

便携式电子产品 设计与开发

〔美〕伯特·哈斯克尔 著

张宝玲 董启雄 樊桂花 译

便携式电子产品 设计与开发

〔美〕 伯特·哈斯克尔 著
张宝玲 董启雄 樊桂花 译

科学出版社

北 京

图字: 01-2004-6729 号

内 容 简 介

本书全面介绍便携式电子产品设计理念与开发技术。

全书分 13 章。第 1~7 章全面介绍了便携式电子产品的设计理念与实际技术,主要包括数字与模拟处理,电子封装,显示技术,电源,机械设计,软件与通信。第 8~11 章主要介绍当今较流行的便携式电子产品的设计与开发,如便携式电话,便携式个人计算机,个人数字助理(PDA)和数字成像产品等。第 12 章讨论便携式电子产品中的经济学。第 13 章对便携式电子产品的过去、现状做了回顾和讨论并对未来进行了展望。

本书内容覆盖当今被广泛使用的各种便携式电子产品,具有很高的实用价值,适合广大从事便携式电子产品的研发及技术人员参考,也适合高等院校的学生以及广大电子产品爱好者学习阅读。

图书在版编目(CIP)数据

便携式电子产品设计与开发/(美)哈斯克尔(Haskell, B.)著;张宝玲等译.
—北京:科学出版社,2005

书名原文:Portable Electronics Product Design and Development
ISBN 7-03-015169-0

I. 便… II. ①哈…②张… III. 电子产品,便携式—技术开发
IV. F407.636.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 021173 号

责任编辑:肖京涛 筱戎/责任制作:魏 谨

责任印制:刘士平/封面设计:朱 丰

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005 年 6 月第一次印刷 印张: 18

印数: 1—4 000 字数: 345 000

定 价: 38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前言

自从便携式晶体管收音机于 20 世纪 50 年代问世以来,便携式电子产品便不断将一般公众的想像力变为现实。今天,Dick Tracey 腕式电视电话已不再是科学幻想,因为小型视频电话正不断展现于市场中。诸如此类的便携式电子产品正在俘获世界各地的人们的想像力,同时,这些新技术也在不断地改变着人们的工作与生活方式。

不过,这些产品的大多数用户并不清楚这些产品取得成功所不可或缺的商业与技术基础结构。像手持导航仪(Palm Pilot)或者摩托罗拉翻盖电话(Motorola Flip-Phone)这类突破性产品,往往获得了一个行业中过多的赞誉。实际上,这只是一种改进,而不是创新性变化,也不能认为这些产品是一种单一技术突破的结果。集成电路与液晶显示技术在北美的发明,对于便携式电子产品的出现是非常关键的。但是,在日本所开发的大规模生产技术与电子封装技术也同样重要。

现代便携式电子产品正在经历一个新的发展过程,产品设计人员在将新的技术革新注入现有基础的同时,又保留了以往产品的成功技术和特色。相当普遍的情况是,新的创新会因市场对其做出判断所产生的达尔文效力而半途而废。判断是由消费者做出的,他们会迅速对最新的电子魔力感到惊奇,但当该产品真正进入市场时,他们并不急于购买。一种便携式电子产品的设计实际上是要将其技术的优点带给用户,否则产品将不会取得成功。

这就是我在 1985 年电子行业进入令人激动的阶段时的情景。那时我一点也不知道我在机械工程和机器人方面所受到的教育,会让我在便携式电子领域做得这么好。结果表明,便携式电子产品设计确实是一个多学科领域。我发现,对该领域的产品设计做出杰出贡献的都是那些具有系统工程的观点、而且对人的因素有着深刻理解的人。

本书的重点内容并不在于电子学设计的细节,而是在于产品概念的创建和将技术传授给每个人的技术基础结构。任何具备基本工程训练和强烈兴趣的人,都会向往设计便携式电子产品。本书的宗旨就是鼓励并赋予以能力,使具有多学科思想的人们成为便携式电子产品的设计师。

