

PHYTIUM 飞腾

# 飞腾嵌入式系统 引导规范

( v0.1 )

2020 年 03 月

天津飞腾信息技术有限公司

[www.phytium.com.cn](http://www.phytium.com.cn)

版权所有© 天津飞腾信息技术有限公司 2020

此文档用于指导用户的相关应用和开发工作。天津飞腾信息技术有限公司对此文档内容拥有版权，并受法律保护



## 当前版本

文件标识	P-U-SW-PSP
当前版本	0.1
作者	SDG
完成日期	2020.03.07

## 版本历史

版本	修订时间	修订人	修订章节	修订内容
0.1	2020.03.07			第一个正式发布的版本

# 目录

1	定义与术语.....	1
2	参考文献.....	2
3	适用范围.....	3
3.1	适用硬件系统.....	3
3.2	适用软件系统.....	3
4	兼容 32 位和 64 位操作系统.....	5
4.1	启动 32 位操作系统.....	5
4.2	启动 64 位操作系统.....	5
5	固件引导操作系统.....	6
6	操作系统启动从核.....	7
6.1	引导参数.....	7
7	安全操作系统引导.....	8



## 图目录

图 3-1 飞腾嵌入式系统软件栈 .....	3
------------------------	---

## 表目录

表 1-1 术语表 .....	1
表 5-1 内核传参接口 .....	6
表 6-1 PSCI CPU_ON 服务参数表 .....	7

## 1 定义与术语

表 1-1 术语表

缩写	说明
PBF	Phytium Base Firmware
U-Boot	Universal Boot Loader
UEFI	Unified Extensible Firmware Interface
PSCI	Power State Coordination Interface
FDT	Flattened Device Tree
EL	Exception Level
SVC	Supervisor Call

## 2 参考文献

- [1] U-Boot, <https://gitlab.denx.de/u-boot/u-boot/tree/master/board/phytium/>.
- [2] UEFI, Unified Extensible Firmware Interface, Version 2.8.
- [3] Phytium, Phytium Base Firmware 接口规范.
- [4] U-Boot, [www.denx.de/wiki/U-Boot/](http://www.denx.de/wiki/U-Boot/).
- [5] ARM, Power State Coordination Interface, Version 1.1.
- [6] Phytium, FT-2000/4 软件编程手册



## 3 适用范围

### 3.1 适用硬件系统

本规范适用于飞腾公司开发的 FT-2000/4 处理器<sup>[6]</sup>，以及之后的、可应用于嵌入式系统的飞腾处理器。

本规范适用的飞腾处理器兼容 ARMv8 体系结构，支持 AArch64 和 AArch32 两套指令集，支持相应的异常、特权等级。

### 3.2 适用软件系统

飞腾嵌入式平台系统软件栈如图 3-1 所示。

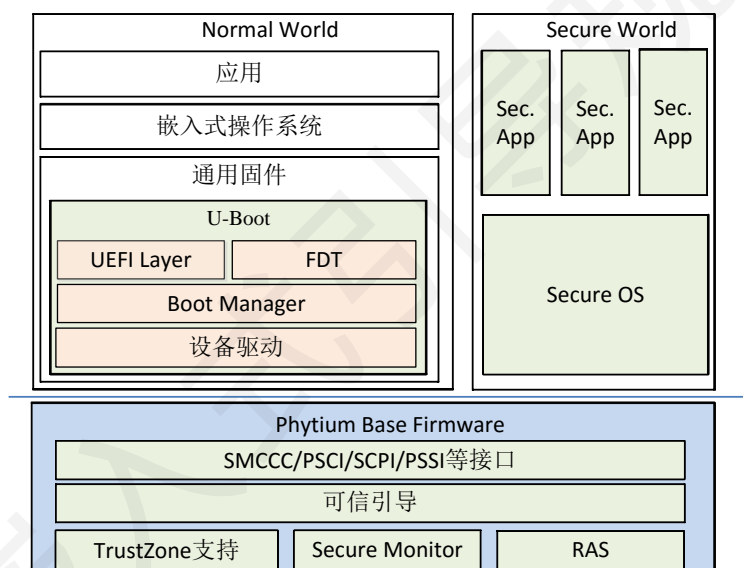


图 3-1 飞腾嵌入式系统软件栈

飞腾嵌入式平台上的固件分为 2 层：飞腾基础固件层（PBF）和通用固件层。PBF 层是针对飞腾处理器开发的基础固件，对飞腾处理器进行基本的引导工作，由飞腾公司开发和发布，运行在 EL3。通用固件层是 U-Boot 等通用型的固件，提供固件层的操作平台，运行在 Non-Secure EL2。目前，飞腾平台的 U-Boot<sup>[1]</sup>支持 UEFI 层及相关 UEFI 接口。

