

第一章 Linux 与树莓派入门

注: 本文档乃笔者所著《IoT 全栈剖析：基于树莓派与 ESP32 进行物联网开发》一书的原稿第一章的部分内容。笔者耗费了若干精力整理了这部分内容，但是考虑到这部分内容并非拙著的核心内容，因此在原稿中对其进行了大刀阔斧的删减，而本电子文档即为原始的完整内容。

1.1 GNU/Linux 的身世与家族

在我们踏上物联网开发的漫漫征程之前，我想先简单的给大家介绍一下 Unix、GNU 与 Linux 的历史和渊源。

1.1.1 GNU 与 Linux 的起源

GNU 和 Linux 本来是两个独立的项目，但是完美的结合在了一起。当然，其历史还得从 Unix 说起。

Unix 的极简历史

故事起源于半个多世纪前。20 世纪 60 年代中期，MIT、GE 和 AT&T 的贝尔实验室联合开发一个名为 Multics 的实验性分时多任务操作系统。Multics 引入了很多新特性，然而，由于其设计过于复杂，导致项目进度远远落后于计划，造成了贝尔实验室的不满并逐渐退出了此项目。在最后撤离 Multics 项目的那一批研究员中，Ken Thompson 和 Dennis Ritchie 等人决定对 Multics 那宏伟但不切实际的目标进行一番大刀阔斧的削减，然后重新实现这一项目。最终，在 1969 年，Unix 诞生了。而在同一年诞生的，还有一个叫 Linus Torvalds 的芬兰人。

1973 年，Ken Thompson 与 Dennis Ritchie 考虑用高级语言来开发新版 Unix。他们整合了 BCPL 形成 B 语言，后来 Dennis Ritchie 又基于 B 语言创造了大名鼎鼎的 C 语言。于是，他们成功地用 C 语言重写了 Unix 第三版。至此，Unix 这个操作系统修改、移植相当便利，为其日后的普及打下了坚实的基础。而 Unix 和 C 也完美地结合在了一起。

1974 年 7 月，关于 Unix 的第一篇文章 “The UNIX Time Sharing System” 发表。这是 UNIX 对外界的首次露面，结果引起了学术界的广泛兴趣并索取其源代码，结果 Unix 第五版以 “仅用于教育目的” 的协议，提供给各大学作为教学之用，成为当时操作系统课程中的范例

教材。各大学公司开始通过 Unix 源码对 Unix 进行了各种各样的改进和扩展。于是，Unix 开始广泛流行。

1978 年，加州大学 Berkeley 分校推出了一份以第六版为基础，加上一些改进和新功能而成的 Unix，这就是著名的“1 BSD (1st Berkeley Software Distribution)”，开创了 Unix 最重要的一个分支：BSD 系列。同期，AT&T 成立了 USG，将 Unix 变成商业化的产品。从此，BSD 的 Unix 便和 AT&T 的 Unix 分庭抗礼，Unix 分为 System IV 和 4.x BSD 这两大主流，各自蓬勃发展。

1982 年，AT&T 基于 Unix 第七版开发了 UNIX System III 的第一个版本，这是一个商业版本。后来，为了解决混乱的 UNIX 版本问题，AT&T 综合了其他大学和公司开发的各种 UNIX，又发布了 UNIX System V。由于这个新的 UNIX 商业发布版本不再包含源代码，所以加州大学 Berkeley 分校继续开发 BSD UNIX，作为 UNIX System III 和 V 的替代选择。BSD 对 UNIX 最重要的贡献之一是 TCP/IP。BSD 发行版中包含的 TCP/IP 代码几乎是现在所有系统中 TCP/IP 实现的前身，包括 AT&T System V UNIX 和 Microsoft Windows 中的 TCP/IP 实现都参照了 BSD 的源码。

同时，其他一些公司也开始为其自己的小型机或工作站提供商业版本的 UNIX 系统，有些选择 System V 作为基础版本，有些则选择了 BSD。BSD 的一名主要开发者，Bill Joy，在 BSD 基础上开发了 SunOS，并最终创办了 Sun Microsystems。

1991 年，一群 BSD 开发者离开了加州大学，创办了 Berkeley Software Design, Inc (BSDI)。BSDI 是第一家在便宜常见的 Intel 平台上提供商业 BSD UNIX 的厂商。后来 Bill Jolitz 离开了 BSDI，开始了 386BSD 的工作。

不幸的是，BSDI 很快就与 AT&T 的 UNIX Systems Laboratories (USL) 附属公司产生了法律纠纷。USL 是 AT&T 注册的公司，AT&T 为了拥有 System V 版权以及 Unix 商标，为了垄断 Unix，1992 年，USL 正式对 BSDI 提起诉讼，说 BSD 剽窃他的源码。由于最后判决悬而未决，这桩法律诉讼将 BSD 后续的开发延迟了两年，间接导致了没有法律问题的 Linux 内核获得了极大的支持。

这场官司一直打到 AT&T 将自己的 Unix 系统实验室卖掉，新接手的 Novell 公司采取了一种比较开明的做法，允许 BSDI 自由发布自己的 BSD，但是前提是必须将来自于 AT&T 的代码完全删除，于是诞生了 4.4 BSD Lite 版，由于这个版本不存在法律问题，4.4BSD Lite 成为了现代 BSD 系统的基础版本。这桩诉讼最终在 1994 年 1 月了结，更多地满足了 BSDI 的利益。伯克利套件的 18000 多个文件中，只有 3 个文件要求删除，另有 70 个文件要求修改，

