

第 1 章

Linux 概述

1.1 什么是 Linux

讲到开源操作系统软件 Linux，就不能不提 GNU 计划，正是因为 GNU 计划，才使得包括 Linux 在内的各种著名开源软件蓬勃发展起来。因此，在介绍 Linux 之前，首先要介绍一下 GNU 计划。

GNU 计划在 1983 年 9 月 27 日公开发起，创始人是 Richard Stallman。GNU 计划的目标是创建一套完全自由的操作系统。

如何创建？基于什么思想呢？当时 UNIX 操作系统是主流的商业操作系统，因此 GNU 把目光投向了 UNIX 操作系统，即实现一个与 UNIX 接口标准兼容的操作系统，同时开发出一些基础软件。

GNU 计划的另一个重要内容是许可证，主要有 GPL（GNU General Public License，GNU 通用许可证）、LGPL（GNU Lesser General Public License，GNU 宽通用公共许可证）和 GFDL（GNU Free Document License，GNU 自由文档许可证）。GPL 是一个使用广泛的自由软件许可证，经历了不同的版本，比如 1989 年 1 月发布的 1.0 版本，1991 年 6 月发布的 2.0 版本，2007 年 6 月发布的 3.0 版本，其中 GPL 2.0 版是使用最为广泛的版本。GFDL 是一个内容开放的著作版权许可证，于 2000 年发布，是自由软件基金会为 GNU 计划而发布的。它后来也发展了几个新版本，比如 2000 年 3 月发布的 1.1 版、2002 年 12 月发布的 1.2 版和 2008 年 11 月 3 日发布的 1.3 版。

虽然 GNU 计划大大促进了开源软件的发展，但使得 GNU 计划名声大噪的却是 Linux 操作系统，人们是从 Linux 操作系统开始知道 GNU 计划的。

准确地讲，Linux 是一个操作系统的内核，即内核的名字叫作 Linux，而不是整个操作系统叫作 Linux，但现在人们已经习惯把 Linux 等价于一个操作系统，而说到内核的时候则说 Linux 内核。习惯的力量是强大的。

Linux 内核最初是由芬兰人林纳斯·托瓦兹（Linus Torvalds）在赫尔辛基大学上学时开发出来的，完全是出于爱好和方便。他在 1991 年 10 月发布了第一个版本，此后 Linux 内核迅速得到大家认可，并持续开发新版本，很快便成为享誉全球的开源操作系统。在这个过程中，GNU 的 GPL 协议成了 Linux 迅速发展的重要保障。

Linux 是一个内核，只有内核还不能成为一个完整的操作系统，而且 Linux 内核并不是 GNU 的组成部分。此时，GNU 计划下的各种操作系统工具就有了用武之地，它们完美地和 Linux 内核结合在一起，迅速成为一个完整可用的操作系统，因此我们通常称 Linux 操作系统为 GNU/Linux 操作系统。GNU 有了 Linux 操作系统，就迅速被大家知道了。

前面提到 GNU 希望实现一个与 UNIX 接口标准兼容的操作系统，而 Linux 作为一个类 UNIX 系统，基本符合 UNIX 的一个重要标准——POSIX 标准。该标准是 IEEE 为要在 UNIX 操作系统上运行的软件而定义的一些 API 接口标准，目的是提高代码的可移植性。POSIX 的正式名称是 IEEE 1003，国际名称是 ISO/IEC9945，全称是 Portable Operating System Interface（可移植操作系统接口）。

目前，Linux 操作系统在服务器领域、嵌入式领域、党政军涉密领域、国产化自主可控领域应用十分广泛。因此，学好 Linux 可谓大有前途。

1.2 Linux 的简史

为什么要了解 Linux 的历史呢？是为了方便以后研究 Linux 内核代码，因为研读 Linux 内核代码的时候都是从最基本、最初的内核代码开始的。

1991 年 8 月，芬兰一个名为 Linus Torvalds 的大学生开发出了一个系统，可运行在 IBM 386 以上的计算机上。1991 年 10 月 5 日，Linus Torvalds 在新闻组 comp.os.minix 上发布了大约有一万行代码的 Linux 0.01 版本。到了 1992 年，大约有 1000 人在使用 Linux，值得一提的是，这些人基本属于真正意义上的 hacker（黑客）。

到了 1993 年，大约有 100 名程序员参与了 Linux 内核代码的编写和修改工作，其中核心组由 5 人组成。此时，Linux 0.99 的代码大约有 10 万行，用户大约有 10 万。

1994 年 3 月，Linux 1.0 发布，代码量为 17 万行，当时是完全按照自由免费协议发布的，随后正式采用 GPL 协议。至此，Linux 的代码开发进入良性循环。很多系统管理员开始在自己的操作系统环境中尝试 Linux，并将修改的代码提交给核心小组。由于拥有了丰富的操作系统平台，因此 Linux 的代码中也充实了对不同硬件系统的支持，从而大大地提高了跨平台移植性。

1995 年，Linux 已经可以在 Intel、Digital 以及 Sun SPARC 处理器上运行，用户量也超过了 50 万，介绍 Linux 的杂志 *Linux Journal* 也发行了 10 万多册。

