

---

---

## 针对微处理器的 Linux®基础和解决方案

---

---

### 范围

---

本应用笔记提供了使用 Linux 操作系统快速上手 Microchip 微处理器所需的所有信息，其中介绍了 [www.linux4sam.org](http://www.linux4sam.org) 以及与开源项目有关的基本信息和一般原则。此外，本文档还提供了关键资源的网络链接，旨在帮助嵌入式 Linux 解决方案的开发人员运行、构建和使用这一功能丰富的生态系统。

---

## 目录

---

范围.....	1
1. 术语表.....	3
2. Microchip Linux4SAM.....	4
2.1. 概述.....	4
2.2. Linux4SAM 简介.....	4
2.3. 支持的 SoC 和开发板.....	5
2.4. 基于 Linux 的解决方案的组件.....	5
2.5. Linux4SAM 源代码.....	5
2.6. Linux4SAM 社区链接.....	7
3. Microchip Linux4SAM 开源策略.....	8
3.1. 主线优势.....	8
3.2. 以主线优先为目标.....	8
4. Linux Mainline 和 Linux4SAM.....	10
5. 结论.....	12
6. 版本历史.....	13
6.1. 版本 A——2018 年 08 月.....	13
Microchip 网站.....	14
变更通知客户服务.....	14
客户支持.....	14
Microchip 器件代码保护功能.....	14
法律声明.....	14
商标.....	15
质量管理体系.....	15
全球销售及服务网点.....	16

## 1. 术语表

术语	定义
<b>自举程序</b>	<p>启动操作系统（Operating System, OS）所需的软件组件。它用于配置下一级自举程序或操作系统内核启动所需的最基本结构。</p> <p>在 Linux 上下文中，自举程序用于配置外部存储器、设置一些时钟并提供引导 Linux 内核所需的信息。例如，对于 Microchip MPU 系统，自举程序为 Linux 内核提供设备树位置。</p> <p>AT91Bootstrap 和 U-Boot 是 Microchip SoC 上基于 Linux 的系统中使用的自举程序。</p>
<b>（Linux）发行版</b>	围绕 Linux 内核的软件组件集合，这些组件汇集在一起形成具有一组应用程序的一致操作系统。
<b>GIT</b>	软件项目使用的源代码管理系统，用于存储、组织和跟踪源代码的演变。
<b>内核</b>	操作系统的中心软件部分。可以通过内核对硬件进行一致且经过简化的访问。它通过提供服务并组织服务之间的协作将所有其他软件组件关联在一起。由于内核靠近硬件，因此通常具有对硬件的扩展访问权限。
<b>主线</b>	<p>软件组件的主要来源，也是最初开发项目的位置。软件组件的所有衍生物都基于此惟一原型。</p> <p>在 Linux 内核上下文中，主线是创建者和主要贡献者 Linus Torvalds 定期汇集所有组件的位置，可在常用网站 <a href="http://www.kernel.org">www.kernel.org</a> 上访问。</p> <p>大多数开源项目都采用相同的概念，例如 U-Boot 或 Buildroot。</p>
<b>维护者</b>	<p>负责软件项目的源代码或该项目的某个已确认部分的人员。</p> <p>在开源项目中，维护者确定能否将增强应用于软件、为贡献者提供建议以及通过指明方向来组织开发。</p>
<b>MPU</b>	微处理器（代表微处理器单元）
<b>补丁</b>	<p>在一个项目的软件开发环境中，归集在一起、涵盖单一主题的一组修改。这种增强功能包含对一个或多个文件的源代码的更改，可以使用摘要和介绍文本进行描述，以便更好地理解。</p> <p>补丁通常以具有特殊格式的文本文件形式呈现，可以通过电子邮件等数字沟通渠道完成读取、添加注释和轻松交换等操作。</p>
<b>根文件系统（rootfs）</b>	存储在文件系统中的文件和目录，构成基于 Linux 的操作系统的基础。这些组件是构成操作系统用户空间的应用程序、配置文件和库的集合。
<b>SoC</b>	片上系统：处理器内核和通过总线连接的相关外设以及存储器，在单个芯片上构成完整的电子系统。Microchip MPU 是 SoC。
<b>上游</b>	当软件组件被复制以及由原始组件产生时（形成层级结构），所有衍生物的原始来源均被称为“上游”。请参见 <b>主线</b> 。
<b>用户空间</b>	操作系统和应用程序的一部分，具有对硬件的限制访问权限。通过内核与硬件通信（见 <b>内核</b> ）。