结 构

本书在结构上共分 13 章。第 1 章回顾了便携式电子产品设计的过

程。本章讨论了所有产品开发过程,介绍了影响便携式电子产品设计的关键因素,并对系统设计过程进行了预排。

第2章对实现便携式电子产品基本功能的数字和模拟处理做了详细介绍。本章的宗旨不是作为集成电路设计指南,而是使具有多学科思想的人们熟悉便携式电子产品系统中信号处理与存储的作用,对其具有基本的了解。

第3章比较详细地介绍了电子封装的知识。便携式电子产品设计者可能会直接进行电子封装的技术设计,因为这是对系统元件的集成所采用的方法。如同日本厂商已经证明给我们大家的那样,电子封装设计是创造出先进的便携式电子产品的一种决定性工具。

第4章中阐述了对便携式电子产品非常关键的显示技术,向读者介绍了描述显示技术经常使用的一些主要术语。本章的主要内容是阐述液晶显示器(LCD),同时还简要介绍有机发光二极管(OLED)和其他一些新兴技术。

第5章的标题为电源,但实际上都是有关电池组的内容。本章介绍了大量有关电池组工作过程的示例,使读者熟悉电池组工作的不同方法。本章还对电池寿命和电源管理进行了简要的介绍。

第6章的内容是机械设计,主要涉及产品外壳、电屏蔽、热处理、机械集成和工艺性等。本章相当多的篇幅是介绍笔记本计算机的热设计,因为它是当前便携式电子领域中较为复杂的机械设计问题之一。

第7章中的内容为软件与通信。产品设计人员一般将会通过功能说明书和使用案例来表现软件和通信要求。尽管如此,便携式电子产品设计者了解描述系统的软件与通信单元经常使用的抽象概念也是非常重要的。本章还对系统输入/输出(I/O)和无线标准的相关内容进行了介绍。

第8章至第11章的内容覆盖了便携式电子产品的四个主要部分,即便携式电话、便携式个人计算机、个人数字助理(PDA)和数字成像产品。在产品案例研究中所讨论的每一个此类产品都来自 Portelligent 公司。这些例子旨在使读者快速熟悉当今便携式电子产品中使用的典型设计原则。

第12章讨论便携式电子产品中的经济学。本章详细地阐述了学习曲线理论,因为它是一个基础和强有力的工具,对产品设计将会产生重要的影响。另外,还介绍了产品平台管理,它有助于产品设计人员提高产品生产线的盈利能力。

第13章介绍了便携式电子产品的过去、现在与未来。本章展示了便携式电子行业的简要历史,使读者对形成当前状态的因素有一个了解。

本章还对一些先进的产品概念进行了介绍,提出了对本行业未来发展方向的想法。

实际便携式电子产品的设计不仅需要具备设计方法、关键技术、基础理论和经济学等方面的知识,还要具有先见性。总之,这些章节都试图为读者提供有关便携式电子产品设计的一种独特而详尽的观点。

致 谢

我要感谢 Dave Carey 和 Portelligent 的全体人员,没有他们,我就不可能写成这本书。本书中几乎所有示例与图片和很多分析都直接或间接源自 Portelligent。对于他们的优秀作品的任何解释错误都由我个人负责。

1989年,当我准备为微电子和计算机技术公司(MCC)工作时,我遇见了 Dave Carey。最初,我被安排到 Eastman Kodak 作一名雇员,从事高级电子封装的 multicompany 研究。到了1994年,我已经成为 MCC 的主管雇员,和 Dave 一起从事便携式电子产品项目的工作。在随后的六年中,我们组建起了一支设计队伍,其中包括许多有杰出贡献的人,他们是 Tom Hunter, Bill Weigler, Masako Robertson, Phil Gilchrist, Ed White, Chris Windsor, Claude Hilbert, Howard Curtis, Rick Nolan, Scott Anderson 和 John Stockton。本书中的许多内容都是我作为这支队伍的一员进行学习的结果。Tom, Bill, Masako, Chris 和 Howard 与 Dave 一起在2001年离开了 MCC,开创了 Portelligent。在 Portelligent,他们改进了方法,并继续提供可以在行业中应用的便携式电子产品设计的最佳信息。作为他们的董事会成员,我一直继续着与 Portelligent 队伍的紧密合作。

