



北京交通大学

BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY



嵌入式系统

- ARM CortexM 系列处理器

赵翔

xiangzh@bjtu.edu.cn

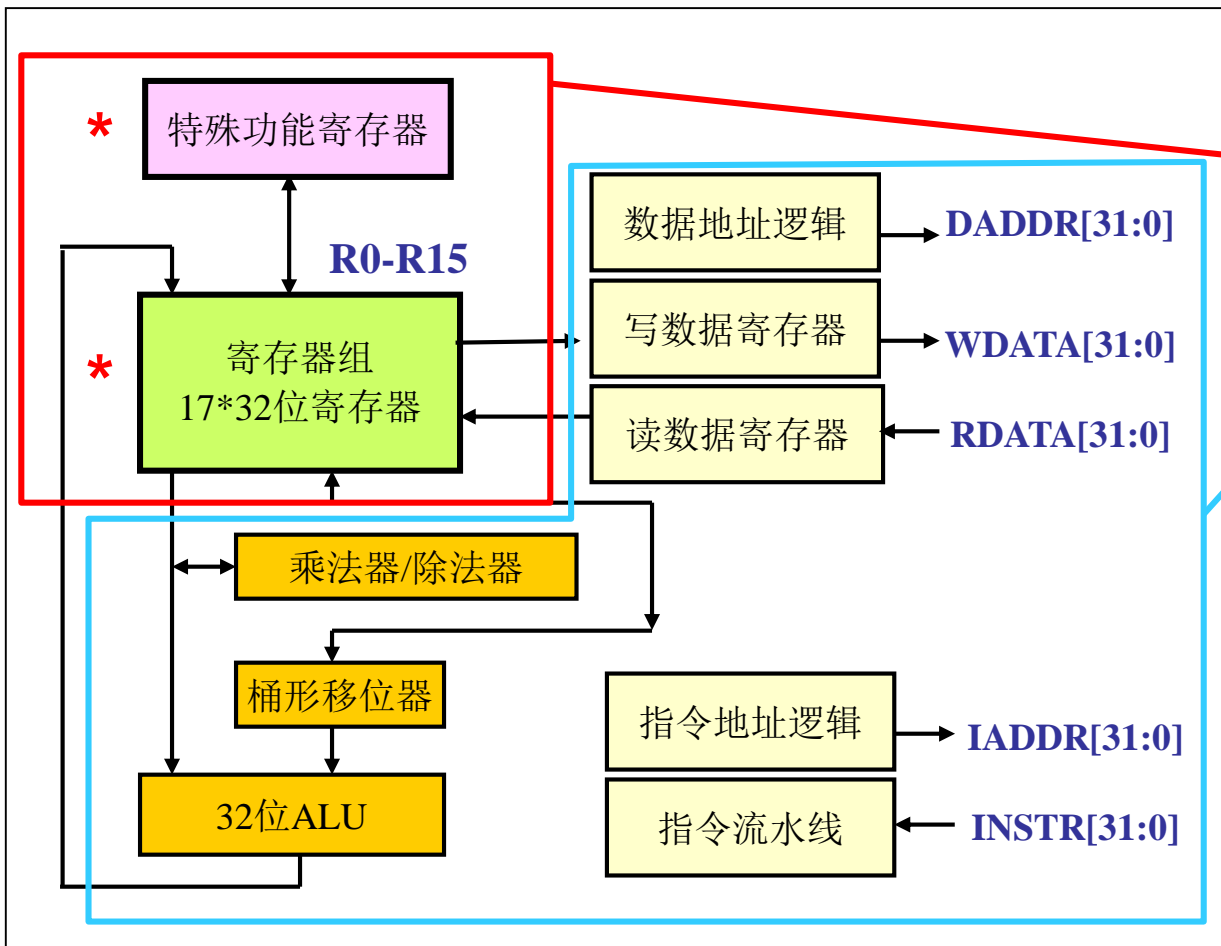


编程模型是指决定 ARM 程序组织形式的硬件组成架构,主要包括:

- ARM 体系结构的寄存器组织
- ARM 微处理器的工作模式
- ARM 体系结构的存储器模式
- ARM 微处理器的数据格式
- ARM 微处理器的异常状态



