Broadview
www.broadview.com.cn

本书的主角——“Hello China”
——自己动手写出来的嵌入式操作系统！

Embedded Operating System

自己动手写嵌入式操作系统

蓝枫叶 编著

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

自己动手写嵌入式操作系统

蓝枫叶 编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京•BEIJING

内 容 简 介

本书以作者亲自在 PC 上开发嵌入式操作系统“Hello China”的全过程为主线，详细地叙述自己动手写嵌入式操作系统所需的各方面知识，如加载和初始化、Shell、线程的实现、内存管理机制、互斥和同步机制及中断和定时机制的实现，以及设备驱动程序管理框架和应用编程接口等。

本书中的每一个字都是作者辛勤劳动的结晶，本书所讲到的嵌入式操作系统“Hello China”更是作者亲自实践的成果，因此本书具有极高的实用性，对于嵌入式软件开发工程师、应用软件开发工程师均有很高的参考价值，对于大中院校的学生学习和理解操作系统及计算机原理也会有许多启发，对于系统软件爱好者更是一本不可多得的好书，因为它会使您得到一个完整而细致的实践过程。

图书在版编目（CIP）数据

自己动手写嵌入式操作系统 / 蓝枫叶编著. —北京：电子工业出版社，2007.1
ISBN 7-121-03302-X

I. 自… II. 蓝… 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（2006）第 123015 号

责任编辑：孙学瑛
印　　刷：北京市天竺颖华印刷厂
装　　订：三河市金马印装有限公司
出版发行：电子工业出版社
　　北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编 100036
开　　本：787×980　1/16　印张：27.25　字数：497 千字
印　　次：2007 年 1 月第 1 次印刷
印　　数：4000 册　　定价：59.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系电话：（010）68279077；邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

Broadview®
www.broadview.com.cn

《自己动手写嵌入式操作系统》读者调查表

尊敬的读者：

感谢您对我们的支持与爱护。为了今后为您提供更优秀的图书，请您抽出宝贵的时间将您的意见以下表的方式及时告知我们（可另附页）。我们将从中评选出热心读者若干名，免费赠阅我们以后出版的图书。

姓名：	性别：☐ 男 ☐ 女	年龄：	职业：
通信地址：			邮政编码：
电话：	传真：	E-mail：	

1. 影响您购买本书的因素（可多选）：

☐ 封面封底 ☐ 价格 ☐ 内容提要、前言和目录 ☐ 书评广告 ☐ 出版物名声
☐ 作者名声 ☐ 正文内容 ☐ 其他 _____

2. 您对本书的满意度：

从技术角度 ☐ 很满意 ☐ 比较满意 ☐ 一般 ☐ 较不满意 ☐ 不满意
☐ 改进意见 _____

从文字角度 ☐ 很满意 ☐ 比较满意 ☐ 一般 ☐ 较不满意 ☐ 不满意
☐ 改进意见 _____

从版面、封面设计角度 ☐ 很满意 ☐ 比较满意 ☐ 一般 ☐ 较不满意
☐ 不满意 ☐ 改进意见 _____

3. 您最喜欢书中的哪篇（或章、节）？请说明理由。

_____

_____

4. 您最不喜欢书中的哪篇（或章、节）？请说明理由。

_____

_____

5. 您希望本书在哪些方面进行改进？

_____

_____

6. 您感兴趣或希望增加的图书选题有：

_____

_____

通信地址：北京万寿路 173 信箱 博文视点（100036） 电话：010-51260888

如果您对我们出版的图书有任何意见和建议，也可以发邮件给我们，我们将及时回复。

E-mail：jsj@phei.com.cn，editor@broadview.com.cn

反侵权盗版声明

举报电话：（010）88254396；（010）88258888
传　　真：（010）88254397
E-mail：　dbqq@phei.com.cn
通信地址：北京市万寿路 173 信箱
　　电子工业出版社总编办公室
邮　　编：100036

作者自序

眨眼之间，在 IT 行业工作已经满 6 年了。在这 6 年当中，虽然经常更换工作内容，但一直在通信行业进行通信产品的开发、测试和维护工作，因此可以说，对嵌入式领域，尤其是通信行业，也算有一定的理解了。从感情上说，对于这个行业，作者本人由衷地热爱和引以为豪，尤其是这几年，国内通信产业发展迅速，至少在本行业内，已经达到了世界先进水平，每当看到在项目竞争中，国外的设备提供商纷纷落马，代表中国的本土企业获得用户认可的时候，心中更加自豪，不但是为企业，更为伟大的祖国取得的进步而自豪。

