

ARM

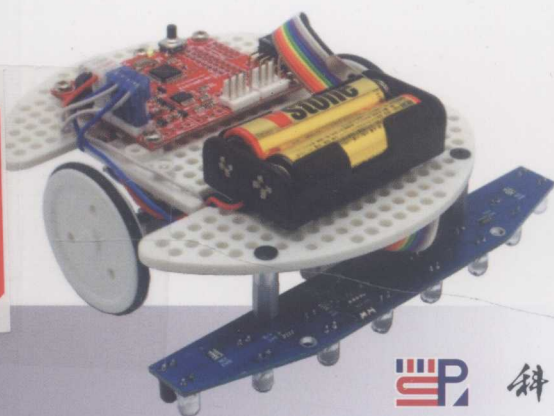
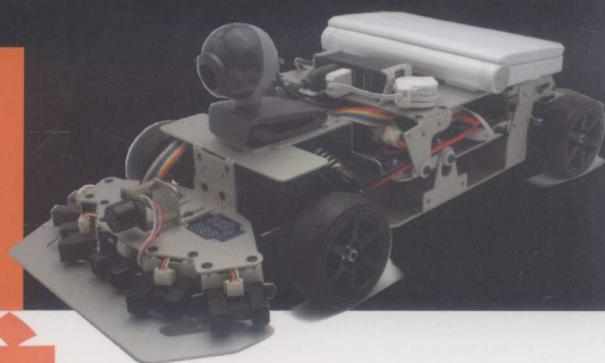
嵌入式

微控制器程序设计

入门

在机器人控制中学习C语言

〔日〕 机器人实习教材研究会 主编
•Vstone 株式会社 编
郭 青 冯仁剑 译



科学出版社

ARM 嵌入式微控制器 程序设计入门

〔日〕 机器人实习教材研究会 主编
Vstone 株式会社 编
郭 青 冯仁剑 译

研 究 出 版 社

北 京



前言

必要性:日益重要的嵌入式技术

随着移动系统、数字家电的普及,以及工业设备的信息化,微控制器已经嵌入到我们生活的每个角落。除了司空见惯的汽车、手机、数码相机等应用领域外,在数字家电(电视机、DVD、微波炉等)、自动门、通信设备等一些意想不到的地方,也少不了微控制器的影子,它们就像“无名英雄”一样努力工作着,使我们的生活更加舒适、方便。

微控制器在我们的生活中占有重要的地位,但其系统开发及程序设计却有着很高的技术门槛,这就造成了一方面社会需要大量相关的技术人才,人们渴望学习相关技术知识,另一方面却存在着培训场所少、学习资料不足等问题,技术人员的培养难度较大。在高中、大专、大学、企业等教育和培训机构中,即使是初学者,也需要具有一定的电子技术实践经验,大部分入门书的编写也都基于读者具有一定的电子技术基础知识这一前提。因此,目前的图书市场上很难找到适合微控制器程序设计初学者的、浅显易学的实用型书籍或者教材。

本书的使用方法:“先熟悉,再学习”

本书以中学、大专、大学以及企业中初次接触嵌入式系统 C 语言编程的学习者为对象,面向实际应用的内容占了较大比重,具体说明了微控制器编程环境的构建方法,并且给出了大量用于机器人控制的示例源程序等。笔者有意省略了与 C 语言和嵌入式编程相关的理论,把这些内容交给其他书籍去讲解。笔者认为最重要的是使读者通过本书的学习,首先体会到自己输入程序使机器人动起来的成就感,然后以愉快的方式一步一步地深入学习嵌入式编程技术。

对于微控制器系统开发过程,如开发环境的安装、从编程到生成可执行程序等,本书采用大量屏幕截图来讲解,读者按图操作即可完成这些复杂的操作。本书的示例程序配有详细的讲解和注释,使读者可以在输入、检查程序的过程中,自然而然地体会到用 C 语言编写嵌入式程序的感觉。