我还想感谢多年来支持我努力学习便携式电子装置的人们,不论他们是忠实的消费者,还是各位经理们。其中包括 MCC 的 Larry Smith,他同意了我的第一个产品拆卸预算;还有柯达的 Terry Clas, David R. Smith 和 Cathy Olenick;摩托罗拉的 John Thome, Sanjar Gahem, Iwona Turlick 和 Bob Hurley;北电(Nortel)的 Larry Marcanti;诺基亚的 Seppo Pienemma;3M 的 Denny Hammill;惠普的 Lance Mills 和 John McRary,他们给予我必要的信任和自主权,使我有效地在 MCC 实施便携式项目。

最后,我要感谢我的妻子 Tina,感谢她在编辑方面的帮助和在这部书的书稿准备期间给予我的精神支持。

目 录

第 1 章 便携式电子产品设计过程	1
1.1 产品开发过程	1
1.1.1 产品规划	2
1.1.2 设计与工程技术	2
1.1.3 采购	3
1.1.4 制造	3
1.1.5 营销	3
1.1.6 维修与支持	4
1.2 便携式电子产品设计因素	5
1.2.1 功能	5
1.2.2 性能	7
1.2.3 用户界面	10
1.2.4 形状系数	11
1.2.5 电池寿命	18
1.2.6 成本	20
1.2.7 上市时间	21
1.2.8 可靠性	21
1.3 系统设计	23
1.3.1 产品概念	23
1.3.2 创新	23
1.3.3 创造	27
1.3.4 确认	28
1.3.5 交流	29
1.3.6 产品的需求	30
1.3.7 系统结构设计	37
1.3.8 综合分析	38
1.3.9 关于成本建模的讨论	41
1.3.10 电路设计	43
1.3.11 结构与机械设计	44

第 2 章 数字与模拟处理	48
2.1 微处理器	49
2.2 逻辑器件	51
2.3 微控制器	52
2.4 数字信号处理器	53
2.5 模拟器件	53
2.6 传感器	54
2.7 无线通信	55
2.8 系统存储器	57
2.9 海量存储器	58
第 3 章 电子电路封装	62
3.1 IC 封装	67
3.1.1 Leaded 封装	68
3.1.2 TAB/TCP 封装	69
3.1.3 板上芯片	70
3.1.4 倒装片	70
3.1.5 球栅阵列	72
3.1.6 芯片级封装	73
3.2 分立元件	76
3.3 板到板之间的接插件	77
3.4 基 底	81
3.5 出路布线	84
3.6 PCA/模块设计度量	88
3.7 电子电路封装度量	89
3.8 I/O 硬件	91
3.8.1 按键、开关、刻度盘和触摸屏	91
3.8.2 喇叭与麦克风	93
3.8.3 天线	94
3.8.4 外部接插件	94
第 4 章 显示器	96
4.1 显示技术概述	99
4.2 液晶显示器	100
4.3 其他的显示技术	105
4.4 微型显示器	106
4.5 笔输入	109

4.6	主要术语的定义	110
第5章	电 源	115
5.1	电池技术	116
5.1.1	镍-镉电池	116
5.1.2	碱性电池	116
5.1.3	镍-氢电池	116
5.1.4	锂离子	116
5.1.5	锂聚合物	116
5.1.6	光电池	117
5.1.7	燃料电池	117
5.2	产品实现	117
5.3	高级电源分析	128
第6章	机械设计	131
6.1	外 壳	131
6.2	电磁干扰屏蔽	133
6.3	热处理	138
6.3.1	高级热分析	138
6.3.2	笔记本电脑的散热问题	141
6.4	机械集成	144
6.5	DFMA 分析	150
第7章	软件与通信	152
7.1	软件层次	152
7.1.1	硬件平台	153
7.1.2	硬件抽象层(HAL)	153
7.1.3	内核程序	153
7.1.4	基本输入输出系统(BIOS)	153
7.1.5	设备驱动程序	153
7.1.6	操作系统/实时操作系统	153
7.1.7	应用编程接口(API)	153
7.1.8	应用程序	154
7.2	OSI 网络通信模型	154
7.3	通信和系统 I/O	155
7.4	无线标准	157
第8章	便携式电话	160
第9章	便携式个人计算机	176

