成的基于 UP-NetARM300 嵌入式教学实验系统的综合实验项目。这些实验项目都具有鲜明的可操作性和理论联系实际的特点。每章的主要部分是实验报告书,它是志愿者本人完成的综合实验总结,用于向任课教师报告本次实验活动的过程、结果和心得体会。另外一个部分是实验指导书,它是指导其他同学完成同样综合实验的辅导读物。还有一个部分是源代码详解,对该实验项目的全部源代码做了详细的注释,方便读者理解嵌入式应用程序的一般编程方法和特别的编程技巧。

应该讲本教材是一个案例教材,选题较为新颖,但是推出较为仓促。因此,希望我们的这些初级工作成果能起到抛砖引玉的作用,以引起其他同行专家和读者的评论、指点、批评和建议,从而使得嵌入式系统的实验教学环节得到教育界的重视。我们也希望广大读者从这 9 个案例中获得有用的编程知识,以帮助他们快速地掌握嵌入式软件的开发方法和模式。我们还希望广大读者从这 9 个案例的文档报告中获得实验课文档编写规范的启发,以便写出自己的高质量的实验报告书。

编写分工:

本书由俞建新、贾世祥、段卫然、马小飞、蔡弋戈、董静、潘青波、刘大光合作编写完成。参加资料搜集和整理的有陈勇、牛春雷和宋伟。

感谢:

白广文参加了部分插图的绘制和文稿校对。清华大学出版社编辑对书稿进行了编辑加工,并提出了很好的建议。在此向他们表示感谢!

配套光盘:

本书附有配套光盘。光盘包含有 9 个嵌入式应用实践的源程序。这些源程序的编译环境是 Windows 2000 操作系统,ARM SDT V2.5 集成开发环境;生成的目标执行文件都是 system.bin,目标执行文件 system.bin 可以下载到博创 ARM300 实验/开发系统上运行。

有关配套光盘上的源代码,如果读者有问题,可以与南京大学计算机系的俞建新副教授联系。电话:(025) 83920383, E-mail: jianxnyu@jsmail.com.cn

受作者知识经验和文笔能力的限制,书中不足之处在所难免。恳请各位读者赐教斧正。

编者

2004.3

目 录

第 1 章 嵌入式系统实验教学概论	1
1.1 嵌入式应用软件开发概论	1
1.1.1 嵌入式系统开发步骤	1
1.1.2 嵌入式应用软件开发特点	2
1.1.3 何谓 JTAG	4
1.1.4 实验环节必不可少	6
1.2 本书使用的实验设备介绍	6
1.2.1 ARM300 开发板简单介绍	6
1.2.2 ARM300 开发板的特点	8
1.2.3 常规实验项目	10
1.2.4 常规实验项目的局限性	12
1.3 综合实验选题	12
1.3.1 世界时钟	12
1.3.2 井字棋	13
1.3.3 电子菜单	13
1.3.4 计算器 1	13
1.3.5 单行编辑工具	14
1.3.6 计算器 2	14
1.3.7 数值转换器	15
1.3.8 桌面	15
1.3.9 汉诺塔	15
1.3.10 交通控制信号系统 1	16
1.3.11 交通控制信号系统 2	16
1.3.12 华容道	17
1.3.13 火柴棒拼图	19
1.3.14 五子棋	20
1.4 实验文档规范化	21
1.4.1 常规实验项目	21
1.4.2 综合实验项目	22
1.5 本书阅读指导	23

第 2 章 游蛇吃豆	25
2.1 实验报告书	25
2.1.1 功能描述	25
2.1.2 界面说明	25
2.1.3 程序处理流程	26
2.1.4 任务的定义及实现	27
2.1.5 调试与排错	32
2.1.6 JTAG 调试	33
2.1.7 实验结果	35
2.1.8 实验体会	36
2.1.9 进一步改进方案和应用建议	36
2.1.10 运行指导	36
2.2 实验指导书	37
2.2.1 实验目的	37
2.2.2 实验内容	37
2.2.3 预备知识	37
2.2.4 实验设备及工具（包括软件调试工具）	37
2.2.5 实验步骤	38
2.2.6 程序编写中需要注意的问题	38
2.2.7 思考题	40
2.3 源代码详解	41
main.c	41
第 3 章 十字路口交通控制系统	56
3.1 实验报告书	56
3.1.1 功能描述	56
3.1.2 界面说明	56
3.1.3 程序处理流程	57
3.1.4 嵌入式汇编代码的编写	59
3.1.5 任务的定义及实现	62
3.1.6 调试与排错	65
3.1.7 JTAG 调试	65
3.1.8 实验结果	67
3.1.9 实验体会	68
3.1.10 进一步改进方案和应用建议	68
3.1.11 运行指导	68
3.2 实验指导书	69

