

循序渐进，学习开发一个 RISC-V 上的操作系统



第 12 章 硬件定时器

汪辰

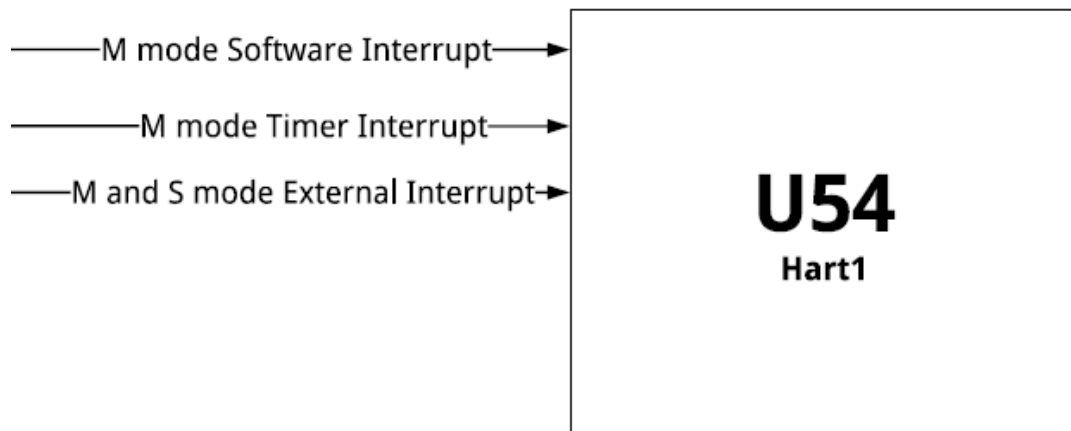
- RISC-V 定时器中断
- RISC-V CLINT 介绍
- 硬件定时器的应用

- **【参考 1】** : The RISC-V Instruction Set Manual , Volume I: Unprivileged ISA , Document Version 20191213
- **【参考 2】** : The RISC-V Instruction Set Manual , Volume II: Privileged Architecture , Document Version 20190608-Priv-MSU-Ratified
- **【参考 3】** : SiFive FU540-C000 Manual , v1p0

- **RISC-V 定时器中断**
- **RISC-V CLINT 介绍**
- **硬件定时器的应用**

RISC-V 中断（Interrupt）的分类

- 本地（Local）中断
 - software interrupt
 - **timer interrupt**
- 全局（Global）中断
 - external interrupt



Interrupt	Exception Code	Description
1	0	User software interrupt
1	1	Supervisor software interrupt
1	2	<i>Reserved for future standard use</i>
1	3	Machine software interrupt
1	4	User timer interrupt
1	5	Supervisor timer interrupt
1	6	<i>Reserved for future standard use</i>
1	7	Machine timer interrupt
1	8	User external interrupt
1	9	Supervisor external interrupt
1	10	<i>Reserved for future standard use</i>
1	11	Machine external interrupt
1	12–15	<i>Reserved for future standard use</i>
1	≥16	<i>Reserved for platform use</i>

【参考 2】Table 3.6: Machine cause register (mcause) values after trap.

【参考 3】 Figure 3: FU540-C000 Interrupt Architecture Block Diagram.

