

第34回 自作OSもくもく会

# RISC-V SBC VisionFive 2 のBootフロー

2023/07/29

カナやん

# 自己紹介

- @rkarsnk (カナちゃん)
- 元電機メーカー勤務
  - OS以上M/W以下のレイヤに関わってました
- 滋賀県草津市にある出身大学でアルバイト
  - システムソフトウェアの研究室(M先生)
  - 学生さんの作ったゼミ資料の添削

本日は

RISC-V CPUを搭載したSBC(Single Board Computer)  
VisionFive 2\* のBootフローについてを調べた内容を発表します

(\*)StarFive VisionFive 2: <https://www.starfivetech.com/en/site/boards>

# なぜBootフローを調べるのか

- 今話題のRISC-V SBCを買ったのに, Linuxをインストールしただけで何にもしていない
- 何か遊ぶことができないか?
  - サーバにする→Intelでええやん…
  - LinuxでLチカ →ARM SBCでええやん…
- まずはベアメタルでHelloWorldを動かしてみよう!
- RISC-V SBCで自作のプログラムってどうやってロードするんだろ?



起動からLinuxがブートするまでを調べてみよう

# VisionFive2 について

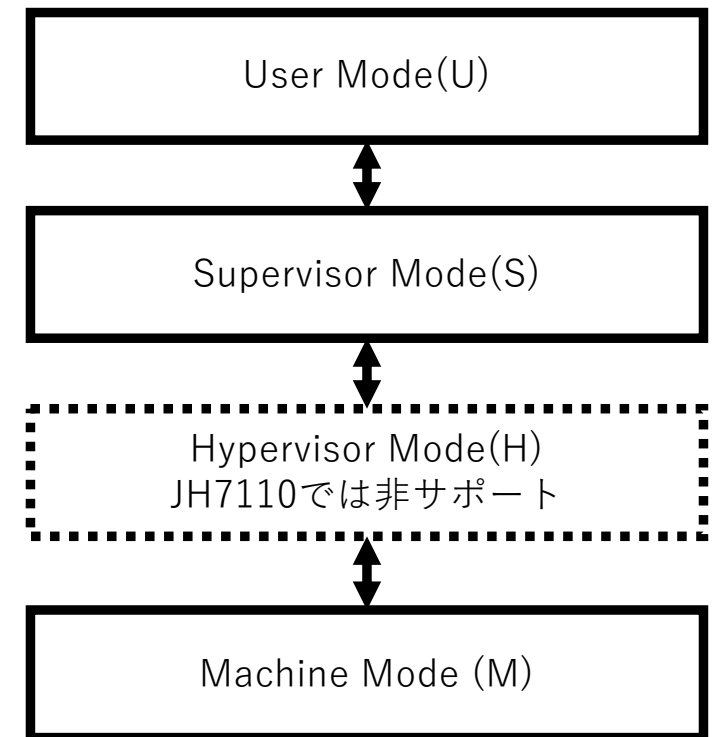
- StarFive 社が販売しているRISC-V SBC
- おもな仕様は以下のとおり

項目	諸元
Processor/SOC	JH7110 64bit SOC Quad-Core 1.5GHz RV64GC (CPUコアはHifive U74)
RAM	LPDDR4 2GB/4GB/8GB
Storage	QSPI Nor Flash (ブートローダ) TFカード eMMCソケット M.2 NVMe
NIC	1000BASE-T x2

[https://doc-en.rvspace.org/VisionFive2/Quick\\_Start\\_Guide/VisionFive\\_2/specification\\_pb.html](https://doc-en.rvspace.org/VisionFive2/Quick_Start_Guide/VisionFive_2/specification_pb.html)

