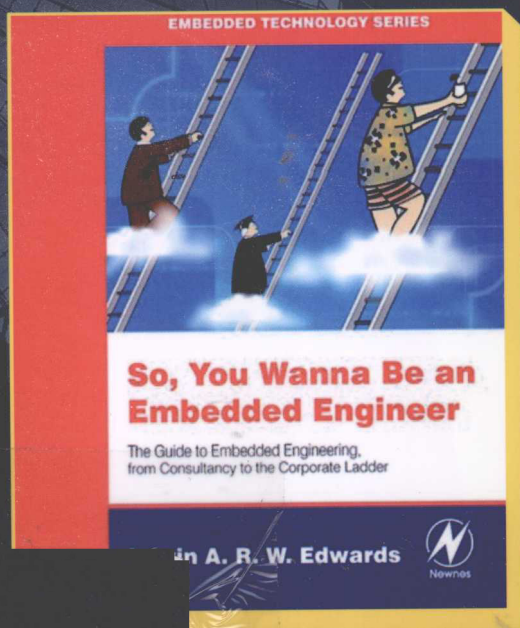


嵌入式工程师 必知必会

So, You Wanna Be an Embedded Engineer

The Guide to Embedded Engineering ,
from Consultancy to the Corporate Ladder

[美] Lewin A.R.W. Edwards 著
张乐锋 等译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

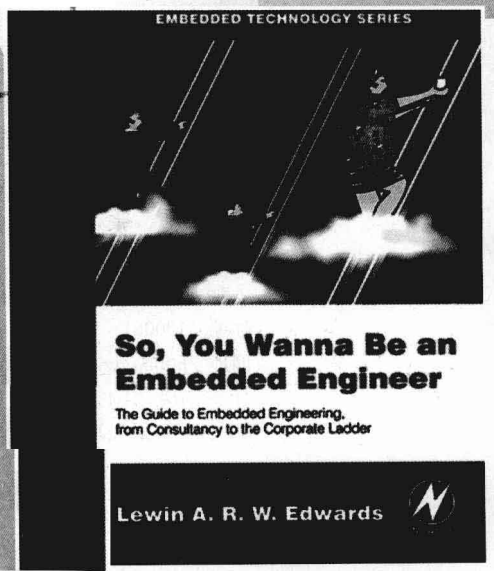
TURING

图灵电子与电气工程丛书

嵌入式工程师 必知必会

So, You Wanna Be an Embedded Engineer

The Guide to Embedded Engineering,
from Consultancy to the Corporate Ladder



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式工程师必知必会/(美)爱德华兹
(Edwards, L.)著;张乐锋等译.—北京:人民邮电出版社,2011.2

(图灵电子与电气工程丛书)

书名原文: So, You Wanna Be an Embedded
Engineer: The Guide to Embedded Engineering, from
Consultancy to the Corporate Ladder

ISBN 978-7-115-24671-4

I. ①嵌… II. ①爱… ②张… III. ①微型计算机—
系统设计 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第259591号

内 容 提 要

本书论及了嵌入式工程师职业生涯的方方面面。首先分析了嵌入式工程师必备的技能条件,讲述了掌握这些技能的学习途径。然后结合实际讨论了设计小型嵌入式系统时经济使用的自底向上方法和设计大型嵌入式系统时经常使用的自顶向下方法。最后讲述了嵌入式工程师的3种职业道路——做自由职业者、为小公司工作以及为大公司工作,分别讨论了每种职业道路的优热和风险,为嵌入式工程师的职业选择提供了理论指导和借鉴参考。

本书不仅适合各层次嵌入式技术人员阅读,而且对于想要成为嵌入式工程师的其他职位人员,甚至是在校学生,都具有实际的指导意义。

图灵电子与电气工程丛书

嵌入式工程师必知必会

-
- ◆ 著 [美] Lewin A. R. W. Edwards
译 张乐锋 等
责任编辑 马晓燕
- ◆ 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 电子函件 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: 700×1000 1/16
印张: 11
字数: 240千字 2011年2月第1版
印数: 1-3 000册 2011年2月北京第1次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2009-5729号

ISBN 978-7-115-24671-4

定价: 39.00元

读者服务热线: (010) 51095186 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

版 权 声 明

So, You Wanna Be an Embedded Engineer: The Guide to Embedded Engineering, from Consultancy to the Corporate Ladder by Lewin A. R. W. Edwards, ISBN: 0-7506-7953-0.

Copyright © 2006 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

ISBN: 978-981-272-224-9.