3.2.1	实验目的	69
3.2.2	实验内容	69
3.2.3	预备知识	69
3.2.4	实验设备及工具（包括软件调试工具）	69
3.2.5	实验步骤	70
3.2.6	程序编写中需要注意的问题	70
3.2.7	思考题	71
3.3	源代码详解	72
	main.c	72
第4章	井字棋	78
4.1	实验报告书	78
4.1.1	功能描述	78
4.1.2	界面说明	79
4.1.3	程序处理流程	79
4.1.4	任务的定义、实现以及主要模块	81
4.1.5	调试与排错	85
4.1.6	JTAG 调试	85
4.1.7	实验结果	86
4.1.8	实验体会	87
4.1.9	进一步改进方案和应用建议	87
4.1.10	运行指导	87
4.2	实验指导书	87
4.2.1	实验目的	88
4.2.2	实验内容	88
4.2.3	预备知识	88
4.2.4	实验设备及工具（包括软件调试工具）	88
4.2.5	实验步骤	89
4.2.6	程序编写中需要注意的问题	89
4.2.7	思考题	91
4.3	源代码详解	91
4.3.1	main.c	91
4.3.2	experiment.h	97
4.3.3	experiment.c	100
4.3.4	template.h	111
4.3.5	template.c	113

第 5 章 电子菜单	122
5.1 实验报告书	122
5.1.1 功能描述	122
5.1.2 界面说明	122
5.1.3 程序处理流程	124
5.1.4 任务的定义、实现以及主要模块	126
5.1.5 调试与排错	130
5.1.6 JTAG 调试	131
5.1.7 实验结果	133
5.1.8 实验体会	133
5.1.9 进一步改进方案和应用建议	134
5.1.10 运行指导	134
5.2 实验指导书	134
5.2.1 实验目的	134
5.2.2 实验内容	134
5.2.3 预备知识	135
5.2.4 实验设备及工具（包括软件调试工具）	135
5.2.5 实验步骤	135
5.2.6 程序编写中需要注意的问题	136
5.2.7 思考题	136
5.3 源代码详解	137
5.3.1 main.c	137
5.3.2 experiment.c	150
第 6 章 华容道	153
6.1 实验报告书	153
6.1.1 功能描述	153
6.1.2 界面说明	153
6.1.3 程序处理流程	154
6.1.4 任务的定义、实现以及主要模块	155
6.1.5 调试与排错	157
6.1.6 JTAG 调试	158
6.1.7 实验结果	159
6.1.8 实验体会	160
6.1.9 进一步改进方案和应用建议	160
6.2 实验指导书	161
6.2.1 实验目的	161

6.2.2	实验内容	161
6.2.3	预备知识	161
6.2.4	实验设备及工具（包括软件调试工具）	161
6.2.5	实验步骤	162
6.2.6	程序编写中需要注意的问题	165
6.2.7	思考题	167
6.3	源代码详解	167
	main.c	167
第 7 章	世界时钟	197
7.1	实验报告书	197
7.1.1	功能描述	197
7.1.2	界面说明	197
7.1.3	程序处理流程	198
7.1.4	任务的定义及实现	199
7.1.5	调试与排错	201
7.1.6	JTAG 调试	201
7.1.7	实验结果	202
7.1.8	实验体会	203
7.1.9	进一步改进方案和应用建议	203
7.1.10	运行指导	203
7.2	实验指导书	204
7.2.1	实验目的	204
7.2.2	实验内容	204
7.2.3	预备知识	204
7.2.4	实验设备及工具（包括软件调试工具）	205
7.2.5	实验步骤	205
7.2.6	关键代码	205
7.2.7	程序编写中需要注意的问题	206
7.2.8	思考题	207
7.3	源代码详解	207
	main.c	207
第 8 章	汉诺塔	224
8.1	实验报告书	224
8.1.1	功能描述	224
8.1.2	界面说明	224