但有时候仔细回味一下，不禁又有一种失落和遗憾，几乎所有通信产品涉及的核心部件和核心技术，大都是国外厂家提供的，尤其是提供最核心功能的交换芯片、网络处理器以及提供设备底层管理的嵌入式操作系统。这样设备制造商完成的工作实际与组装工差不多，仅仅是把这些核心的部件组装到印制板上，然后再在购买的操作系统上编写应用程序实现特定的设备功能。这种说法虽然有一定的片面性，却不无道理。作者是做软件的，对于硬件部件，平时只关注其编程接口，即只要知道这个部件可完成什么功能，如何填写其寄存器，如何组织内部表结构就可以了，对于其实现没有精力关注，因此究竟是实现难度太大，还是商业模式不允许商家去实现，从来不敢妄下断言。但对于软件，接触得相对较多，尤其是操作系统，窃以为不是太难实现的原因导致这种局面，而是商业代价、应用程序缺少等原因导致的。为了验证这种想法，便有了编写一个操作系统的念头，当时是 2004 年下半年，正处于一个项目的间歇期，有一些空余时间，便开始了这个实践。

当时的想法是购买一块开发印制板，然后在这个印制板上开发一个简单的嵌入式操作系统，把板子驱动起来，并在这个操作系统上实现一个简单的串口通信程序，能够与 PC 通过串口通信，任务就算完成了。后来在购买印制板的时候，由于质量原因，与卖板

子的人吵了起来，一气之下，就放弃了买板子的念头。以前曾经在网上看到过一篇文章，总体的观点就是个人计算机就是一个很好的嵌入式开发环境。这个观点我一直是认同的，因此当时就想能否在个人计算机上开发这个操作系统呢？而且这样做开发出来的结果可以很容易地被不同的人试验，因为只要有一台 PC 就足够了。业界一些很流行的嵌入式操作系统都提供了个人计算机的模拟版本。这更坚定了我在 PC 上开发的想法。

后来证明，在 PC 上开发嵌入式操作系统是可行的，而且作为一个通用的硬件平台，PC 比嵌入式印制板提供了更广泛的扩展性和硬件部件，这样开发的操作系统可以有机会接触到更多的硬件设备，比如监视器、鼠标、键盘等，而这些在印制板上往往是没有的。

最初开发的时候，选择的编译环境是 NASM 和 GCC，NASM 完成汇编语言部分的编译和链接（主要是引导程序和初始化程序），GCC 完成操作系统核心功能的编译链接。后来发现，GCC 虽然功能强大，但特别不好用（可能是以前很少使用的缘故吧），界面不友好。于是改变了编译环境，采用 Visual C++完成核心功能的编译链接，这主要是个人对 VC 比较熟悉，且 VC 提供了函数联想等贴近程序员习惯的功能，使得代码编写起来非常方便。但 VC 产生的最终目标模块都是 PE 格式的，而在操作系统编写初期，还不具备模块加载等基础功能，因此无法直接处理 PE 文件，于是又写了一个工具软件，对编译后的二进制文件进行处理。就这样，NASM、VC 和自行编写的一个处理软件构成了整个开发环境。虽然不专业，但很实用。

这个操作系统都是在业余时间开发的，而大多数时候工作都比较忙，因此进展缓慢。直到 2006 年年初，才把当初规划的所有功能开发完毕。这一年多的开发过程十分辛苦，由于缺乏资料、工作项目紧张等原因，曾几度想放弃，最终还是坚持了下来。在开发的过程中，为了确保质量，对每个功能模块都做了很详细的文档描述（类似 LLD），然后再进行仔细的评估，先从逻辑上想清楚，再开始编写代码。这样进度虽然缓慢，但效果非常好，几乎每个模块都是一次成功的。这些描述文档经过梳理、补充，并添加了更详细的描述和示意图，就构成了本书。

