

美国 AcopiaNetworks 董事长 吴锦城 推荐

嵌入式系统开发之道

菜鸟成长日志

项目经理的私房菜

邱毅凌 著

谢亮 谢晖 改编

- 以幽默逗趣的职场对话，道出嵌入式系统开发的精髓。
- 脱离介绍嵌入式系统原理和设计理论的传统方式，直接切入实战现场。
- 通过完整的项目架构，循序渐进地引导正确的嵌入式系统开发思想。
- 用正统的项目管理知识，贯穿电子产品开发的生命周期，指引工程人员职业发展再上一层楼。

嵌入式系统开发之道

菜鸟成长日志

项目经理的私房菜

邱毅凌 著

谢亮 谢晖 改编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

嵌入式系统开发之道：菜鸟成长日志与项目经理的私房菜 / 邱毅凌著. — 北京：人民邮电出版社，2011.12

ISBN 978-7-115-26603-3

I. ①嵌… II. ①邱… III. ①微型计算机—系统开发
IV. ①TP360.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第208713号

版 权 声 明

本书为台湾精诚资讯股份有限公司悦知文化授权人民邮电出版社出版。此中文简体字版本仅限在中华人民共和国境内（不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区）印刷、发行及经销。

本书原版权属精诚资讯股份有限公司悦知文化。

版权所有，侵权必究。

内 容 提 要

本书用平易朴实的语言，以一个完整的嵌入式系统的开发流程为架构，通过一位“菜鸟”工程师与项目经理的诙谐对话，故事性地带出嵌入式系统概念及开发要素，并点出要成为一名称职的嵌入式系统工程师，在实际工作中所必须具备的各项知识及技能。

全书可以分为三大部分：第1、3、4、17、18、19章和附录D为嵌入式系统概论与开发流程；第2、15、16章和附录A介绍了嵌入式系统项目管理与软件工程方面的知识；第5~14章，以及附录B、附录C介绍了嵌入式系统的开发技术。

本书不仅可以作为致力于嵌入式系统开发初学者的入门教程，也可以作为从事嵌入式系统开发的项目经理、技术团队主管等不可不读的参考书。

嵌入式系统开发之道——菜鸟成长日志与项目经理的私房菜

- ◆ 著 邱毅凌
改 编 谢 亮 谢 晖
责任编辑 俞 彬
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
- ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：36.25
字数：992千字 2011年12月第1版
印数：1-3500册 2011年12月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2011-4975

ISBN 978-7-115-26603-3

定价：69.00元

读者服务热线：(010)67132692 印装质量热线：(010)67129223

反盗版热线：(010)67171154

广告经营许可证：京崇工商广字第0021号

总而言之，这本书是中文计算机领域难得一见的原创好书！强力推荐给正在这个业界中努力求生存，以及将要进入这个业界的勇士们。此外，我也要推荐给信息系的学弟学妹们，书中描述的情景可能就是你们未来工作上会遇到的问题。即使将来不走这条路，书中的内容也可以和课本上的微电脑组织架构互相比较验证。而且这本书写得那么轻松，就算是当故事书看也不错！

——Closer | 酒精浓度百分之五

这本书可以说是项目经理笔记，通过对白式的小说形式，呈现一个菜鸟软/固件工程师成长的经历，文笔不脱工程师风格；或者说与一般技术性书籍相同，到处都有流程图、表格，还有程序代码。每一段故事后都有作者的经验之谈，并以黑体字表现，在轻松地演出后，留下重点。

本书前 1/4 的内容着重于项目管理，主要探讨嵌入式系统项目的特性、复杂性与先天限制，也包含了公司人事管理、跨部门沟通的思维。这部分是全面性的考虑，你可以一窥整个项目所牵涉到的各种问题、各部门的特性与考虑。其中与我现在公司的所见有相当多可以借鉴之处，对眼界的开阔极有帮助。

而书后约 3/4 的内容则是属于研发的部分，描述菜鸟工程师如何由一个新人，在资深同事的带领下，应用学校所学，通过比较与现实工作的异同，打破单纯软件归软件、硬件归硬件的刻板印象。从 CPU 的启动程序到基本的驱动程序的编写，以及最后调试与测试工作，再回归到项目的本质，完整的一个成长过程，予我有莫大裨益。

整体而言，本书可看得出笔者经过相当多的工程设计实践，文笔颇为流畅，所分享的经验也相当恳切，非常适合作为相关单位新人培训使用，资深人员则是看着自己的故事类似地上演，是值得一读的好书。

