



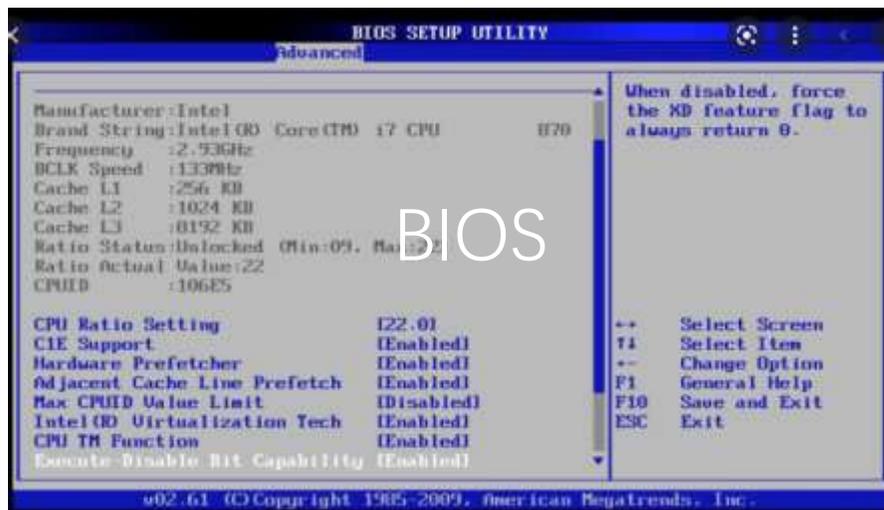
嵌入式Bootloader简述

讲师：世玉轩
监制：韦东山

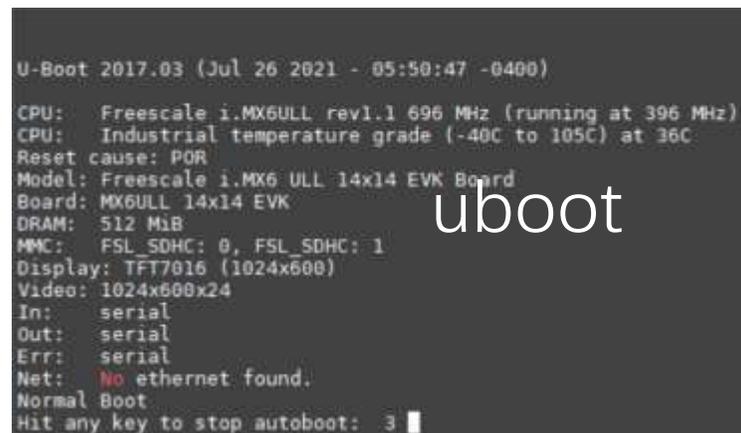
<https://www.100ask.net/>

什么是Boot-loader?

Boot-loader中文名称是 引导加载程序或者称为引导管理器/启动管理器，是一种计算机程序，负责引导计算机系统启动。



BIOS



uboot



GRUB

x86_PC VS EmbeddedSystem

- x86 PC 中的Boot Loader 由两部分组成
 - BIOS (基本输入/输出系统)
 - OS Loader (位于硬盘的MBR)
 - 常用bootloader: LILO 和 GRUB。
- 嵌入式架构上的Boot Loader特性:
 - 嵌入式板卡启动过程通常取决于主控芯片。
 - 主控芯片内部有固化的启动程序, 称之为ROM程序
 - 主控芯片外接多类存储芯片, 比如 NAND Flash、 NOR Flash。
 - 使用NAND Flash启动时, 它上面的代码无法直接运行, 必定是ROM程序把程序从NAND Flash读到内存、并运行
 - 使用NOR Flash启动时, 它上面的代码可以直接运行, ROM不需要运行。
 - SOC供应商通常提供所有详细信息的文档。

Bootloader 都有那些?