1996 年 6 月，Linux 2.0 内核发布，此内核有大约 40 万行代码，并可以支持多个处理器。此时的 Linux 已经进入实用阶段，全球大约有 350 万人使用。

1997 年，电影《泰坦尼克号》使用了 160 台 Alpha 图形工作站来制作特效，其中 105 台采用了 Linux 操作系统。

1998 年对 Linux 而言确实是飞速发展的一年。1 月份，红帽公司的高级研发实验室成立，其发布的 RedHat 5.0 在同年获得了 InfoWorld 杂志的操作系统奖项。到了 4 月，Mozilla 浏览器的源码被开放，这使其迅速成为 Linux 图形用户界面上的主要浏览器。红帽公司同时宣布了其商业支持计划，并汇聚了一群顶尖的技术专家来推动这一计划的实施。在同一年，领先的搜索引擎 Google 登场，其服务器后端同样选择了 Linux 系统。值得一提的是，Oracle 和 Informix 这两大数据库公司宣布

不支持 Linux，这一决定无疑为 MySQL 数据库的充分发展提供了空间。10月，Intel 和 Netscape 投资红帽软件，这一行动在行业内被看作 Linux 得到商业认可的标志。同月，微软在法国发布了一封反 Linux 的公开信，这表明它开始视 Linux 为一个潜在的竞争对手。12月，IBM 发布了适用于 Linux 的 AFS 3.5 文件系统、Jikes Java 编译器、Secure Mailer 以及 DB2 数据库的测试版。这些动作被视为 IBM 与 Linux 的初步亲密接触。在 Windows 和 Linux 的共同压力下，Sun Microsystems 逐步解开了对 Java 协议的控制，并开始在其 UltraSparc 处理器平台上支持 Linux 操作系统。毫无疑问，1998 年是 Linux 开始深入商业领域的一年。

1999 年，IBM 宣布与 RedHat 公司建立伙伴关系，以确保 RedHat 在 IBM 机器上正确运行。3 月，第一届 LinuxWorld 大会召开，象征着 Linux 时代的来临。IBM、Compaq 和 Novell 宣布投资 RedHat 公司，以前一直对 Linux 持否定态度的 Oracle 公司也宣布投资。5 月，SGI 公司宣布向 Linux 移植其先进的 XFS 文件系统。对于服务器来说，高效可靠的文件系统是不可或缺的，SGI 的慷慨移植再一次帮助 Linux 确立了在服务器市场的专业性。7 月，IBM 启动对 Linux 的支持服务并发布了 Linux DB2，从此结束了 Linux 得不到支持服务的历史，这可以视作 Linux 真正成为服务器操作系统一员的重要里程碑。

2000 年初始，Sun 公司在 Linux 的压力下宣布 Solaris 8 降价出售。事实上，Linux 对 Sun 造成的冲击远比对 Windows 的大。2 月，RedHat 发布了嵌入式 Linux 的开发环境，Linux 在嵌入式行业的潜力逐渐被发掘出来。4 月，拓林思公司宣布推出中国首家 Linux 工程师认证考试，从此使 Linux 操作系统管理员的水准得到权威机构的资格认证，此举大大增加了国内 Linux 爱好者的学习热情。伴随着国际上的 Linux 热潮，国内的联想集团推出了“幸福 Linux 家用版”，同年 7 月，中科院与新华科技合作发展红旗 Linux，此举让更多的国内个人用户认识到了 Linux 这个操作系统。11 月，Intel 与 Xteam 合作，推出基于 Linux 的网络专用服务器，此举结束了 Linux 单向顺应硬件商硬件开发驱动的历史。

2001 年伊始，Oracle 宣布在 OTN 上的所有会员都可以免费索取 Oracle 9i 的 Linux 版本，从几年前的“绝不涉足 Linux 系统”到如今的主动合作，足以体现 Linux 的发展迅猛。IBM 则决定投入 10 亿美元扩大 Linux 系统的运用，此举犹如一针强心剂，令华尔街的投资者闻风而动。到了 5 月，微软公开反对 GPL 引起了一场大规模的论战。8 月，红色代码爆发，引得许多站点纷纷从 Windows 操作系统转向 Linux 操作系统，虽然这是一次被动的转变，但也算是一次应用普及。12 月，Red Hat 为 IBM S/390 大型计算机提供了 Linux 解决方案，从此结束了 AIX “孤单独行无人伴”的历史。

2002 年是 Linux 企业化的一年。2 月，微软公司迫于各州政府的压力，宣布扩大公开代码行动，这是 Linux 开源带来的深刻影响的结果。3 月，Linux 内核开发者宣布新的 Linux 系统支持 64 位的计算机。

2003 年 1 月，NEC 宣布将在其手机中使用 Linux 操作系统，代表着 Linux 成功进军手机领域。5 月，SCO 表示就 Linux 使用的涉嫌未授权代码等问题对 IBM 进行起诉，此时人们才留意到，原本由 SCO 垄断的银行/金融领域，其份额已经被 Linux 抢占了不少。9 月，中科红旗发布 Red Flag Server 4 版本，性能改进良多。11 月，IBM 注资 Novell 以 2.1 亿收购 SuSE，同期 RedHat 计划停止提供免费的 Linux，顿时业内骂声四起。Linux 在商业化的路上渐行渐远。