Copyright © 2011 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. All rights reserved.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road

#08-01 Winsland House I

Singapore 239519

Tel: (65)6349-0200

Fax: (65)6733-1817

First Published 2011

2011 年初版

Printed in China by POSTS & TELECOM PRESS under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权人发邮电出版社在中华人民共和国境内（不包括香港特别行政区和台湾地区）出版与销售。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

译者序

翻译本书，犹如在嵌入式技术的知识海洋里进行了一次美妙的短暂旅行，同时也让我接受了一次美国文化的洗礼。Lewin Edwards 先生做过嵌入式工程师和经理，具有 15 年以上嵌入式系统设计的实践经验，技术知识深厚广博，对美国的高等教育、税收制度、公司文化和社会生活具有深刻的理解和体会，因此书中不仅讲述了嵌入式技术，还介绍了许多美国文化常识。Lewin Edwards 先生在长期的嵌入式系统文档记录工作中练就了高超的写作技巧，全书立意新颖，内容丰富，理论讲述幽默生动，实践演示恰到好处，又不时地引用一些幽默片断，大大提升了读者的阅读兴趣。

本书不是纯粹的嵌入式技术著作，涉及了与嵌入式技术相关的许多方面，适合各层次嵌入式技术人员阅读，是案头必备图书。如果你刚刚开始学习嵌入式技术，那么该书可以告诉你该学习什么知识，该怎么来锻炼技能；如果你正在开发嵌入式项目，那么该书可以告诉你怎样选择硬件平台，怎样选择编程语言；如果你已在嵌入式技术领域打拼多年，那么该书可以帮助你规划自己的职业道路，实现自己的人生飞跃；如果你是从事嵌入式系统开发的公司老板，那么该书可以帮助你规划公司的发展，帮助你招聘到最合适的嵌入式工程师。

虽然我们也从事嵌入式领域的工作，对书中的技术内容相当熟悉，但在翻译过程中，为力求准确无误，依然参考和查阅了大量资料，并就某些问题请教了专家。

本书主要由张乐锋翻译、校稿，并且负责全书的最后审定。此外，参与本书翻译的还有叶俊、颜炯、富弘毅、何小威、奚丹、陈钢、王沛、陈小文、闫志强、薄建禄、林龙信、邓彬、焦贤龙、肖国尊等。Be Flying 工作室负责人肖国尊负责本书翻译质量和进度的控制，在此表示衷心感谢。译文虽经多次修改和校正，但是由于译者的水平有限，加之时间仓促，错漏之处在所难免，我们真诚地希望同行和读者不吝赐教，不胜感激之至。

张乐锋
于国防科技大学

目 录

第 1 章 引言 1	第 4 章 自学自顶向下的设计方法 (大型嵌入式系统)93
1.1 关于本书..... 1	4.1 目标读者.....93
1.2 什么是嵌入式工程师..... 2	4.2 嵌入式 x86 解决方案.....94
第 2 章 学习与教育 4	4.3 ARM 处理器.....103
2.1 进入嵌入式工程领域的传统 教育模式..... 4	4.4 PowerPC.....112
2.2 非传统教育模式进入嵌入式 工程领域..... 9	4.5 Linux 操作系统.....114
2.3 如果想编写嵌入式软件, 那么 至少要学习多少电子学知识..... 18	4.6 eCos 操作系统.....121
2.4 教育方面的陷阱、死胡同, 以 及必须规避的培训骗局..... 21	4.7 面向大型嵌入式系统开发, 应该学习什么编程语言.....123
2.5 必需掌握的实践技能..... 25	4.8 处理器选择的最后建议.....124
第 3 章 自学自底向上的设计方法 (小型嵌入式系统) 28	第 5 章 做自由职业者127
3.1 目标读者..... 28	5.1 你适合做自由职业者吗? 其 中的风险与好处.....127
3.2 Intel 8051 微控制器及其变种.....31	5.2 从兼职工作到自由职业者—— 记账、纳税与工作量.....128
3.3 Atmel AVR 微控制器..... 39	5.3 寻找并维护客户的方法.....130
3.4 TI MSP430 微控制器..... 46	5.4 迭代式项目: 无休无止的 噩梦.....133
3.5 Microchip PICmicro 微控制器..... 52	5.5 适当地为自己的服务定价.....136
3.6 满足特殊需求的异常架构微 控制器..... 58	5.6 为自己建立良好的工作实践.....138
3.7 我应该学习什么编程语言呢? C++、C、汇编语言在小型嵌 入式系统中..... 61	5.7 不仅仅是握手: 合同的 重要性.....140
3.8 防盗版开发工具简介..... 65	第 6 章 在小公司工作143
3.9 基于 AVR 微控制器和免费工 具的 8 位嵌入式项目实例..... 67	6.1 分析自己的目标: 小公司的 优势和风险.....143
	6.2 如何获得一份工作.....144
	6.3 小公司里的责任和压力.....146