Name	Developer / Publisher	Current version	Initial release date	Latest release date	License	Cost	Website / documentation
Acronis OS Selector	Acronis International GmbH	?	?	?	Proprietary	\$49.05 (personal use) \$79.99 (commercial, per seat) \$299.99 (server)	Official website
AIR-BOOT	Martin Kewitz Ben Rietbroek	?	?	?	GPL-3.0-or-later	No cost	Official website
AKernelLoader	?	?	?	?	GPL-2.0-or-later	No cost	Official website
Barebox	Sascha Hauer the barebox community	?	?	?	GPL-3.0-only	No cost	Official website
BOOTBOOT	but	?	2017	Aug. 2021	MIT	No cost	Source repository Official website
Booth Bare Metal (formerly Booth Next Generation)	TeraByte Unlimited	?	?	?	Proprietary	\$39.95	Official website
BootKey	?	?	?	?	Proprietary	?	?
BootManager	?	?	?	?	MIT	No cost	?
BootX (Apple)	Apple Inc.	?	?	?	Proprietary	bundled with macOS	?
BootX (Linux)	Benjamin Henrichschmidt	?	?	?	Proprietary	No cost	?
Clover (fork of rEFIt)	?	?	?	?	GPLv2/BSD-3-Clause	No cost	Source repository
Darwin Boot Loader	Apple Inc.	?	?	?	APSL-2.0	No cost	Official Website (Archived)
Das U-Boot	DENX Software Engineering	2021.4		5 April 2021	GPL-2.0-or-later	No cost	Official website
FreeBSD loader					BSD license		
GAG	Raster Software	4.10	?	10 August 2008	GPL-2.0-or-later	No cost	Official website
GRUB Legacy	GNU Project				GPL-2.0-or-later	No cost	
GNU GRUB	GNU Project	2.05 ¹		8 June 2021	GPL-3.0-or-later	No cost	Official website
Grub2Win					GPLv2		
GRUB4DOS					GPL-2.0-only ¹		Official website
Gujin					GPL-2.0-only		Official website
systemd-boot / Gummiboot					LGPL-2.1-or-later		
iBoot	Apple Inc.				Proprietary		
LILO					BSD-3-Clause		
loadlin					GPL-2.0-or-later		
MasterBooster					GPL-2.0-only	No cost	Source repository
NTLDR	Microsoft		27 July 1993 (Windows NT 3.1)		Proprietary	bundled with Windows	
OpenCore	Acidanthera		4 May 2019		BSD-3-Clause	No cost	Source repository
OSL2000 Boot Manager					Proprietary		
PLoP Boot Manager					Proprietary	No cost	Official website
RedBoot					GPL-2.0-or-later (eCos license)		
rEFInd (fork of rEFIt)					GPL-3.0-or-later/BSD-3-Clause		
rEFIt					GPL-2.0-or-later/BSD-3-Clause		
Smart Boot Manager					GPL-2.0-or-later		
SPFDisk					GPL-2.0-or-later		
SYSLINUX					GPL-2.0-or-later		
TianoCore EDK II					BSD-2-Clause		
Windows Boot Manager	Microsoft		30 January 2007 (Windows Vista)		Proprietary	bundled with Windows	
XOSL					GPL-2.0-only		
FreeLoader (ReactOS Boot Loader)					GPL-2.0-or-later	No cost	Documentation
Name	Developer / Publisher	Current version	Initial release date	Latest release date	License	Cost	Website / documentation

支持Linux Bootloader都有那些?