“先熟悉,再学习”,如果读者通过阅读本书,能够一边享受自己动手控制机器人小车的乐趣,一边愉快地学习,将是笔者的荣幸。

使用市售教学用机器人小车学习

读者可以在售卖电子元器件或者机器人的商店买到书中示例用的教学用机器人小车套件“Beauto Rover ARM”和微控制器学习开发板“VS-WRC103LV”。只要书和机器人小车套件在手,马上就可以开始学习。另外,读者还可以从 Vstone 公司的主页下载与本书内容类似的其他示例程序,用来参考学习书中较难理解的部分。

开始嵌入式微控制器学习时,开发环境的准备常常是初学者面对的第一个难关,跟着本书来做,就可以轻松地跨过这一难关。书中还提供了大量用于扩展 I/O 接口、传感器、控制器等外围器件的实例程序,读者同样可以借助本书学习嵌入式系统的扩展技术。

不管你是从嵌入式编程基础开始自学,还是在学校与大家一起学习,我们相信本书结合机器人小车套件实练,“先熟悉,再学习”,一定能够取得很好的学习效果。

选用应用广泛的 ARM 微控制器

从掌握实用技术的目的出发,我们认为学习嵌入式技术最好的方式是从已经广泛应用的微控制器入手。

本书介绍的 ARM 微控制器,不仅是一种用于入门学习的微控制器,更是一种广泛应用于智能手机、数码相机、汽车等各个领域,具有代表性的 32 位单片微控制器。ARM 微控制器不仅在世界微控制器市场中占有很高的份额,而且有望成为嵌入式微控制器的技术标准。NXP 半导体公司提供的免费集成开发环境“LPCXpresso”,自带编译软件,读者可以开始轻松学习嵌入式编程,这也是本书选择 ARM 微控制器的另一个原因。

最后,Ohmsha 出版社的诸位编辑和工作人员对本书的编写提出了许多中肯的意见,在此致以衷心的感谢。

作 者

写在学习之前

什么是 ARM 微控制器

ARM 微控制器是一类 CPU 采用 ARM 架构的微控制器的通称,ARM 架构是一种由 ARM 公司设计的 CPU 架构。作为 32 位嵌入式微控制器,ARM 微控制器具有高性能、低功耗的优点,广泛应用于移动电话、便携式电子游戏机、家用电器、计算机外设、电子乐器等各个领域。目前,在世界 32 位 RISC 嵌入式微控制器市场中,ARM 微控制器占有大约 75% 的市场份额。

ARM 公司自身并不直接开发制造 ARM 微控制器,它只是将 CPU 核的技术许可作为知识产权提供给各半导体生产商。其他半导体生产商基于 ARM 内核自行设计,加入存储器等外围电路,形成自己的 ARM 微控制器进入市场。基于同一 CPU 内核开发的微控制器属于系列产品,同一系列中的不同产品具有技术共享的特点。

到 2011 年为止,ARM 已成为市场的主流产品。在日本市场,随着日语版本的 ARM 技术资料的增多,以及开发环境的逐步完善,可以预料 ARM 微控制器在日本(中国也类似——译者注)也会逐渐成为主流产品。

ARM 微控制器的优点

在国内外市场上流行的微控制器种类很多,我们之所以选择 ARM 作为本书讲解微控制器编程技术的对象,是因为它具有以下优点。

1) 低价格、高性能

ARM 微控制器中搭载的 ARM 核内部结构简单、耗电量低,其制作成本也相应较低、销售价格便宜。成本虽低,ARM 核的数据处理能力却很强。由于其具有低价格、低功耗、高性能等特点,ARM 核逐渐被许多厂商选作 CPU 核制作自己的开发及应用系统。基于 ARM 微控制器的电子设备应用于多种领域,但其中应用最多的还是在移动电话上,随着移动电话的普及,ARM 微控制器的应