——小麦 | 小麦的心得笔记

本书用“老鸟”与“菜鸟”之间的互动，将嵌入式系统开发及项目管理所需注意到的事项都详细地描述出来。如果我在毕业专题及论文实作时先看这本书，那可能就不用走这么多冤枉路了。

这本书不仅适用于嵌入式系统，也适用于 FPGA、DSP 开发。我在开发 FPGA、DSP 的时候，很多时候都是去翻 spec.；要不然就是耗费在解决移植到板子上的问题，像是内存配置、处理速度不够快诸如此类的问题，有时候还用猜测的方式来解决，不过，这些在本书中都解释得非常清楚。

这本书对于刚入门嵌入式系统的菜鸟来说，真的很值得一看！

——kewang | 杂七杂八的 kewang 博客

自研究所毕业后，我就一直在嵌入式系统的设计领域，本书以一位职场“菜鸟”为串场主角，述说“菜鸟”参与开发项目的经历，通过与共事的项目经理和一些“老鸟”的对话，带入相关主题，让我回想起以前参与的许多项目经历。要培养这个领域的专家并不容易，因为现代科技与时俱进，必须一直保持学习，不过，踏入这个圈子后，就没有失业的问题，因为永远缺人。本书非常值得想进入或已经在这个领域的朋友阅读。

——Bridan | 研发培训机构 (Bridan's Blog - 4rdp, For R&D Person)

作者序

本书上一版自 2007 年 6 月上市至今已有三年多的时间了，期间收到很多反馈、鼓励、建议与指教。最令人开心的，则是能够对想进入嵌入式系统开发领域的朋友提供咨询，他们通过这本书找到了笔者，让笔者有机会分享自己在这个领域的经历与体验，让迷惘的朋友得到指引。

短短几年间，消费性电子产品市场发生了不小的质变：2008 年金融海啸对电子业的冲击、iPhone 及 APP Store 红透半边天、E-Book 卷土重来、平板电脑死而复生（iPad 带动电子阅读器的新风潮）、Google 亲自下海搞了个 Embedded OS（Android）、Intel 收购 WindRiver、ARM 几乎囊括了高端处理器的市场、MP3 产业盛极而衰、全世界各国陆续切换为数字电视（引发 STB 爆炸式需求）。以消费性电子产品类别来说，目前最热门的是：智能手机、电子书、微投影机、高画质播放器、3D 电视等。当今市场气氛和两年前已有极大的改变。

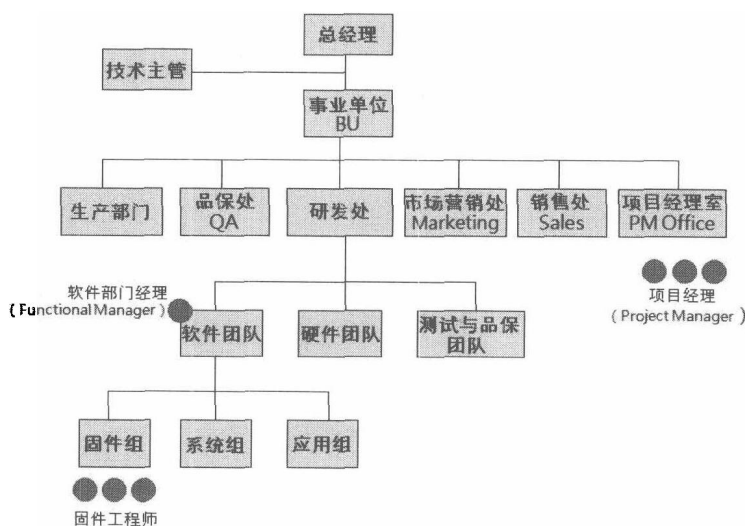
虽说本书强调的是嵌入式系统开发与项目的思想，不会因产品不同而有太大的差异，但笔者仍认为本书必须与时俱进，有许多初版未放入的主题现在变得相对重要，而且部分既有的主题值得更深入探讨，更重要的是，必须修正初版中疏漏与错误的部分。