“天下大势，分久必合，合久必分”，2004 年 1 月，德国的 SuSE Linux AG 被美国软件公司 Novell 收购，这象征着 Linux 领域的又一次重大合并。同年，SCO 集团因其对 Linux 社区的法律攻击而名声受损，但依然坚持其版权主张。与此同时，Asianux 和 MandrakeSoft 这样的 Linux 发行版在过去五年中首次宣布实现了季度盈利。3 月，硅图 (SGI) 宣布他们成功地让 Linux 操作系统支持

高达 256 个 Itanium 2 处理器。4 月，美国斯坦福大学 Linux 大型机系统被黑客攻陷，再次证明了没有绝对安全的操作系统。6 月的统计报告显示，在世界 500 强超级计算机系统中，使用 Linux 操作系统的已经占到了 280 席，Linux 在此领域的占有率迅速上升，侵蚀了传统的各种 UNIX 系统的市场份额。9 月，HP 开始网罗 Linux 内核代码人员，以使新版本的内核朝对 HP 有利的方向发展，而 IBM 则宣布推出专门运行 Linux 的 OpenPower 服务器，进一步加大对 Linux 的商业投入。

至今，Linux 的影响力依旧强劲，并且受到越来越多计算机学习者的追捧。无论是虚拟化技术、云计算、嵌入式系统，还是物联网等新兴领域，Linux 都占有举足轻重的地位。随着技术的不断进步，对精通 Linux 的人才的需求日益增加，因此深入学习和掌握 Linux 系统，对于追求技术生涯的人来说，无疑是一个充满机遇的选择。

1.3 Linux 和 Windows 的比较

大多数人对 Windows 操作系统已经相当熟悉了，但当涉及学习全新的操作系统 Linux 时，初学者可能会表现出一些犹豫和抵触。他们可能会问，为什么要学习 Linux？它与 Windows 有什么不同？实际上，Linux 和 Windows 这两大操作系统都有各自的长处和短板，且在多个领域中它们已经实现了相互学习和融合。在易用性方面，Windows 仍然处于优势；在灵活性方面，Linux 则占据上风；在安全性方面，Linux 系统比 Windows 系统好；在应用软件支持方面，一直是 Windows 更强；Linux 的真正优势是服务器操作系统和嵌入式操作系统。我们可以通过表 1-1 来了解一下两者的重大区别。

表 1-1 Windows 与 Linux 的重大区别

特 点	Windows	Linux
安全性能	一般	好
稳定性	好	很好
软件支持	很好	好
硬件支持	好	一般
源码	保密	开放
系统可调节性	基于界面的规范性，更易于调节	具有极大的可调节性
使用方便性	非常方便	方便
版权限制和费用	有	无
技术支持	好	基于社团形式的

1.4 Linux 主要应用领域

Windows 已经牢牢占据了普通用户的桌面 PC 市场。那么 Linux 呢，它的主要应用领域在哪里呢？Linux 操作系统源码公开和免费的特点使其迅速发展壮大，赢得了许多大型软件公司的支持，它的主要应用领域如下：

- (1) Linux服务器(中低端的应用服务器)。
- (2) 嵌入式Linux系统(信息家电、智能仪表、网络安全产品等)。
- (3) 桌面市场(办公软件、电子政务)。

1.5 Linux的版本

Linux的版本分为发行(Distribution)版本和内核版本，而内核版本又分为开发版本和稳定版本。为了安装方便，将Linux内核、系统软件/应用软件打包在一起发行，称作发行版本。

Linux的内核版本号由3个字母组成：r、x、y。这3个字母的含义如下：

- r：目前发布的内核版本。
- x：偶数表示稳定版本，奇数表示开发中的版本。
- y：错误修补的次数。

比如kernel 2.0.38、kernel 2.6.13-17、kernel 3.10.0。

我们可以在命令行下用uname -a或cat /proc/version查看当前系统的内核版本号。

Linux发行版(套件)以Linux Kernel为核心，搭配各种应用程序和工具。许多个人、组织和企业开发了基于GNU/Linux的Linux发行版，目前有200余种Linux Distribution。Linux发行版大体可以分为两类：商业公司维护和社区组织维护。前者以著名的RedHat(RHEL)为代表，后者以Debian、CentOS为代表。查看发行版本的命令是cat/etc/redhat-release。

当今比较流行的发行版如下：

- Red Hat：<https://www.redhat.com/en>。
- Slackware：<https://www.slackware.com/>。
- SuSE：<https://www.suse.com/>。
- Debian：<https://www.debian.org/>。
- CentOS：<https://www.centos.org/>。
- Ubuntu：<https://ubuntu.com/>。

1.6 使用哪个版本的Linux进行学习

Linux发行版众多，有国内的，比如红旗，也有国外的，比如Ubuntu、RedHat、CentOS和Fedora等。读者可以根据个人爱好和基础选择一款，它们的差别其实不是很大。这里推荐Ubuntu和Fedora，因为社区强大，这就意味着学习资料和问答的地方多。考虑到Ubuntu用到的人非常多，而CentOS已经不再维护等因素，本书采用的Linux版本是Ubuntu20.04.1，这是很经典的一个版本，不老不新，正值当年，如日中天！