用也愈加广泛。

2) 相同的 CPU 架构,覆盖范围广泛的产品种类

ARM 微控制器虽然以产品线丰富著称,但实际上所有的 ARM 微控制器有着相同的 CPU 架构。因此,从家用电器等设备中使用的小规模嵌入式微控制器,到应用在智能手机等设备中,搭载有操作系统、可以进行复杂数据处理的大规模微控制器,这些规模悬殊、应用领域也有很大不同的微控制器都是 ARM 微控制器的一员。

除了 ARM 内核,ARM 微控制器的其他部分是由各制造厂商自己设计制造的,有着独特的功能,用户可以根据需要在丰富的 ARM 产品中选择符合功能需求的产品。

因为 ARM 微控制器具有上述特点,在产品开发过程中,即使开发产品的品种不同,只要使用的还是 ARM 微控制器,就仍然可以利用同样的开发环境,在其他产品开发中积累下来的经验技术也依然有效,大大节约了开发后续产品需要耗费的时间和成本。

3) 压倒性的普及率

如前所述,ARM 微控制器在世界嵌入式市场占有压倒性的市场份额,尤其是在移动电话、便携式游戏机等发展前景看好的领域,占有率非常高。因此,对有志成为嵌入式技术人员,特别是程序设计人员的读者来说,学习 ARM 编程可以提升自身的职业价值。

4) 开发环境的发展完善

作为由国外厂商开发的产品,ARM 微控制器之前主要在海外市场占主流,当日本读者开始学习 ARM 时,往往会遇到缺少日语开发环境、相关参考文献不足之类的问题。近来,NXP 半导体公司开放了 ARM 微控制器的日语网站,除了本书中使用的 CPU 开发板外,其他厂家也开始制作、销售搭载 ARM 的通用微控制器开发板。因此,有关 ARM 微控制器的日语开发环境、学习资料等正在加速完善中。

关于 ARM Cortex-M3

下面要说明的是 VS-WRC103LV 开发板采用的 CPU 核——Cortex-M3 的技术特点。

Cortex-M3 的设计目标是以最小容量的存储器提供最恰当的性能及功耗。

Cortex-M3 采用可以大大减少内部存储器耗电量的高密度代码——Thumb-2 指令集,使微控制器能够以 2~3KB 存储器,仅相当于一般 8 位或 16 位微控制器存储器的容量,实现 ARM 核的高性能。

Cortex-M3 集成了许多系统外设,其 CPU 核仅使用了 33000 门电路,加上外围电路也不过 60000 门,这种紧凑型设计使缩小芯片面积成为可能,使芯片制造商可以尽量减小芯片封装尺寸,或者采用 $0.35\mu\text{m}$ 、 $0.25\mu\text{m}$ 等低成本的制作工艺来生产微控制器芯片,从而降低产品的成本。

此外,经过多次改进的 CPU 架构中使用了硬件除法、单周期乘法等多种新技术。

关于 ARM 微控制器 LPC1343

本书采用的开发板 VS-WRC103LV 所搭载的微控制器是 LPC1343,由 NXP 半导体公司制造,其 CPU 核为 ARM Cortex-M3。

LPC1343 的主要技术指标如下。

● LPC1343

▶ Cortex-M3 核

● 丰富的外围电路

▶ 定时/计数器

▶ 看门狗定时器

▶ USB 接口

▶ A/D 转换器

▶ SSP 接口

▶ I²C 总线

▶ UART 接口

● 内置存储器

▶ Flash ROM: 32KB

▶ RAM: 8KB

● 高速通用输入/输出端口

▶ 输入/输出端口: 42 个

关于 VS-WRC103LV

CPU 开发板 VS-WRC103LV 搭载有 NXP 公司的 ARM 微控制器 LPC1343,支持用户学习 C 语言的微控制器编程。

VS-WRC103LV 是一款多功能学习开发板(图 0.1),设置有 2 路车轮控制、4 路模拟量输入、LED 显示、蜂鸣器等基本功能模块,还可以连接无线游戏控制器、旋转编码器、IXBUS 等选配外设,构成多功能应用系统。