第 10 章	个人数字助理	204
第 11 章	数字成像产品	229
第 12 章	经济效益	244
12.1	大批量制造和学习曲线	245
12.2	产品平台的杠杆作用	250
第 13 章	便携式电子产品的过去、现在与将来	254
13.1	便携式电子产品的短暂历史	254
13.2	最重要的功能	258
13.3	强大的瘦客户端	260
结束语		268
英文缩写词		270

第 1 章

便携式电子产品设计过程

为了获得成功,便携式电子产品设计人员必须将浏览产品设计过程作为广泛的产品开发过程的一部分。个别设计人员的洞察力和创造力对创造出成功的产品会起决定性的作用,但是如果要使产品保持其预期的特性,则设计人员必须准备好参与产品开发过程中各个阶段的工作。成功的产品设计人员将善于通过整个产品开发过程对产品进行监管。

1.1 产品开发过程

基于新技术的产品开发是一个复杂的过程,而且涉及多个学科。产品设计、市场、工程技术、制造和采购部门都会在新产品开发过程中扮演各自的角色。同样地,便携式电子产品的设计也只是整个产品开发过程的一部分。便携式电子产品设计人员必须明白产品设计在产品开发过程中所处的位置。典型的产品开发过程的各个阶段如图 1.1 所示。

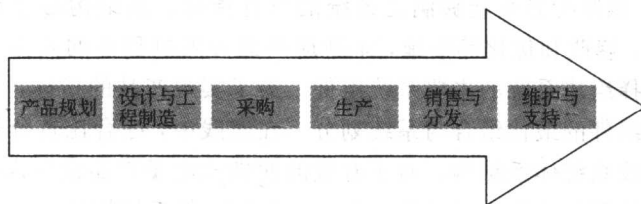


图 1.1 一个典型的产品开发过程

图 1.1 允许外界顾问与大型公司的管理人员进行沟通。图中给出的各个阶段粗略地与大型公司的各个职能部门相对应。较小型的公司会觉得这个体系的约束性过强。无论如何,对于产品设计人员而言,了解产品开发的所有这些概念性阶段是很重要的,因为产品设计会影响到后续的各个阶段。

1.1.1 产品规划

产品规划是对将新产品投入市场的可行性、收益率和初始商业计划进行评估的过程。产品规划阶段的完成也就是管理方对下一个阶段开发所必需的工程资源与设计的正式批准(或风险资本融资)。产品规划必须要顾及到产品开发的所有其他阶段,给出一个可靠的商业计划。

产品设计开始于该阶段。应该清晰地表达产品概念,定义目标市场,并对产品总的可能市场进行评估。将产品概念归纳为一组产品指标,这些产品指标不是详细的技术规格,而是高层次的功能指标,这些功能指标能够使产品设计人员确定其技术可行性和大概的制造成本。

1.1.2 设计与工程技术

设计与工程技术阶段是设计与开发过程中最关键的部分。根据 Aberdeen Group 的调研,产品开发周期中产品设计与施工阶段的投入占产品成本的 70%。一旦产品交付生产,只能对其余 30% 成本的产生影响。这是基于以下事实得出的结论:在产品开发的全过程中,装置要提前到位,因此设计改变的成本会成指数地扩大。一旦生产工具加工设备投入使用并且签署了购买合同,改变某些设计的类型,会令商务计划付出昂贵的代价。因此,设计与工程技术阶段将决定生产的基础和支持产品所需的供应链。

设计与工程技术阶段的首要任务是建立从产品要求中归纳出的产品指标。产品设计人员必须从工程与市场的角度认真考虑,以确保在设计中,在不增加不必要的成本情况下,满足产品的指标要求。