Name	Can boot								
	MS-DOS	Windows 9x/Me	Windows NT series before Vista	Windows Vista/7/8/10	Linux	ReactOS	MenuetOS	*BSD	Mac OS X
Acronis OS Selector	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes
AiR-BOOT	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	?	?
AKernelLoader	?	?	?	?	Yes	?	?	?	?
Barebox	?	?	?	?	Yes	?	?	?	?
BOOTBOOT	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	?	?
BootIt Bare Metal	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	?	?
BootKey	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	?	?
BootX (Linux)	?	?	?	?	Yes	?	?	?	?
Clover	?	?	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes
Das U-Boot	?	?	?	?	Yes	?	?	Yes (FreeBSD)	?
GRUB Legacy and GRUB4DOS	Yes	Yes	Calls NTLDR	Calls Windows Boot Manager	Yes	Calls FreeLoader	Yes	Calls bootloader for some kernels	Yes
GNU GRUB	Yes	Yes	Calls NTLDR	Calls Windows Boot Manager	Yes	Calls FreeLoader	Yes	Yes	Yes
Grub2Win	Yes	Yes	Calls NTLDR	Calls Windows Boot Manager	Yes	?	?	Yes (FreeBSD)	Calls Clover
Gujin	Yes	Yes	Calls NTLDR	Yes	Yes	?	?	?	?
systemd-boot / Gummiboot	No	No	Windows Server 2013 64bits with UEFI only	Calls Windows Boot Manager ^[3]	Yes	?	?	UEFI only	Yes ^[3]
LILO	?	Yes	Calls NTLDR	Yes	Yes	?	?	Calls biosboot (FreeBSD, PC-BSD, ...)	?
loadlin	with MEMDISK	No	No	No	Yes	No	No	?	?
MasterBooter	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	?
OpenCore	?	?	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes
RedBoot	Yes	Yes	Calls NTLDR	Calls Windows Boot Manager	Yes	Calls FreeLoader	Yes	Yes	Yes
rEFInd (fork of rEFIt)	?	?	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes
rEFIt (not maintained)	?	?	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes
Smart Boot Manager	Yes	Yes	Yes	?	Yes	?	?	Yes	?
SYSLINUX	Yes	Yes	Calls NTLDR	Calls Windows Boot Manager	Yes	?	Yes	via mboot.c32 module [1]	?
Tianocore EDK II	No	No	No	Yes	Yes	No	?	Yes (FreeBSD, OpenBSD)	Yes
XOSL	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	?	?
FreeLoader (ReactOS Boot Loader)	Yes	Yes	Partial ^[5]	Calls Windows Boot Manager	Yes	Yes	?	?	?

Boot loader支持的Flash设备

Name	Can reside in				Can boot from								
	ESP (UEFI)	MBR	VBR	Floppy	Hard disk	Second Hard disk	Logical partitions	CD-ROM	Floppy	USB	Zip	LAN	
Acronis OS Selector	?	?	?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	
AKernelLoader	?	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	?	Yes	Yes	?	?	
Barebox	Yes	Yes	No	?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	
BOOTBOOT	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	No	No	
Bootit Bare Metal	?	?	?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	
Das U-Boot	?	?	?	?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	
FreeBSD loader	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	Yes	
GAG	?	Yes (SafeBoot)	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	
GRUB Legacy	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
GNU GRUB	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Grub2Win	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
GRUB4DOS	?	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Gujin	?	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
systemd-boot / Gummiboot	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	?	?	
LILO	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	
loadlin	?	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
MasterBooter	?	Yes	?	?	Yes	Yes	Yes	?	Yes	?	?	?	
OSL2000 Boot Manager	?	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	
PLoP Boot Manager	?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
RedBoot	?	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Smart Boot Manager	?	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	?	
SYSLINUX	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
XDSL	?	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	No	?	No	
BootKey	?	No	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No	
BootX (Apple)	Yes	No	No	No	Yes	No	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	
BootX (Linux)	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
NTLDR	?	No	Yes	Yes	Yes	?	No	No	Yes	Yes	?	?	
AIR-BOOT	?	Yes	No	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
BootManager	?	Yes	No	No	Yes	?	?	?	?	?	?	No	
Clover	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	No	?	Yes	?	No	
Darwin Boot Loader	Yes	?	?	?	Yes	Yes	?	?	?	Yes	?	?	
iBoot	Yes	?	?	?	Yes	?	?	No	?	?	?	?	
OpenCore	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes	?	No	?	Yes	?	No	
rEFInd	Yes	No	No	No	Yes	Yes	?	Yes	?	Yes	?	Yes	
rEFIt (not maintained)	Yes	No	No	No	Yes	Yes	?	No	?	Yes	?	No	
SPFdisk	?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	?	?	?	
Tianocore EDK II	?	No	No	No	Yes	Yes	?	Yes	?	Yes	No	Yes	
Windows Boot Manager	Yes	No	Yes	No	Yes	Yes	?	Yes	Yes	Yes	Yes	?	
FreeLoader (ReactOS Boot Loader)	?	No	Yes	Yes	Yes	Yes	?	Yes	Yes	Yes	Yes	?	