Cortex-M系列 CPU

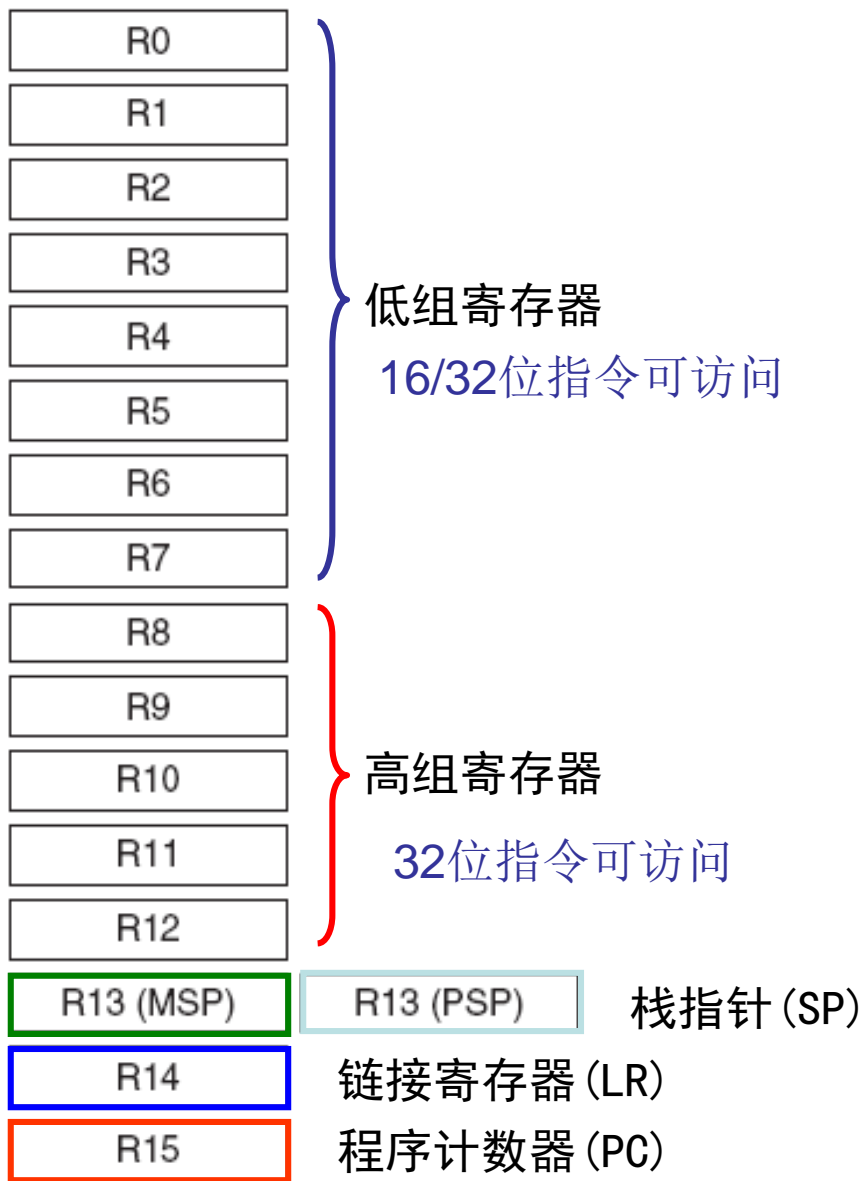


- 可编程序访问:
 - 通用寄存器组
 - 特殊功能寄存器组
- 只有汇编语言, 机器指令可访问



通用寄存器

- 有17个32位通用寄存器。
- ARM处理器采用加载/存储体系结构，所有需要处理的数据必须从存储器加载到寄存器中。运算均施加于寄存器上。
- 所有的通用寄存器地位相同，均可用于数据处理。





堆栈指针和堆栈操作

R13 (MSP)

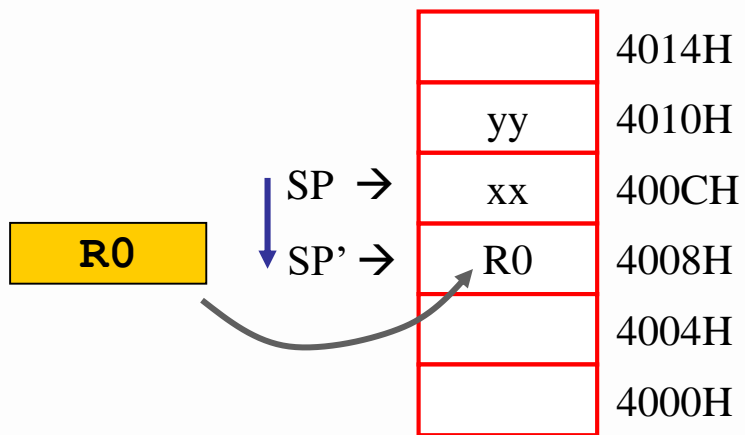
R13 (PSP)