1.7 Linux 的特点

Linux 操作系统最大的特点是免费、开源、可以定制以及功能强大。这是它能迅速在 IT 工业界发展起来的根本。具体地讲，Linux 在功能方面有如下特点：

- (1) 真正的多用户、多任务操作系统。
- (2) 符合 POSIX 标准。
- (3) 提供 Shell 命令解释程序和编程语言。
- (4) 提供强大的管理功能，包括远程管理功能（SSH）。
- (5) 具有内核的编程接口。
- (6) 具有图形用户接口（KDE/GNOME）。
- (7) 具有大量实用的程序和通信、联网工具。
- (8) Linux 系统组成部分的源码是开放的，任何人都能修改和重新发布它。
- (9) Linux 系统不仅可以运行自由发布的应用软件，还可以运行许多商业化的应用软件。
- (10) Linux 几乎可以在所有硬件平台上运行，比如 x86 PC、Sun Sparc、Digital Alpha、680x0、PowerPC、MIPS 等。

1.8 如何学习 Linux

在当今社会，Linux 已经渗透到日常生活、工业生产、科学研究等各个领域。我们手中的智能手机、汽车的车载系统、互联网的庞大服务器群，甚至桌面计算机，很多都在运行 Linux 或其变体。Linux 不仅是这些设备的操作系统，也是支撑现代技术世界的基础架构的重要一部分。尤其对于那些参与技术相关工作的人来说，学习 Linux 不仅是一个优势，也是职业发展的一个要求。那么，如何有效学习 Linux 呢？

Linux 的代码行数逼近 2000 万行，就算每天看 1 万行，也得要六七年，况且这还只是 Linux 内核的代码量，再加上每个 Linux 发行版本有关的代码，估计得突破天际了。因此，要在短期内全面地学习 Linux 的方方面面，对于一个正常的人来说几乎不太可能。所以，学习 Linux 的关键便在于学习的目的一定要明确，通常来讲可能会涉及以下方面：

- 了解及入门。
- 成为 Linux 的系统管理员。
- 学习 Linux 应用编程。
- 学习 Linux 服务器编程。
- 学习 Linux 驱动、内核和嵌入式开发等。

当然，这只是其中几个大的方面，即便如此，而每个方面都有一个非常大的议题。以学习 Linux 内核开发为例，内核本身就包括了非常多的细分方向，如网络协议栈、文件系统、设备驱动开发等。因此，对于 Linux，我们应该慎重地评价自己是否真的精通。实际上，学无止境，想要真正精通 Linux

的主要方面，需要我们投入长时间的研究和实践，这有可能会穷尽我们的个人生涯。

总之，一句话：多看书，多动脑，多动手。

1.9 命令行还是图形界面

如果决定往网络管理、嵌入式开发方向发展，那么命令行是必须熟练掌握的。如果只是做上位机的桌面开发，那么掌握图形界面就可以了。Linux 主要应用场景基本不在桌面领域，因此命令行下的操作和编程是必须掌握的。建议尽量用命令行。

1.10 计算机启动的基本过程

对于一台安装了 Linux 系统的主机来说，当用户按下开机按钮后，要经历如图 1-1 所示的几个过程。

其中，每个过程都执行了自己该做的初始化部分，有些过程又可分为好几个子过程。接下来，我们就对每个过程进行分析。

1.10.1 按下电源

按下电源，其实更科学的称呼是上电，因为有些嵌入式系统是通过拨动电源开关来上电的，没有按下的按钮。任何 Linux 系统的启动必然是从上电开始的。上电后，CPU 的 RESET 引脚会由特殊的硬件电路产生一个逻辑值，这就是 CPU 的复位。此时 CPU 被唤醒了，将在 0xffffffff0 处执行一条长跳转指令，直接跳到固化在 ROM 中的启动代码处（这个启动代码叫作 BIOS），并开始执行 BIOS（Basic Input/Output System，基本输入输出系统）代码。

1.10.2 BIOS 自检

20 世纪 70 年代初，“只读内存”(Read-Only Memory, ROM) 发明后，开机程序被刷入 ROM 芯片，计算机通上电后，第一件事就是读取它。图 1-2 所示就是一个 BIOS 芯片。

这块芯片里存放着 BIOS 代码。有计算机基础的人都应该听过 BIOS，它被视为一个永久地记录在 ROM（只读存储器）中的软件，是操作系统输入输出管理系统的一部

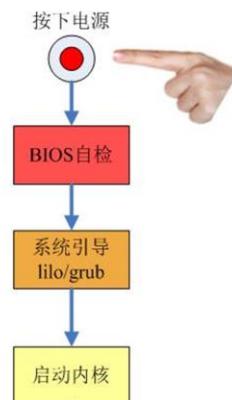


图 1-1



图 1-2

分。早期的 BIOS 芯片确实是“只读”的，里面的内容是用一种烧录器写入的，一旦写入就不能更改，除非更换芯片。现在的主板都使用一种叫作 Flash EPROM 的芯片来存储系统 BIOS，里面的内容可使用主板厂商提供的擦写程序擦除后重新写入，这样就给用户升级 BIOS 提供了极大的便利。