本书除了内容更丰富、完整之外，还加入了笔者这些年来对产业观察与实际执行电子产品开发项目的心得，并延请更专业的出版团队进行设计，使这本书的质量更加精良。

邱毅凌

导读

本书主要目的是希望你不论身处于哪个职位，都能了解嵌入式系统开发是怎么一回事。项目管理者需要知道一个电子产品从无到有，包含哪些开发工作及困难；工程人员必须知道项目管理的精神，才能与其他领域同仁顺利合作；老板则必须了解项目成员们的职责，必要时才能适时给予协助及资源等。但每家公司的组织结构与企业文化不尽相同，很难在一本书中说完所有组织架构可能碰到的问题，因此，本书采用最常见的组织架构，如下图所示。其实一般公司就算职称不同，运作一个电子产品开发项目时，也不外乎就是这些角色，书中提到的思想与工具自然仍可一体适用。



组织架构范例

项目的执行时间有长有短，与项目困难度或组织所投入的资源有关，但无论成功或失败，项目总有结束的一天。项目成员从项目启动后陆续加入，并在项目任务完成后逐一离开，回到其原有组织。也就是说，项目组织是临时性的，但公司的组织则必须持续发展。举例来说，软件团队已经具有 RTOS 的技术，所以，公司在接了相关的项目后，随即会指派一名项目经理，并从软件团队中挑选成员加入此项目。在此同时，软件团队可能正在导入 Embedded Linux 技术，这是该团队的长期发展计划，和目前正在执行的所有项目没有直接的关系。因为这种组织架构（称为强矩阵组织），可兼顾组织的日常运作及临时性项目的执行，目前已被广为采用。

在强矩阵组织中最可能发生冲突的来源有两个：第一，负责某项目成败的项目经理，与负责组织中人力调配、新技术研发的部门经理（为与 Project Manager 区别，通常称之为 Functional Manager）两者的职责、所必须具备的能力和对组织发展的看法并不相同；第二，当工程人员加入某项目后，在项目执行期间会有两位直属老板，如果这两个老板之间沟通不好，则项目成员可能无所适从。

为避免过多角色导致笔者想表达的主题失焦，书中会淡化“Functional Manager”的角色。例如，工程师的招聘通常由 Functional Manager 面试并决定是否录用，而 Project Manager 会在

项目启动时，在目前组织中挑选成员加入项目^①，本书会将此关系简化为直接由 **Project Manager** 来招聘项目成员。本书两位主角就是 **Project Manager** 以及一名新项目招聘的菜鸟工程师，但 **Project Manager** 与 **Functional Manager** 间沟通渠道是否畅通、权责能否区分清楚等，也是项目成功与否的重要因素之一，所以书中新增一个专门讨论 **Functional Manager** 在嵌入式系统开发项目中角色界限的章节^②。

① 除非组织中无合适人选，才会由 **Project Manager** 负责招聘，但此新进人员还是会被挂在某位 **Functional Manager** 的团队之下。

② 第 4-1 节“动手之前：确定项目的执行原则”。

新版特色

本书相较于上一版，改动极大，绝非修正错别字、增加一些无关痛痒的章节而已。虽然主要架构不变，但笔者对全书进行了全面的检查，力求去芜存菁，新增笔者认为读者必须知道的主题多达 50 种以上。此外，根据笔者这两年讲授嵌入式系统项目管理课程，以及实际运作电子产品开发项目的经验，归纳出许多业界普遍存在的问题，并在本书中提出实际可行的解决方案。

业界有太多一直抓不到嵌入式系统开发本质、把时间用错地方的热血工程师；有太多仍以“土法炼钢”，不知如何使用所掌握的技能，只好无效率地不断加班，靠工程师的生命与运气执行项目的疲劳团队。更不幸的是，许多团队都会有个好打官腔、不知民间疾苦、要求项目按照教科书规范执行，却又不愿提供足够资源的老板！本书即便无法对整个产业起到震聋发聩之效，也希望能让所有读者，无论是工程师、团队主管，还是高层老板，都能用有效的方式执行嵌入式系统项目，并进行电子产品开发。

需知唯有软件才能赋予硬件灵魂！只有通过培养更多的嵌入式系统开发人才，建立具有国际竞争力的电子产品开发团队，经产业政策鼓励可在全球竞争的信息/电子公司，才是产业升级的不二法门。