并显示 USL 的版权说明。这项调解另外要求，USL 不得对 4.4BSD 提起诉讼，不管是用户还是 BSDI 代码的分发者。于是，BSD Unix 终于走上了复兴的道路。

由于 Unix 是用 C 语言写的，所以修改和移植都很容易，因此，很多商业公司及学术机构均参与了这个操作系统的研发，各个不同版本的 Unix 也开始蓬勃发展。后来，从 BSD Unix 逐渐衍生出了侧重于易用性的 FreeBSD、侧重于安全的 OpenBSD 和侧重于广泛硬件支持的 NetBSD 以及其他诸多版本；而商业版本则主要基于 AT&T 发布的 System V，包括 IBM 公司的 AIX，HP 公司的 HP-UX，Sun 公司的 Solaris 等等。甚至就连 Apple 公司的 Mac OS X 内核也是基于 Unix 演化而来的。而在微软发展的早期，它也发行过自己的 Unix 发行版 Xenix。

今天，Unix 已经走过了整整半个世纪的风风雨雨。基于其在安全性和稳定性方面的优异表现，各种 UNIX 系统发行版广泛的运行在包括金融、电信等传统行业的中小型机服务器上。同时，如 OpenBSD 和 FreeBSD 等侧重于安全性和易用性的发行版也大量的运行在基于 X86 的 PC 服务器和个人桌面上，在人类社会的发展与运行中发挥着无可替代的作用。

GNU 项目简介

GNU 是一个完整的自由软件操作系统，向上兼容于 Unix。GNU 是 “GNU’ s Not Unix” 的首字母缩写。它由 GNU 软件包（专门由 GNU 工程发布的程序）和第三方自由软件构成。

1971 年，当理查德·斯托曼（Richard Stallman）开始其在 MIT 的职业生涯时，他和其同事大量的使用自由软件，大家可以很自由的合作，并改进软件来满足自己的工作需要。然而到了 80 年代，几乎所有的软件都变成了商业闭源软件。为了维护用户使用软件的自由，理查德·斯托曼在 1983 年发起了 GNU 计划，其目标是建立一个完全自由的操作系统。在 1985 年，他创建了自由软件基金会（FSF）来为 GNU 计划提供技术、法律以及财政支持；在 1989 年发布了 GPL 许可协议用于保护和传播由 FSF 发布的自由软件。尽管 GNU 计划大部分时候是由个人自愿无偿贡献，但 FSF 有时还是会聘请程序员帮助编写。当 GNU 计划开始逐渐获得成功时，一些商业公司开始介入开发和技术支持。当中最著名的就是后来被 Red Hat 兼并的 Cygnus Solutions。

自 GNU 计划开始以来，理查德·斯托曼自己完成了编辑器 Emacs 和编译器 GCC 的早期版本；广大黑客也纷纷在 GNU 计划下做了很多的项目和工作。GNU 项目包含了各种操作系统所必备的组件，如核心的 GCC 和 GLIBC，函数库、编译器、调式工具、文本编辑器、网站服务器，以及 Unix 的用户接口 Bash 等等。然而最重要的内核组件却拖了后腿。

它最初的内核组件 Hurd 的开发工作开始于 1990 年。Hurd 是以卡内基梅隆大学的微内核 Mach 3.0 为基础，目的是在 GNU 系统中取代非自由的 Unix 内核部分。Hurd 的目标是从功能、安全性和稳定性上全面超越传统 Unix 内核。由于目标过于远大，早期设计的太过于复杂，内部通信及其繁琐，而且参与的人手不足，导致项目进展及其缓慢，其功能和稳定性迟迟不能达到预期的目标。

1991 年 10 月，林纳斯·托瓦兹(Linus Torvalds)发布了他的玩具内核源代码，这是他在学习 Minix 操作系统源码的过程中耗时六个月写出来的一个尚未完整兼容 POSIX 的内核，但是他成功的将 GNU 的基础软件 Gcc 和 Bash 移植到了上面。这之后大量用户参与开发，并在 1994 年使用 GPL 协议发布了 Linux 1.0 内核。

由于 Linux 内核遵循 GPL 协议，而 GNU 项目旗下的自由软件也能运行于 Linux 内核之上，于是，GNU 计划和 Linux 内核天衣无缝的、互相弥补的结合在了一起，成为了完全自由并且完整的操作系统--GNU/Linux。由于其自由的特性，RedHat 等以 GNU/Linux 作为产业的公司和组织随即出现，大力发展了 GNU/Linux，使其变得越来越实用，逐渐取代了 Unix 操作系统的位置。

Linux 的起源与现状

1990 年，Linus Torvalds 还是芬兰赫尔辛基大学的一名学生。他最初用汇编语言写了一个在 80386 保护模式下处理多任务切换的程序，后来从 Minix（Andy Tanenbaum 教授所写的很小的 Unix 操作系统，主要用于操作系统教学）得到灵感，进一步写了一些硬件的设备驱动程序，一个小的文件系统，这样 0.0.1 版本的 Linux 就出来了，但是它只具有操作系统内核的勉强的雏形，甚至不能独立工作，你必须在 Minix 的机器上编译以后才能玩。1991 年 10 月 5 号他发布了 Linux 0.0.2 版本，在这个版本中已经可以运行 bash 和 gcc。