1. 硬件自检

BIOS 程序的主要作用是硬件自检（简称 BIOS 自检），然后将控制权转交给下一阶段的启动程序。BIOS 程序的硬件自检也称上电自检（Power-On Self Test, POST），主要负责检测系统外围关键设备（如 CPU、内存、显卡、I/O、键盘鼠标等）是否正常。例如，最常见的是内存松动的情况，BIOS 自检阶段会报错，系统则无法启动起来。自检中如果发现错误，将按两种情况处理：对于严重故障（致命性故障），则直接停机，此时由于各种初始化操作还没完成，因此不能给出任何提示或信号；对于非严重故障，则给出提示或声音报警信号，等待用户处理。如果没有问题，屏幕上就会显示 CPU、内存、硬盘等信息。如图 1-3 所示就是硬件自检过程中的一些打印信息。

Diskette Drive B : None	Serial Port(s) : 3F0 2F0
Pri. Master Disk : LBA,ATA 100, 250GB	Parallel Port(s) : 370
Pri. Slave Disk : LBA,ATA 100, 250GB DDR at Bank(s)	: 0 1 2
Sec. Master Disk : None	
Sec. Slave Disk : None	

Pri. Master Disk HDD S.M.A.R.T. capability ...	Disabled
Pri. Slave Disk HDD S.M.A.R.T. capability ...	Disabled

PCI Devices Listing ...							
Bus	Dev	Fun	Vendor	Device	SUID	SSID	Class
0	27	0	8086	2668	1458	A005	0403
0	29	0	8086	2658	1458	2658	0C03
0	29	1	8086	2659	1458	2659	0C03
0	29	2	8086	265A	1458	265A	0C03
0	29	3	8086	265B	1458	265B	0C03
0	29	7	8086	265C	1458	5006	0C03
0	31	2	8086	2651	1458	2651	0101
0	31	3	8086	266A	1458	266A	0C05
1	0	0	10DE	0421	10DE	0479	0300
2	0	0	12B3	8212	0000	0000	0180
2	5	0	11AB	4320	1458	E000	0200
							ACPI Controller
							9

图 1-3

2. 查找引导设备

硬件自检完成后，BIOS 将把控制权转交给下一阶段的启动程序。这时，BIOS 需要知道下一阶段的启动程序具体存放在哪一个设备。也就是说，BIOS 需要有一个外部存储设备的排序，排在前面的设备就是优先转交控制权的设备。这种排序叫作“启动顺序”（Boot Sequence）。打开 BIOS 的操作界面，里面有一项是设定启动顺序，如图 1-4 所示。

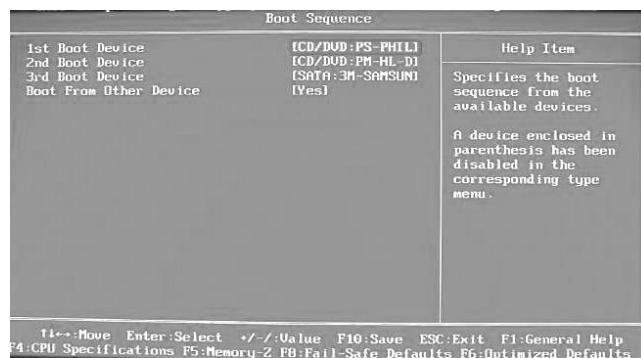


图 1-4

1.10.3 系统引导

BIOS 代码基本运行结束后，要将引导程序代码载入内存进行运行。那么引导代码在哪里呢？这里讲的是 PC 上的引导。PC 上的引导代码（bootloader 程序）分为两部分，第一部分位于主引导记录（Master Boot Record, MBR）上，这部分先启动，作用是引导位于某个分区上的第二部分引导程序，如 NTLDR、BOOTMGR 和 GRUB 等。因此，我们经常见到的 GRUB 属于 bootloader，不属于 BIOS。

BIOS 按照启动顺序，把控制权转交给排在第一位的存储设备。这时，计算机读取该设备的第一个扇区，也就是读取最前面的 512 字节。如果这 512 字节的最后两字节是 0x55 和 0xAA，就表明这个设备可以用于启动；如果不是，则表明设备不能用于启动，控制权于是被转交给启动顺序中的下一个设备。最前面的 512 字节就叫作“主引导记录”。主引导记录只有 512 字节，放不了太多东西，它的主要作用是告诉计算机到硬盘的哪个位置去找操作系统。主引导记录由以下 3 个部分组成：

- (1) 第 1~446 字节：调用操作系统的机器码（第一部分引导代码）。
- (2) 第 447~510 字节：分区表（Partition Table）。
- (3) 第 511、512 字节：主引导记录签名（0x55 和 0xAA）。

BIOS 把第一部分引导代码装入内存后就退出了，此时第一部分引导启动。第二部分分区表的作用是将硬盘分成若干个区。考虑到每个区可以安装不同的操作系统，因此主引导记录必须知道将控制权转交给哪个区。分区表的长度只有 64 字节，里面又分成 4 项，每项 16 字节，所以一个硬盘最多只能分 4 个一级分区，又叫作“主分区”。每个主分区的 16 字节由以下 6 部分组成：