至此笔者仍一秉初衷，若本书出版能对此产业有所帮助，能让你本人以及所属团队和公司用正确的方法，发挥最大的创造力，则甚幸！

本书定位

市面上电子产品琳琅满目，业界正在使用的 CPU、IC 与嵌入式操作系统多如繁星，嵌入式系统开发的技巧数不胜数，书店里嵌入式系统的图书繁杂多如过江之鲫，更不要提在 Google 搜寻 “Embedded System” 会出现多少相关网页！由于嵌入式系统是计算机产业中非常特殊的一个领域，几乎没有一项电子产品或嵌入式系统开发项目是完全相同的，身为这个产业链中的一员，面对排山倒海的信息，你该如何制定自己的学习目标？

所谓 “一法通，万法通”，嵌入式系统开发也是如此。如果只专注于研究某颗 CPU 的功能或某个产品的特性，实质意义并不大，重点应放在如何从繁杂的信息中萃取出放诸四海而皆准的思想，因为下个产品开发项目可能是完全不同领域的应用。例如，前一个项目开发的是多功能打印机，下一个项目可能是 DVD 播放器；前一个产品使用 Android，下个产品则根本不需要 OS。再加上不同项目可能使用完全不同的 CPU 或主控 IC，这都增加了嵌入式系统开发人员对自身学习经历是否足以应付未来任务的质疑。笔者希望能将自身的经验与见闻整理成真正有用的思想，通过轻松的行文风格，传达给想加入嵌入式系统这一行业的你，希望本书可以让对嵌入式系统开发有兴趣的你少走一些冤枉路。

本书人物及背景

菜鸟：一位刚毕业的信息系本科硕士，这是他第一份被录取的工作，刚成为职场新人。

项目经理：拥有十年以上消费性电子产品丰富开发经验，职位为 PM，目前带领该公司的研发团队负责某日本国际大厂委托的电子辞典开发项目，同时也是“菜鸟”职业生涯中遇到的第一位启蒙老师。

软件部门经理：比项目经理还要有经验的软件人，是目前公司中软件开发团队的主管，对软件开发流程与质量要求，始终保持着几近固执的坚持。

固件老鸟：项目团队中固件小组的组长，虽然工作时间不长（约三年多），但控制过的 IC 不少，对驱动程序开发相当有心得。

系统老鸟：项目团队中系统小组的组长，在团队中的地位与影响力如同项目的副主管。技术能力相当全面且扎实，“年轻”时曾独力开发过 RTOS，深知系统架构与开发流程对项目成败的影响。

硬件老鸟：负责过许多国际大厂的产品设计与生产，对硬件设计的性能与成本总是斤斤计较。

测试老鸟：曾是优秀的软件工程师，因配合度高，授命组建测试团队。对软件开发流程相当熟练，能使用最有效的方式进行测试，与 RD 团队关系良好，但测试团队人员流动率高是其最烦恼的事。

前情提要

让我们从一个面试的场景开始。

项目经理：“我觉得你的学习经历及专业技能都符合这个缺失职位的需求，工作内容是消费性电子产品开发工程师。简单地说，就是现在最热门的‘嵌入式系统’，我们团队目前正承接某日本大厂的电子辞典开发项目。”

菜鸟：“其实我有点担心我的能力是否真能符合贵公司的职务需求。虽然我在学校修过微处理器实习，但对所谓的‘嵌入式系统’仅有粗略的概念，不仅汇编语言没写过几行，驱动程序也没碰过，电子学还被挂过一次，更不要说什么实际的经验了。还有，嵌入式系统的程序要怎么写？是现在热门的 Google Android 还是 Windows Mobile 平台？API 手册可不可以先让我回家恶补啊？”

项目经理：“放轻松，别告诉我现在学校不教 C 语言了！操作系统、数据结构、算法及计算机组织都是必修的吧？希望你上这些课时不是在鬼混，其他实战必备的技能，等你进来后我们会慢慢教你。此外，我们有自己的软硬件架构，所有的 API 都是自己写的，要用到 Windows 或 Linux 那套的机会恐怕不多。”

菜鸟：“是喔！其实我对 Java 和网页程序比较熟，公司的开发项目会用到 Java 吗？”

项目经理：“恐怕不行，我们用的 CPU 执行时序只有 24MHz，而且客户对产品性能要求相当严格，我想都没想过要跑 Java。之前我们还用 8051 做产品，你要 8 bit MCU 跑 Java VM 是有点过分了！”

菜鸟：“什么？24 MHz？我的计算机都飙到 3.2 GHz 了，还双核心耶！这样的 CPU 能做什么？”

项目经理：“放轻松嘛，除了跑 Windows 7 外，可做的事情多了，我还没跟你说我们系统只有 8 MB 的 SDRAM，至于那个 8051 项目用到多少内存，以后有空我再慢慢让你知道，现在不宜给你太大的惊吓。”