从一开始，Linus 就决定自由扩散 Linux，包括其源代码，随即 Linux 引起了黑客们的注意，通过计算机网络加入到了 Linux 内核的开发。由于一批高水平黑客的加入，Linux 发展迅猛，几乎一两个礼拜就有新版或修正版的出现。到 1994 年初，Linux 1.0 终于诞生了！Linux 1.0 已经是一个功能完备的操作系统，而且内核写得紧凑高效，可以充分发挥硬件的性能，在 4M 内存的 80386 机器上也表现得非常好，至今人们还在津津乐道。

Linux 内核后来陆续发布了 2.0、2.2、2.4、2.6 系列。2.6 系列持续了漫长的好些年，直到 2.6.40 即将发布时，Linus 宣称“这个版本号太大了”，于是 2.6.40 变成了 3.0 版本；大版本号的增长从此走上正轨，目前已经进入到了 6.x 系列（2024 年 3 月初的最新稳定版为 6.7.8）。

Linux 的标志和吉祥物是一只名字叫做 Tux 的企鹅，据说是因为 Linus 在澳洲时曾被动物园里的一只企鹅咬了一口，便选择了企鹅作为 Linux 的标志。

Linux 的历史是和 GNU 紧密联系在一起。从 1983 年开始的 GNU 计划致力于开发一个自由并且完整的类 Unix 操作系统，包括软件开发工具和各种应用程序。到 1991 年 Linux 内核发布的时候，GNU 已经几乎完成了除了系统内核之外的各种必备软件的开发。在 Linus Torvalds 和其它开发人员的努力下，GNU 组件可以运行于 Linux 内核之上。整个内核是基于 GNU 通用公共许可，也就是 GPL（GNU General Public License，GNU 通用公共许可证）的，但是 Linux 内核并不是 GNU 计划的一部分。Marc Ewing 成立了 Red Hat 软件公司，成为最著名的 Linux 分销商之一。

严格来讲，Linux 这个词本身只表示 Linux 内核，但在实际上人们已经习惯了用 Linux 来形容整个基于 Linux 内核，并且使用 GNU 工程各种工具和应用程序的操作系统（也被称为 GNU/Linux）。基于这些组件的 Linux 软件被称为 Linux 发行版。一般来讲，一个 Linux 发行套件包含大量的软件，比如软件开发工具，数据库，Web 服务器（例如 Apache），X Window，桌面环境（比如 GNOME 和 KDE），办公套件（比如 OpenOffice.org），等等。

1991 至 1995 年间，Linux 从概念型的 0.1 版本内核原型，发展成为能够在性能和特性上均堪媲美专有 Unix 的操作系统，并且在连续正常工作时间等重要统计数据上打败了绝大部分的 Unix。1995 年，Linux 找到了自己的杀手级应用——开源的 web 服务器 Apache。就像 Linux，Apache 出众地稳定和高效。很快，运行 Apache 的 Linux 机器成了全球 ISP 平台的首选。约 60% 的网站选用 Apache；今天的 LAMP（Linux，Apache，MySQL，PHP）已经成为了架构 Web 服务器的主要选择之一。

现如今的 Linux 不但可以装在几乎所有的主流服务器上，当然也包括桌面的 X86 系统中。其还常常被用于嵌入式系统如机顶盒、手机、交换机、游戏机、PDA、网络交换机、路由器等。

Linux 的出现，不仅仅给世界带来了一个免费的操作系统，也不仅仅是对 Unix 自由、共享的文化的延续，它的出现带给了计算机世界自 Unix、GNU 以来更为成熟的思想和文化。

1.1.2 Unix 与 Linux 发行版概览

Unix 和 Linux 的发行版琳琅满目数不胜数，限于篇幅，下面只简单罗列最常见的几款供读者朋友们参考，更详细全面的信息可以从网上搜索得到（比如网站 <https://distrowatch.com> 就列出了各种 Linux 发行版的相关信息以及热度排名）。除非特别指明，以下提及的发行版均为开源且可免费安装使用，不存在需要花钱购买或者安装盗版的问题。

FreeBSD

FreeBSD 于 1993 年直接诞生自 BSD Unix，是目前最流行的 UNIX 发行版。基于 2005 年的市场调查，在所有的开源 BSD 系统里面，FreeBSD 占比超过了四分之三。FreeBSD 自身也派生出了很多发行版，其中包括 Darwin(Apple 公司的 macOS, iOS, iPadOS, watchOS 和 tvOS 的基石)和 TrueNAS (一个开源的 NAS/SAN 操作系统)；它也是 PlayStation 3 和 PlayStation 4 游戏终端的系统软件。FreeBSD 的吉祥物以前是一个手持钢叉的红色小魔鬼，现在抽象成了一个顶着 2 个尖角的红色头颅状圆球，和以前的 logo 相比，神似但更简洁。

NetBSD

NetBSD 是最早的 UNIX 衍生版本。该项目非常重视架构的正确性和代码的质量以及可移植能力。和很多系统遵循的“如果某项功能工作正常，那么它的实现就是正确的”不同，NetBSD 的理念是“只有该功能实现正确了，它才能正常工作”。基于此宗旨，它目前支持 10 余种不同硬件平台，包括服务器，桌面系统，手持设备以及嵌入式系统等等，是移植性最好的 UNIX 系统，没有之一。NetBSD 早期的吉祥物是一群(注意，是一群而不是一只；也许寓意 NetBSD 的多硬件支持能力？)小恶魔举着 NetBSD 的大旗站在被征服了的各式计算机硬件上，其设计灵感活脱脱就是来自于那张《国旗插在硫磺岛上》的二战图片。时过境迁，如今 NetBSD logo 上的小恶魔们也被简化得一只不剩，只剩下了那面旗帜一如既往的迎风飘扬。