嵌入式操作系统层为 VxWorks、嵌入式 Linux 等嵌入式操作系统，为嵌入式产品提供实时多进程的操作平台。

应用层是基于操作系统层提供的接口进行开发的应用软件程序。

本文档定义的引导规范，是在固件层和操作系统层之间定义一套标准的系统引导和服务

调用规范。

飞腾嵌入式系统引导规范V0.1

## 4 兼容 32 位和 64 位操作系统

通用固件运行在 64 位 Non-Secure EL2 模式下。

### 4.1 启动 32 位操作系统

固件负责指令集切换，以 AArch32 的 Supervisor (SVC) 模式进入操作系统入口点。

通用固件单核（主核，Core 0）引导操作系统。主核在操作系统下以 AArch32 Supervisor 模式调用 PSCI 的 CPU\_ON\_AARCH32 (0x84000003)命令启动从核。从核启动进入操作系统的模式也是 AArch32 Supervisor。

### 4.2 启动 64 位操作系统

通用固件以 AArch64 模式进入操作系统入口点。

通用固件单核（主核，Core 0）引导操作系统。主核在操作系统下以 AArch64 模式调用 PSCI 的 CPU\_ON\_AARCH64 (0xC4000003)命令启动从核。从核启动进入操作系统的模式也是 AArch64。

## 5 固件引导操作系统

通用固件支持多种操作系统引导介质，包括：Flash、SATA、NVME、网络、USB 等。

通用固件支持 UEFI GPT 和传统 MBR 两种分区格式，支持 EXT4、EFI FAT 等文件系统。

通用固件基于相应的设备驱动，将操作系统内核镜像文件加载到内存，并按镜像的文件格式要求将镜像的各段（section）展开在内存中。通用固件支持 bin、ELF、U-Boot 头等多种操作系统镜像格式：

- Bin：二进制文件，文件的加载地址必须要等于编译地址；
- ELF：ELF 文件格式的镜像文件，加载地址与展开地址不能冲突；
- U-Boot 头：U-Boot 使用的 Legacy format image header (uImage)，加载地址与展开地址不能冲突。

除了操作系统内核镜像，通用固件还负责将设备树、UEFI 系统表、内存文件系统(ramfs)等加载到内存中。固件支持 FDT、PSCI 等多种接口规范，并支持 UEFI 和 U-Boot 两种传参规范。

表 5-1 内核传参接口

	AArch64		AArch32		
	x0	x1	r0	r1	r2
U-Boot 规范传参	FDT 基址		0	平台编码	FDT 基址
UEFI 规范传参	内核入口点地址	UEFI 系统表基址			

注意：表中所列的地址都是物理地址；UEFI 规范下不支持 AArch32 操作系统。

采用 UEFI 规范传参时，操作系统通过 UEFI 系统表获得 FDT 表等相关参数表入口。另外，飞腾基础固件还提供 PSCI 等服务，供操作系统调用。

飞腾基础固件运行在 EL3 状态，只初始化 secure GSI 中断为 G0S 或 G1S，CACHE、MMU 开启。

通用固件运行在 Non-Secure EL2 状态，根据需求开启中断，一般默认不使能中断，开启 CACHE 和 MMU。

AArch64 模式操作系统入口运行在 Non-Secure EL2 或 EL1。AArch32 模式操作系统入口运行在 Supervisor 模式。在操作系统入口点，中断、MMU 和 CACHE 都处于关闭状态。

## 6 操作系统启动从核

飞腾平台默认采用 PSCI CPU\_ON<sup>[6]</sup>方式启动从核，操作系统调用 smc 指令调用飞腾基础固件提供的 PSCI 服务。

### 6.1 引导参数

PSCI 服务的调用参数定义如下：

表 6-1 PSCI CPU\_ON 服务参数表

参数号	参数名	说明
0	操作码	CPU_ON 命令对应的操作码。启动从核进入 AArch32 模式为 0x84000003；启动从核进入 AArch64 为 0xC4000003。
1	从核编码	被启动从核的 MPIDR_EL1 寄存器值的低 24 位。
2	从核启动地址	从核进入 OS 入口点的物理地址。
3	保留	保留
4-7	保留	AArch64 专用

以 FT-2000/4<sup>[6]</sup>平台为例，假设主核要启动从核 Core 3，该从核的 MPIDR\_EL1 寄存器值为 0x80000101，从核在操作系统的入口地址为 0x8008C810。如果是 AArch64 操作系统，则 CPU\_ON 参数为 (0xC4000003, 0x00000101, 0x8008C810, 0, 0, 0, 0, 0)；如果是 AArch32 操作系统，则调用参数 (0x84000003, 0x00000101, 0x8008C810, 0)。

从核启动成功后，从“从核启动地址”指定的物理地址进入操作系统，开始运行操作系统代码。从核进入操作系统的状态与主核引导操作系统时进入操作系统的状态相同，如第 5 章所述。

## 7 安全操作系统引导

安全操作系统（Secure OS）是运行在安全模式下，提供安全服务的操作系统，如图 3-1 所示。

在本规范适用范围中，安全操作系统运行在 AArch64 Secure 模式下，由 PBF 负责加载。