接下来,必须开发出能够保证进行有效产品设计的系统体系结构(system architecture),该结构必须能够满足系统的所有指标。该结构必须允许通过对生产产品的更新、修改和优化等措施,来适应产品开发过程中的其他方面。产品设计人员必须选择组成系统的主要系统组件。为了实现产品的指标,要进行综合比较分析来确定组件的最佳组合与系统划分。在实践中,综合比较分析也可能导致设计人员修改系统体系结构。对于有效的便携式电子产品设计来说,迅速权衡各种结构和组件利益的能力是必不可少的。反复对体系结构的定义与可用组件进行综合比较分析,最终形成一个优化的将用于指导产品电路设计(circuit design)的系统体系结构。

一旦完成了系统体系结构的定义与电路设计,就该进行产品的结构设计(physical design)了。结构设计包括主要的工程与设计资源的开支,并且将导致对产品产生的完整定义。

1.1.3 采购

随着结构设计的进行,采购部门必须签订合同,为产品生产提供必需的组件。有时,某些组件国内可能就能提供,但是大多数组件(和主要的组件)更倾向于采用全球采购的方式。

尽管实际的采购工作通常会在产品设计完成之后进行,但在组件选择阶段,也会经常要求采购部门提供某些相关信息。对组件定价与可用性的准确评估是组件选择中的一项关键性工作。常用组件(如片式电阻器)可从多个供应商获得,并且能够迅速获得高可信度的基本供货信息。对于高度专用的组件或定制组件,则需要尽更大的努力去收集它的价格与可用性信息,即使在收集到信息之后,这种信息仍具有极大的不确定性。产品设计人员必须与采购人员密切合作,处理这种不确定性所带来的风险。这通常包括获得组件供货商的报价,并且需要对报价中信息的可信度进行认真的评估。

1.1.4 制造

当准备将一个产品投入生产时,产品设计过程中已经投入了大量的资源。尽管如此,在产品开发过程中,将产品设计中某一具体修订版本付诸制造加工的决定是关键的财政决定之一。

制造加工装置包括塑料灌注模具、各种金属部件的专用制造工具、机械和电子测试固定装置、自动加工设备控制程序的编制和用于专用集成电路(ASIC: Application Specific Integrated Circuit)器件的定制半导体掩模。尽管每单位基数的成本昂贵,但在交付大批量加工之前,仍然要有代表性地利用样机研究技术对产品设计进行验证。当前加工制造的趋势是按合同生产机壳,这在执行生产过程中是非常有效的。

产品设计人员必须非常熟悉各种制造过程的材料选择及其加工能力。目前已经发展成为一个完整的学科,即通常所说的面向制造的设计(DFM: Design For Manufacturing),用来保证能够在成本效益下制造出设计的产品。大多数设计工具都允许设计人员可以根据具体厂商的制造过程限制对设计进行约束。这些约束通常称为设计规则。在结构设计阶段,小心遵守设计规则将会减少产品投入生产后对设计进行修改的次数。另一方面,承认一些技术风险并努力突破加工能力的限制,通常会使产品非常具有竞争力。

1.1.5 营销

在产品开发过程的早期,就应该着手便携式电子产品的有效营销工作。为了获得商业成功,便携式电子产品通常要求大量出货。然而,大量的潜在消费者需

要了解产品的优势。因此必须进行有效的广告与宣传活动，以便在产品进入市场时具有强烈的需求。否则，就会导致在销售渠道中滞留大量的存货。这些存货可能会威胁到其他成功产品的商业生存空间。产品投放市场应该是（并且通常也是）相对少量地进入销售渠道。这样会减少财政风险，但是这也会为敏捷的竞争对手推出类似产品并占领市场份额提供机会。

市场营销活动并不局限于最终用户需求的产生。必须说服零售商和批发商进货推销产品。基层合作伙伴必须认识到要经常提供技术支持和维护。实际上，应该说服供应商最好将其资源用于对产品的支持，而不要用于其他一些消费者项目。基础结构是便携式电子产品世界的中心，必须有产品设计人员支持以开发基础结构为目标的市场营销计划。

1.1.6 维修与支持

设计人员可以通过创造一种可靠而且便于使用的产品，将产品维修支持的成本降到最低。当低成本产品出现缺陷时，用户会简单地更换一个。在设计成本昂贵的产品时，应该考虑到维修人员可以迅速、方便地更换关键组件。对于连网产品，能够对系统软件进行远程故障检修和处理是提供修理与支持的一个强有力的方法。不过，最佳的设计产品是没有故障！