OpenBSD

OpenBSD 于 1995 年由 Theo de Raadt 创建，派生自 NetBSD，市场占有率在 BSD 系统里面约 30%左右。由于该项目强调代码质量，它的组件被广泛重用于其他软件项目中。大名鼎鼎的 OpenSSH 就出自于 OpenBSD 项目。OpenBSD 被广泛认为是全天下所有操作系统里面的“最安全的操作系统”。吉祥物是一条浑身长刺的气鼓鼓的小河豚，名为 Puffy。

macOS

Apple 公司的 Mac OS X 操作系统于 2016 年改名为 macOS，从而和其他如 iOS, watchOS 和 tvOS 等系统的名字保持风格一致。乔布斯曾于 1984 年到 1997 年期间被迫离开 Apple，

创建了一家名为 NeXT 的公司。当乔布斯再次回归 Apple 公司力挽狂澜时，NeXT 也被同时收购，该公司开发的 NeXTSTEP 平台组成了 macOS 的基础。如今的 macOS 和 iOS 等系统共享了基于 UNIX 的名为 Darwin 的内核和其他很多框架组件，而 macOS 支持的处理器体系结构也从最早期的 PowerPC 切换到了基于 Intel 公司的 Core 系列处理器，然后又于 2020 年开始支持自研芯片，运行在了基于 64 位 ARM 的 Apple M1 处理器上。

费用方面，由于 macOS 本身是和 Apple 公司的硬件绑定在一起销售的，所以用户购买了硬件(如 macbook, imac 等)，也就相应获得了使用和免费升级 macOS 的权利，无需额外花费(也可以理解为购买费用包含了 macOS)。然而，由于目前的主流 macOS 版本运行于 Intel 的 CPU 上，所以 macOS 也就不可避免的被黑客给黑了，可以运行在自己组装的非 Apple 公司生产的机器上，俗称“黑苹果”，而修改后的 macOS 则昵称为 Hackintosh，意为“Hacked Macintosh”。

Debian GNU/Linux

Debian 是最早的 Linux 发行版之一。作为本人最喜欢和一直使用的发行版，在后续章节中会有更详细的介绍。

Ubuntu

Ubuntu 于 2004 年 9 月横空出世，并在随后几年内迅速发展成为最受欢迎的桌面 Linux 发行版之一，成为市场上专有桌面操作系统强有力的竞争者。Ubuntu 项目由南非千万富翁，前 Debian 开发人员和全球第二位太空游客 Mark Shuttleworth 创建，他创建的 Canonical 公司在此项目早期向所有感兴趣的用户免费发送 CD 光碟，从而使得 Ubuntu 得到了快速的普及。

Ubuntu 非常注重对新手友好，它的 DVD 镜像既可以直接刻盘后以 Live 方式运行，也可以作为安装光盘用于安装 Ubuntu。它的基于网页的文档和论坛提供了非常丰富全面的参考信息。它可以轻松安装 ATI 和 NVIDIA 图形显卡以及无线网络专有设备的驱动程序，并为非免费或专利设计的媒体编解码器提供按需支持。在技术方面，Ubuntu 基于 Debian 的“Sid”分支（不稳定分支）。它每 6 个月发布一次新版本，并每 2 年(偶数年份的 4 月发行版)会包含一个长期支持（LTS）版本，支持 5 年的安全更新（非 LTS 版本支持 9 个月）。

Ubuntu 本身也包含了若干不同的子发行版，除了“正宗”的基于 Gnome 桌面的“Ubuntu”，还有基于 KDE 桌面的 Kubuntu，基于 XFCE 桌面的 Xubuntu，基于 LXQt 桌面的 Lubuntu，基于 MATE 桌面的 Ubuntu MATE，针对服务器版本的 Ubuntu Server，还

有针对 IoT 和嵌入式系统的 Ubuntu Core，以及专门针对中国市场的 Ubuntu Kylin（优麒麟）等等。即便萝卜青菜，各有所爱，通常用户都能找到适合自己的子发行版。

就像 Ubuntu 的第一号 bug 所言：微软在 PC 操作系统的市场占比太大了，Ubuntu 和其他项目将努力解决这一问题。基于本人的使用感受，Ubuntu 的目标更像是想要吸引众多的 Windows 用户。它努力的将很多操作傻瓜化，隐藏掉了很多技术细节；记忆中的 Ubuntu 默认安装是连 Gcc 都没有的，这与一般的 Linux 发行版默认都会安装常见的编程工具和环境等做法大相径庭。此外，也是因为吸引了众多新手，使得虽然资料信息众多，但也存在良莠不齐的问题，和非常重视文档的发行版如 Arch 和 FreeBSD 等相比，仍然存在一定的差距。

Linux Mint

基于 Ubuntu 的发行版，于 2006 年由 Clement Lefebvre 创立，号称是“改进版的 Ubuntu” (improved Ubuntu) 或者“作对了的 Ubuntu” (Ubuntu done right)。Linux Mint 在 Ubuntu 的基础上，增加了很多改进可用性的图形工具如 mintDesktop, mintMenu, mintInstall, mintUpdate 等等，以及数以百计的各种改进。以“易用”著称的 Linux Mint 还自含了商业和专利相关的媒体编解码器（由于担心潜在的法律威胁，这些经常会被较大的发行版排除在外）。因此，虽然本人从来没有用过 Linux Mint，但是在号称对新手友好的 Ubuntu 的基础上改进得更好用的发行版，无疑值得新入门的 Linux 用户尝试一二。