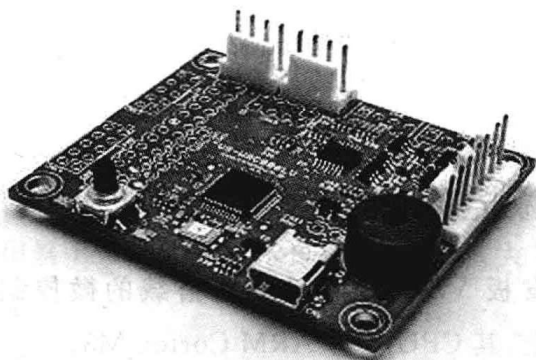


图 0.1 CPU 开发板 VS-WRC103LV

VS-WRC103LV 通过 USB 接口与 PC 连接(图 0.2)。与一般 USB 接口设备一样,VS-WRC103LV 支持即插即用,不需要安装任何驱动程序,即使在限制软件安装的 PC,如学校的公用 PC 上,也可以顺利地安装使用。

此外,通过连接选配外设 I/O 扩展板 VS-WRC004LV 可以进一步扩展 I/O 端口的数量,提升原开发板的性能。通过在 VS-WRC004LV 上增加排针连接器,开发系统可以使用 ARM 微控制器所有的 I/O 端口,利用 ARM 微控制器的全部功能,将基本开发板升级为可扩展的高性能开发系统。

VS-WRC004LV 也搭载在教学用机器人小车 Beauto Rover ARM 上,它在机器人控制方面也显示出较强的通用性。

读者利用 VS-WRC004LV 开发板学习软件编程时,可以使用不需要编程指令、直接连接各命令模块并生成可执行程序的专用编程软件 Beauto Builder 2,也可以使用 NXP 公司提供的免费集成开发环境 LPCXpresso。因此,不管是从编程概念开始学习的初学者,还是在大学和企业中从事嵌入式编程工作的专业人员,都能够利用此开发板进行微控制器编程学习。