菜鸟：“冒昧问一句，像电子字典这样的产品有什么技术可言？好像蛮 low-end 的，我刚刚毕业，希望能在第一份工作中多学点东西。”

项目经理：“在 PC 上开发执行的电子辞典系统也许很简单，但在 24MHz 的 CPU、8 MB 的 SDRAM 上，需要的技术可远超出你的想象！此外，日本厂商对高质量的严格要求，我想你也略有耳闻，不但要机器稳定、耗电量低，死机绝对是不可饶恕的罪过，在这样的前提下，需要的技术恐怕真的比你想象的还多。”

在开发电子产品的过程中，你可以学到嵌入式系统的思想、产品化的流程以及项目管理的技巧。此外，我们还会教你使用示波器、逻辑分析仪等信号测量仪器，当然还必须要会看原理图，会测量硬件的信号。”

菜鸟：“哇！我是学软件的耶……”

项目经理：“就如同大部分学硬件的人也同样会害怕写程序一样，真的不需要有这种莫名其妙的排斥与担心，只要逻辑思维清楚就可以了。试想，当你要把程序放上某个硬件板子上执行，机器通电后，执行的第一行指令就是你的程序，而你是写程序的人，怎么可以不清楚这个 CPU 的运行方式与这块硬件板子的电路配置？”

菜鸟：“好像有点懂了，似乎还蛮好玩的。请教一个私人的问题，现在智能手机好像很红，我对智能手机的开发还蛮有兴趣的，在贵公司有机会开发手机吗？”

项目经理：“我刚和你说的工作内容是‘消费性电子产品’或‘嵌入式系统’的开发，在较高的层面上，我觉得开发电子辞典或手机所需要的基本知识是一样的。等做了几个产品之后，有天你就会突然顿悟的。”

菜鸟：“好像有点玄……”

项目经理：“如果你愿意加入我们，我会让你在一件件任务中学习。”

这些年来，“嵌入式系统”一直是个被喊得震天价响的名词，但真正了解其内涵的人并不多。因为离开学校已久，笔者曾试着从面试或培训新人时做些简单的调查，却惊讶地发现，几乎所有信息本科毕业生（包含研究生）或有两三年软件开发工作经验者，他们可以把“嵌入式系统”的定义说得头头是道，但却只有少部分人具备如何实现的概念，更甭提一些产品化的细节与注意事项了。

许多知识学校不会教、也无法教，因为那需要实际经验。就如同操作系统的教科书不会教你 Boot-Loader、Context-Switch 等实作一样，或软件工程的老师绝对不会讲授在人力缺乏的状况之下，如何去执行教科书中的那一套质量系统！

笔者在业界多年，深知台湾地区硬件厂商被客户压榨或同行削价的竞争之苦，而台湾地区商用软件开发公司的规模也远不及欧美，甚至印度，唯有通过软件及创意来增加硬件的价值才是信息业的出路。因此，培训信息系本科学生具备嵌入式系统开发的相关职能确实刻不容缓。

现在的新人都需要一到两年的培训，通常是必须参与某个产品的开发工作之后，才能真正了解嵌入式系统开发的本质，但笔者认为这个时间应该缩至就业前。市面上有关嵌入式系统的书籍很多，但通常只能讲述一些基本思想，对实际操作则点到为止。其他则在某个特定平台上深入钻研，这些对嵌入式系统开发的帮助微乎其微。从这些书中，你可以学到如何在 ARM 的评估板上写程序、如何架构 Embedded Linux 系统、如何移植 Java VM 到嵌入式系统等，如果工程师遇到的项目是：使用日商 SEIKO EPSON 特制化的 CPU 开发手持式电子装置，或者使用 8 bit 8051 这颗 CPU 加上凌阳的 DSP，开发类似电子狗的玩具宠物，这些书能帮上什么忙？

其实，这行的高手可说是卧虎藏龙，也许大家都忙于工作，愿意（或有空）分享者少之又少。笔者愿将多年嵌入式系统开发的经验聚集成册，基于电子产品的多样性，阐述真正对你有益的思想，再加上实际发生的案例及其解决方案，读者可从中学到与其他教科书不同的“嵌入式系统”。