Fedora, RHEL, CentOS

红帽(Red Hat)公司作为最成功的 Linux 厂商，它提供的商业 Linux 发行版为 Red Hat Enterprise Linux，有时简写为 RHEL。它包含了支持 x86, x86-64, Itanium, PowerPC 和 IBM System z 体系结构的服务器版本，以及针对 x86 和 x86-64 的桌面版本。

RHEL 虽然是商业产品，但是由于它立足于各种开源免费的软件之上，因此它的源代码也是对外开放的。于是一些开发者基于此创建了一个名为 CentOS 的社区发行版。他们的做法就是重新编译 RHEL 的源码，将原有商标和标签等替换掉，从而得到了一个可靠且免费的服务器发行版。一直到第 8 版的 CentOS 包含的都是同样的经过严密测试的和 RHEL 相同的 Linux 内核和软件包。简言之，CentOS 就是 RHEL 的免费克隆版。

从 2014 年开始，Red Hat 公司赞助并雇佣了 CentOS 的开发者；然后到了 2020 年，CentOS Linux 项目宣布结束，由 CentOS Stream 项目取代，目的是衔接上游的 Fedora 和下游的 RHEL，提供给用户另一个选择。这一做法导致了一些社区开发者的不满，于是诞生了

若干类似于原来的 CentOS 的发行版，其中包括由原 CentOS 开发者 Gregory Kurtzer 创建的 Rocky Linux，来继续 CentOS Linux 原来的征程。

除了 RHEL 和 CentOS，红帽公司同时也提供了一个免费的 Linux 发行版作为开发 RHEL 的测试平台。此发行版最初名为 Red Hat Linux，于 1995 年问世。1997 年，Red Hat 公司开始采用革命性的 RPM 包管理系统；由于解决了安装软件的依赖性问题，再结合其他高级特性，使得 Red Hat Linux 获得了飞速发展，一举超越了当时如日中天的 Slackware Linux，成为了全球使用最广的 Linux 发行版。2003 年，在 Red Hat Linux 第 9 版发布后，红帽公司将 Red Hat 商标专用于其商业产品，但是相应的引入了一个由该公司赞助的面向社区的发行版 Fedora 来专门针对“Linux 爱好者”进行定制，并逐渐获得了用户的喜爱与信赖。尽管 Fedora 大体上仍然由红帽公司控制，它仍然是至今最具创新性的发行版之一，它对于 Linux 内核，glibc 和 GCC 等的贡献有目共睹。

openSUSE, SLES

openSUSE 于 1992 年诞生于德国，由 SuSE 公司发行。于 1996 年 5 月发行了 4.2 版本后的几年里，开发人员采用了 RPM 软件包管理格式，并推出了易于使用的图形系统管理工具 YaST。在欧洲和北美地区，SuSE Linux 的发布频繁，出色的文档和易用性使得发行日益受到欢迎。自 2005 年 10 月 openSUSE 项目发布 10.0 版本后，这个发行版就完全免费了。

今天的 openSUSE 主要有 2 个版本：名为 Leap 的版本提供了一个稳定的平台和数年的技术支持；名为 Tumbleweed 的版本提供了一个滚动发布环境，可以及时获得各类更新，无缝升级。

SuSE Linux 公司命运多舛，曾被数次收购。但是大体而言，openSUSE 和 SLES（全称为 SUSE Linux Enterprise Server）的关系和红帽公司的 Fedora 和 RHEL 的关系非常类似，社区发行版 openSUSE 是商业发行版 SLES 的基础和测试平台，而商业产品 SLES 更关注于稳定性，需要经受更严格的测试，只有成熟可靠的组件才会被包含其中。SLES 通常大约每 3~4 年发布一个大版本，每 18 个月发布一个小版本。

Gentoo, Funtoo, LFS

如果说，浏览器 Chrome 最显著的特征是“快”，Firefox 最大的特点是通过插件来定制，那么 Gentoo Linux 的特点就是二者兼备。与常见的基于二进制的软件包管理器 rpm/apt 等不同，Gentoo 的软件包管理器 Portage 是从软件的源代码来入手解决依赖/编译和安装的问题，通过针对特定硬件于编译过程中进行优化的途径来榨取尽可能高的性能，达到“快”的效

果。此外，虽说现在的“元宇宙”概念几乎无人不知，但是早在 2000 年，其创始人 Daniel Robbins 就提出了“元发行版”这一设想：一个“元系统”只包含尽可能少的预编译好的二进制软件包；而一个典型的 Gentoo 系统在此基础上再编译添加任意用户想要的软件。通过编译时提供不同的设置参数，使得 Gentoo 高度可定制，其灵活性允许用户从众多的软件配置，内核，初始化系统以及桌面环境中进行选择。同时，基于此“元发行版”也衍生出了若干子发行版，如 Calculate Linux，Container Linux 和 Redcore Linux。它也是 Google 的 Chrome OS 平台的基石。此外，它也是基于 Linux 的网页服务器的很常用的平台之一。Gentoo 支持很多种硬件结构，包括 32 位和 64 位的 X86，ARM，Alpha，IA64，MIPS，PPC，s390 和 Sparc 平台。

创始人 Daniel Robbins 于 2005 年加入了微软，期望能“帮助微软理解开源和基于社区的项目”，然而一年不到就离职了。猜测是由于这段经历削弱了对 Gentoo 项目的影响力，其对 Gentoo 的一些改进建议也被拒绝，愤怒与失望之下另起炉灶，于 2008 年创建了 Funtoo 项目，致力于改进 Gentoo 的核心技术。然而，伴随着 Gentoo 自身影响力的逐步下滑，Funtoo 也回天乏力，再也无法重现当年之辉煌。