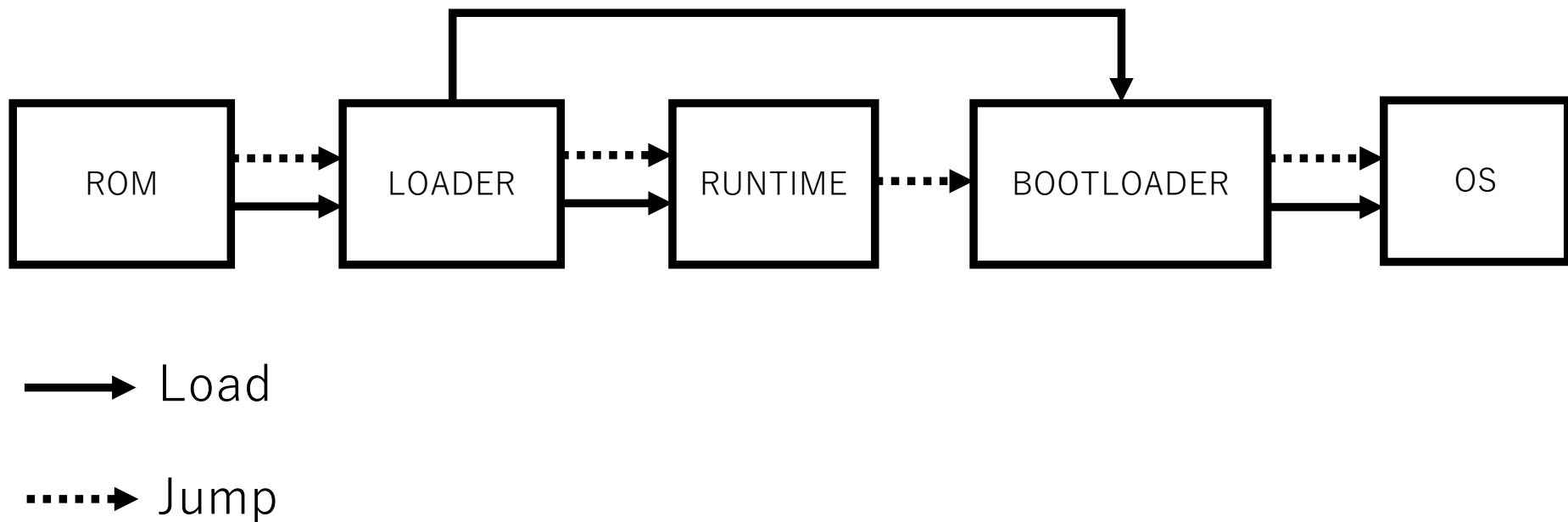
# RISC-Vについて

- 今もっとも熱い命令セットアーキテクチャ
- 命令セットの開発がオープン
- RISC-Vの特権モードは上から
  - User Mode (U)
  - Supervisor Mode (S)
  - Hypervisor Mode (H)
  - Machine Mode (M)