6.4 在小公司里的个人原动力	148	7.3 全球化：项目外包与临时工 作签证	157
6.5 严格管理有限的资源	149	7.4 管理规程与个人：不要触犯 了公司的管理规程	162
6.6 任务细目分类：一周的典型 工作	153	7.5 管理与营销的关系	166
第 7 章 在大公司工作	154	7.6 任务细目分类：一周常见 工作	168
7.1 分析自己的目标：大公司的 优势与风险	154	第 8 章 结束语	170
7.2 如何获得一份工作	155		

第 1 章 引 言

1.1 关于本书

不管是在网络世界里，还是在现实生活中，几乎每天都能看到有人在问同一个问题：怎样才能成为嵌入式工程师呢？在这些人当中，有些是刚刚走出大学校门的毕业生，有些是还在大学里孜孜求学的学生，还有小部分人甚至是仍在上高中的十几岁孩子，而大部分人则是业余爱好者、硬件技术人员或者应用层编程人员，他们渴望提高自己的薪酬水平，增强自己的工作技能，从而避免在 21 世纪白领竞争的浪潮中失业。

为什么有如此多的人想成为嵌入式领域的专家？显而易见的原因是，新入行的（年纪可不一定年轻啊！）编程人员和技术人员被看似迷人的高薪工作、舒适的工作环境、休闲的生活方式以及无限的财富前景所引诱，簇拥着想挤入这个行业，好像只有嵌入式方面的工作才能够提供这一切似的。我虽然已在嵌入式领域全职工作十多年了，但是却无法回忆起来最近一次享受这些优厚待遇的确切时间。于是我只能说人们言过其实地宣扬了嵌入式行业，而这种宣传吸引着人们转向嵌入式领域。

毫无疑问，这将带来一个令人矛盾的道德问题。正在该领域苦心经营的嵌入式工程师们是否应该劝诫满怀希望的新人们转向其他工程领域，让嵌入式领域不要有那么多人才，免得降低了技术咨询的收费标准？还是说我们应该引诱这些天真可怜的新人踏进门来，去做低级别的工作，将我们这些嵌入式工程师推上金字塔的更高一层？

玩笑归玩笑，公认的事实是，工科毕业生的数量正在缩减（至少美国是这样）。于是专家们提出了各种各样的理论试图来解释这一现象。就嵌入式工程技术这一特殊领域来说，我理解有数个因素导致了人员的缩减。其中的一个原因在于，今天这个时代缺少我那一代人喜欢的、配有齐全技术说明的家用计算机——比如 Acorn BBC、Commodore VIC-20、Sinclair ZX Spectrum 等。现代的个人计算机都是黑盒子式的设计，运行着塑封软件，但没有附带编程工具，也没有携带任何技术文档。从这方面来讲，我们生活的这一时期，计算机是完全不透明的。操作系统厂商正千方百计将第三方软件开发死死地限制在由极少数获得许可的人组成的特权俱乐部中（这和电子游戏机的开发一样），并且由于缺少芯片技术说明文档，直接访问硬件层级的底层编程也变得异常困难——这种情况大多数是由制造商人为造成的，他们为了保护知识产权等商业秘密而设置了各种各样的合同约定。除此之外，我们还要面对 PC 硬件的复杂性和异构性。回到很早以前，我们可以在自家的 Commodore 64 机器上使用汇编代码或者机器码自己编创一个程序，不断地调整这些底层代码，使其符合最终的指令周期要求，并

且可以自豪地向来访的客人演示。这类技能在嵌入式工程中是极为关键的，但是要想在现代的主流家用计算机上实践这类技能几乎是件不可能的事情。

还有其他因素会阻碍人们成为嵌入式工程师（在本书的相关章节我会讲到），不过这里我想强调的是，今天孩子们想在家里使用现成的东西进行嵌入式技术的实践更加困难，他们进行嵌入式实践的机会至少是大大受限了。

好消息是，嵌入式后备人才的减少（不可避免地）导致嵌入式技术行情看涨。尽管存在工程外包和高技术工作签证等途径可能会抑制薪酬的上涨（第7章将讲述这一主题），但是，不可否认，现在正是人们找嵌入式方面工作的黄金时期。毫无疑问，任何事情都存在一定的周期和波动性——比如不久前，电信工程领域还存在大量的失业现象——但是，随着时间的推移，高技术工程项目中的总体雇用时间和资金投入都将不可抑制地增长。

顺便说明一下，本书有点像嵌入式工程管理领域的另类，我甚至想到了在本书出版时署个假名。本书是针对嵌入式工程师或者想要成为嵌入式工程师的人撰写的，而不是为那些整天扳着指头数日子，计算什么时候才能在名字后面加上“经理”头衔的人撰写的。尽管将来有一天，许多工程师能够理所当然地升迁为经理（毫无疑问，你不应该轻易关闭“成为经理”这扇门），但是我仍然假设读者现在只是嵌入式领域的一个“个体工作者”（individual contributor），刚刚进入嵌入式领域，还在金字塔底层艰苦奋斗。读者朋友们，将来的某一天，我可能会在某篇率直的报告中为自己在本书中撒播这些关于嵌入式领域的牢骚而懊悔，但是现在请你好好地体会我的建议。