- (1) 第 1 字节：如果为 0x80，就表示该主分区是激活分区，控制权要转交给这个分区。4 个主分区里面只能有一个是激活的。
- (2) 第 2~4 字节：主分区第一个扇区的物理位置（柱面、磁头、扇区号等）。
- (3) 第 5 字节：主分区类型。
- (4) 第 6~8 字节：主分区最后一个扇区的物理位置。
- (5) 第 9~12 字节：该主分区第一个扇区的逻辑地址。
- (6) 第 13~16 字节：主分区的扇区总数。

最后的 4 字节（主分区的扇区总数）决定了这个主分区的长度。也就是说，一个主分区的扇区总数最多不超过 2 的 32 次方。如果每个扇区为 512 字节，就意味着单个分区最大不超过 2TB。再考虑到扇区的逻辑地址也是 32 位，所以单个硬盘可利用的空间最大也不超过 2TB。如果想使用更大的硬盘，只有两个方法：一是提高每个扇区的字节数；二是增加扇区总数。

介绍了一些分区表的概念后，下面继续介绍计算机的引导。现在计算机的控制权就要转交给硬盘的某个分区了，这里又分成两种情况。

(1) 要引导的操作系统位于激活的主分区里。4 个主分区里面只有一个激活的。计算机会读取激活分区的第一个扇区，这个扇区叫作“卷引导记录”（Volume Boot Record, VBR）。卷引导记录的主要作用是告诉计算机操作系统在这个分区里的位置。随后，计算机就会加载操作系统了。

(2) 要引导的操作系统位于逻辑分区里。随着硬盘越来越大，4 个主分区已经不够了，需要更多的分区；但是，分区表只有 4 项，因此规定有且只有一个区可以被定义成“扩展分区”（Extended

Partition）。所谓扩展分区，就是指这个区里面又分成多个区。这种分区里面的分区就叫作“逻辑分区”（Logical Partition）。扩展分区包含一个或多个逻辑分区。

计算机先读取扩展分区的第一个扇区，这个扇区叫作“扩展引导记录”（Extended Boot Record, EBR）。它里面也包含一张 64 字节的分区表，但是最多只有两个分区项，第一个分区项描述第一个逻辑分区，第二个分区项描述第二个逻辑分区（如果存在），如果没有更多的逻辑分区，则第二个分区项就不需要使用。当存在两个分区项时，计算机就可以找到第二个逻辑分区，接着会读取第二个逻辑分区的第一个扇区，再从里面的分区表中找到第三个逻辑分区的位置，以此类推，直到某个逻辑分区的分区表只包含它自身为止（只有一个分区项）。因此，扩展分区可以包含无数个逻辑分区。

如果要启动扩展分区（逻辑分区）上的操作系统，那么计算机在读取主引导记录前面 446 字节的机器码之后，不再把控制权转交给某一个分区，而是运行事先安装好的“启动管理器”程序（比如 GRUB）。这意味着第二部分引导代码启动了，它提示用户选择启动哪一个操作系统。Linux 环境中，目前最流行的启动管理器是 GRUB，如图 1-5 所示。

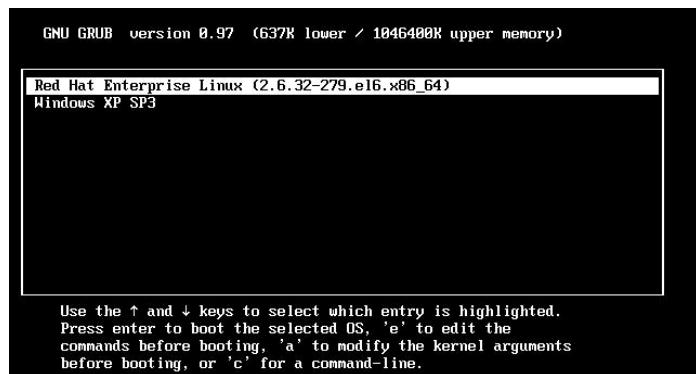


图 1-5

用户选择后，就可以直接启动所选的操作系统了。系统引导程序到此就基本结束了，下面轮到操作系统内核登场了。

既然讲到引导程序，这里顺便介绍一下，与 PC 不同的是，对于嵌入式 Linux 系统来说，并没有 BIOS，而是直接从 Flash 中运行 bootloader，然后装载内核，所以省去了 BIOS。当然嵌入式 Linux 的 bootloader 也不怎么用 GRUB，用得较多的是 uboot。以后读者开发嵌入式 Linux 系统会体会到这一点。

1.10.4 启动内核

控制权转交给操作系统后，操作系统的内核首先被载入内存。以 Linux 系统为例，先载入/boot 目录下面的内核文件，内核加载成功后，第一个运行的程序是/sbin/init。它根据配置文件（Debian 系统是/etc/initab）产生 init 进程。这是 Linux 启动后的第一个进程，其进程号（PID）为 1，其他进程都是它的后代。然后，init 进程加载系统的各个模块，比如窗口程序和网络程序，直至执行/bin/login 程序，跳出登录界面，等待用户输入用户名和密码。至此，全部启动过程完成。