读者可能会注意到，便携式电子产品的大多数实际设计都出现于产品计划与产品开发的设计与工艺部分。我们所关心的产品设计关键阶段有产品概念、产品指标、产品计划、设计与工程、采购、生产、市场与分配、维修与支持。如图 1.2 所示。

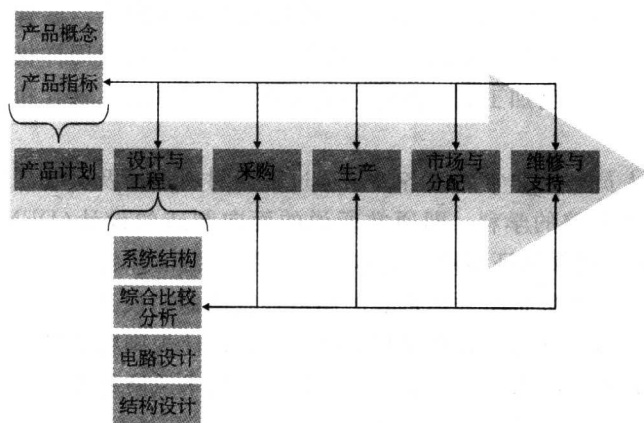


图 1.2 产品开发过程中的产品设计关键阶段

1.2 便携式电子产品设计因素

制约便携式电子产品设计的主要因素是：功能、性能、用户界面、形状系数、电池寿命、成本、上市时间和可靠性。

这些因素的优先权取决于产品的概念和所定位的市场。尽管兼顾这些不同因素是设计过程中的一个自然要求，但是明确区分这些不同因素是开发一个产品概念所必不可少的。虽然可以利用其他的方式来组织一个便携式电子产品的各种因素，但是这组特殊的因素仍然非常重要，因为它覆盖了产品的所有方面，并且每个因素都对应于最终用户能够直接体验到的某种质量。

1.2.1 功能

几乎在任何情况下，功能都是便携式电子产品设计的最重要的因素。要设计一个成功的产品，必须对产品的功能进行清晰的定义、关注，且不要与其他的设计因素相混淆。不幸的是，因为技术上允许在不额外增加成本的情况下实现附加的性能，所以许多产品设计人员屈从于增加额外功能的诱惑。结果常常是产品的概念模糊不清，让一个产品完成太多的功能，而使得这种产品常常不能完美地完成其中任何一个功能。

尽管许多便携式电子产品确实具有许多的功能，但对于作为产品立足之本的主要功能概念而言，这些功能常常是次要的。如果这些次要功能可以对产品的主要功能进行补充，就容易被接受。但是，设计人员一定要非常小心，不要让这些附加功能影响到产品的主要目的。

Henry Petroski 在他的书“*The Evolution of Useful Things*”（纽约，Vintage Books, 1994）中分析了非常成功的工具与装置的特征。Petroski 示范了在数年内已经发展到近乎完美的某些设计的发展程度。像曲别针、餐叉和螺丝刀这些普通的工具已经历数十年非常精细的改进，能够非常完美地完成单一功能。

很显然，像螺丝刀和凿子这两种工具能够完成不同的功能，但他们的形状和外观却非常相似。对于一个设计人员而言，让凿子还能完成螺丝刀的功能可能就是一个诱惑，不过，得到的结果可能是一个不能很好地完成任何一个功能的产品。通常，增加对主要功能起负作用的附加功能是一种不明智的设计选择。

当然，现代个人计算机对这个概念是一个直接的反驳。在过去的 20 年中，个人计算机已经是提供新型功能的首选平台。不过必须谨记，从长远来看，我们仍处于新开发电子技术的早期阶段。而且，个人计算机本质上是一种物理用户接口，主要由一个键盘和一个显示器组成。产品实际上是独立的软件包，它们完成一系列明确的功能。Alan Cooper 在他的书“*The Inmates Are Running the Asylum*”（印第安纳波利斯，Sams 出版公司，1999 年）中指责技术行业生产的软件由