8.1.3	程序处理流程	225
8.1.4	任务的定义及实现	226
8.1.5	调试与排错	227
8.1.6	JTAG 调试	228
8.1.7	实验结果	229
8.1.8	实验体会	229
8.1.9	进一步改进方案和应用建议	229
8.1.10	运行指导	230
8.2	实验指导书	230
8.2.1	实验目的	230
8.2.2	实验内容	230
8.2.3	预备知识	230
8.2.4	实验设备及工具（包括软件调试工具）	231
8.2.5	实验步骤	231
8.2.6	程序编写中需要注意的问题	231
8.2.7	思考题	232
8.3	源代码详解	232
8.3.1	main.c	233
8.3.2	experiment.c	235
第 9 章	计算器	245
9.1	实验报告书	245
9.1.1	功能描述	245
9.1.2	界面说明	245
9.1.3	程序处理流程	246
9.1.4	任务的定义及实现	247
9.1.5	调试与排错	251
9.1.6	JTAG 调试	251
9.1.7	实验结果	253
9.1.8	实验体会	253
9.1.9	进一步改进方案和应用建议	254
9.1.10	运行指导	254
9.2	实验指导书	255
9.2.1	实验目的	255
9.2.2	实验内容	255
9.2.3	预备知识	255
9.2.4	实验设备及工具（包括软件调试工具）	256

9.2.5 实验步骤	256
9.2.6 程序编写中需要注意的问题	256
9.2.7 思考题	257
9.3 源代码详解	257
main.c	257
第 10 章 捉小鸡	269
10.1 实验报告书	269
10.1.1 功能描述	269
10.1.2 界面说明	269
10.1.3 程序处理流程	270
10.1.4 任务的定义及实现	272
10.1.5 调试与排错	277
10.1.6 JTAG 调试	278
10.1.7 实验结果	279
10.1.8 实验体会	280
10.1.9 进一步改进方案和应用建议	280
10.1.10 运行指导	280
10.2 实验指导书	281
10.2.1 实验目的	281
10.2.2 实验内容	281
10.2.3 预备知识	281
10.2.4 实验设备及工具（包括软件调试工具）	281
10.2.5 实验步骤	282
10.2.6 程序编写中需要注意的问题	282
10.2.7 思考题	284
10.3 源代码详解	284
main.c	284
参考文献	298

第 1 章 嵌入式系统实验教学概论

1.1 嵌入式应用软件开发概论

嵌入式系统是当前 IT 产业界的热点已经成为不争的事实。学习和研究嵌入式系统渐渐成了社会潮流。那么，作为一名学生或者自学者，应当如何去学习嵌入式系统特别是嵌入式系统应用软件开发呢？笔者认为，实践是学生理解嵌入式系统理论，学习嵌入式编程方法和技巧的重要环节。除了学习书本上的理论之外，还需要花精力去做实验，在实践中加深对嵌入式软件开发的体会。

为了说明这一点，本书先来考察嵌入式系统应用项目的开发步骤及开发特点。

1.1.1 嵌入式系统开发步骤

一个嵌入式系统或者一个嵌入式应用项目的开发过程是一个硬件设计和软件设计的综合过程，也是一个系统工程。一般而言，要经历以下几个步骤：

- ❖ 元器件选型；
- ❖ 原理图编制；
- ❖ 印制板设计；
- ❖ 样板试制；
- ❖ 硬件功能测试；
- ❖ 编写引导程序；
- ❖ 操作系统移植；
- ❖ 驱动程序编写；
- ❖ API 设计与开发；
- ❖ 支撑软件设计与调试；
- ❖ 应用程序设计与调试；
- ❖ 系统联调；
- ❖ 样机交付。

从中可以看出开发一个嵌入式系统就是开发一个特定用途的计算机系统。开发时需要考虑系统硬软件各个层次上的所有问题。这同 PC 平台上开发应用项目是不一样的。

如果开发者需要在 PC 平台上开发一个纯软件应用系统，就只需要考虑上述流程中的

两个工作步骤，即：① 应用程序设计与调试；② 系统联调。其他方面的问题基本不用考虑。如果在 PC 平台上开发一个带有硬件的应用系统，工作步骤就要再增加 2 个，总数达到 4 个，即：① 硬件系统（适配卡）与接口设计；② 驱动程序设计；③ 应用程序设计与调试；④ 系统联调。在以上情况下，PC 系统中许多环境（诸如基本输入输出系统、操作系统和 API 功能库等）问题基本不用开发者考虑。