Core Local INTerruptor

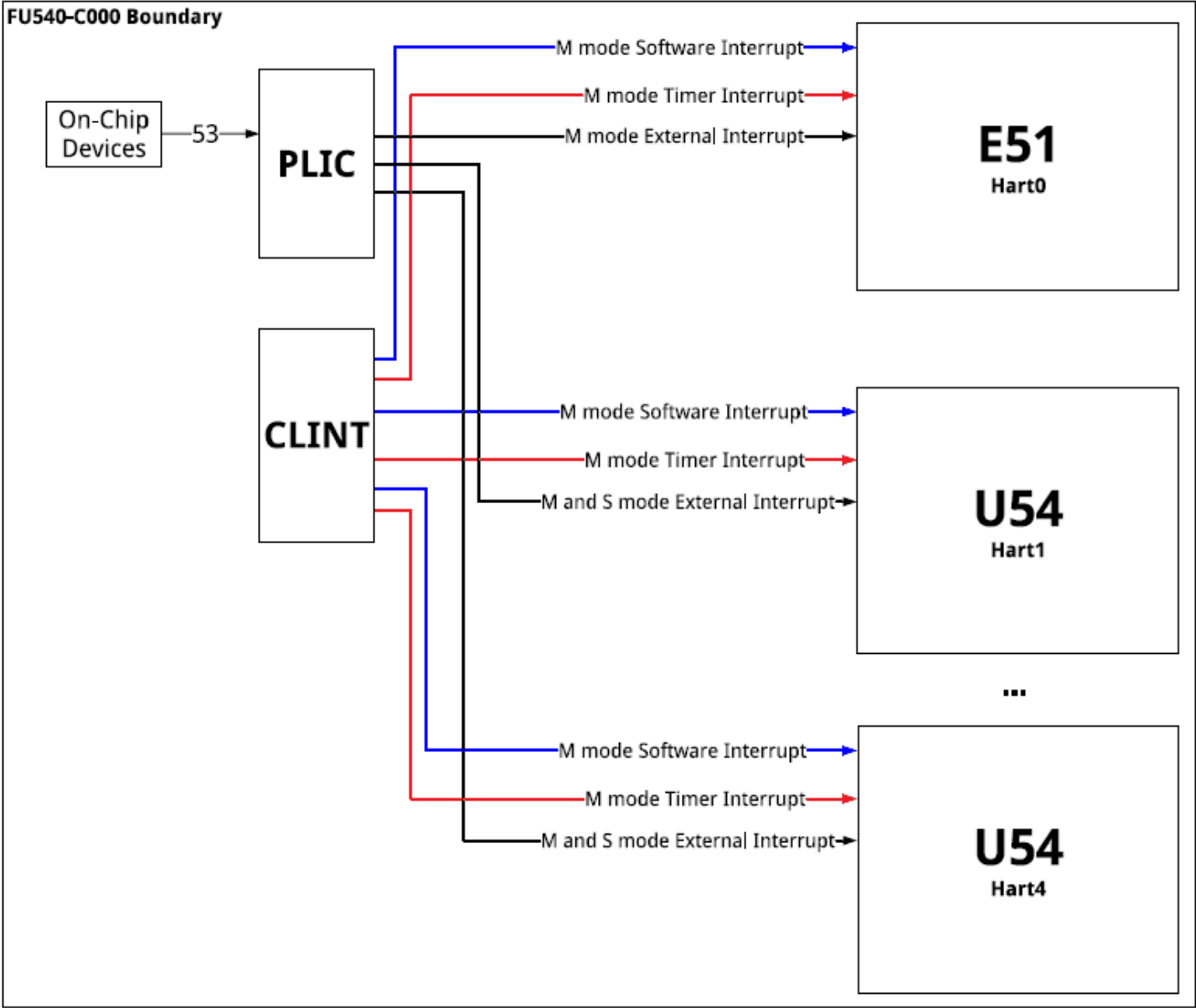


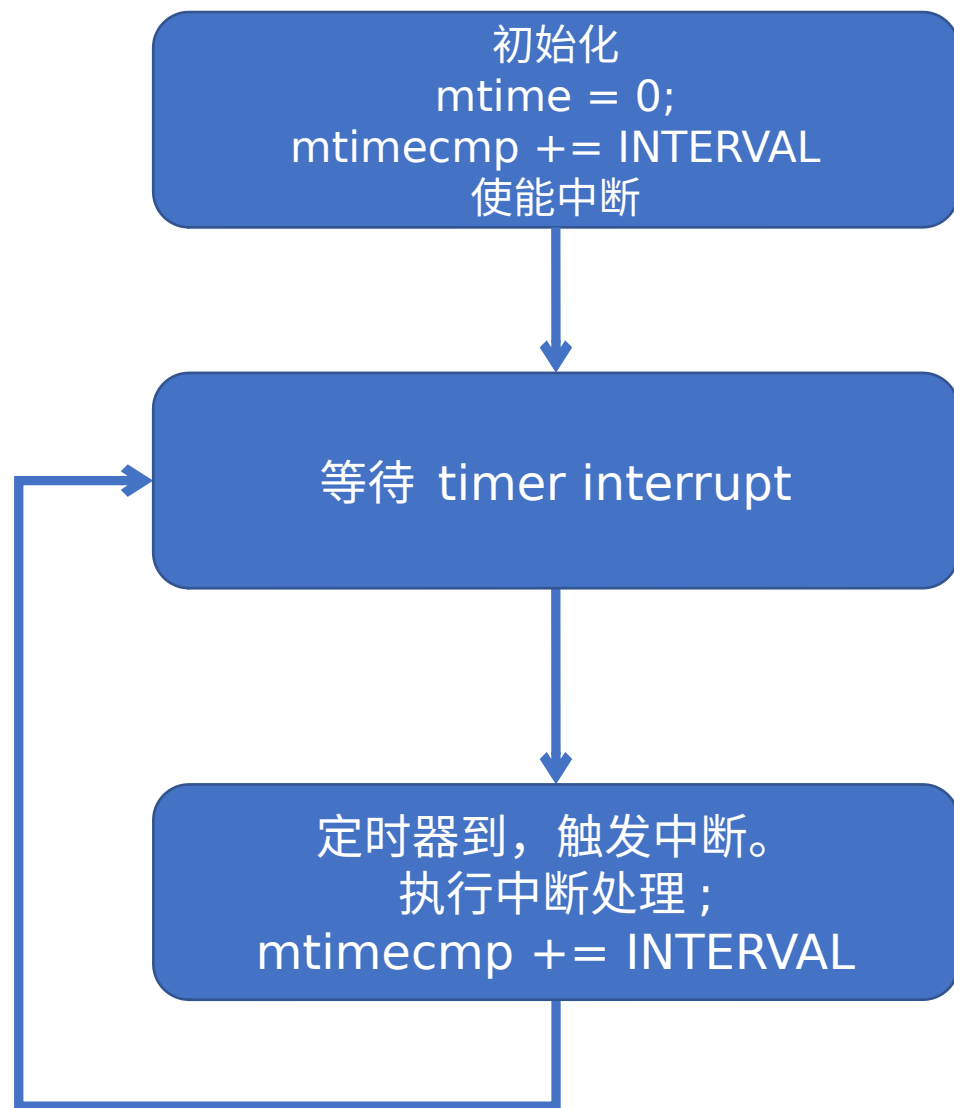
Figure 3: FU540-C000 Interrupt Architecture Block Diagram.

- RISC-V 定时器中断
- RISC-V CLINT 介绍
- 硬件定时器的应用

可编程寄存器	功能描述	内存映射地址
mtime	real-time 计数器（counter）。在 RV32 和 RV64 上都是 64-bit 字长。系统必须保证该计数器的值始终按照一个固定的频率递增。	BASE + 0xbff8
mtimecmp	timer compare register。在 RV32 和 RV64 上都是 64-bit 字长。	BASE + 0x4000 + (hart) * 8)

- RISC-V 规范规定，CLINT 的寄存器编址采用内存映射（memory map）方式。
- 具体寄存器编址采用 base + offset 的格式，且 base 由各个特定 platform 自己定义。针对 QEMU-virt，其 CLINT 的设计参考了 SFIVE，base 为 0x2000000。
- 当 `mtime >= mtimecmp` 时，CLINT 负责产生一个 timer 中断。如果要使能该中断需要保证全局中断打开并且 `mie.MTIE` 标志位置 1。
- 当 timer 中断发生时，hart 会设置 `mip.MTIP`，程序可以在 `mtimecmp` 中写入新的值清除 `mip.MTIP`。

CLINT 编程接口 - 寄存器 (timer 部分)



- RISC-V 定时器中断
- RISC-V CLINT 介绍
- 硬件定时器的应用

- 生活离不开对时间的管理；操作系统的运行也是一样。

- 操作系统中最小的时间单位
- Tick 的单位（周期）由硬件定时器的周期决定（通常为 1 ~ 100ms）
- Tick 周期越小，系统的精度越高，但开销越大。
 -

- 操作系统维护的一个整型计数值，记录着系统启动直到当前发生的 Tick 总数。
- 可用于维护系统的墙上时间，所以也称为系统时钟。



```
/* interval ~= 1s */  
#define TIMER_INTERVAL CLINT_TIMEBASE_FREQ  
  
static uint32_t _tick = 0;
```

```
void timer_init()  
{  
    timer_load(TIMER_INTERVAL);  
}
```

```
void timer_handler()  
{  
    _tick++;  
    printf("tick: %d\n", _tick);  
  
    timer_load(TIMER_INTERVAL);  
}
```

谢谢

欢迎交流合作