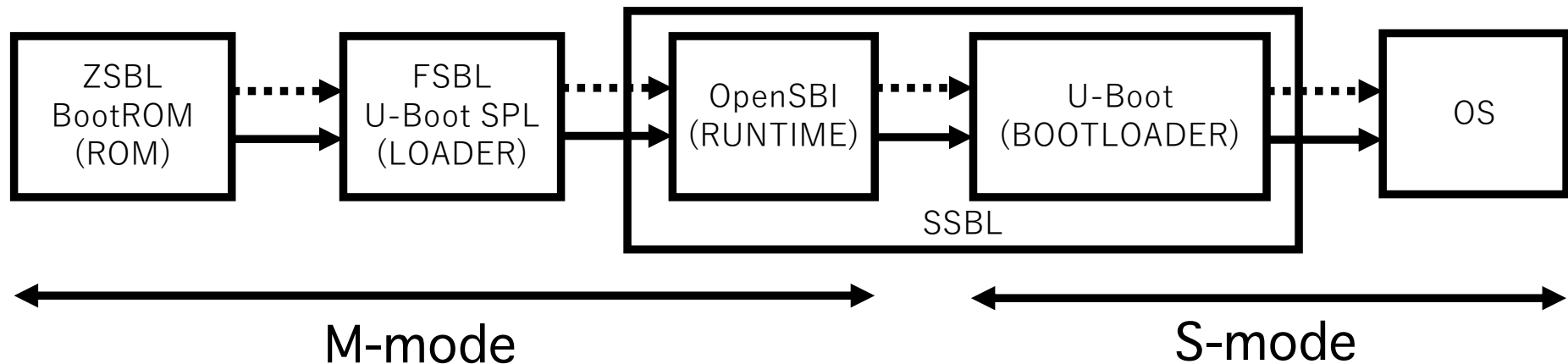


# Bootフローの概要

- “multiple boot stages model” の基本的な流れは以下



# RISC-Vの場合



ZSBL: Zero Stage Boot Loader  
FSBL: First Stage Boot Loader  
SSBL: Second Stage Boot Loader  
SPL: Secondary Program Loader

[RISC-V SUMMIT 2019 : An Introduction to RISC-V Boot Flow \(WesternDesign\)](#)

# BootROM

- 役割
  - U Boot SPLをロードし実行する.
- 詳細
  - わからない! BootROMのソースコードは公開されていない
    - ただし,一世代前のCPU Hifive U54のソースコードは公開されているので,概要を調べることは可能
- 補足
  - VisionFive2 に搭載されているCPUのJH7110の場合,  
アドレスオフセット 0x2A00 0000 に書き込まれている  
(※JH7110のCPU Hifive U74がそういう仕様らしい)
  - VisionFive2 ではBootROMの処理内でDIPスイッチを確認して, ブートソースをQSPI  
Nor FlashにするかUART0にするか選択している.  
(※UART0を選択すると何ができるのかは確認してません)



# U-Boot SPL

- 役割
  - DDRメモリの初期化
  - OpenSBI+U-Bootのロード
  - UARTの初期化
- 詳細
  - U-Boot SPLはQSPI Flashの 0x0010 0000 から fw\_payload.imgを読み出し,DDRメモリのアドレス 0x00 4000 0000 にロードし, OpenSBIを実行

## QSPI Flashのデータ配置

Offset	Length	Description
0x0000 0000	0x80000	U-Boot SPL
0x000f 0000	0x10000	U-Boot verbs
0x0010 0000	0x400000	fw_payload.img (OpenSBI + U-Boot)
0x0060 0000	0x1000000	Reserved

# OpenSBI と U-Boot

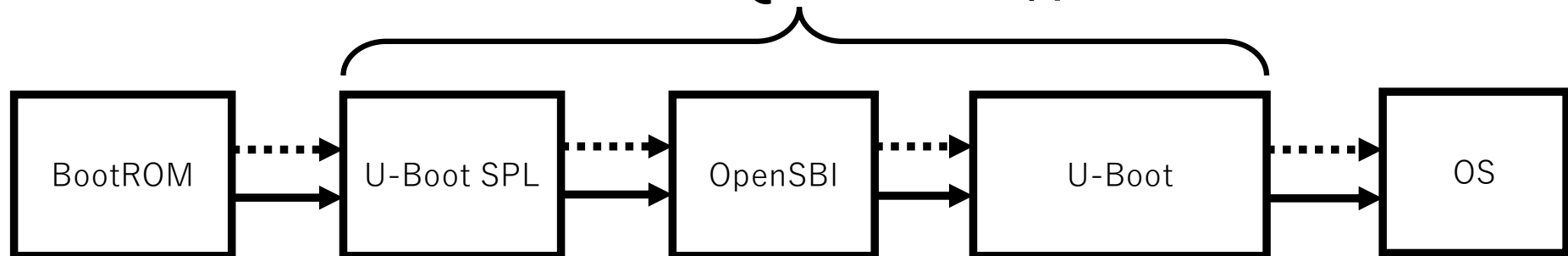
- OpenSBIの役割

- M-modeからS-modeへの移行
- 0x00 4020 0000へJumpし,U-Bootを実行
- LinuxなどのOSに対してM-Modeへのインタフェースを提供