希望此书可起到抛砖引玉之效，让嵌入式系统培养教育更为扎实，并且让信息业更上一层楼。总之，这不是一本全都在讲述何谓嵌入式系统的书，更不是只教你在某个特定平台写程序的 Programming Guide，笔者希望通过实例让你从本书中学到嵌入式系统项目管理的思维及真正实作的技巧。

笔者才疏学浅，虽竭尽心血并经多次校正以成本书，其中难免错误之处，希望高手前辈不吝指教，万分感谢。

章节简介

本书风格稍异于一般技术书籍，以一个完整的嵌入式系统开发项目为支架，通过菜鸟与项目经理及资深技术人员的对话，推导出实际上正确的思想。通过这种方式，你会对这些思想与知识留下深刻的印象，而且是透彻的了解，学习效果当然比教条式的宣读要好。

对第一次阅读本书的你，建议遵循以下提示，当可收到事半功倍之效。

- 项目经理的回答与菜鸟对讨论的总结往往是重要的思想所在，为避免你忽略重点，书中会以粗体字表示（请注意，本书中使用 PM 缩写时都是代表“Project Manager，项目经理”的意思）。
- 较重要的概念，在章节的结尾处会加以深入探讨。
- 对于篇幅较长的章节，在结尾处条列出该章节的重点回顾。
- 本书旨在传达嵌入式系统项目的思想，并不局限于特定平台。至于书中程序部分，你应该先看粗体字的注释，了解程序目的之后，再看程序的细节。
- 如果对 C 语言不是那么熟悉，可以先略过书中的程序部份，你还是可以学到嵌入式系统开发项目的重要思想。

书中各个章节尽可能保持独立，基本上是以嵌入式系统项目生命周期的各个阶段作为区分。全书主轴为：一个在电子产品开发领域中经验丰富的项目经理，与其团队中的研发主管们，带着刚毕业的菜鸟进行嵌入式系统开发的成长历程。嵌入式系统开发的思想与经验都融入在项目经理与菜鸟的问答中，再加上在许多实际工作上发生的案例，可对嵌入式系统开发有更透彻的认识。

本书共分 19 章，基本上，是按照嵌入式系统开发项目的生命周期排序。除了第 3、4 章之外，其他章基本上保持独立，你可选择有兴趣的章节先阅读，在必须参考到其他章节的地方都会详加注明。但笔者仍建议第一次还是从头读起为佳，就如同嵌入式系统开发项目必须按部就班一样，总不能设计阶段还没做完，就开始忙着实作吧！

全书分为 3 个领域，分别如下。

嵌入式系统概论与开发流程

- 第 1 章：系统·嵌入·硬件
- 第 3 章：嵌入式系统开发项目生命周期：项目启动与规划
- 第 4 章：嵌入式系统开发项目生命周期：设计、执行与结项
- 第 17 章：系统整合
- 第 18 章：Testing、Debugging 与 Tuning
- 第 19 章：结项前的煎熬
- 附录 D：电子产品设计的最终依据：用户体验

项目管理与软件工程

- 第 2 章：嵌入式项目管理
- 第 15 章：项目进度追踪实务
- 第 16 章：SoC 设计公司中嵌入式系统团队的管理
- 附录 A：未执行项目管理的项目

对项目管理较没兴趣者可先跳过这些章节，或先快速读过，待全书读完之后，再回头来看一次，应当会有更多的体会与收获。笔者在此要强调的是，千万不要认为自己只是个工程师就

不必学习项目管理的思维，以台湾地区业界的环境来说，很难有人可以做一辈子的工程师，如果想在职业生涯更上一层楼，除了弄清楚产品的开发流程，具备项目经理的视野与职能也是相当重要的一件事。

嵌入式系统开发技术

- 第5章：实作你的第一个嵌入式系统
- 第6章：实作嵌入式系统平台
- 第7章：构建良好的嵌入式系统开发环境
- 第8章：上电之后：Boot Loader
- 第9章：驱动程序
- 第10章：设计硬件抽象层
- 第11章：菜鸟当自强：软件工程师硬起来
- 第12章：做好存储器管理
- 第13章：存储器管理（II）：NAND Flash 概论
- 第14章：模拟器
- 附录 B：Callback Function
- 附录 C：用 C 来实作面向对象的概念