然而开发嵌入式应用系统多数情况下需要考虑比 PC 平台多的因素。仅软件部分就要考虑操作系统移植、板级支持包开发、驱动程序编写、应用程序开发和操作系统的接口等问题。即使只开发应用程序，也要在工程项目中将操作系统文件、驱动程序文件连同应用程序文件一起加进来，经过修改整理再编译成目标文件。

总之，嵌入式软件开发与普通软件开发不同，需要考虑的因素更多。

1.1.2 嵌入式应用软件开发特点

现在讨论嵌入式应用软件开发 6 个独有特点。

1. 需要交叉编译工具

嵌入式系统采用的处理器一般与 PC 机不同，结构较简单，功耗较低。以本书为例，我们使用的实验系统是博创 ARM300 嵌入式系统实验箱。该实验箱的 CPU 芯片是 ARM 公司的 ARM7TDMI 芯片。由此可知在目标实验箱上运行的程序指令是 ARM 指令集指令。

由于嵌入式系统目标机上的资源较为有限（内存外存容量小，显示功能弱），直接在目标机上开发和调试应用软件几乎不可能。因此，目标机的嵌入式应用软件开发放在高性能计算机上的集成开发环境（类似于 PC 平台上的 Visual Studio 集成开发环境）上进行。由于 PC 机大量普及使用，现在集成开发环境大多运行在 PC 平台上。再以本书为例，我们使用的实验软件集成开发平台是 ARM SDT V2.5.1。ARM SDT 是 the ARM Software Development Toolkit 的简写，它运行在 PC 平台上。

众所周知，PC 机 CPU 芯片是 x86 芯片，而实验箱 CPU 芯片是 ARM7TDMI。两个机器的指令集不相同。因此，ARM SDT 集成开发平台上编写的 C 语言实验程序需要经过交叉编译器才能生成运行在目标实验箱上的 ARM7 机器语言程序。事实上，ARM SDT 就包含了交叉编译器。SDT 交叉编译器运行在 PC 平台上，它可将 C 语言程序编译成 ARM7 指令集的机器语言程序。

2. 通过仿真手段进行调试

目标机执行程序经过交叉编译之后，还要经过调试排错，确认能够正常运行才能使用。那么如何进行调试排错呢？显然在目标机上调试排错是非常困难的。原因是：① 输入输出手段有限，多数嵌入式系统显示面积小，甚至没有显示屏，从而无法显示调试信息；② 调试工具需要较大的内存储器空间，这对台式机而言，不成为问题，但是对嵌入式系统而言

难以满足要求。因此,很少直接在目标机上进行调试。

实际的做法是仿真调试,参看图 1-1。所谓仿真调试是通过接口和信号线,把目标机上机器指令执行的结果和 CPU 当前各个寄存器的值传送到集成开发平台,使工作人员在台式机上就能够观察到目标机的执行状况,从而判断出指令执行的正确与错误;还有一种仿真调试是直接在宿主机上采用软件模拟的方法,在宿主机上用程序模拟目标机处理器的体系结构和指令集,进而模拟指令运行的情况。

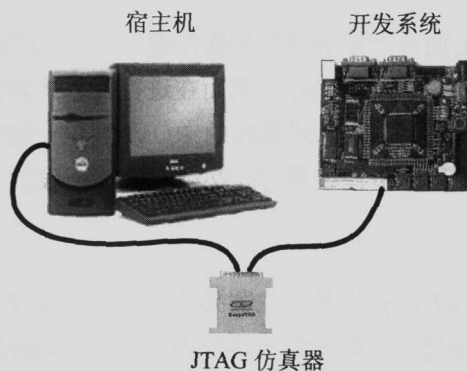


图 1-1 宿主机和开发板之间的仿真调试

3. 开发板是中间目标机

嵌入式应用软件需要在开发板(或者叫做评估板)上完成所有的开发任务。开发完成之后,才把目标程序安装在目标机上运行。也就是说开发板只是中间的目标机,它的任务就是开发和调试。参看图 1-1 和图 1-2。