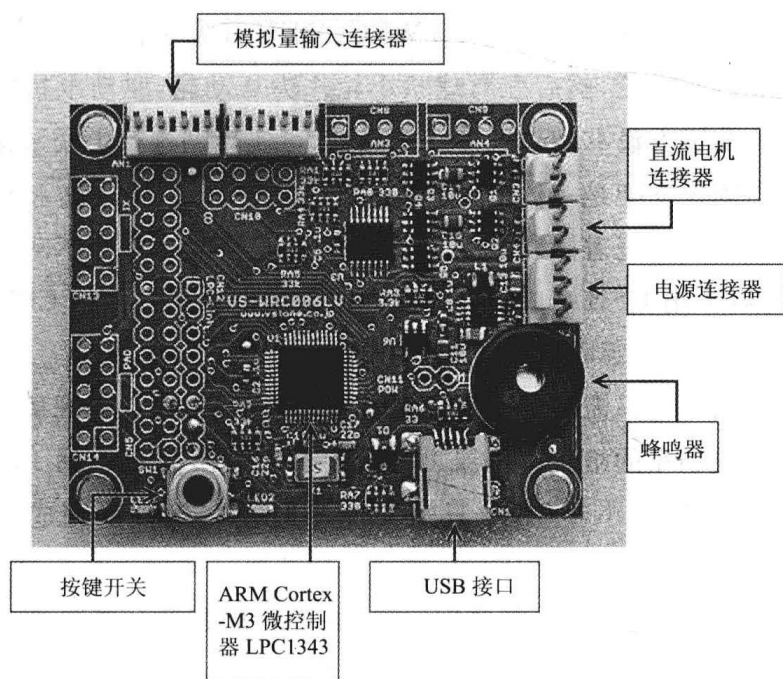


图 0.2 VS-WRC103LV 的组成

电路图等技术资料请参考书后附录。

什么是 Beauto Rover ARM

Beauto Rover ARM 是为初学者准备的, 配备有电机及红外线传感器各两个的机器人小车套件(图 0.3)。

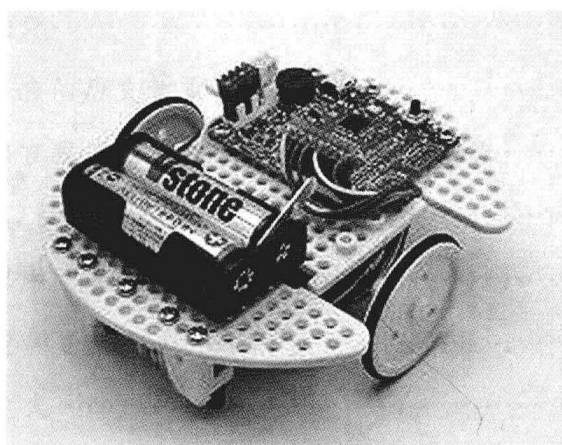


图 0.3 Beauto Rover ARM

机器人小车的动作由上述的 VS-WRC103LV 开发板控制。小车左右两侧各有一个独立的驱动轮,前后配有球状小轮作为从动轮,驱动电机安装在齿轮箱中。车体的前下方设有两个红外线传感器,可实现循迹行走及坠落防止等功能。传感器与固定支架是一体的,变更支架的安装位置,将支架和传感器水平安装在车体前方可实现避障功能。电源为两节五号电池。当不需要驱动电机工作时,还可以采用 USB 端口供电方式。这种供电方式只供给 CPU 开发板的工作电源,开发板可以编程,但不能驱动电机。

组装机器人小车只需要 2 号十字螺丝刀和钳子,使用一般家庭常用的简单工具就可以完成小车的组装。机器人零部件有 10 种,总数不到 15 个(不含齿轮箱),就算是高年级小学生,也只需 1.5 小时左右就可以完成整套设备的组装。

机器人小车组装完成后,可以用 CPU 开发板中预装的软件测试一下机器动作是否正常。预装软件可实现两种动作:当放置在平面上,小车依照前进、后退、左右旋转的顺序循环动作;如果将小车悬空拿在手中,则电机停止动作,蜂鸣器发声。机器人小车根据红外线传感器的检测信息判断是否处于悬空状态。通过这一系列的动作,读者可以马上体会到传感器反馈等概念的实际运用效果。

目 录

Chapter 1 C 语言编程环境的构建

1.1 LPCXpresso 的安装和设置	2
1.1.1 LPCXpresso 的下载	2
1.1.2 LPCXpresso 的安装	5
1.1.3 LPCXpresso 的启动和注册	6
1.2 CPU 板和 PC 的连接及程序的烧写	11
1.2.1 工作空间目录名的确定和修改	11
1.2.2 示例项目的安装	13
1.2.3 示例项目的编译	16
1.2.4 CPU 板的程序烧写	18

Chapter 2 开始 C 语言编程

2.1 C 语言简介	22
2.1.1 C 语言的历史背景与特点	22
2.1.2 C 语言程序的构成	23
2.2 C 语言基础	26
2.2.1 C 程序的基本语法	26
2.2.2 常量和变量	30
2.2.3 表达式	32
2.2.4 函 数	34
2.2.5 “LED 亮灭”示例源代码说明	38

2.2.6 编译错误及 DEBUG	43
2.3 C语言程序的结构	46
2.3.1 C语言中的循环结构(for、do/while)	47
2.3.2 C语言中的分支结构(if、switch/case)	51
2.4 数组变量	57
2.4.1 数组变量的定义	57
2.4.2 数组变量的应用	58
2.4.3 字符串的应用	59
2.5 指 针	61
2.5.1 地 址	61
2.5.2 指针的应用	62

Chapter 3 让机器人动起来的 C 语言

3.1 让蜂鸣器响起来	70
3.2 控制电机的动作	75
3.3 红外线传感器的应用	82
3.4 利用随机函数制作占卜机器人	86
3.5 使用 1 个传感器的机器人循迹	90
3.6 使用 2 个传感器的机器人循迹	95