## 2. Microchip Linux4SAM

### 2.1 概述

自 2002 年我们的第一款 MPU AT91RM9200 问世以来，Linux 和 Microchip 的微处理器便一直携手并进，同步发展。随后，AT91RM9200 驱动程序成为我们 Linux 战略的核心，并于 2004 年成功实现。AT91RM9200 外设驱动程序仍然是所有 Microchip MPU 的基础，简化了在 MPU 之间进行软件移植的工作。

我们不遗余力地投入于 Linux 开源社区的发展，现已全面覆盖 Linux 内核中的 SoC 外设以及 AT91Bootstrap 和 U-Boot 等自举程序。交叉构建环境（如 Buildroot、OpenWrt 和 Yocto 项目的发行版）可以生成 Linux 用户空间应用程序和自定义根文件系统。

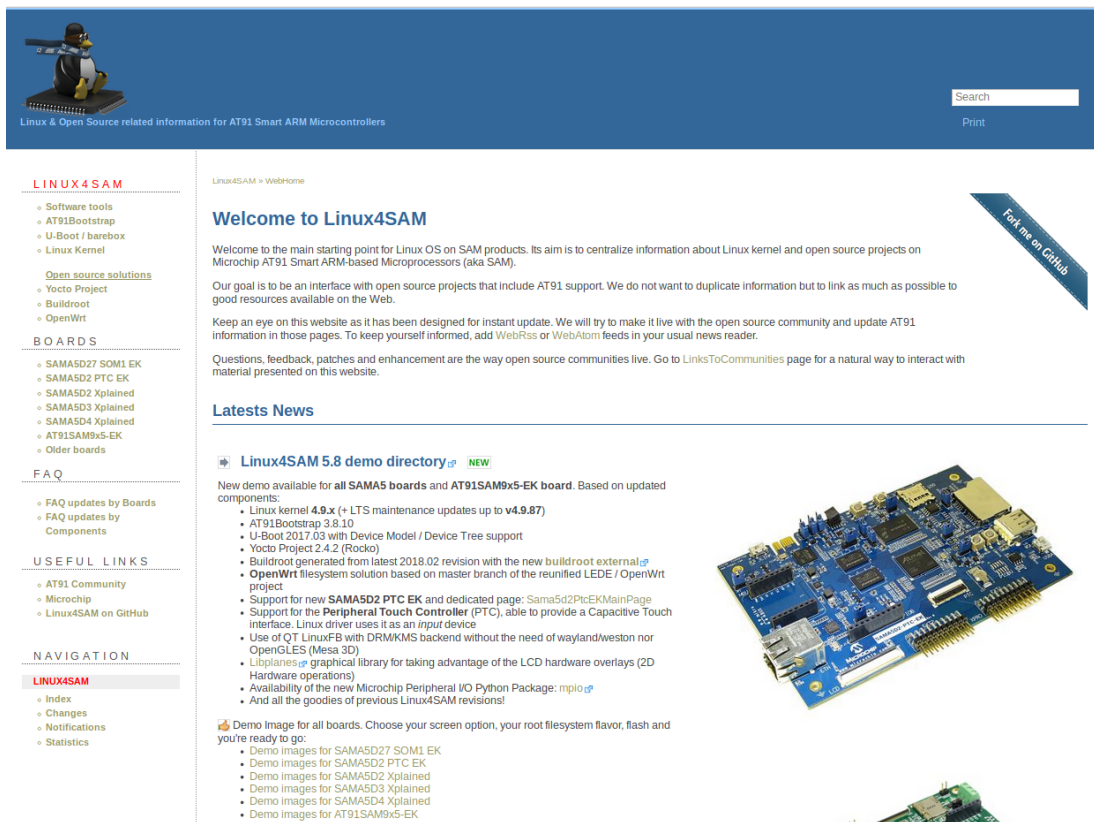
Microchip 提供了 Linux4SAM 网站（[www.linux4sam.org](http://www.linux4sam.org)）供用户访问新开发内容，这些内容由我们的 Linux 主线负责人审核并在等待主线化时在我们的硬件平台上经过全面测试。长期支持（Long-Term Support, LTS）Linux 内核更新定期与我们的内核分支合并，以提供 2 到 6 年的维护期。

Linux 初学者可以学习如何通过 Linux4SAM 网站上精心编制的二进制演示和分步说明来构建发行版。经验丰富的 Linux 用户可以访问 Linux4SAM 网站，获取在结构合理的 GIT 树中公开的源代码以及配套开源项目质量标准，包括详细的增强信息、更改日志以及提供源代码的能力。

### 2.2 Linux4SAM 简介

[www.linux4sam.org](http://www.linux4sam.org) 是一个参考网站，提供与 Linux 和 Microchip 微处理器开源项目相关的信息。此网站提供完整的解决方案来帮助用户精心设计基于 Linux 的系统，从预构建的参考发行版到从源代码构建系统的相关说明，内容详实丰富。