以下是各章节的简介。

■ 第1章：系统·嵌入·硬件

主题为嵌入式系统概论，内容包含嵌入式系统的定义与特性，还介绍了几本值得阅读的参考书籍，最后说明一位优秀的嵌入式系统从业人员应具备的基本职能是什么。

■ 第2章：嵌入式项目管理

本章是一个完整的项目管理概论课程，利用讲解投影片教材的方式，阐述项目管理的重要思想，并逐一说明项目管理知识体系（PMP）中的流程与工具。

■ 第3章：嵌入式系统开发项目生命周期：项目启动与规划

第1、2章介绍嵌入式系统开发项目的生命周期，你将发现业界的实际情况与软件工程、项目管理教科书中确实存在着差异。每项产品开发项目都应该视作一个项目，并使用项目管理的思维与工具来管理。偏偏大部分项目经理都是由工程师升上来的，并未受过正式的项目管理培训，本章会花一些篇幅说明项目管理的重要思维。此外，本章内容还包含嵌入式系统开发项目简介、项目开始之前的规划评估以及项目初期的规划工作，其中包括进度、规格、人力及成本规划等。

■ 第4章：嵌入式系统开发项目生命周期：设计、执行与结项

描述嵌入式系统开发项目中的设计阶段、执行阶段与最后的结项阶段，其中对设计阶段有较深入的描述，包括产品规格、硬件设计、系统设计、测试计划设计及风险评估等。

■ 第5章：实作你的第一个嵌入式系统

实际描述一个嵌入式系统的开发流程。虽然目的只是让硬件板子上的一个 LED 闪烁，但却已是一个具体入微的嵌入式系统。本章包含开发嵌入式系统程序的步骤与注意事项，除此之外，还对计算机系统的运行原理有深入的探讨。

■ 第6章：实作嵌入式系统平台

所谓的嵌入式系统平台就是让电子产品的应用程序得以顺利开发的环境，它不仅是软件或硬件的概念，还是一个稳定的环境。在这个环境下，负责应用程序开发的工程师，可以将心力放在产品功能的实现，以及改善其质量与性能上。本章内容包含嵌入式系统平台的定义、系统架构设计、API 与程序风格设计、嵌入式操作系统简介、Source Tree

设计以及程序风格典范等。此外，为了让你对系统架构有更深层的认识，本章还加入了 SDK 与 Turn-Key Solution 概论，以及许多系统架构的案例分析。

■ 第 7 章：构建良好的嵌入式系统开发环境

描述何谓嵌入式系统开发环境，以及为什么要构建嵌入式系统开发环境，内容包含嵌入式系统开发工具（Cross-Tools）简介、Makefile 与 Link Script 的思维与写法、何谓 ROM Maker、如何将程序下载到机器上并执行，以及版本控制 server 的重要性。最后，举一个实际发生过的案例，说明构建所谓嵌入式系统开发环境的重要性。

■ 第 8 章：上电之后：Boot Loader

描述机器上电后，如何让 CPU 可以正确执行我们的程序，以及开机后系统该做的初始化动作。本章内容包括第一行程序如何被执行、基本硬件测试，以及如何加载程序段与初始化数据段等细节。最后介绍目前最热门的 NAND Flash，描述 NAND Flash Booting 的工作原理以及注意事项。

■ 第 9 章：驱动程序

有些人会认为嵌入式系统开发几乎就是在做驱动程序开发，这当然是错误的观念。驱动程序仅是嵌入式系统中的一个环节而已，但一般软件工程师总会对驱动程序开发怀着莫名的恐惧。本章首先陈述驱动程序开发并没有想象中困难，接着描述驱动程序开发之前的准备工作，其他内容包括如何控制 CPU、如何控制内存与其他 IC、编写中断处理程序的注意事项，以及如何为驱动程序调试。

■ 第 10 章：设计硬件抽象层

业界通常认为硬件抽象层是个复杂且不容易实现的概念，其实这是一个谬误的说法。因为唯有系统架构中包含硬件抽象层，才可能满足嵌入式系统对可移植性的需求。本章将说明硬件抽象层的重要性、设计原则，以及实作时的注意事项。

■ 第 11 章：菜鸟当自强：软件工程师硬起来

负责嵌入式系统的软件工程师，必须对硬件的知识与技能有相当程度的了解。本章从软件工程师的需求出发，说明硬件设计流程、烙铁与测量仪器的使用原则。

■ 第 12 章：做好存储器管理

存储器管理是嵌入式系统开发中相当重要的一环，本章内容包括存储器空间配置，以及 Stack 与 Heap 在嵌入式系统中的应用，最后提到可将程序或数据写入 EEPROM 或 Flash 的烧录器。