Chapter 4 利用扩展部件提高机器人的性能

4.1 挑战 IXBUS 编程——扩展 8 路红外线传感器	100
4.1.1 8 路红外线传感器的组装	101
4.1.2 IXBUS 接口编程	102
4.1.3 使用 8 路红外线传感器的循迹程序	104

4.2 旋转编码器的应用	108
4.2.1 旋转编码器的工作原理	108
4.2.2 旋转编码器的安装	110
4.2.3 使小车以给定距离前进的程序	110
4.2.4 使小车以给定速度前进的程序	114
4.3 利用无线通信控制机器人	118
4.3.1 VS-C1 的安装	118
4.3.2 VS-C1 应用程序举例	119
4.4 其他扩展应用举例	124
4.4.1 自主型足球机器人(全方位移动)	124
4.4.2 双轮倒立摆机器人	125
4.4.3 智能搬运台车	126
4.5 机器人汽车开发平台 Beauto EV	127
4.6 基于蓝牙通信模块 VS-BT001 的无线通信	131
4.6.1 异步通信方式	133
4.6.2 VS-BT001 使用说明	135
4.6.3 串行通信示例程序	139
 附录 VS-WRC103LV 简介	 143

Chapter

1

C语言编程环境的构建

在开始学习C语言前，首先介绍C语言编程环境的使用方法。如果想利用C语言对机器人编程，就必须逐步学习到本章末。掌握PC上开发环境的安装和示例程序的编译，以及如何向CPU板烧写编译好的程序。

1.1 LPCXpresso 的安装和设置

首先,准备 C 语言编程用的软件,在 PC 上安装 NXP 公司开发的综合开发环境“LPCXpresso”(评估版)。

1.1.1 LPCXpresso 的下载

LPCXpresso 可以从 NXP 公司的主页下载。评估版的使用是免费的,下载时需要创建用户账号,而且编译生成文件的大小也受限制,安装之后还必须通过网络进行注册。

(1) 首先,请打开下面的 URL。

<http://lpcxpresso.code-red-tech.com/LPCXpresso/>

(2) 网页打开后,会看到登录窗口。如果还没有 LPCXpresso 的用户账号,需要点击“Create Account”按钮创建账号。已经有了账号的话,直接从页面左上角输入用户名和密码,然后点击“LOGIN”(图 1.1)。

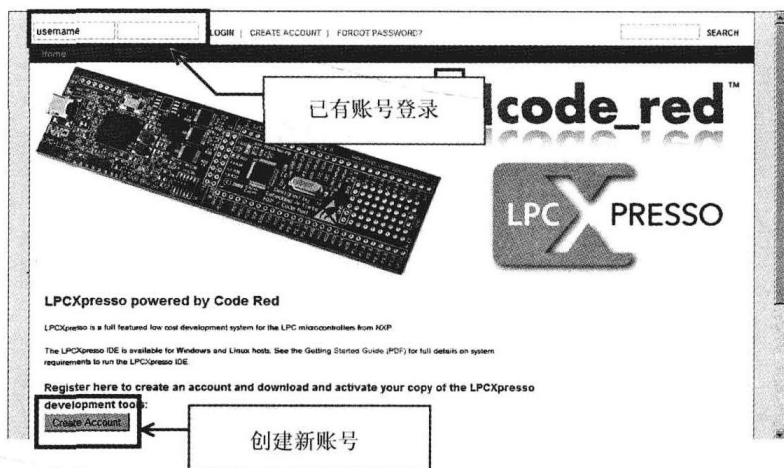


图 1.1 登录页面

(3) 创建账号时,需要输入图 1.2 所示信息。

Create Your LPCXpresso Account

YOUR INFORMATION

First Name*

Last Name*

Address*

City*

State/Region*

Postal/Zip Code*

Telephone*

Organization Name*

Job Title

End application market
(consumer, industrial control, automotive, etc)