图 2-1. Linux4SAM 网站登录页面



## 2.3 支持的 SoC 和开发板

下面列出了 Linux4SAM 产品支持的开发板。这些链接可直接跳转到 [www.linux4sam.org](http://www.linux4sam.org) 网站上提供的预构建 Linux 发行版映像。网站也提供了编程和使用以下开发板所需的所有说明：

[SAMA5D27 SOM1 EK](#)

[SAMA5D2 PTC EK](#)

[SAMA5D2 Xplained](#)

[SAMA5D3 Xplained](#)

[SAMA5D4 Xplained](#)

[AT91SAM9x5-EK](#)

## 2.4 基于 Linux 的解决方案的组件

基于 Linux 的操作系统由自举程序、Linux 内核和根文件系统组成。要启动操作系统，先按顺序执行自举程序，然后由自举程序将操作移交给内核。此后，内核与根文件系统组件同时运行以执行操作系统服务。

### 2.4.1 自举程序：AT91Bootstrap 和 U-boot

[AT91Bootstrap](#) 是 Microchip 微处理器的二级自举程序。它提供了一组用于管理硬件初始化（如时钟速度配置、PIO 设置和 DRAM 初始化）的算法。

[U-Boot（通用自举程序）](#) 是三级自举程序，用于配置 USB 和以太网等主要接口，以及启动 Linux 操作系统。U-Boot 简化了最初的电路板启动和软件开发阶段的工作。

**注：** 一级自举程序是包含在 MPU 中的嵌入式 ROM 代码。MPU 的数据手册中说明了相关的功能和操作。

### 2.4.2 Linux 内核

[内核](#) 是操作系统的核心部分，由 Linus Torvalds 于 1991 年设计开发。此后，其经过软件爱好者、公司、大学以及计算机科学专业人士的共同开发。由此引申开来，该术语可以泛指整个操作系统而不仅仅是其内核。

Linux4SAM [Linux 内核](#) 页面提供了适用于 Microchip 微处理器的 Linux 内核的相关信息。

### 2.4.3 Yocto 项目

[Yocto 项目](#) 是一个开源协作项目，提供各种模板、工具、方法和文档，旨在为创建基于 Linux 系统的嵌入式产品提供帮助。免费工具（仿真环境、调试器和应用程序工具包生成器等）易于使用和上手，功能十分强大，支持项目随时间不断向前推进。

在 Linux4SAM 上，[Yocto 项目](#) 可以帮助我们针对 Microchip 微处理器构建发行版。

### 2.4.4 Buildroot

[Buildroot](#) 是一款简单、高效且易于使用的工具，可通过交叉编译生成嵌入式 Linux 系统。Buildroot 可以替代 Yocto 项目，它也是一个开源项目，有许多开发人员为此做出了贡献。

在 Linux4SAM 中，[Buildroot](#) 页面提供了针对 Microchip 微处理器构建 Buildroot 发行版的相关说明。

### 2.4.5 OpenWrt

[OpenWrt](#) 是面向网络的基于 Linux 的操作系统。OpenWrt 允许用户定制嵌入式发行版，因其占用空间小而闻名。OpenWrt 产品的重要组件包括其先进而全面的工具集以及基于网络的便捷用户界面。

在 Linux4SAM 中，[OpenWrt](#) 页面提供了针对 Microchip 微处理器构建 OpenWrt 发行版的相关说明。

## 2.5 Linux4SAM 源代码

所有软件组件的全部源代码都可以在 [Linux4SAM GitHub](#) 上找到：

<https://www.github.com/linux4sam>

图 2-2. 通过 Linux4SAM GitHub 登录页面访问源代码

The screenshot displays the GitHub profile for 'linux4sam'. At the top, there are navigation links for Features, Business, Explore, Marketplace, and Pricing, along with a search bar and 'Sign in or Sign up' buttons. The main header identifies the repository as 'Linux & Open Source related information for AT91 Smart ARM Microcontrollers' with the URL 'http://www.linux4sam.org'. Below this, statistics show 20 Repositories, 3 People, and 0 Projects. The 'Pinned repositories' section features four cards: 'linux-at91' (Linux kernel for Atmel AT91SAM SoC, 98 stars, 174 forks), 'at91bootstrap' (Second level bootloader for Atmel AT91SAM SoC, 56 stars, 131 forks), 'meta-atmel' (OpenEmbedded/Yocto Project layer for Atmel SoCs, 37 stars, 54 forks), and 'u-boot-at91' (U-boot for Atmel AT91SAM SoC, 28 stars, 71 forks). A search bar and filters for Type and Language are provided. The main content area shows details for 'gst1-hantro-g1' (G1 Video Decoder GStreamer plugin, C, 3 stars, 5 forks, LGPL-2.1 license) and 'at91bootstrap' (Second level bootloader for Atmel AT91SAM SoC, C, bootloader). On the right, 'Top languages' includes C, C++, Python, Makefile, and BitBake. 'Most used topics' are 'embedded-linux' and 'python'. A 'People' section shows 3 contributors.