最后，还要说明的是，本书的字里行间散布着各种幽默片段。尽管其中的大多数片段是我个人杜撰的，但是相当比例的嵌入式工程师都能体会其中的幽默^①。我希望你第一遍阅读本书时就能够体会到它们的幽默之处，否则，我建议你在成为真正的嵌入式工程师之后再次阅读本书，细细品味这些幽默片段。

1.2 什么是嵌入式工程师

在我开始讲述怎样才能成为嵌入式工程师之前，很有必要描述一下“嵌入式工程师”的含义（至少在本书中的含义）。简单地说，嵌入式工程师就是从事与嵌入式控制系统的硬件或软件相关工作的人。在今天这个世界，嵌入式系统实际上总是围绕着一个运行管控软件（executive control software）的微处理器核来构建的^②，尽管这个管控软件和微处理器可能不是系统的主体。

尽管大多数嵌入式工程师会偏于专长硬件或者软件，但是嵌入式领域的工作却不

① 任何时候，你想从这些讨厌的幽默片段中退缩时，请一定记住我就隐藏在这些句子的后面窥视着你，千万别放弃哦。

② 就本书而言，我认为像纯粹的FPGA系统（不存在微控制器核）等特殊场景不符合这里的描述。

像其他工程分支的分工那么固定，一成不变。一个优秀的嵌入式工程师既是软件工程师，又是数字设计师，也是模拟设计师，并且对射频（RF）技术还要有基本的了解——至少要关注如何减轻射频干扰。嵌入式工程师要像医学专家一样，首先是个全科医生，专业领域之外的经验可以帮助他在处理某些特殊的问题时特别充满自信。

上面的宽泛叙述仍然不足以涵盖嵌入式工程师的工作，还有诸多领域没有涉及。比如含一个语音芯片、几个 LED 灯和少数开关的简单玩具，汽车中的巡航控制系统，承载导弹和操作员之间通信链路的超高速加密引擎——这些都属于嵌入式工程师的工作领域。因此，要想准确全面地概括这一领域，恐怕很多读者理解起来也会比较困难。新入行的人请教如何才能进入嵌入式领域的问题时，听到这样全面的答案会如坠云雾。本书试图解答嵌入式领域的许多共性问题，给读者提供该领域足够多的背景信息，帮助他们找到最符合其技能、雄心和需要的答案。

第2章 学习与教育

2.1 进入嵌入式工程领域的传统教育模式

2005年10月，我在纽约哥伦比亚大学参加了一个工程技术类的人才招聘会，主要是想了解参加招聘的都有哪些公司，他们想招聘什么类型的人才。因为许多公司都会将大量的金钱花费在招聘人力资源、提供实习岗位（internship）、引导合作项目这类事情上，所以偶尔参加一下这样的招聘会，进行一番现场考察，具有非常重要的指导意义。观察者仅仅通过分析参加人才招聘会的公司名录、各个公司急需的工作岗位目录，就能够挖掘出相关领域有价值的发展状态信息。现场调查一番之后，我就离开了这个工程技术类的人才招聘会，就像近来摆脱其他类似的事情一样。我认为，此次人才招聘会反映了下列两个事实。

- 美国国内招聘各类工程技术人才的竞争加剧。
- 尽管媒体上常常报道，新潮的高科技公司是如何在因特网上收取应聘人员的求职简历，如何用桌式足球游戏来考察应聘者的技能，以此来证明公司的选择是入有所值，但是工程技术类人才的传统成长模式并未过时。传统成长模式是指大学毕业之后，首先经历一段实习期（实习也就是听起来比“学徒”好听一些，其实就是做学徒），然后寻找到一份朝九晚五式的正式工作，通常要求公司能够提供401（K）计划和牙科医疗等主要福利^①。

阅读本书的大多数人可能多少有些偏离第二个事实中所说的传统成长模式。本章的目标就是讨论这种常规的工程技术类人才成长道路，指导大家如何再次加入工程技术继续教育的学习大军，或者向大家提供一条边工作边学习的受教育途径，达到同样的学习目标。

个人在制订学习计划之前，首先必须明确想要达到的学习目标。与工程技术领域内的其他分支相比，嵌入式技术领域的工作涵盖着异常宽泛的工程复杂性。任何人试图成为嵌入式技术方面的全能型专家都是根本不可能的。任何你未来的老板听到你说自己是精通嵌入式技术的全能型专家，都可能会对此表示极大的怀疑。另一个极端，一个人倾十年之力专注于信号处理的某个分支，而对其他知识毫无旁骛，试图把自己