- R13(SP)为**堆栈指针**，有两个：主堆栈指针(MSP)和进程堆栈指针(PSP)。堆栈操作时，同一时间只能使用一个。
- 主堆栈指针（MSP）：复位后缺省使用的堆栈指针，用于操作系统内核以及异常处理程序。
- 进程堆栈指针（PSP）：由用户的应用程序代码使用。
- 堆栈指针的最低两位永远是0，**堆栈总是4字节对齐的**。



堆栈指针和堆栈操作

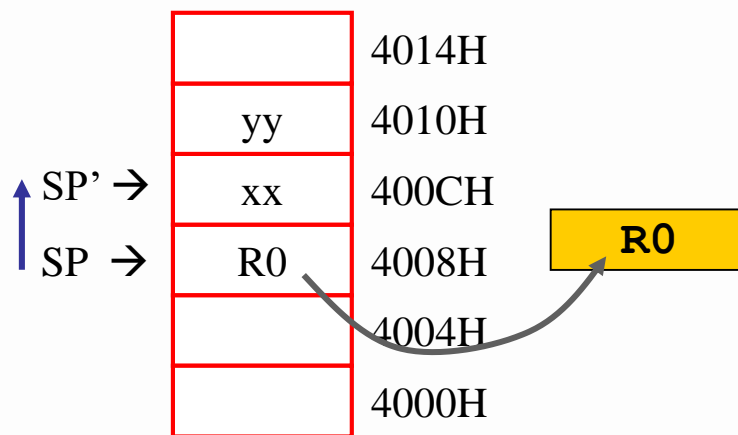
- 堆栈操作使用当前指定的堆栈指针，在入栈和出栈时自动调整指针(满递减方式)。



入栈: `PUSH {R0}`

$$SP = SP - 4$$

$$[SP] \leftarrow R0$$



出栈: `POP {R0}`

$$R0 \leftarrow [SP]$$

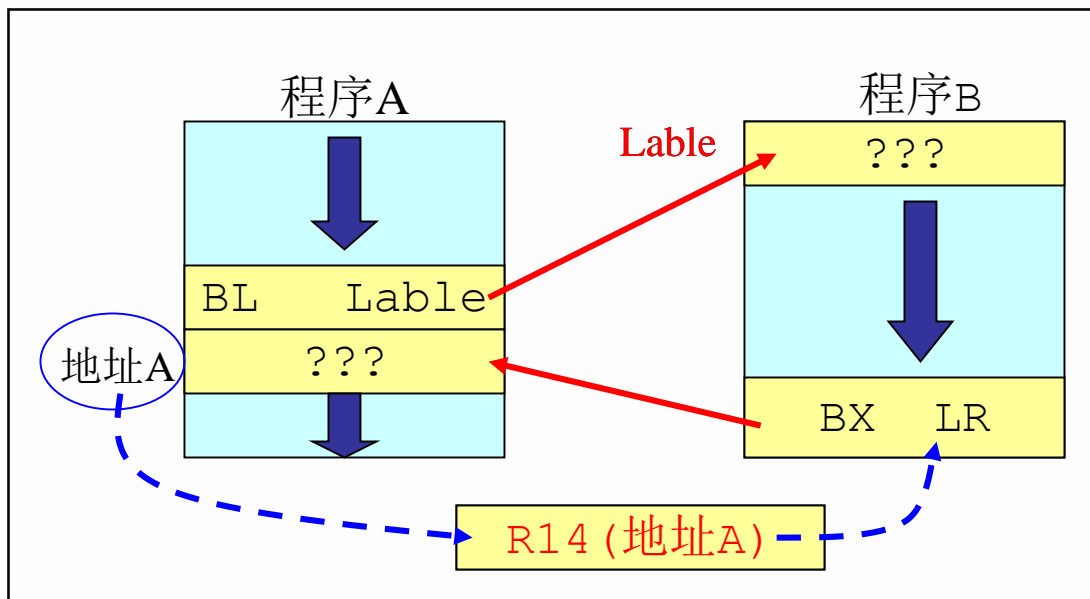
$$SP = SP + 4$$



R14 (LR) 链接寄存器与子程序调用

操作流程

1. 主程序A执行过程中调用程序B;
2. 程序跳转至标号 Lable, 执行程序B。同时**硬件**将“BL Lable”指令的下一条指令所在地址存入R14;