开发这个操作系统的初衷是为了验证一下操作系统是否真的很难开发，以致国人无法完成这项工作（或许作者孤陋寡闻，不知道国内有许多成功的操作系统，若如此，请各位读友见谅）。但试验结果是，虽然开发操作系统有一定的难度，但只要有所投入，不断坚持，不断积累，一定能够收到良好的效果。

作者十分愚钝，工作中遇到的一些问题，聪明的同事在很短时间内就可找到解决方案，而作者却需要更长的时间。在这样的情况下，尚且能够做出一个虽然简单，但五脏俱全的操作系统，何况国内学富五车之聪明人士乎！最初的时候，为这个试验项目起了

一个代号，叫做“up16M”，因为最初设计时，这个操作系统的核心是驻留在 32 位地址空间的高 16M 地址处的。后来更名为“Hello China”，这个名称的用意之一，是对祖国在经济上取得的巨大成绩表示祝贺，另外一个用意是希望国内 IT 核心技术的发展能够与祖国的经济进步一样有所突破，真正走出中国，走向世界，让世界人民都说一声“Hello，China！”

出版这本书的目的，是希望能够与业界的同行朋友分享自己的开发经验，请业界朋友指点一下，提出批评建议，以使作者能够持续改进这个操作系统。作者水平有限，不论是在操作系统的设计当中，还是在本书的写作当中，定然存在一些不当之处，或错误理解之处，还请读者多多谅解，并能够以一种“治病救人”的态度指出这些不当之处，作者将十分感激。

另外，在电子工业出版社郭立主任、孙学瑛老师的大力支持和帮助下，本书才得以出版，在此表示衷心的感谢，并对电子工业出版社表示感谢。在我的印象中，电子工业出版社出版的图书，总是十分专业、细致，很多专业方面的知识，就是从电子工业出版社出版的图书中获取的。

虽然本书的主要内容是对作者自行编写的一个操作系统实现细节的描述，但其中也涉及了大量的硬件知识，比如 CPU、PCI 总线、计算机外设等，对于 CPU 的介绍，除了 Intel 公司的 32 位 CPU 外，还对嵌入式领域广泛应用的 Power PC 的一些机制进行了描述。因此，本书的内容既包含作者的经验描述，也包括一些通用硬件、通用操作系统概念以及一些基本的嵌入式开发概念的叙述，可以适应多层次、多领域的读者。比如，嵌入式软件开发工程师可以从中了解到一些嵌入式开发和嵌入式操作系统的概念；应用软件工程师也可以通过了解硬件机制、操作系统实现原理，以对应用软件所在的操作系统进行更深入的理解，因为这些操作系统的概念都是相通的；大中专学生也可以通过实践的方式从本书中了解到很多操作系统核心概念，给操作系统和计算机原理的学习带来一定的帮助；而系统软件爱好者也可以通过阅读本书了解一个完整的实践过程。

再简单说明一下为什么把这个在 PC 上开发的操作系统定位为“嵌入式操作系统”。对于嵌入式操作系统，至今尚没有一个严格统一的定义来描述，但有一些共同的特点已经被业界认同，比如可裁减性、占用资源少、能够支持广泛的 CPU、效率高等。在这些特点中，除了“支持广泛的 CPU”这一点外，Hello China 都应该算符合（书中提供了一些测试数据和测试案例可做说明）。对于多 CPU 的支持，这个操作系统的核心功能都是采用C语言编写的，而且在编写的时候也充分考虑了不同CPU之间的移植、多CPU(SMP)的情况，因此可移植性应该不是问题。另外，作者认为，上述特性不能真正反映嵌入式

操作系统的本质，嵌入式操作系统的本质应该是“跟应用一起链接”，即嵌入式操作系统跟嵌入式应用代码往往链接成同一个二进制模块，而不像通用操作系统那样，操作系统模块与应用程序完全分离。Hello China 具备这个特性，即如果在 Hello China 的基础上开发应用程序，那么必须把应用程序的代码和 Hello China 的代码放在同一个工程中一起编译、链接。因此，作者把这个在 PC 上开发的操作系统定位为“嵌入式操作系统”，以后做进一步开发、完善的时候，也会遵循这个标准进行。

最后说明一下，销售本书所获得的稿费的一半，将捐献给西部贫困地区的失学儿童，为这些孩子能够享受到基础教育贡献微薄的力量。

作者

2006/12/04

目　录