这些资源库使用标准源代码管理工具 **GIT** 按组件进行组织。**GitHub** 提供了以 **GIT** 树结构呈现的附加层。作为 **GIT** 的命令接口，它可用于全面浏览源代码和更改历史。

可通过上面显示的登录页面直接访问前一章中列出的组件。

此外，**Linux4SAM GitHub** 还提供了预构建软件解决方案使用的参考应用程序和资源库的源代码，例如：

- 用于硬件视频解码器的 **Gstreamer** 插件：[gst1-hantro-g1](#)
- 硬件视频解码器库：[g1\\_decoder](#)
- DRM LCD 图层库：[libplanes](#)
- Microchip 外设 I/O Python®软件包：[mpio](#)
- SAMA5D2 外设触摸控制器固件、配置文件和示例：[ptc\\_examples](#)
- QT5 图形应用程序示例：[application-launcher](#) 和 [home-automation](#)

## 2.6 Linux4SAM 社区链接

本节汇总了我们的生态系统中提到的开源社区的联系信息。主要原始项目（即组件主线）的链接如下：

- AT91Bootstrap  
[Contributing\\_to\\_AT91Bootstrap](#)
  - U-Boot  
<http://www.denx.de/wiki/U-Boot>
  - Linux 内核  
<http://lkml.org> 或 <http://lore.kernel.org>
- Arm<sup>®</sup> 架构专用邮件列表：  
<http://www.arm.linux.org.uk/maillinglists/>  
<http://lists.infradead.org/mailman/listinfo/linux-arm-kernel>
- Yocto 项目  
<https://www.yoctoproject.org/tools-resources/community>
  - Buildroot  
<https://buildroot.org/contribute.html>
  - OpenWrt  
<https://openwrt.org/submitting-patches>

在 [www.at91.com](http://www.at91.com) 上开设的论坛中，用户可对整体产品和二进制演示进行讨论，发表关于 Microchip 组件的想法并做出贡献。

## 3. Microchip Linux4SAM 开源策略

### 3.1 主线优势

所有 Microchip 的 Linux 微处理器开发代码均在 Linux 和开源社区中进行主线化。我们拥有丰富的经验，可完全理解并充分发挥在主线中发布代码的优势。这些优势将在后面的章节中详细讨论。

#### 3.1.1 社区

从本质上讲，开源项目的建立离不开愿意参与软件项目的用户做出的贡献。这些贡献按照预定义的质量和一致性规则进行组合，以经过维护者评估的项目为目标。整个过程公开进行，因此每个人都可以贡献自己的力量、探讨技术参数、反驳作者，甚至验证项目的健康状况。

利用这种软件开发方法，您可以访问由符合资质的软件工程师组成的全球最大社区。这些工程师将提供建议、审核修改内容、运用要求严格的发布流程，最后接受并收录您的代码！这是一种无价的支持，最终可为您的项目奠定坚实的基础。

#### 3.1.2 满足各种需求

微处理器的客户或用户必须满足各种需求。作为嵌入式系统的协调者，运行全功能操作系统的应用处理器通常处于外设、接口和通信链路的交汇处。Linux 生态系统拥有全面的设备驱动程序和用户空间应用程序，可以良好地满足这些需求。

尽管某些驱动程序或协议栈仅在开源项目的最新修订版中可用，但保持这种多样性仍然非常重要。Linux 内核的一些特殊增强功能（例如常见的实时补丁 `PREEMPT_RT` 或长期支持内核）仅在内核的某些修订版中可用。

使用主线内核，各项目需求之间难以达成一致、硬件支持可用性、对特殊 Linux 版本和内核版本的支持等问题将迎刃而解：选择主线，用户可以充分利用上述所有优势。

#### 3.1.3 简单易用

如前文所述，主动选择符合您需求的 Linux 版本可简化开发人员或集成商的工作。此时，主线成为惟一的参考，而 [www.kernel.org](http://www.kernel.org) 则是监视更新的惟一网站。项目软件设计人员面临的限制更少，因为他们不必通过不同的来源收集驱动程序，也不必处理各种网站或源代码分发方法。