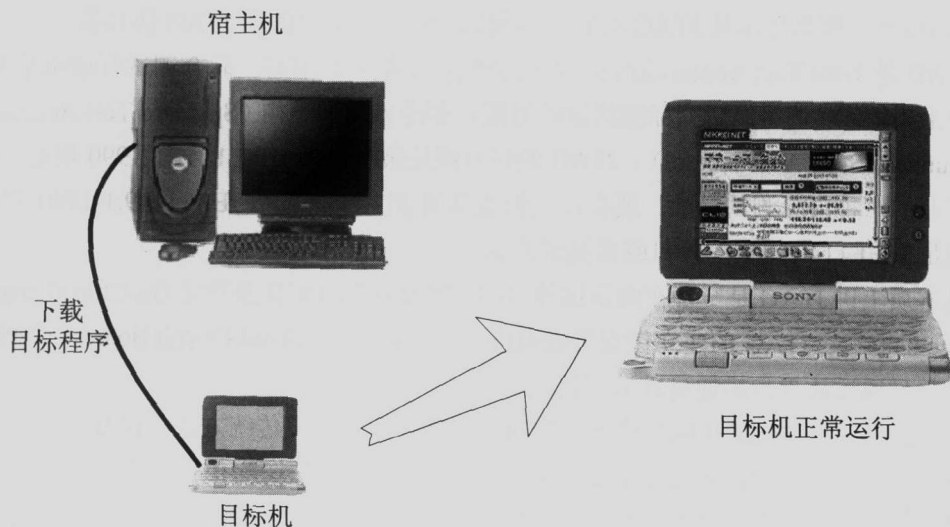


图 1-2 目标机装载调试过的程序后运行

4. 执行应用程序的指令通常写入操作系统

在台式机或者工作站上（不限于 PC 机），应用程序的执行是在操作系统图形用户界面（GUI）或者命令行状态下进行的，在操作系统程序中没有直接的对应关系。然而，在通常的嵌入式系统中，应用程序的启动执行指令需要预先写入操作系统的任务调度程序里，编译在目标程序中间，因此具有执行开始时间的可预期性。

5. 资源有限

在台式机环境下程序员拥有大量的硬件和软件编程资源，对诸如内存容量、硬盘容量、可以打开的文件数量等问题几乎不用操心。然而在进行嵌入式软件开发时，就必须考虑可用资源的问题。以存储容量为例，嵌入式系统的 ROM 容量一般只有几兆字节，对目标程序有严格的长度限制，这样程序员在编程时就必须考虑这个限制。

6. 控制特定部件

在嵌入式软件开发过程中，程序员往往需要针对特定的部件做更加细致的编程作业。仅以键盘为例，在台式机环境下，键盘输入可以不考虑具体的按键是哪一个，只考虑从键盘输入进来的 ASCII 码即可；然而，在嵌入式环境下，因为键盘小，键位不够分配，多个 ASCII 输入码被分配到一个键上，这样程序员在编程时就要具体地指定哪些 ASCII 输入码被分配到哪个按键，以及采用什么方法来区别它们。

1.1.3 何谓 JTAG

细心的读者可以从图 1-1 中发现宿主机和目标机之间进行仿真调试时需要用到一个 JTAG 仿真器。那么什么是 JTAG 呢？下面我们解释一下 JTAG 和 JTAG 仿真器。

JTAG 是 Joint Test Action Group（联合测试行动组）的缩写。联合测试行动组是 IEEE 的一个下属组织，该组织研究标准测试访问接口和边界扫描结构（Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture）。JTAG 的研究成果被接纳为 IEEE1149.1-1990 规范，成为电子行业的一种国际测试标准。现在，人们通常用 JTAG 来表示 IEEE1149.1-1990 规范，或者满足 IEEE1149 规范的接口或者测试方法。

从本质上讲 JTAG 是一种在线调试接口，即 OCD 接口，OCD 是英文 On-Chip Debugging Interface 的略语。JTAG 的建立使得集成电路固定在 PCB（Printed Circuit Board，印刷电路板）上，只通过边界扫描便可以被测试。

JTAG 来源于传统的印制电路板（PCB）测试行业。按照传统方法，PCB 测试时要在它的每一个引脚上连接测试仪器的信号采集头。为此把 PCB 放在配备有密集接触点阵列（称为“钉阵列”）的机器上进行测试。JTAG 用来改进印刷电路板测试仪不足之处。它通过将 PCB 上所有的结点连接到一个很长的移位寄存器的二进制位上进行测试。每个二进制位