^① 401（K）计划是美国采用的一项补充养老保险计划。这项计划主要适用于盈利性的私人公司，员工的保险费由个人和老板共同缴纳。参加401（K）计划的员工退休后的养老金领取金额取决于退休前的缴费金额和公司的收益状态。——译者注

打造为专能型专家。这其实也不是有效的嵌入式技术学习途径。嵌入式技术的标准学习途径和最佳实践方法是不断变化的,并且嵌入式设计的技术优先性也是随着市场供求关系的变化而转换的。这方面最贴切的例子是,随着数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)和传统高速微控制器的市场价格越来越低,执行效率越来越高,人们越来越多地将嵌入式系统中原来用硬件实现的诸多功能转移到固件(firmware)中实现,尤其是复杂信号的分解与复杂波形的产生过程移至固件中实现。今天,嵌入式领域对“尽可能快地将令人厌恶的模拟信号转换到数字领域”持压倒性的赞成态度^①。但是在以往,微处理器和微控制器价格昂贵,嵌入式领域的工程技术人员必须想方设法(常常把人折腾得神经兮兮的)将模拟电路、数字电路以及模数混合前端电路集成在一起,以此来避免嵌入式系统对复杂固件的特殊需求。现在,嵌入式领域的工程技术人员迫切需要提高自身的数学技能,学习更为复杂的编程技术,来运用 DSP 技术。

由上面的讨论可以得出如下结论,在深入学习嵌入式技术之前(不过距开始深入研究的时间并不遥远),必须缩小学习目标。在确定嵌入式技术的兴趣点之前(毕竟兴趣是尝试新事物的唯一动力),目标不明确也是可以的。大学中,学士学位达到的教育目标,就是向学生们传授一些基本的工程技能和足够的一般性知识(generalized knowledge),以便为研究生阶段从事专业研究打好基础。如果你在工程技术领域内完全是个新手,还只处在与教授和高年级学长们交流电子学的哪个小分支对自己最具吸引力的阶段,那么我建议你将本科学习的第一年或者前两年都用来修读五花八门的必修课程,比如数学、物理、化学等,打下坚实的理论基础,以摆脱这些知识的缺乏对后续学习的制约。举例来说,射频工程技术或许比电子学的其他任何分支都更具吸引力。在这种情况下,你可以将最后一年或者后两年都用于掌握固态模拟电路的技能。当获得学士学位之后,你就可以选择专攻的专业领域了(事实上,在实际工作中积累了一定的嵌入式技术经验之后再做选择会更加适宜)。

(在美国)进入嵌入式工程技术领域的传统做法是,在 ABET 公司认可的某个大学里获得四年期的学士学位。ABET 是科学和工程技术领域内高等教育资质的官方认证机构。事实上,它是由精心挑选的 28 个专业技术团体组成的技术联盟。该联盟的门户网站是 <http://www.abet.org>,不在意 ABET 认证的读者一般不会对该网站产生兴趣。

嵌入式技术工程师的常见学位(但是不一定是如此)是电子工程学士(Bachelor of Science in Electrical Engineering, BSEE)。BSEE 学位涵盖的课程大纲如下^②。

-
- ① 现在,“完全数字化!”与电子管(真空管)时代的“晶体管化!”具有相同的含义。完全数字化变革产生了一批死抱着模拟技术不放的保守派,他们的人数与晶体管变革期间产生的电子管守旧派人数几乎相同,他们总是为旧技术的衰亡而悲恸不已。
- ② 该表是多所美国大学 2005 年公布的课程表的综合结果。我对多个电子工程学院的课程表中的相关科目进行了分类,并且对每一类科目的学分学时数进行了平均加权,产生了该表,最后对它们进行了四舍五入得到了表中所示的整数结果。该表提供的信息仅仅反映了常见 BSEE 学位多类科目相关课程的学习强度的加权。

科 目	学分学时数
化学	4
物理	4
英语	6
数学	20
普通电子学	24
电磁学与电机学	7
模拟电路设计	4
数字逻辑与/或信号处理	12
技术类选修课与项目	21
经济学与会计学	4
公共课程教学设计和分析技能	8
“学历教学”要求的文科课程	16

如果你还不了解美国大学使用的学分制系统,那么我在这里告诉你,“学分学时数”(credit-hour)的含义就是在一个学期内以1小时为单位的每周课时数。如果对“全学时课程学习强度是指每学期至少要修读4门课程”了解,就会对该表中以“学分学时数”表示的课程学习强度形成一定的概念。全学时课程学习强度可以转换为12~16个学分。BSEE学位大致需要8个全学时学期。除了常规的春季和秋季学期以外,如果你还能花费金钱来参加夏季和冬季学期的课程学习,那么在学习时间上就掌握了很强的机动性,有可能在二三年内完成BSEE学位学习计划。但是,你如果真地决定了要在二三年完成BSEE学位学习计划,那么在这个高强度的学习计划临近结尾时,你可能会近乎疯狂,当回到家时,你自己养的宠物狗也会把你误认为入室抢劫的大盗,对你撕扯不止。