至于定制性的极致，那么自然首推 LFS(Linux From Scratch)。安装一次 LFS，能让你“重走”一遍当年 Linus 从 Minix 迁移到 Linux 的“长征之路”，洞悉很多 Linux 系统的内幕。然而，定制性越强，其导致的一个后果就是对用户要求越高，从源码编译也是一件耗时费力的事情。笔者本人多年前尝试过 LFS，但是受限于 256M 的内存和赛扬 CPU 的性能限制，折腾了一两周，才完成前半阶段，导致没耐心而放弃了。

Arch Linux

年轻的加拿大计算机专业毕业生 Judd Vinet 于 2002 年发起了 Arch Linux 项目，以 KISS(keep it simple, stupid)原则作为其指导方针。在初始几年中，它只流传于中高级用户之间，直到它开始宣扬其“滚动发行”的特性后，才吸引了广大 Linux 用户的注意力。凭借其强大的软件包管理器 Pacman 和总是保持最新状态的软件仓库，Arch Linux 只需要安装一次，后续就可以通过不断的升级来保证系统安装的软件包一直保持在最新状态，避免了常见的 Linux 发行版每隔几年就可能需要通过重新安装的方式来升级系统和软件的烦恼。

除了深受喜爱的“滚动发行”的更新机制，Arch Linux 自带的 Pacman 软件管理器可以从源码快速创建和安装软件包。依赖于社区维护的 AUR(Arch User Repository)机制，Arch 拥有的可安装软件包的数量在各 Linux 发行版中名列前茅。结合其高口碑的在线 wiki 系统和出色的

Arch Linux 手册，使得即便是经验不够丰富的 Linux 用户也可以安装和定制 Arch 成自己想要的样子。

当然，滚动发行机制自身也存在若干问题，如一旦某个软件或者代码库的依赖不能满足，或者某个仓库内的软件最新版本包含了某个未知的严重问题... 因此，时不时会爆出系统在 Pacman 升级后无法启动的悲伤故事。因此，Arch 用户需要保持谨慎并且具备解决问题和修复错误的能力。

总体而言，Arch Linux 是一个很优秀的发行版，获得了大量用户的喜爱；它也派生出了一小批 Linux 发行版，著名的有 Manjaro Linux 和 EndeavourOS Linux 等。

国产 Linux 发行版：Deepin Linux

国产的 Linux 发行版不多。自从笔者于 20 余年前开始了解 Linux 以来，有所了解或者接触过的主要有中科红旗(Red Flag)，中标普华 Linux，由高校发行维护的 Magic Linux，以及笔者当年借之入门 Debian 的 Hiweed Linux，可惜它们都已经消逝于时光长河中。现在，国内最有影响力的 Linux 当属深度 Linux，也可能是目前硕果仅存的唯一国产 Linux 发行版。

历史要回溯到 20 来年前。21 世纪初，国内 Windows 系统盗版横行，最有名的当属番茄花园，紧随其后的还有雨林木风和深度等等。然后，“夜来风雨声，花落知多少”，政府开始了打击盗版的行动，短短时间内，番茄花园被制裁，销声匿迹，以作者银铛入狱而黯然落幕。雨林木风和深度也受到波及。数年后，雨林木风和深度的开发人员重出江湖，但是不再从事 Windows 系统盗版的旧行当，而是转向了 Linux，致力于将 Linux 国产化，使得能和 Windows 系统一样的好用，意图重现当年的辉煌。非常可惜的是这条路并不好走，雨林木风半途倒下了，其推出的 ylmf OS 昙花一现；但是深度却咬牙熬了过来，其推出的深度操作系统 Deepin Linux 真正做出了自己的特色，获得了业内人士的赞誉与尊敬。

Deepin 的前身即 Hiweed Linux，可谓站立在巨人肩膀之上。现在的 Deepin 的本地化做的很好，集成了大量国人熟知的软件，如 WPS，网易云音乐，搜狗输入法，QQ 和微信，腾讯视频和爱奇艺以及优酷等客户端，迅雷，百度网盘等等都有很好的支持。此外还支持很多安卓软件在系统中的运行，如抖音和微博等等，因此应用软件比较丰富。此外，深度科技有限公司也开发开源了不少优秀的软件如深度桌面，深度音乐和深度终端等等，因此，说 Deepin 是最适合国人使用的一款 Linux 发行版也并不为过。

类似的，与 Deepin 一脉相承相辅相成的也有一个商业 Linux 操作系统，名为统信 UOS 系统。

总结

以上的众多发行版中，Deepin，Ubuntu 和 Mint Linux 对新手相对更友好；Debian，Arch 或者 FreeBSD 比较适合中级用户，喜欢折腾的读者也许会觉得 Gentoo 和 OpenBSD 更合自己的胃口；而如果是选择服务器操作系统，那么稳定的商业发行版 RHEL 和 SLES 自不用说，免费的 Debian 也是一个不错的选择。

1.1.3 Linux 与 Windows 的对比

Linux 和 Windows 是截然不同的两种操作系统，但是二者之间又存在着爱恨交错的纠葛。若干年前，年少轻狂的王垠写了一篇《完全用 Linux 工作》的檄文讨伐 Windows，列举了若干 Linux 和 Windows 相比的优势，燃起了无数青年学习 Linux 的热情。后来，王垠反思并纠正了自己当年那篇文章中的一些偏激之处，多了一些公正，却已无法产生同样的反响。