表示电路中的一个结点。JTAG 串行数据流可能长达成百上千位。参看图 1-3。

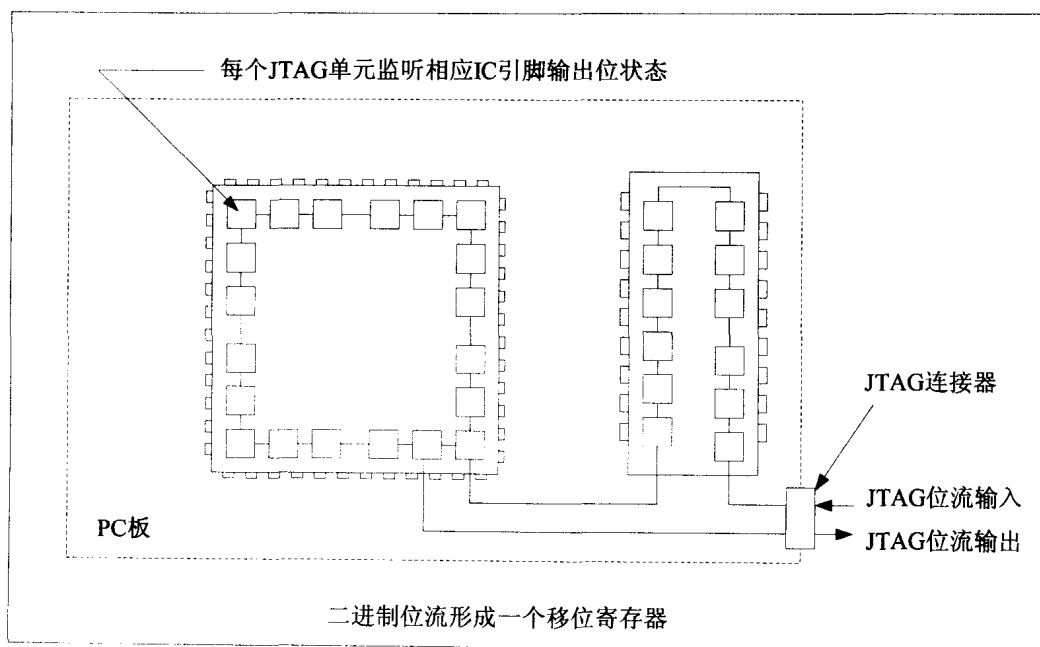


图 1-3 在 PC 板上两个电路元件的 JTAG 扫描循环示意图

为使 JTAG 能正常工作，在设计中使用的集成电路器件必须符合 JTAG 标准。这要求电路部件的每个 I/O 引脚应当附加一个电路元件（称为 JTAG 扫描单元）。这种附加的扫描单元内部构造可以简单地描述为具有移位功能的锁存器，多个 JTAG 扫描单元串行连接，最终接到 JTAG 接口上。当一切准备就绪，每个引脚的状态都被 JTAG 扫描单元采样，或者说是监听。因此，以正确的顺序适当地串行移位扫描单元的位数据，就能够重构引脚信号的串行二进制位流。这样一次就能采样整个电路的状态。我们称这样的串行二进制位流为引脚信号扫描链或者简称为扫描链。

图 1-3 显示了两个电路元件的 JTAG 扫描链。循环由到设备的入口和单独的出口组成。从出口连接到入口能建立起通过整个电路的连续循环。

JTAG 的循环扫描既可以是主动的，也可能是被动的。可以通过向串行数据流中相应的 JTAG 位置写入二进制值来设置电路上的某个 I/O 引脚的状态。由于串行数据流可能有几百位长，所以管理 JTAG 循环的算法非常复杂，并且要求非常迅速。由于许多二进制位必须在每次读出或改变时进行移位，所以有时候 JTAG 的工作速度也可能变得相当慢。

JTAG 仿真器是一个硬件模块，参看图 1-1。多股信号线一头连接满足 JTAG 标准的 CPU，另一头连接宿主机。JTAG 仿真器通过 JTAG 逻辑与 CPU 核的嵌入式在线仿真器（EmbeddedICE）的调试模块通信，支持 CPU 内含的在线仿真调试模块提供的所有功能。因此 JTAG 仿真器能够仿真所有基于处理器核的硬件设备，不占用任何系统资源。