注意,在许多大学里,BSEE学位学习计划提供的(或者要求的)课程的覆盖范围非常宽广。有一些大学对计算机科学方面的要求远比前面表里列举的相关课程学分学时数要高。要求具有大量计算机科学方面课程(在8个学分以上)的学位往往具有多种资质,这种学位被称为“计算机和电子工程学士”(bachelor of science in computer and electronic engineering)。拥有这类学位的工程技术人才(与拥有普通BSEE学位的人相比)在从事高端嵌入式系统的固件研发工作时具有一点点优势。拥有普通BSEE学位的人则在对付需要精细调整的嵌入式系统时稍具一点点优势,后一类系统往往需要解决大量的硬件问题,或者需要手工精细调整执行时间极其关键的汇编代码^①。

不过,BSEE学位和“计算机和电子工程学士”学位之间的差别仅仅会对你离开

^① 注意,我在这里并没有考虑未来的老板是否会比较两类学位资质之间的差别。

大学之后的第一份工作产生影响^①。工作一两年之后，除非你在此期间，在另外一个工程技术领域付出了有决心的、客观可证明的努力，进行了自我提高（比如，发表技术性文章），否则所在的工作领域几乎完全决定了你是否能拥有具有市场价值的技能。发生这种变化的原因有两点。第一个原因（也是最重要的原因）是，一旦开始在一个“实实在在”的工程技术领域工作，那么你的学习和经历毫无疑问都将聚焦在这个领域。你将发现自己在日常工作中获得的技能比在大学里掌握的基本能力呈指数性地提高，而不再使用的技能则不可避免地萎缩，乃至消失。（但是你解决问题的综合能力将显著增长，而不是萎缩消失。）

第二个原因是，当你的注意力集中在选定的工程技术领域时，暂存在脑海中的那些普通的大学课程不仅会逐日淡忘，而且更为残酷的是，自己日渐淡忘的那些学科领域的技术水平在毫不留情地向前发展，根本不会停下脚步等待你的再次眷顾。例如，如果你在 20 世纪 90 年代修读了某个大学层次的计算机科学课程，那么很可能就学习了 PASCAL 语言。如果毕业之后你又恰好离开了这个技术领域，在农场干了 10 年农活，而后又回来从事计算机科学与技术方面的工作，那么你将会发现 PASCAL 语言，即使是作为单纯的计算机教学语言，也早已死亡，不复存在了^②。虽然这可能是个不太恰当的例子，但是它至少说明了一点：如果你离开某个工程技术领域很长一段时间——一两年、三年或者更长，当自己还想回到这个领域时，就要投入大量的精力重新攀爬该领域的学习曲线。

关于工作经历以及如何获得工作经历这个话题，如果你现在所走的是条“正常的”生活曲线，即读完高中上大学再找固定工作，那么就应该慎重地考虑，最好有个实习的机会。一定要注意，社会发展到今天，最容易获得实习的机会还是在大学期间。你一定要确保自己的名字出现在多数招聘会和多家公司的实习机会的邮件列表中。多数大学经常收到公司提供的实习机会，这些实习机会通常会通过电子邮件发送到你的邮箱中，或者张贴在学校大楼的公告栏里。同样，你的名字如果出现在学校的邮件列表中，那么将会周期性地收到邀请函，邀请你去参加招聘会，或者类似活动。你如果不在学校里，或者出于某种原因，你的学校没有吸引到招聘人员的注意，你还可以在多数大公司的门户网站上直接找到实习机会。寻找所学技术领域内的合适实习机会的简单方法，就是在相关工作网站上搜索各公司提供的长期的本地工作岗位，然后直接到搜索到的公司门户网站上，仔细阅读它们列出的实习机会。（尽管大多数工作网站在列举固定工作岗位时，同时也列出了许多实习岗位，但是根据我的经验，这些实习岗位大多出于广告目的，而不是真正要招聘实习人员。）

① 当然，它会影响你的研究生学习道路，但是我这里假设的是，你正在考虑如何选择本科课程的学习。

② 这真不是攻击 PASCAL。我清楚地知道，Delphi 依然挺立在地球上。然而，PASCAL 的初衷是一门计算机教学语言——它在这方面的职能几乎完全被颠覆了，在许多学校里，已经被 Java 取而代之了。

做一两年实习生（哪怕只有两个夏天也是有帮助的）不仅可以填补个人简历中真实工作经历一栏的空白，使自己在同期毕业生中脱颖而出，而且也很可能通过这段实践经历找到自己的关键兴趣所在，发现自己在哪些技术领域具有很强的能力。否则，可能要经历一长段时间才能找到擅长的和喜欢的下一份工作。在这个行业工作两年的连带好处是会给自己提供一些机会，建立人脉关系，这在以后寻找长期工作岗位时可能会发挥很大作用。