总体而言，在 Linux 发展的早期，微软对其态度是敌对的，期望能扼杀于萌芽之中，也因此给自己赢得了“邪恶”的“美名”。但是后来，微软改变了策略。从最开始的 Azure 云平台支持 Linux，到后来的 WSL（Windows Subsystem for Linux），微软转而拥抱开源，支持 Linux 和 Windows 并存，转而导致不少人怀疑微软想要“吞并”Linux。当然，今天的 Linux 早已经发展成了一个庞然大物，无处不在，它的命运也并不会被轻易篡改。

基于其理念的差异，Linux 注重功能，而 Windows 更关注易用性。Linux 是工程师开发的产品，其初衷也是为了满足工程师等技术人员的需求，所以它提供了包括开发软件/管理系统等各种工具来简化技术人员的工作。而 Windows 是公司开发给普通用户的产品，偏重了办公/娱乐等。它隐藏了具体的实现细节，给用户呈现了一个简洁的操作界面来满足用户的需求。所以技术人员在 Windows 进行软件开发或者试图了解系统的底层实现细节时总是困难重重，充满挫折；但 Linux 桌面始终无法进入大众的视野，多少年来始终在 1% 的桌面占比率上徘徊。

因此，在考虑选择何种操作系统作为我们的物联网系统开发的平台时，我们选择了 Linux，因为它能让我们更轻易接触到底层实现细节，能更容易的进行探索和修改；让我们在知其然的同时，也能更好的知其所以然。

1.2 Debian 与树莓派

1.2.1 Debian 的特点与宗旨

单独将 Debian 放在这里自成一小节的原因，不仅仅因为 Debian 是 Linux 众多发行版中首屈一指的优秀成员，值得大力推荐介绍一下，还因为我们接下来要介绍的树莓派所采用的最广泛的操作系统 Raspbian 也是基于 Debian 的，因此我们后面对 Linux 使用的介绍都是基于 Debian 和 Raspbian 的（当然，绝大部分内容也适用于其他 Linux 发行版）。

Debian GNU/Linux 是最早的 Linux 发行版之一，于 1993 年首次公布。它的创始人 Ian Murdock 的初始想法是创建一个由数百名志愿者利用空闲时间开发的完全非商业项目。当时怀疑论者远超乐观主义者，似乎注定要失败夭折，但事实却恰恰相反，Debian 不仅幸存了下来，而且还在不到十年的时间里成为了最大的 Linux 发行版，并且极可能也是有史以来最大的协作软件项目！

Debian 的成功可以用以下数字来说明：它由 1 千多名志愿者开发，它的软件库包含近 6 万个二进制包（支持 8 种处理器架构），有超过 120 个基于 Debian 的发行版和 live CD，有超过 120 个基于 Debian 的发行版和 live CD，其中著名的包括 Ubuntu 以及用于树莓派的 Raspbian。在网站 distrowatch.com 上列出的最受欢迎的 Linux 发行版中，其前 10 以及前 20 名里面，Debian 系都占了一半。简言之，Debian 系占到了所有 Linux 发行版中的半壁江山。这些数字是任何其他基于 Linux 的操作系统所无法比拟的。

Debian 主要有 3 个主要分支（如果包括增加稳定性的“实验”分支则为 4 个）：

“unstable”（也称为“sid”）， “testing” 和 “stable”。软件包和功能的逐步整合和稳定，以及项目完善的质量控制机制，使得 Debian 被认为是所有 Linux 发行版中测试覆盖最全面和 bug 最少最稳定的版本。然而，这种冗长复杂的开发风格也有一些缺点：Debian 的稳定版本并不是特别新，特别是因为新的稳定版本每 2 至 3 年才会发布一次。那些喜欢或者需要最新软件包和技术的用户被迫使用相对 bug 较多的 Debian testing(测试)或 unstable(不稳定)分支。此外，Debian 高度民主的结构导致了有争议的决定，并引发了开发者之间的分歧。这导致了项目的停滞不前，没有能将项目快速推进。

在 Debian 的身后，没有商业公司的支持，却拥有着最多的开发者和用户以及衍生版本。它是最稳定的发行版之一，也高度可定制。Debian 也是最早开始提供 livecd 的 Linux 发行版之一，这使得 Linux 新手几乎不存在进入门槛。Debian 是支持体系架构种类最多的发行版之一，官方正式支持的处理器体系架构多达 9 种，还有更多非正式支持的分支，其中甚至还包含了非 Linux 内核的分支如 FreeBSD 和 NetBSD 以及 GNU 的 Hurd 内核，摇身一变而成了 Debian FreeBSD，Debian NetBSD 和 Debian GNU/Hurd。

Debian 名字的由来也为人津津乐道，它是由其创始人 Ian Murdock 和其当时的女友兼后来的妻子 Debra Lynn 二人的名字拼接而来，并且遵循女士优先的原则。类似的，中国也有一个类似的版本，那就是“京东”。

Debian 的各发行版的代号都是取自于皮克斯动画电影《玩具总动员》里的角色名。考虑到 Debian 几年才发布一个大版本，而《玩具总动员》已经出了 4 部，所以不必担心代号不够用，不至于像 Ubuntu 那样，26 个字母用完了一遍，只得从头再来。