一方面是获得源代码，另一方面是能够利用这些源代码构建可用的应用程序。对于嵌入式系统，构建过程通常涉及复杂的跨平台构建基础结构，称为交叉编译。使用内核主线可以简化此流程，因为此时将采用众所周知的标准构建流程，并且会在互联网上进行详细记录。此外，由于所有嵌入式构建系统（如 Yocto Project、Buildroot 或 OpenWrt）均已集成内核主线，因此无需修改经过充分验证的标准流程即可访问新编译的内核。

#### 3.1.4 高枕无忧

严格的 Linux 主线审核和验收流程与全球用户群完美结合，能够创建成熟可靠的代码库。主线上存在设备驱动程序代码印证了外设供应商的投入，可让用户宽心。主线中是否存在相应代码是选择硬件的常用标准。

在发布流程之后贡献给主线的源代码将在整个项目修订期间保留，不会被删除，除非长时间未进行维护或已完全损坏。此源代码的持久性和连续性是保持稳定性的因素，有助于降低不再支持特定硬件的风险。

开源项目独立于任何软件供应商，在大型项目中，其所有权是分散的。因此，这也有助于降低失去对软件项目的跟踪或发现软件项目完全改变其目的或初始策略的风险。

可信性和连续性是决定用户是否选择开源项目以及能否高枕无忧的重要因素。

### 3.2 以主线优先为目标

现在，我们已经介绍完了开源项目的优势，接下来将阐述它对 Microchip 微处理器有何作用。



### 3.2.1 融入其中

多年以来，我们的团队一直根据开源原则调整工作，并参与社区活动。换言之，我们是社区的一分子——使用社区的工具、参与活动 and 决策过程，并担当官方维护者。但是，我们的经验告诉我们，在尝试促成开源项目时，有很多方法可能会失败。

### 3.2.2 人员因素

请牢记，主线是一个移动的目标，其功能由开发人员不断增强。因此，尽管主线以高技术性主题为基础，但它对开源项目的贡献为人员交互留出了极高的自由度。如果用户未能把握这一环节，则会失去参与这项活动的机会。

主线对我们十分重要，因为我们认为开源项目贡献者和上游维护者都能服务于整个项目和整体利益。我们在开发过程的早期提交代码以获得反馈，并在讨论源代码时让整个社区参与，因为我们重视贡献者的评论并相信探讨不同的选项将有助于改善最终成果。与精通某个子系的开发人员探讨有助于从全局考虑问题，而不是仅限于目前处理的特殊用例。这种解决方案更加通用而可靠，因为它适用于更广泛的用户群，经过更多的验证和测试，因此存在缺陷的可能性也越低。

除了项目的主线之外，我们还会在创建的源代码上运用一些例行流程，包括编写新代码、公开提交新代码以供讨论、关注评论以及实施建议的增强功能。

### 3.2.3 快速移动的目标

为了了解开源项目的移动速度，下面给出了编写本文时从最新的 Linux 内核源代码树中收集的统计信息。我们以标准方法对 Linux 4.17 发行版进行统计：

- 根据 `cloc`（一种用于计算不包含注释和空行的有效代码行的代码统计工具）的计算结果，总代码量约为 **1700 万行源代码**，**超过 47,900 个文件**（大多数使用 C 语言编写）。
- Linux 内核 4.17 的发布历时 **2 个月**（从 2018 年 4 月 1 日至 6 月 3 日）。每个新版本在持续 2 至 2.5 个月的开发周期后发布。
- 在这 2 个月中，更改的总行数达到了 **1,560,440 行**，即平均每天有超过 **24,300 行** 发生更改。
- 在这两个月期间，更改的总代码集数或“补丁”数为 **13,541 个**，这表示平均**每小时有 8.8 个代码集** 发生更改！
- 此内核版本的大量工作由全球 **1,714 名开发人员** 在同一项目上共同完成。

统计来源：

- *Linus Torvalds* 内核树的 `git` 日志

- `gdm` (*Git 数据挖掘器*) : `git://git.lwn.net/gitdm.git`

- `cloc` (*计算代码行*) : `https://github.com/AIDanial/cloc`

这些数字清楚地表明，如果在主线以外的旧版本内核上进行开发，则跟不上此类项目的发展速度会造成贡献在短时间内过时。因此，试图在处于主线范围外时赶上 Linux 的开发速度，或者从已经过时的版本开始开发，将是一种浪费时间和精力行为。

我们一直通过正确的方式正确应对这种“移动的目标现象”，即：

1. 选择主线作为每个开发阶段的起点（我们称之为“主线优先”的过程），
2. 早在原型设计阶段就为新的 SOC、新的驱动程序或新特性准备 Linux 端口，以便尽早发布“征求意见稿（RFC）”，
3. 如果开发的代码必须在主线化过程完成之前进行收集、打包和交付，则需要创建一个紧随主线的供应商树。这种适合 Microchip 微处理器的供应商树称为“Linux4SAM”。