于提供了太多不需要的功能而使得用户感到无所适从。

由于个人计算机行业已经从它的胚胎期进入了成熟期, 我们开始看到市场正在被细分为非常广泛的具体产品类型。当前, 个人计算机的类型包括服务器、工作站、台式机、台式替代型计算机(也叫移动 PC)、全功能笔记本、轻薄型笔记本和超便携型笔记本。工作站适用于固定办公环境中的高端工程、科学或财务应用与模拟。超便携型最适用于与支持商务通信与分析的 e-mail 和应用程序的移动连接。个人计算机正在缓慢但稳步地细分为非常广泛的专用产品, 这些专用产品将具有非常突出的功能。正如大块岩石是人类最早使用的工具, 个人计算机是信息时代初期的原始仪器设备。

从许多成功的便携式电子产品概念中, 我们能够观察到一些定义明确的功能示例。图 1.3 所示的车库门自动开关装置是一种几乎不被注意的现代郊区生活单元。大多数人在车库不能工作之前, 从来不会对车库进行认真思考。车库电动门装置的效用是不容置疑的。按下一个按钮就能执行一个基本功能。用户甚至不用选择按钮, 因为相同的按钮既能开门也能关门。该装置将用户从烦琐的杂事中解放出来, 并且对个人的智力与体力几乎没有任何要求, 已经到了用户甚至不需考虑按钮操作的程度, 其效果几乎等同心灵感应。



图 1.3 车库门自动开关装置的图片

电视遥控器是另一个非常成功的产品, 它具有一组定义非常明确的功能。如图 1.4 中所示的典型的遥控器, 它允许用户能够开关电视、搜索电视频道、控制音量、直接选择一个具体的频道号。用户一直期待这些基本功能, 并且很少使用遥控器上的任何其他功能。最近已经开发出了通用控制器, 它能够控制一系列的家庭娱乐电器。这些装置使用起来非常困难, 结果是大多数人宁愿选择使用多个单独的遥控器, 它们分别适用于不同的家庭娱乐电器。



图 1.4 电视遥控器与通用遥控器

手表可能是世界上最常见的便携式信息工具。经过多年的发展，这些产品不需人们付出多少努力就能提供基本的功能。事实上，手表已经变成了一种必不可少的工具，成为体现人们个人身份的一种外在表现。

索尼(Sony)随身听是一个便携式电子产品的最佳示例，它体现了定义明确和有价值的功能。这种随身听的设计使人们能够随时随地欣赏高质量的音乐。这种定义明确的功能概念使随身听成为有史以来最成功的便携式电子产品之一。

要设计一个成功的便携式电子产品，不仅需要清晰地定义产品功能，而且还要避免在功能与其他因素之间造成混淆。其他因素包括性能和用户界面等。不能清晰地区分这些因素将影响设计人员实现其目标的能力。表 1.1 列出了许多便携式电子产品和每种产品所提供的功能。

总而言之，应该将产品功能作为产品的主要目的进行清晰明白的表达。在描述产品的功能时，应尽量少用专用技术名词和术语。

1.2.2 性能

性能是关于一个产品如何实现其功能的一种定量描述。性能描述了用户所体验到的对功能的满意程度。性能体系有三种。第一，产品有效地实现其设计功能所要求的最低性能。其次，使产品区别于竞争市场中其他产品的较高级性能。第三，用户不再能够察觉到功能改进的性能层次。图 1.5 给出了不同的产品性能体系。

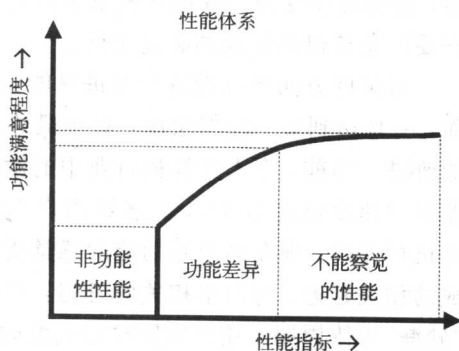


图 1.5 产品的性能体系