- U-Bootの役割

- カーネルイメージのロード

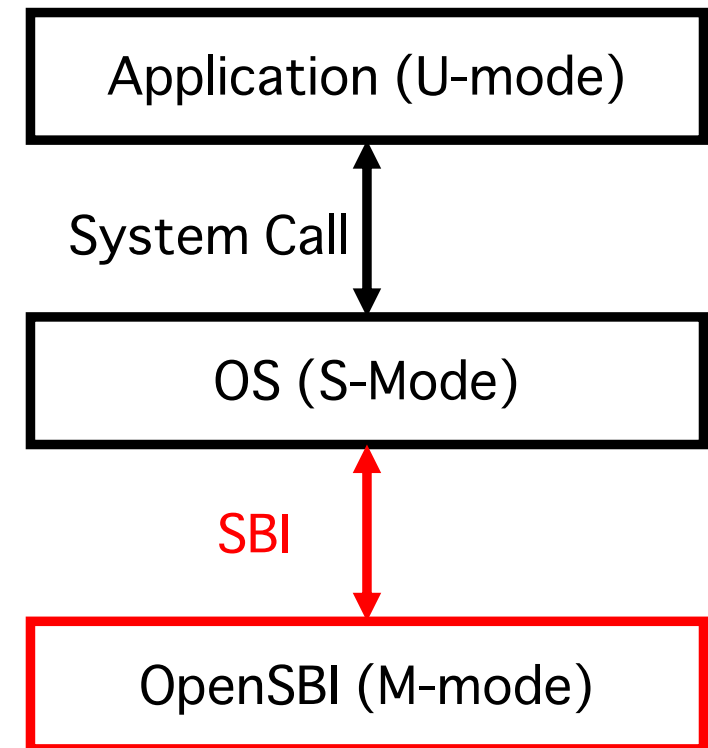
VisionFive 2ではQSPI Flashに書かれている



# OpenSBIとは

- RISC-V Supervisor Binary Interface 仕様の実装のひとつ.
- SBIの仕様書によれば
  - プラットフォーム固有の機能を抽象化することで, Supervisor ModeソフトウェアをすべてのRISC-V実装間で移植できるようにします.
  - Supervisor Mode ソフトウェアに特定の機能を提供するSBI関数のセットを定義する.

タイマ, プロセッサ間割込み, PMUなどを抽象化してる (詳しい調査は未実施)



# ブートログ (SPL → OpenSBI)

# U-Boot SPL

```
U-Boot SPL 2021.10 (Mar 24 2023 - 01:42:56 +0800)
DDR version: dc2e84f0.
Trying to boot from SPI
```

OpenSBI v1.2

# OpenSBI

[illegible]

```
Platform Name      : StarFive VisionFive V2
Platform Features  : medeleg
Platform HART Count : 5
Platform IPI Device : aclint-mswi
Platform Timer Device : aclint-mtimer @ 4000000Hz
Platform Console Device : uart8250
Platform HSM Device : ---
Platform PMU Device : ---
Platform Reboot Device : pm-reset
```

# ブートログ(OpenSBI)

```
Domain0 Name           : root
Domain0 Boot HART       : 1
Domain0 HARTs           : 0*,1*,2*,3*,4*
Domain0 Region00        : 0x0000000020000000-0x00000000200fffff M: (I,R,W) S/U: ()
Domain0 Region01        : 0x0000000040000000-0x000000004003ffff M: (R,X) S/U: ()
Domain0 Region02        : 0x0000000040040000-0x000000004007ffff M: (R,W) S/U: ()
Domain0 Region03        : 0x0000000000000000-0xffffffffffffffff M: (R,W,X) S/U: (R,W,X)
Domain0 Next Address    : 0x0000000040200000
Domain0 Next Arg1       : 0x0000000042200000
Domain0 Next Mode       : S-mode
Domain0 SysReset        : yes
Domain0 SysSuspend      : yes

Boot HART ID           : 1
Boot HART Domain       : root
Boot HART Priv Version  : v1.11
Boot HART Base ISA      : rv64imafdcbx
Boot HART ISA Extensions : none
Boot HART PMP Count     : 8
Boot HART PMP Granularity : 4096
Boot HART PMP Address Bits : 34
Boot HART MHPM Count    : 2
Boot HART MIDELEG       : 0x0000000000000222
```