这些步骤应当按此顺序执行，以避免将代码无休止地从一个内核版本移植到另一个内核版本，或者在不顺利的深入审核之后彻底返工代码。

## 4. Linux 主线和 Linux4SAM

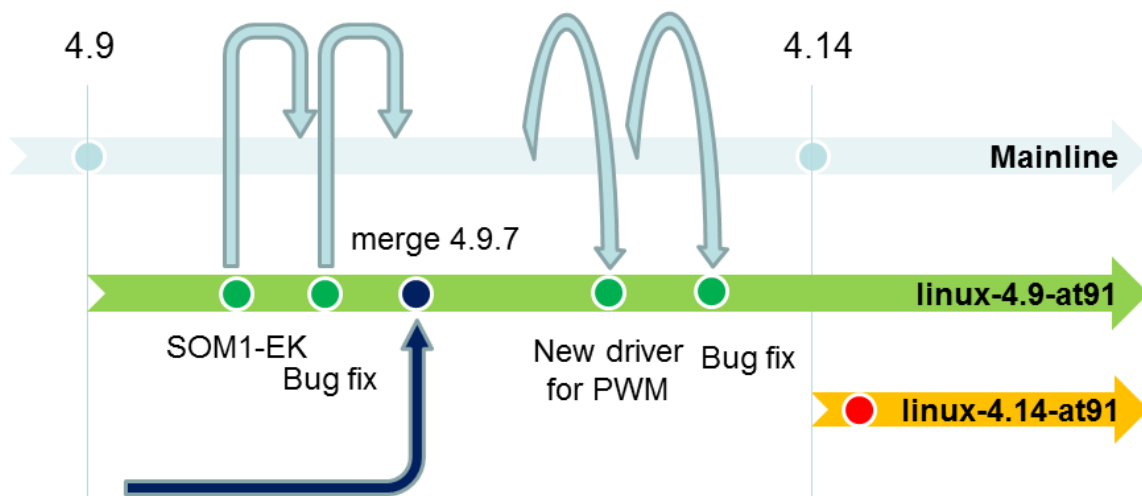
为了克服主线过程面临的困难，Microchip 创建了 Linux4SAM 发行版。借助这些发行版，可以更加轻松地从事开发阶段过渡到可立即生产的交付阶段。

根据最新的稳定发行版选择组件版本，这一点与 Linux 的 Yocto 项目或 LTS 版本一致。此外，还增加了一些尚未加入主线的向后移植开发。其他一些部分是无法合并到主线的增强功能，例如硬件视频解码器或 9 位串行线路通信支持。

对于给定版本的 Linux，我们的 Linux4SAM 版本包含来自官方 Linux 稳定树的最新稳定补丁。

多年来，我们一直在重复这个过程，从一个组件版本发展到下一个版本，紧随所采用开源项目的开发之后。例如，我们提供了从版本 2.6.39 到最新 LTS 4.14 的 Linux4SAM 内核。