然而，如果你已经参加工作了，要切断固定的收入来源而重新回到实习阶段则是不切实际的。如果真的就是这样，我鼓励你想办法创造自己的相关工作经历将你开发过的产品中与未来的雇主招聘嵌入式工程师的要求相关的器件组成一个作品集，这就是你的工作经历。想法找到一项感兴趣的技术作为自己的业余爱好，比如模型飞机、电子宠物、玩具汽车、镭射放映机，几乎任何东西都是一个很好的切入点。试着开发某个与嵌入式技术相关的硬件电路，并把它放在你的工作经历中。这里如此坦率地提出该建议，你可能会觉得很荒谬，这有什么用呢？但是如果静下心来仔细想一想，你就会明白，在任何兴趣和爱好中几乎都存在一项嵌入式工程。例如，可以为自己的模型飞机开发一个自动驾驶仪；为自己的宠物狗设计一个感应门，利用机器视觉进行识别，专供宠物狗出入，而防止其他动物入内；为自己购买的产于 20 世纪 60 年代的爱车的点接触式点火器研制一个电子式点火模块，等等，不一而足。顺便说一下，当地的业余无线电兴趣小组是一个乐于助人的群体，他们可以帮助你学习电子学知识——不管是射频方面，还是各种模拟和数字方面的知识。即使出于某种原因你对业余无线电没有多少兴趣，也应该参加这些类似的俱乐部，这样至少可以接近当地的技术大腕，方便以后请教各种电子技术问题。访问美国无线电转接联盟（American Radio Relay League）的网站 <http://www.arrl.org/>，可以得到更多的信息。

现在，如果你正在某大型公司的晋升阶梯上向上攀爬，如果你缺乏较高的文凭（研究生学历），那么晋升到一定职位之后，就很难获得更高层次的擢升。当你选择拿到本科学位就参加工作时，就应该非常仔细地考虑这个问题。比如，现在有些学校设立电子工程技术（electrical engineering technology）的学士学位（这种学位证书称为 BSEET）。表面上听来这是非常适合嵌入式技术的一类学位课程，看到的都是极其专业的重要词汇——ABET、硬件、固件、软件、编程、电路设计，等等，但是 BSEET 的教学大纲完全不是这么一回事。事实上，BSEET 只是一类高级实验课程，并不适合深入学习——事实上 BSEET 属于工程技术类中专学校，我强烈建议你一定要绕开这类学位学习计划。提供 BSEET 教育的学校，它们的收费并不比 BSEE 教育便宜，两者花费的时间也几乎相当，但是从受聘就业能力和继续研究生学习的前景来说，BSEET 远远不如 BSEE。

关于研究生学习，这里再插上一句：拥有更高的学历与占据好职位并不存在单调的一致关系，事实上它可能还是一个拐点。拥有学士学位是件好事情，拥有硕士学位则是件好上加好的事情。专业技术证书、某个行业的资质证书以及其他的补充材料在

找工作时都是可以加分的好东西（尽管它们本身可能没有多大价值）。但是，如果你拥有博士学位，要想找一份实践性很强的工程技术类工作反而会更困难一些，即使你想摆脱个人简历的束缚。人们为什么会对博士学位存在这种古怪的偏见，理由是多种多样的。除了博士学位的薪酬标准要求外（博士价位很高），人们还感觉拥有博士学位的人更适合纯理论的研究和发展职位，总觉得博士学位意味着“职业的学生”。

2.2 非传统教育模式进入嵌入式工程领域

我在 2005 年年初开始撰写这一章时，NBC 电视台的真人秀系列节目 *The Apprentice* 正在进行一项“科班出身与自学成才”的竞赛。这个系列剧集的目的是想证实（如果流行的电视娱乐节目果真能够“证实”什么事情的话）：到底是正规大学的毕业生，还是自学成才、实践经验丰富却没有正规学位的人群更适合在公司环境中生存？我必须坦白承认，我没有观看该节目的最后两集，不知道最终结果如何，但是在观看前面内容的那段时间里，我发现自学成才的人群将正规大学科班出身的毕业生远远地甩在了后面。该结果反映了美国国内常说的一句话：“摸爬滚打类学校”培养出来的人才比正规大学培养出来的彻头彻尾的书虫更坚强、更执著，也更聪明。我十分怀疑地认为，竞赛结果肯定反映了这种特殊类型电视节目是偏向无学位人群统计的^①。