3. 程序B的最后，**软件**将R14寄存器的内容放入PC，返回程序A;
4. 若程序B要使用R14 (例如调用子程序)，需要将R14保存到内存。



程序计数器R15 (PC)

■ 读PC :

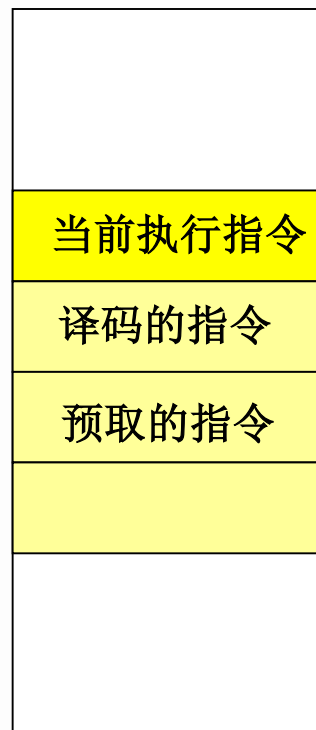
- 硬件连接R15=PC,指向要读取的指令地址
- 因为Cortex-M内部使用了指令流水线, 读PC时返回的值是当前执行指令后面第二条指令地址。
- 对16位指令:

读取PC-> `0x1000: MOV R0,PC;`

返回值-> `R0 = 0x1004`



I+4=PC



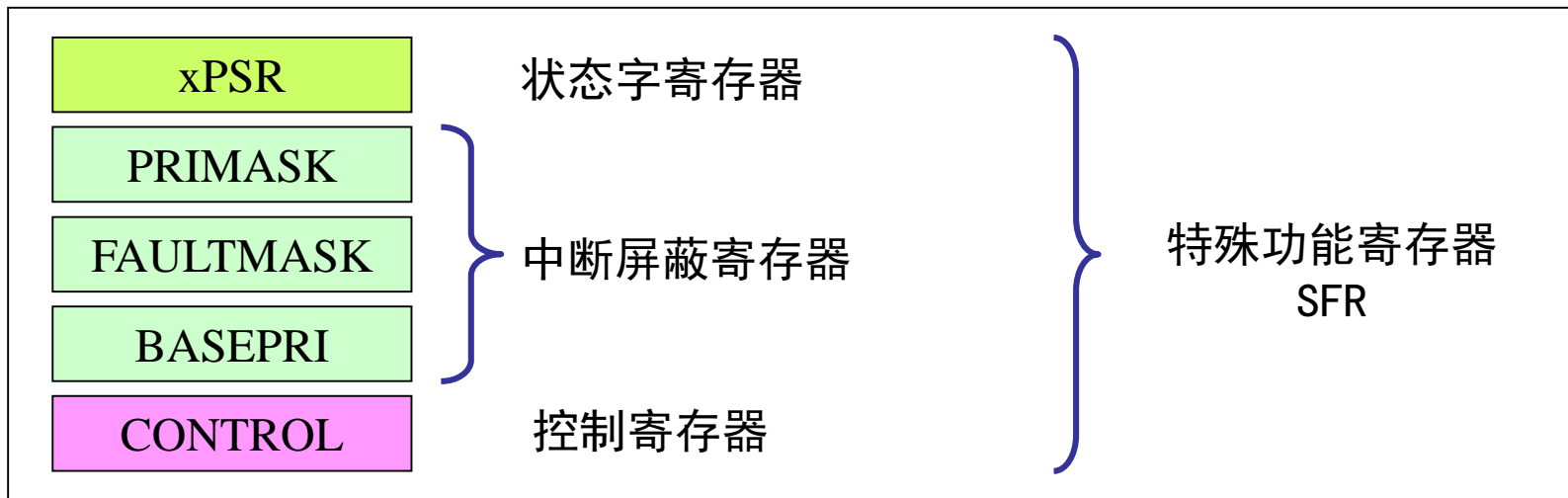
■ 写PC:

- 写程序计数器将直接引发程序跳转。

`MOV PC,R0`



特殊功能寄存器



- 没有存储器地址，只能被专用的MSR和MRS指令访问
 - MRS R0, PRIMASK ;读PRIMASK到R0中
 - MSR BASEPRI, R0 ;写入R0到BASEPRI中
- 除了xPSR的最高5位以外，只有在**特权级**下才允许访问这些寄存器。
- xPSR的3个位段可以按照3个别名分别访问



特殊功能寄存器

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|--------|----|-------|-------|-------|--------|------------------|---|---|---|-----|--|
| | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26:25 | 24 | 23:20 | 19:16 | 15:10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4:0 | |
| APSR | N | Z | C | V | Q | | | | | | | | | | | | |
| IPSR | | | | | | | | | | | | Exception Number | | | | | |
| EPSR | | | | | | ICI/IT | T | | | | ICI/IT | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|--------|----|-------|-------|-------|--------|---|------------------|---|---|-----|--|
| | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26:25 | 24 | 23:20 | 19:16 | 15:10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4:0 | |
| xPSR | N | Z | C | V | Q | ICI/IT | T | | | | ICI/IT | | Exception Number | | | | |

APSR: 应用程序状态寄存器: [31..27]

- 4个条件代码标志(负(N)、零(Z)、进位(C)和溢出(V)), 取决于数据处理指令执行结果, 影响条件执行指令。
- 饱和(Q)标志, 由DSP运算指令产生, 表明运算变量达到其最大值或最小值。



特殊功能寄存器*

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|--------|----|-------|-------|-------|--------|------------------|---|---|---|-----|--|
| | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26:25 | 24 | 23:20 | 19:16 | 15:10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4:0 | |
| APSR | N | Z | C | V | Q | | | | | | | | | | | | |
| IPSR | | | | | | | | | | | | Exception Number | | | | | |
| EPSR | | | | | | ICI/IT | T | | | | ICI/IT | | | | | | |

EPSR: 执行程序状态寄存器:

- T位: [24]

历史遗留, =1为Thumb状态

- ICI/IT : [26..25],[1

中断可继续指令

数), 以便中断返回

if-then(IT)指令

在这里设定数值,

指令被当作NOP指令从流水线中通过。

```

; If (r0 ==0)
  CMP r0, #0 ;
  ITTEE EQ ; 若测试成功执行后两条指令
; Then r0 = *r1 +2;
  LDR r0, [r1]
  ADD r0, #2

```



特殊功能寄存器*

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|----|----|----|--------|----|-------|-------|-------|--------|------------------|---|---|---|-----|--|
| | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26:25 | 24 | 23:20 | 19:16 | 15:10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4:0 | |
| APSR | N | Z | C | V | Q | | | | | | | | | | | | |
| IPSR | | | | | | | | | | | | Exception Number | | | | | |
| EPSR | | | | | | ICI/IT | T | | | | ICI/IT | | | | | | |

IPSR: 中断程序状态寄存器: [8..0]

- 包含当前正在执行的中断服务程序(ISR)号

MRS r0, APSR ; 读标志放入R0

MRS r0, IPSR ; 读异常/中断状态

MRS r0, EPSR ; 读执行状态

MSR APSR, r0 ; 写标志位

MRS r0, PSR ; 读结合在一起的状态字

MSR PSR, r0 ; 写所有状态字



特殊功能寄存器*

PRIMASK :



1 位寄存器。当置1时，关掉所有可屏蔽的异常，只响应NMI和硬件fault

FAULTMASK:



1 位寄存器。当置1时，只响应NMI。

BASEPRI:



最多有9位，设定被屏蔽优先级的门限值。所有优先级号大于等于此值的中断都被关闭（优先级号越大，优先级越低）。

```
MSR BASEPRI, R0 ; 写入R0到BASEPRI中
MSR PRIMASK, R0 ;
MSR FAULTMASK, R0 ;
```

专门指令



```
CPSID I ; PRIMASK=1 关中断
CPSIE I ; PRIMASK=0 开中断
CPSID F ; FAULTMASK=1 关异常
CPSIE F ; FAULTMASK=0 开异常
```

参见
异常
部分

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/595223012014011302>