图 4-1. Linux 主线与 Linux4SAM 内核分支之间的关系



**The 4.9.x Microchip vendor tree: Linux4SAM 5.4 to 5.8**

**4.14.y based tree: Linux4SAM 6.0 onwards**

每个 Linux4SAM 版本包括：

- 第二级自举程序 AT91Bootstrap 的新版本（格式为 v3.x.y）
- 每个软件组件上的唯一版本或标记（格式为 linux4sam\_x.y）

标记可以在所有 GIT 树和 GitHub 中浏览，并在提供二进制归档的表中注明。此过程提供从源代码到预构建参考发行版的完整可追溯性。

图 4-2. SAMA5D27 SOM1 EK 的演示归档表示例

## Demo archives

MEDIA TYPE	BOARD	SCREEN	BINARY	DESCRIPTION
<b>YOCTO PROJECT / POKY BASED DEMO</b>				
SD Card image	SAMA5D27 SOM1 EK	-	<a href="#">linux4sam-poky-sama5d27_som1_ek-5.8.img.bz2</a> (~ 48 MB) md5: f31108e066f80bf55886fee021e8ca46	Linux4SAM Yocto Project / Poky based demo compiled from tag <b>linux4sam_5.8</b> Follow procedure: #Create_a_SD_card_with_the_demo
		PDA 4.3"	<a href="#">linux4sam-poky-sama5d27_som1_ek_pda4-5.8.img.bz2</a> (~ 139 MB) md5: 5edc9da4f7763e0d4a16b68dafeb0881	
		PDA 7" TM7000	<a href="#">linux4sam-poky-sama5d27_som1_ek_pda7-5.8.img.bz2</a> (~ 139 MB) md5: ac10167653e6e368d015f8309de84cd3	
		PDA 7" TM7000B	<a href="#">linux4sam-poky-sama5d27_som1_ek_pda7b-5.8.img.bz2</a> (~ 139 MB) md5: ccec62299cd99cb6cdc6dba3f5cfd7d8	
<b>BUILDROOT BASED DEMO</b>				
SD Card image	SAMA5D27 SOM1 EK	-	<a href="#">linux4sam-buildroot-sama5d27_som1_ek-5.8.img.bz2</a> (~ 28 MB) md5: 28451375df22638f8c6a2de0b4fc1f07	Linux4SAM BuildRoot based demo compiled from tag <b>linux4sam_5.8</b> Follow procedure: #Create_a_SD_card_with_the_demo
		PDA 7" TM7000	<a href="#">linux4sam-buildroot-sama5d27_som1_ek_pda7-5.8.img.bz2</a> (~ 154 MB) md5: 3efb700c5eda5ed08e47dbca4ab48252	
<b>OPENWRT BASED DEMO</b>				
SD Card image	SAMA5D27 SOM1 EK	-	<a href="#">linux4sam-openwrt-sama5d27_som1_ek-5.8.img.gz</a> (~ 7 MB) md5: 13e059c833eb305217ec22319b826b2a	Linux4SAM OpenWrt based demo compiled from tag <b>linux4sam_5.8</b> Follow procedure: #Create_a_SD_card_with_the_demo

选择 Linux4SAM 版本会带来以下优势：

- 简化评估工作：建议为每块开发板、每个屏幕排列和每种风格的根文件系统（见上图中的表）进行归档
- 提供刷写方法：所有归档都有可将演示刷写到开发板上的 **SAM-BA** 脚本（[见注](#)）。SD 卡映像已准备好进行编程。
- 开箱即用体验：所有组件都经过独立测试，并随后进行集成。对这些交付内容执行集成测试。
- 对于预构建的发行版，我们为用户空间应用程序开发提供预编译的 SDK。

**注：** SAM Boot Assistance (SAM-BA) 软件提供了一套开放式工具来编程 Microchip 基于 Arm 的微处理器。客户可以使用 SAM-BA 作为重新编程 MPU 的工具，无需连接调试器。

---

---

## 5. 结论

[www.linux4sam.org](http://www.linux4sam.org) 是 Microchip 提供的一种资源，旨在收集信息和源代码，并提供预构建的参考发行版以简化评估我们微处理器的工作。此网站可以轻松访问，是用户寻找基于 Linux 的 Microchip 解决方案的主要出发点。Microchip 致力于参与以 Linux 为特色的活跃开源社区，并为主线贡献自己的力量。我们的源代码开发策略确保我们的客户能够始终访问最新资源以便快速上手。

## 6. 版本历史

### 6.1 版本 A——2018 年 08 月

本应用笔记的初始版本。

---

## Microchip 网站

---

Microchip 网站 <http://www.microchip.com/> 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。只要使用常用的互联网浏览器即可访问，网站提供以下信息：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题（FAQ）、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

---

## 变更通知客户服务

---

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请登录 Microchip 网站 <http://www.microchip.com/>。在“支持”（Support）下，点击“变更通知客户”（Customer Change Notification）服务后按照注册说明完成注册。

---

## 客户支持

---

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师（FAE）
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师（FAE）寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过以下网站获得技术支持：<http://www.microchip.com/support>

---

## Microchip 器件代码保护功能

---

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿意与关心代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案（Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

---

## 法律声明

---

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，否则在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

## 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PacTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTrackr、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc.在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、PrecisionEdge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Inc.在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc.在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 为 Microchip Technology Inc.在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc.的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2019, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-4681-1

AMBA、Arm、Arm7、Arm7TDMI、Arm9、Arm11、Artisan、big.LITTLE、Cordio、CoreLink、CoreSight、Cortex、DesignStart、DynamiQ、Jazelle、Keil、Mali、Mbed、Mbed Enabled、NEON、POP、RealView、SecurCore、Socrates、Thumb、TrustZone、ULINK、ULINK2、ULINK-ME、ULINK-PLUS、ULINKpro、µVision 和 Versatile 是 Arm Limited（或其子公司）在美国和/或其他国家/地区的商标或注册商标。