Flash硬件：产品实物图

NandFlash



NorFlash



Hard Disk



Bootloader支持的文件系统类型

Name	FAT				Minix	ext2	btrfs	HFS	APFS	AFFS	F2FS	ZFS	NILFS	YAFFS	
	FAT12	FAT16	FAT32	exFAT										YAFFS1	YAFFS2
AKernelLoader	?	?	Yes	?	?	Yes	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Barebox	Yes	Yes	Yes	?	No	Yes	No	No	No	No	No	No	No	?	?
BOOTBOOT	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Das U-Boot	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	?	?	?	?	?	?	?	?	?
FreeLoader (ReactOS)	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes	?	?	?	?	?	?	?	?
GNU GRUB 2	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?
GRUB Legacy	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	?	?
GRUB4DOS	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	?	?
loader (FreeBSD)	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	?	?	?	?	?	Yes	?	?	?
rEFInd	Yes ^[a]			?	?	Yes ^[b]	Yes ^[b]	?	?	?	?	?	?	?	?
Syslinux	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	?	?
yaboot	?	?	?	?	?	Yes	?	Yes	?	?	?	?	?	?	?
loadlin	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
NTLDR	?	Yes	Yes	?	?	No	No	No	No	No	No	No	No	?	?
Clover	?	?	Yes	Yes	?	?	?	?	Yes	?	?	?	?	?	?
Darwin Boot Loader	?	?	Yes	?	?	?	?	Yes	Yes	?	?	?	?	?	?
LOLO	?	Yes	Yes	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	Yes	Yes
OpenCore	?	Yes	Yes	Yes	?	?	?	Yes	Yes	?	?	?	?	?	?
Tianocore EDK II	Yes	Yes	Yes	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Windows Boot Manager	?	?	Yes	Yes	?	?	?	No	No	?	?	?	?	?	?

Bootloader支持的CPU架构

Name	Advanced command	Scriptable	Supported architecture	Supported executable	Supported protocol	Supported decompression
GRUB Legacy	Yes	No	x86 (PC)	Multiboot 1, Linux zImage, Linux bzImage and others	TFTP	gzip
GRUB 2	Yes	Yes	x86 (PC, EFI, UEFI, coreboot, OLPC), IA-64, ARM (U-Boot, UEFI), PowerPC (OpenFirmware), MIPS, SPARC (SPARC v9)	Multiboot and others ^[6]	TFTP, HTTP ^[7]	gzip, xz ^[8]
LILO	No	No	x86 (PC)	Linux zImage, Linux bzImage	?	bzip2, gzip
loader (FreeBSD)	Yes	Yes	x86 (PC, EFI, UEFI, coreboot, OLPC), ARM (U-Boot, UEFI), MIPS, PowerPC, SPARC v9	FreeBSD ELF kernel image, Multiboot (incomplete, for Xen image only) ^[9]	TFTP, NFS	gzip, bzip2
loadlin	No	No	x86 (PC)	Linux zImage, Linux bzImage	?	gzip
LOLO (Logic PD)	Yes	Yes	ARM7, ARM9, ARM11, Cortex-A8, StrongARM, SH, ColdFire	ELF, binary, BIN (WinCE), SREC	TFTP	?
SYSLINUX	via cmd.c32 module	via lua.c32 module	x86 (PC)	Linux zImage, Linux bzImage, ^[10] Multiboot, ^[11] MBR image ^[12]	TFTP	gzip, bzip2, lzo, zip, lzma, ?
AKernelLoader	No	No	x86 (PC)	ELF, Binary	?	?
BOOTBOOT	Yes	No	x86-64 (PC, UEFI, El Torito CDROM, BSS Expansion ROM, UEFI Option ROM), ARM AArch64 (Raspberry Pi 3 and up)	ELF64 / PE32+	?	gzip
Yaboot	No	No	PowerPC (Open Firmware)	Linux ELF image	TFTP	No
RedBoot	Yes	yes (boot only)	ARM, ColdFire, H8300, x86, Freescale/Motorola 68000, MIPS, PowerPC, SH, SPARC, SPARCLite	ELF	TFTP, serial (X-modem)	gzip
Das U-Boot	Yes	Yes	PowerPC, ARM, AVR32, Blackfin, ColdFire, IXP, Leon2, m68k, MicroBlaze, MIPS, NIOS, NIOS2, PXA, x86, RISC-V, StrongARM, SH2, SH3, SH4, ...	EFI, ELF, U-Boot image format, Linux zImage, raw	TFTP, NFS, serial (S-Record, Y-Modem, Kermit binary protocol)	bzip2, gzip, lzma
Barebox	Yes	Yes	ARM, Blackfin, NIOS2, MIPS, x86, PowerPC	ELF, U-Boot image format	TFTP, NFS, serial (S-Record, Y-Modem, Kermit binary protocol)	bzip2, gzip, lz4, xz, lzo
Linux kexec	Depending on user space	Depending on user space	x86, ARM, ARM64, PowerPC 64, IA-64, IBM Z ^[13]	Linux bzImage, Multiboot, other ELF image	Depending on configuration and user space	N/A
NTLDR	No	No	x86 (PC)	Windows NT kernel image (PE), MBR image	?	?
TianoCore EDK II	Yes	Yes	ARM, RISC-V, x86	EFI	HTTPS	?
Windows Boot Manager	No	No	x86 (PC), ARM (only on Windows Mobile remake)	Portable Executable	?	?
FreeLoader (ReactOS)	No	No	x86 (PC), ARM, PowerPC	?	?	?
extipl	?	?	?	?	?	?
Multiple Boot Manager	?	?	?	?	?	?
bootload (Technologic Systems)	?	?	ARM	?	?	?
Name	Advanced command	Scriptable	Supported architecture	Supported executable	Supported protocol	Supported decompression