1.11 认识 Shell

Shell 俗称壳（区别于内核），是用户使用 Linux 的接口，用户输入命令后得到返回结果。Shell 可以分为图形（GUI）Shell 和命令行（CLI）Shell，本书主要讲解命令行 Shell。

1. 命令行 Shell 工作模式

Linux 的命令行 Shell 有两种工作模式。

1) 交互模式

在交互模式下，Shell 作为命令解释器使用，类似于 Windows XP 下的 cmd.exe。用户在 Linux 终端下输入的每一个命令都由 Shell 先解释，然后传给 Linux 内核，内核再调用相应的系统程序后返回结果给用户。

2) 非交互式模式

在非交互式模式下，Shell 作为脚本语言解释器使用，用户编写一个脚本文件（如.sh 文件），然后在命令行下运行该脚本文件。脚本语言也称 Shell 脚本语言，可以把几条命令放在一起，也可以定义变量，并提供许多在高级语言中才具有的控制结构，包括循环和分支等。反正就是自动化、批量地来解释命令。

2. Shell 命令

Shell 命令也就是俗称的 Linux 命令，共有 2000 多个。要成为 Linux 高手，命令是必须掌握的。如果要把 Linux 下的命令全部掌握，那么恐怕只能打击初学者的积极性了。因此，笔者根据多年的工作经验，在 2000 多个命令中精选出几百个常用的 Shell 命令。熟练掌握这些常用命令后，就能应付大多数工作场合，而剩下的命令可以通过帮助（man）来解决。

3. 常见的 Shell

不同的 Linux 系统上，Shell 可能不同。当前，使用较广的 Shell 有标准的 Bourne Shell（sh）、Korn Shell（ksh）、C Shell（csh）、Bourne Again Shell（bash）等。本书使用的 Shell 是 bash。我们可以用下面的命令来查看当前环境所用的 Shell：

```
#echo $SHELL
```

运行结果：

```
#!/bin/bash
```

1.12 图形界面和字符界面的切换

1.12.1 在不退出 X-Window 的情况下切换到字符界面

开机默认进入的是图形界面，这里要在不退出图形界面的情况下切换到字符界面。Linux 默认

打开 7 个屏幕，编号为 tty1~tty7。X-Window 启动后，占用的是 tty7 屏幕，tty1~tty6 仍为字符界面屏幕。也就是说，按 Ctrl+Alt+F1~F6 快捷键即可实现字符界面与 X-Window 界面的快速切换。注意，按 Ctrl+Alt+F1~F6 快捷键只是切换，并不退出 X-Window，按 Ctrl+Alt+F7 快捷键或 Alt+F7 快捷键就回到 X-Window 了。

此外，在 VMware 中，默认情况下按 Ctrl+Alt+Fn 快捷键是不起作用的，这是因为 VMware 虚拟操作系统和宿主操作系统之间的鼠标切换热键是 Ctrl+Alt，这就和 Ctrl+Alt+Fn 发生冲突了，所以我们要修改 VMware 的热键。依次单击 VMware 菜单项 Edit→Preference，出现如图 1-6 所示的对话框。

把 Ctrl+Alt 改为 Ctrl+Shift+Alt，然后单击 OK 按钮。修改完毕后，需要重启虚拟机的操作系统。

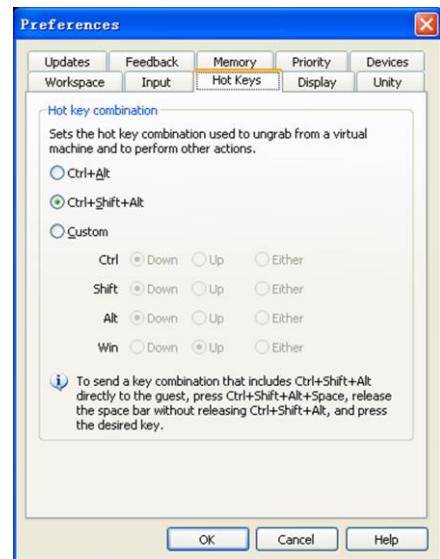


图 1-6

1.12.2 强行退出 X-Window 进入文本模式

开机默认进入的是图形界面，要退出图形界面进入字符界面，首先在图形界面中打开一个终端，然后输入 init 3（注意 init 后面有一个空格）。稍后系统将退出图形界面并进入字符界面。用该方法切换后，图形界面完全关闭。如果图形界面中有文件未保存，那么将丢失。

用 init 5 可以回到图形界面，但原来图形界面中的进程已死，而且需要重新登录。

1.12.3 设置每次开机进入字符界面

安装完 Linux 后，默认进入的是图形界面，我们现在要在图形界面下修改设置，使得以后开机直接进入字符界面，步骤如下：

步骤 01 在图形界面下找到文件 /etc/inittab，然后右击，在弹出的快捷菜单中选择 Open with “Text Editor”，如图 1-7 所示。