笔者本人自 2004 年基于 Hiweed Linux(当时的版本是基于 Debian，后来演化成为了 Deepin Linux)入门 Debian 后，一直是 Debian 的忠实用户，而且基本上使用的是 Sid(即 unstable)版本，10 多年以来，在使用和升级过程中几乎没有遇到多少问题，偶尔的小麻烦也能比较容易解决，所以虽然对 Arch 和 FreeBSD 等发行版时不时心动乃至尝试过，但最信赖和喜欢的始终是 Debian。本人曾经在 2007 年前后在上海参加过一次 Ian Murdock 组织的活动，有幸见过心中的大神一面。当时他加入了 Sun 公司，所以我收获了几张 Solaris 的光盘，让我感觉怪怪的，总觉得拿到手里的应该是 Debian 的光盘才正常。后来得知了 Ian 因某种原因于 2015 年底自杀辞世的消息，不胜唏嘘。

1.2.2 树莓派 Raspberry Pi 简介

树莓派的简短历史与硬件版本

树莓派是什么？简言之，树莓派就是一系列小型的、信用卡大小的单板计算机，由英国的树莓派基金会联合博通(Broadcom)公司开发。

树莓派项目最开始的计划是想要提供一种廉价的 PC 来用于基础计算机科学的教学。2006 年，Eben Upton 联合了一批教师、科研人员和计算机专家，想要设计出一款计算机用于激发学生学习计算机科学的热情。他们吸取了 Acorn 计算机公司的 BBC Micro 的灵感，想要制作一个 BBC Micro 的现代版本。BBC Micro 是在 1981 年上市的微计算机，它启发了一代英国儿童投身到计算机科学事业当中。因此树莓派早期的型号 A、B 以及型号 B+ 的命名也参考了 BBC Micro 的原始模型。

2008 年，他们发布了第一个原型；2012 年 2 月 29 日，正式发布了树莓派型号 B。虽然第一个公开发行版看起来和 BBC Micro 并不相像，但是概念是相同的，那就是：制造和销售价格便宜、易于使用的单板计算机，使之成为让学生对计算机编程充满热情的工具。

一年内，基金会卖出了 100 多万台设备。基金会成员对这种爆炸式的热情感到十分震惊。他们意识到，现在的成功比最初设想的大得多。很明显，他们并不是唯一希望拥有廉价可编程设备的一类人，世界各地的爱好者都想要这个小巧廉价的微型计算机。树莓派从发烧友、教育工作者和科技媒体那里都获得了积极的反馈，这也导致了初期需求的大幅升高。在设备问世的第一个月里，他们难以应付供应问题，但直到同年 7 月销售限制才正式出台。最终，他们把生产转移到了索尼的工厂当中。

2013 年 2 月，型号 A 正式到来；2014 年，型号 A+ 和 B+ 也相继发布，并进一步压低了售价。同时，树莓派基金会还为嵌入式系统和工业领域发布了 Compute Module 板卡。树莓派 2 代型号 B 发布于 2015 年 2 月，它在大幅升级硬件的同时维持了 35 美元的初始价格。2016 年发布的树莓派 3 代再一次提升了硬件性能，首次配备了 64 位处理器和板载无线网络功能，但售价依然是 35 美元。2019 年发布了树莓派 4 代型号 B；2021 年发布了基于 4 代的树莓派 400 个人计算机套件，将一个 4 代树莓派封装于键盘之中，只要外接上鼠标和显示器，就是一套功能完备的个人计算机！

此外，2015 年，树莓派基金会发布了更加精简、售价仅 5 美元的树莓派 Zero，并且于 2017 年 2 月发布了包含 Wi-Fi 和蓝牙功能的树莓派 Zero W，售价仅为 10 美元。2021 年 1 月，树莓派基金会发布了超级廉价(仅售 4 美元)的基于单颗微处理器 RP2040 的树莓派 Pico，支持 MicroPython、CircuitPython、C 以及 Rust 进行编程开发。

当然，树莓派获得了如此巨大的成功，自然也就免不了竞争对手的出现。虽然目前为止，尚未有能够和其匹敌的相似产品浮出水面，但是不妨碍若干竞争厂商去分一杯羹。目前，国内也出现了几款风格和功能类似的产品，包括香蕉派(Banana Pi)和香橙派(Orange Pi)等。猜测功能与使用和树莓派非常类似；但是由于笔者本人并没有真正测试使用过，在此不再赘述，有兴趣的读者可以从网上搜索相关信息自行研究。

树莓派操作系统 *Raspbian*

Raspbian (名字由指代 “Raspberry Pi” 的 Rasp 与指代 “Debian” 的 bian 拼接而成，言简意赅)是一款基于 Debian GNU/Linux 并且专门针对树莓派硬件(armhf 处理器体系架构)进行优化的自由操作系统。它包含超过 35000 个软件包供用户选择，并提供了预包含的软件套件组合供用户轻松安装应用到树莓派硬件上。尽管最初的版本于 2012 年 6 月就已经就绪可以正常工作了，目前此系统仍然在不断的维护改进之中，力争能支持更多的 Debian 软件包，改进其稳定性和性能。

严格说来，Raspbian 现在已经不复存在，因为它改名了，现在就叫 Raspberry Pi OS。这名字改的，怎么说呢，就叫化神奇为腐朽，就像庐州改名合肥，兰陵改名为枣庄，汝南改名驻马店一样，虽然浅显易懂接地气了，但也再没有了原有的神韵。考虑到 Raspbian 这个名字必将存在很长一段时间，所以本书后续仍然沿用 Raspbian 来指代树莓派的官方操作系统。