- Next AddressはU-Bootを指していることがわかる
- Next ModeがS-Bootなので、OpenSBIはM-modeだということがわかる

# ブートログ(OpenSBI → U-Boot)

OpenSBI

Boot HART MIDELEG : 0x0000000000000222  
Boot HART MEDELEG : 0x000000000000b109



U-Boot

U-Boot 2021.10 (Mar 24 2023 - 01:42:56 +0800), Build: jenkins-github\_visionfive2-13

CPU: rv64imacu  
Model: StarFive VisionFive V2  
DRAM: 8 GiB  
MMC: sdio0@16010000: 0, sdio1@16020000: 1  
Loading Environment from SPIFlash... SF: Detected gd25lq128 with page size 256 Bytes, erase size 4 KiB, total 16 MiB  
\*\*\* Warning - bad CRC, using default environment

StarFive EEPROM format v2

-----EEPROM INFO-----  
Vendor : StarFive Technology Co., Ltd.  
Product full SN: VF[REDACTED]  
data version: 0x2  
PCB revision: 0xb2  
BOM revision: A  
Ethernet MAC0 address: 6c:cf:39:00:46:08

## ブートログ(U-Boot → Linux)

```
Err: serial
Model: StarFive VisionFive V2
Net: eth0: ethernet@16030000, eth1: ethernet@16040000
switch to partitions #0, OK
mmc1 is current device
found device 1
bootmode flash device 1
385 bytes read in 4 ms (93.8 KiB/s)
Importing environment from mmc1 ...
Can't set block device
Hit any key to stop autoboot: 0
48366 bytes read in 9 ms (5.1 MiB/s)
48366 bytes written in 81 ms (583 KiB/s)
Retrieving file: /extlinux/extlinux.conf
830 bytes read in 6 ms (134.8 KiB/s)
```

```
U-Boot menu
1:      Debian GNU/Linux bookworm/sid 5.15.0-starfive
2:      Debian GNU/Linux bookworm/sid 5.15.0-starfive (rescue target)
Enter choice: 1
1:      Debian GNU/Linux bookworm/sid 5.15.0-starfive
Retrieving file: /initrd.img-5.15.0-starfive
14630322 bytes read in 634 ms (22 MiB/s)
Retrieving file: /vmlinuz-5.15.0-starfive
8420005 bytes read in 369 ms (21.8 MiB/s)
```

U-BootのBoot menu  
ここからLinuxのブートが始まる

# ブートログ(bootdiskがない場合)

Vendor : StarFive Technology Co., Ltd.

Product full SN: VF

data version: 0x2

PCB revision: 0xb2

BOM revision: A

Ethernet MAC0 address: 6c:cf:39:00:46:08

Ethernet MAC1 address: 6c:cf:39:00:46:09

-----EEPROM INFO-----

In: serial

Out: serial

Err: serial

Model: StarFive VisionFive V2

Net: eth0: ethernet@16030000, eth1: ethernet@16040000

Card did not respond to voltage select! : -110

Card did not respond to voltage select! : -110

bootmode flash device 0

Card did not respond to voltage select! : -110

Hit any key to stop autoboot: 0

StarFive #

U-Bootのプロンプト



## まとめ

- 目的
  - RISC-V SBCでHelloWorldをベアメタルで動かしたい
- 調査したこと
  - OSがブートするまでの流れを確認
- 分かったこと
  - BootROM→U-Boot SPL→OpenSBI→U-Boot→OS の順でブートする
  - U-Boot SPLやOpenSBIを自作プログラムに置き換えるのは手間がかかりそう…

### 結論

U-Boot がロードできるプログラムを書く方法を調べれば,HelloWorldが実現できそう