步骤 02 在 /etc/inittab 中找到 id:5:initdefault:，如图 1-8 所示。

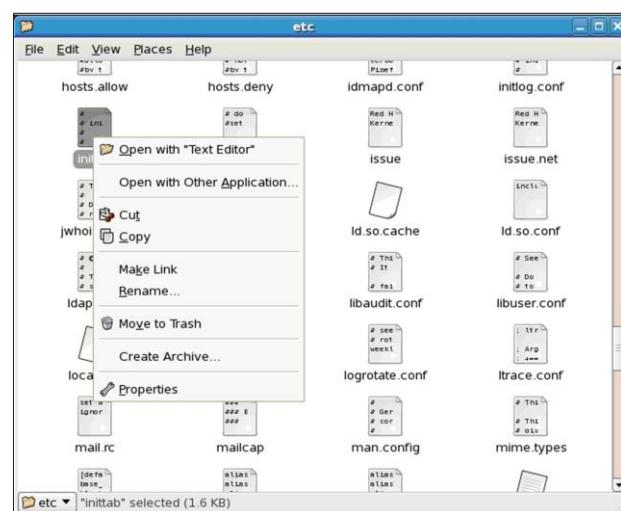


图 1-7

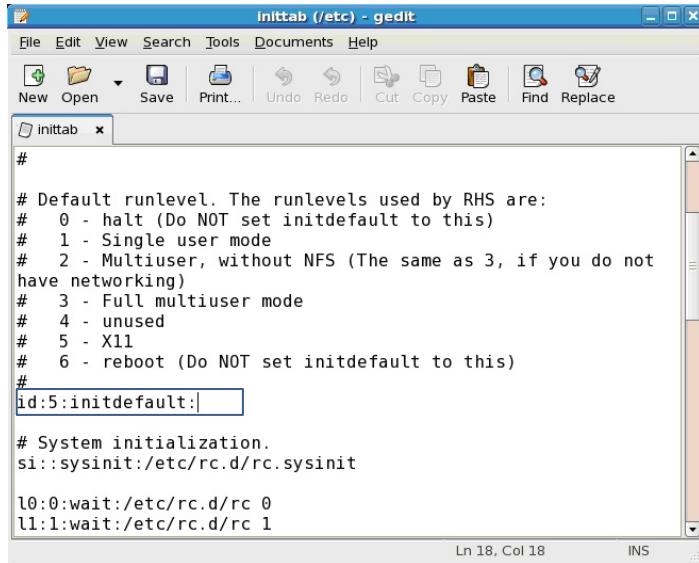


图 1-8

把 5 改为 3，然后保存并关闭该文件。

“id:5:initdefault:” 的意思是告诉 Linux 启动时运行的级别是 5，也就是图形模式，改成 3 就是文本模式了。

这是因为 Linux 操作系统有 6 种不同的运行级（Run Level），在不同的运行级下，系统有着不同的状态。这 6 种运行级说明如下：

- 0：停机。记住不要把initdefault设置为0，因为这样会使Linux无法启动。
- 1：单用户模式，就像Windows 9x下的安全模式。
- 2：多用户，但是没有NFS。
- 3：完全多用户模式，标准的运行级，字符界面模式。
- 4：一般不用，在一些特殊情况下可以用它来做一些事情。
- 5：X11，即进入X-Window系统。
- 6：重新启动。记住不要把initdefault设置为6，因为这样会使Linux不断地重新启动。

步骤 03 重启 Linux，会直接进入字符界面。

1.12.4 从字符界面进入图形界面

开机默认进入的是字符界面，要切换到图形界面，方法是在字符界面下输入命令“init 5”。

通过 init 5 进入图形界面后，可以按 Ctrl+Alt+F1~F6 快捷键来切换到字符界面，通过按 Ctrl+Alt+F7 快捷键切回图形界面。

开机进入的是字符界面，相当于运行在 3 级别上，通过 init 5 切换到运行级别 5，该操作会启动与图形界面相关的服务，并且需要重新输入用户名和密码后登录。如果不运行 init 5，直接按 Ctrl+Alt+F7 快捷键是无法切换成功的，因为此时图形界面还没有启动。

1.13 环境变量

环境变量（Environment Variables）通常是指在操作系统中用来指定操作系统运行环境的一些变量，比如 PATH 变量包含一系列由冒号分隔开的目录，系统就从这些目录里寻找可执行文件。

在 Linux 中，环境变量分为系统级和用户级两种，系统级的环境变量是每个登录系统的用户都要读取的系统变量，而用户级的环境变量则是该用户使用系统时加载的环境变量。

1) 系统级环境变量

系统级环境变量存放在`/etc/profile` 文件中。该文件是用户登录时，操作系统定制用户环境时使用的一个文件，应用于登录到系统的每一个用户。修改该文件中的环境变量将影响系统中的每个用户。

可以在命令行下直接运行 `env` 命令来查看系统级环境变量。

2) 用户级环境变量

用户级环境变量存放在各个用户的`~/.bash_profile` 文件中，`~` 表示每个用户的宿主目录（也就是 `home` 目录）。`.bash_profile` 是一个隐藏文件，我们在进入`~` 后，通过 `ls -a` 命令可以看到该文件。修改该文件中的系统变量将仅影响该文件对应的用户。

可以用 `env` 命令来显示当前用户的环境变量。