Bootloader概述

- 如上可总结出,针对不同的 CPU 架构和目标板, 有不同的引导加载程序。
- 因此, 对于每个平台, 都需要单独开发它的引导加载程序。
- 可以总结一下Boot Loaders的设计概念。
 - Boot Loader 因CPU 而异, 因开发板板而异。 SoC(System on Chip)的设计也可能影响Boot loader的设计。
 - 安装介质
 - 所有系统软件和数据都存储在某种非易失性存储器中, 例如 FLASH 和 ROM。
 - BootLoader也是保存在非易失性存储器中
 - BootLoader的作用是去启动其他软件, 比如内核
 - Boot Loader的作用
 - 引导加载
 - 引导加载程序到正常操作模式, 比如启动内核
 - 出厂的设备上, BootLoader的作用就是“引导加载”
 - 下载、调试
 - 在开发过程中, 我们需要使用BootLoader多次下载、烧写、调试程序
 - 这是专为开发人员设计的

Bootloader主要功能

- 初始化 CPU 并设置时钟频率。
- 屏蔽所有中断。
- 设置栈指针。
- 启用电源管理。
- 将Linux内核和根文件系统的镜像加载到系统内存中，然后启动内核。
- 具备将数据写入闪存的能力，支持下载Linux内核、升级boot loader自身等功能

Bootloader启动顺序

- 启动顺序
 - 单存储或多存储启动
 - Multi-Stage Boot Loader 通常提供更复杂的功能和更好的可移植性
 - Boot Loader的启动过程通常分为两个阶段，如下：
 - 第一阶段(跟CPU密切相关，主要使用汇编语言编写)
 - 初始化硬件组件
 - 为加载第二阶段程序准备内存空间
 - 将 第二阶段程序复制到内存空间
 - 设置sp(栈指针)
 - 跳转到第二阶段程序的入口点
 - 第二阶段(跟SoC密切相关，主要使用C语言编写)
 - 初始化此阶段使用的硬件组件
 - 检查内存映射
 - 将内核和根文件系统映像复制到内存中
 - 设置启动参数
 - 启动内核

思考？

- 不同CPU架构bootloader启动顺序是否相同？
- Bootloader的主要作用是什么？
- Linux下为什么和Windows下的bootloader存在差异，是什么原因导致的？
- 在嵌入式Linux系统内不同的CPU架构是否可以使用相同的bootloader？
- 嵌入式Linux系统内涉及到安全保密应该怎么做？

关于我们

- 从08年开始专门从事嵌入式linux教育培训
- 代表作品有
 - Jz2440系列视频 第一期 第二期 第三期 ARM裸机加强版
 - Tiny4412 Android HAL开发系列视频
 - 全新系列Linux快速入门课程
 - 全新系列Linux驱动大全
 - 全球首家适配鸿蒙系统至IMX6ULL STM32MP1
 - 全球首家适配rt-smart系统至IMX6ULL STM32MP1

官网: www.100ask.net

公众号: [百问科技](#)

淘宝店铺: 100ask.taobao.com