■ 第 13 章：存储器管理（II）：NAND Flash 概论

目前 NAND Flash 应用越来越普及，但 NAND Flash 却有着让系统设计者头大的特性—Bad Block。本章从系统开发的角度说明 NAND Flash 特性、NAND Flash 控制 Bad Block、ECC 与平均写入机制（Wear-Leveling）。

■ 第 14 章：模拟器

嵌入式系统的开发环境通常十分昂贵，不可能给每位工程师都配上一套，再加上项目初期可能没有足够的硬件平台可供应用程序开发之用，由此可知，在嵌入式系统中模拟器的功能是很强大的。本章首先介绍何谓模拟器，接着说明 Emulator 与 Simulator 的差别，以及模拟器对嵌入式系统开发项目的贡献。最后列举许多如何在 PC 上模拟实际机器装置的实例。

■ 第 15 章：项目进度追踪实务

系统是否能如期完成，除了技术问题之外，最重要的，当然是项目能否被“妥善且正确”地管理。本章说明如何执行项目进度的追踪，以及介绍一组容易使用的项目管理，

以及进度追踪的工具套件。

■ 第 16 章：SoC 设计公司中嵌入式系统团队的管理

SoC 设计公司中的 SA (System Application) 团队也是一个嵌入式系统开发团队，但却有着更为“艰苦”的处境。本章除了介绍 SA 团队的工作流程与管理方式之外，也花了不少篇幅说明 Turnkey Solution 的特性。

■ 第 17 章：系统整合

大部分的应用程序会先在仿真器上开发，而驱动程序与部分系统功能则必须在真实机器上才能验证。当底层平台已趋稳定，就可逐一将应用程序移植到实际机器上执行。本章内容包含进行第一次整合的最佳时间点、导致整合失败的原因、开发进度重新检讨，以及程序移植时的注意事项。整合完毕后就可以发行正式版本，本章最后则会提到 bug 管理系统。

■ 第 18 章：Testing、Debugging 与 Tuning

当程序交付测试后，项目就进入了测试、调试与调整时期。本章以测试、调试与调整 3 大主题，详细内容包括嵌入式系统的测试概论、静态测试原理与工具、bug 的管理原则、debug 基本技巧，以及如何进行系统性能、power 与 footprint 的最佳化。

■ 第 19 章：结项前的煎熬

介绍结项之前的工作项目，包含版本发行、介绍生产线专用的自动测试程序、如何决定量产版本、出货不等于结项的怪现象，以及结项相关事宜等。最后对本书作一个简单的结语。

附录则共分为 4 大主题。

■ 附录 A：没有执行项目管理程序的开发项目会有什么状况。

■ 附录 B：解释何谓 Callback Function。

■ 附录 C：如何用 C 语言实现面向对象的思想。

■ 附录 D：电子产品设计导论。说明电子产品设计不只是软硬件技术，唯有以用户体验为出发点，才可能设计出可被使用者接受的产品。

笔者专为本书设立了一个专属的 Blog，可作为与读者之间的沟通平台。内容除了本书中既有主题的延伸与讨论之外，还会陆陆续续加上未收录在本书中的实例，以及嵌入式系统开发的相关新知识等。网址为：

http://tw.myblog.yahoo.com/embedded_system_book

若你有任何问题或指教，可以直接寄到以下 Email Address，或在笔者的微博中留言，我当竭尽所能为你服务。

Email address: ealin.chiu@gmail.com

Facebook: ealin.chiu@gmail.com

Plurk: [Big_Blackdog](#)

Twitter: [Big_Blackdog](#)

致谢

笔者工作至今十多年，帮助和教导过我的人不知凡几，否则怎能累积经验以成本书？所有在我生活与工作中出现过的朋友，谢谢你们，是你们督促我学习与成长！还有目前 KME 工作室的伙伴们，谢谢你们，别忘了我们要共同实现的美好目标，美好的旅程才刚刚开始！

我还要感谢的是我亲爱的老婆——俞娜。在我埋首于工作与写作时，她无怨无悔地照顾好我的一家老小，与一只狗、一只猫，让我毫无后顾之忧地写完这本书。当然，还要谢谢出版团队后期制作的细心与努力，你们的专业让这本书除了专业，更添质感！

最后感谢翻阅或购买这本书的你，希望本书的内容真的对你有所帮助。

Ealin Chiu 于台北

2010 年 8 月 20 日