## 质量管理体系

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

## 全球销售及服务中心

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
<b>公司总部</b> 2355 West Chandler Blvd. 钱德勒, 亚利桑那州 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: <a href="http://www.microchip.com/support">http://www.microchip.com/support</a> 网址: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a>	<b>澳大利亚 - 悉尼</b> 电话: 61-2-9868-6733 <b>中国 - 北京</b> 电话: 86-10-8569-7000 <b>中国 - 成都</b> 电话: 86-28-8665-5511 <b>中国 - 重庆</b> 电话: 86-23-8980-9588 <b>中国 - 东莞</b> 电话: 86-769-8702-9880 <b>中国 - 广州</b> 电话: 86-20-8755-8029 <b>中国 - 杭州</b> 电话: 86-571-8792-8115 <b>中国 - 香港特别行政区</b> 电话: 852-2943-5100 <b>中国 - 南京</b> 电话: 86-25-8473-2460 <b>中国 - 青岛</b> 电话: 86-532-8502-7355 <b>中国 - 上海</b> 电话: 86-21-3326-8000 <b>中国 - 沈阳</b> 电话: 86-24-2334-2829 <b>中国 - 深圳</b> 电话: 86-755-8864-2200 <b>中国 - 苏州</b> 电话: 86-186-6233-1526 <b>中国 - 武汉</b> 电话: 86-27-5980-5300 <b>中国 - 西安</b> 电话: 86-29-8833-7252 <b>中国 - 厦门</b> 电话: 86-592-2388138 <b>中国 - 珠海</b> 电话: 86-756-3210040	<b>印度 - 班加罗尔</b> 电话: 91-80-3090-4444 <b>印度 - 新德里</b> 电话: 91-11-4160-8631 <b>印度 - 浦那</b> 电话: 91-20-4121-0141 <b>日本 - 大阪</b> 电话: 81-6-6152-7160 <b>日本 - 东京</b> 电话: 81-3-6880-3770 <b>韩国 - 大邱</b> 电话: 82-53-744-4301 <b>韩国 - 首尔</b> 电话: 82-2-554-7200 <b>马来西亚 - 吉隆坡</b> 电话: 60-3-7651-7906 <b>马来西亚 - 槟榔屿</b> 电话: 60-4-227-8870 <b>菲律宾 - 马尼拉</b> 电话: 63-2-634-9065 <b>新加坡</b> 电话: 65-6334-8870 <b>台湾地区 - 新竹</b> 电话: 886-3-577-8366 <b>台湾地区 - 高雄</b> 电话: 886-7-213-7830 <b>台湾地区 - 台北</b> 电话: 886-2-2508-8600 <b>泰国 - 曼谷</b> 电话: 66-2-694-1351 <b>越南 - 胡志明市</b> 电话: 84-28-5448-2100	<b>奥地利 - 韦尔斯</b> 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 <b>丹麦 - 哥本哈根</b> 电话: 45-4450-2828 传真: 45-4485-2829 <b>芬兰 - 埃斯波</b> 电话: 358-9-4520-820 <b>法国 - 巴黎</b> 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 <b>德国 - 加兴</b> 电话: 49-8931-9700 <b>德国 - 哈恩</b> 电话: 49-2129-3766400 <b>德国 - 海尔布隆</b> 电话: 49-7131-72400 <b>德国 - 卡尔斯鲁厄</b> 电话: 49-721-625370 <b>德国 - 慕尼黑</b> 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 <b>德国 - 罗森海姆</b> 电话: 49-8031-354-560 <b>以色列 - 若那那市</b> 电话: 972-9-744-7705 <b>意大利 - 米兰</b> 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 <b>意大利 - 帕多瓦</b> 电话: 39-049-7625286 <b>荷兰 - 德卢内市</b> 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 <b>挪威 - 特隆赫姆</b> 电话: 47-72884388 <b>波兰 - 华沙</b> 电话: 48-22-3325737 <b>罗马尼亚 - 布加勒斯特</b> 电话: 40-21-407-87-50 <b>西班牙 - 马德里</b> 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 <b>瑞典 - 哥德堡</b> 电话: 46-31-704-60-40 <b>瑞典 - 斯德哥尔摩</b> 电话: 46-8-5090-4654 <b>英国 - 沃金厄姆</b> 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
<b>亚特兰大</b> 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 <b>奥斯汀, 德克萨斯州</b> 电话: 512-257-3370 <b>波士顿</b> 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 <b>芝加哥</b> 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 <b>达拉斯</b> 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 <b>底特律</b> 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 <b>休斯顿, 德克萨斯州</b> 电话: 281-894-5983 <b>印第安纳波利斯</b> 诺布尔斯维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 <b>洛杉矶</b> 米镇维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 <b>罗利, 北卡罗来纳州</b> 电话: 919-844-7510 <b>纽约, 纽约州</b> 电话: 631-435-6000 <b>圣何塞, 加利福尼亚州</b> 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 <b>加拿大 - 多伦多</b> 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			