有一种观点认为，自学成才的工程师工作起来比受过传统教育的人群更有激情，处理事情更加灵活，也更有创造力。我对这种观点持一种极为矛盾的意见。我想，这句话如果再加上一些累赘的定语就更准确了。那些没有工程技术领域的相关学位，而又极其专注提高自身工程实践技能的人通常是意志异常坚强、具有自觉学习精神的。虽然这种观点具有生产效率和管理优势，但是并不意味着那些人一定就是更加优秀的工程师。不过，不管再怎么讲，也没有理由认为，仅仅是因为没有明显合适的领域的大学学位（或者根本就没有获得过任何学位），就断定自己适合所有领域的工作。类似地，并不存在与嵌入式工程完全匹配的学位，事实上，日常生活中的任何事物都或多或少受到了嵌入式控制系统的影响，甚至于被其所控制。

不过，在继续讨论之前，我想申明一点：我完全没有想说服任何人选择非正规途径来学习嵌入式技术的意思。我在这里只是提供建议，因为我意识到（我个人就是通过非正规学习渠道进入嵌入式工程领域的），有时候人们会在获得相关技术领域“必备的”正式资质证书之前，就开始从事该领域的全职工作。美国确实有一大堆人在追求极其成功的、有利可图的嵌入式工程技术工作，但是他们却并没有获得过嵌入式技术领域的学位，或者根本没有获得过任何学位。你如果想要模仿这些人的话，也不是不

① 关于这方面有一本十分有趣、引人入胜的读物（尽管我并不赞同书中的观点），即 Charles D. Hayes 的 *Proving you're Qualified: Strategies for Competent People Without College Degrees* (Autodidactic 出版社 1995 年 6 月出版，ISBN 为 0-9662-1201-0)。讨论这种特殊主题的图书数量多得惊人。

可行。但是，我强烈建议，你最好能够尽早注册参加一项适合自己的学位学习计划。这种学习途径对自己未来的技术进步和职位晋升的阻滞作用是最小的，参加学位学习计划除了能够提高收入预期，还将使自己的生活变得更加轻松自在。

如果你现在还没有正规的 BSEE 学位或者其他的等效资质证书，那么应聘选择将会受到诸多限制，不过并不是完全没有被录用的机会。但是，如果你想要得到一个好的工作岗位，将不得不付出比受过传统教育的同事多得多的艰辛和努力。既然如此，那么你该如何开始自己的学位学习计划呢？

首先，我建议，在确认自己不具有招聘广告上列举的资质证书条件与工作经验条件，同时也无法满足其他招聘要求时，就不要再费时费力地为谋求招聘网站上发布的工作岗位而投递自己的个人简历了。我之所以提出该建议是基于下面两点考虑。第一，这些招聘海报吸引着大堆大堆的应聘者，你投递的个人简历很可能淹没其中。不过，更重要的是，极为恼人的新法规“promotion of diversity”于 2006 年 2 月开始在美国全国范围内实行^①。该法规的主要影响是，应聘者需要按照拟申请的工作岗位修改个人简历，确保逐条逐点地回答招聘海报的要求。如果招聘海报要求应聘者必须具有三年的电信领域工作经历，但你恰恰只有两年工作经验，那么对不起，你投递的个人简历将会被丢弃。即使你在这两年里，为某个欧洲小国重新设计了电信系统的基础架构，单枪匹马铺设了全部的通信线路，并且在整个过程中根本没有使用任何现代化的工具，仅用牙齿和一卷双绞线就完成了这些工作，即使你还因此获得了诺贝尔奖，这些统统没用，因为你只工作了两年，而不是三年。（毫无疑问，该法规极其荒谬，造成的结果就是，一个平庸的应聘者只要在招聘表单的正确选项上打勾，就能够胜过那些最适合该工作岗位但没能在正确选项上打勾的倒霉蛋。好像人力资源部门还需要另一个武断的理由来将平庸的应聘者踢出候选人名单似的！）

注意，上面提到的人力资源部门的官僚恶习在招聘过程中造成的恼人事情，只会影响你在中型公司和大型公司（超过 50 个雇员的公司就算大型公司）的应聘。这种恼人事情可能会迫使你将自己的搜寻目标瞄准到小公司。不过，即使没有发生上面的应聘插曲，你可能也乐意将自己的搜寻目标导向小公司，因为小公司总是更看重应聘者的工作经验、工作经历以及其他实际能力，而不看重应聘者获得了哪些正规资质证书。第 6 章将会讨论小公司的工作和生活，这里先概括地说一下。在小公司里，你总是要（从第一次面试直到最后退休）面对面地与掌管招聘和辞退工作的负责人进行商谈。因此，在小公司的面试过程中，应聘者有更多机会给招聘主管（他们具有决策权和现场拍板的能力）留下深刻印象。如果应聘者给招聘主管留下了好印象，那么就有被现场

① Anne Fisher 对这种状况进行了很好的总结，发布在 CNNmoney 栏目上，文章的标题为“Job hunting online gets trickier”。在我撰写本书时，还可以通过下列网址阅读该文章 http://money.cnn.com/2006/02/06/news/economy/annie/annie_0206/index.htm。