名

姓

地址

城市

国家/地区

邮政编码

电话号码

单位名称

也可以不输入

也可以不输入

YOUR LPCXpresso ACCOUNT

Username*

Email*

Email (repeat)*

用户名

电子邮件

电子邮件 (确认)

Sign Up

完成后点击

图 1.2 创建账号

(4) 点击“SignUp”,出现图 1.3 所示信息,表示已经向输入的地址发送了电子邮件。

Home

An email containing your login information has been sent to:
b1445772@prtnx.com.

We have processed your details and an email with a temporary password has been sent to your email address.

Important: IMPORTANT: Please ensure you can receive emails from `lpcxpresso@code-red-tech.com`. If you do not receive your email within 1 hour, please check your spam folder and/or check with your system administrator to see if the email has been blocked. If you cannot receive email from this account, you will not be able to login.

Login and change your password to a permanent one. You will also be able to download LPCXpresso and register for your activation code.

Thank you for registering.

图 1.3 完成注册

(5) 请确认在注册的电子邮件地址收到图 1.4 所示邮件。使用记录在该邮件中的用户名和密码,在最开始的页面进行登录。

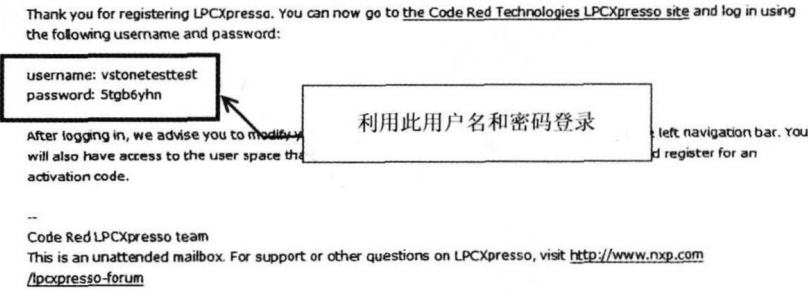


图 1.4 用户名和密码

(6) 登录后, 点击页面中央“1. Download the LPCXpresso installer for your host by clicking here”下的“Downloads”按钮(图 1.5)。

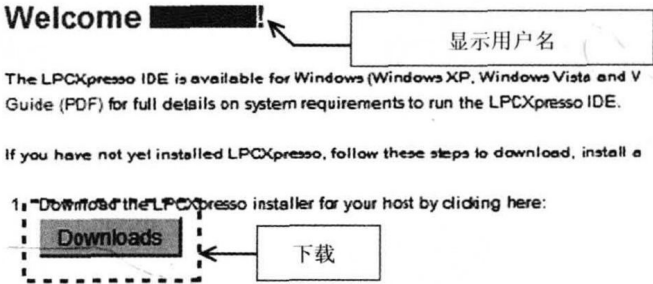


图 1.5 下载页面

(7) 点击后切换到新的页面, 在此页面点击“LPCXpresso for Windows”(图 1.6)。

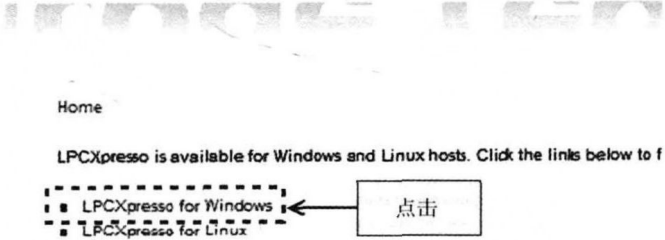


图 1.6 选择 LPCXpresso for Windows

(8) 然后又出现图 1.7 所示页面, 在最下部分点击“LPCXpresso v3. 5. 6 [current stable release]”(v 后面的数字表示软件的版本号), 开始下载。注意: 软件非常大, 有时可能需 1 个小时的时间。

以上就完成了 LPCXpresso 的下载。