附录 A　RISC-V 指令列表

简约是一切真正优雅的要义。——Coco Chanel，1923

Coco Chanel（1883-1971）香奈儿时装品牌的创始人，她对昂贵的简约的追求塑造了 20 世纪的时尚。

本附录列出了 RV32/64I 的所有指令、本书中涵盖的所有扩展（RVM、RVA、RVF、RVD、RVC 和 RVV）以及所有伪指令。每个条目都包括指令名称、操作数、寄存器传输级定义、指令格式类型、中文描述、压缩版本（如果存在），以及一张带有操作码的指令布局图。我们认为这些摘要对于您了解所有的指令已经足够，但如果您想了解更多细节，请参阅 RISC-V 官方规范[Waterman and Asanovic 2017]。

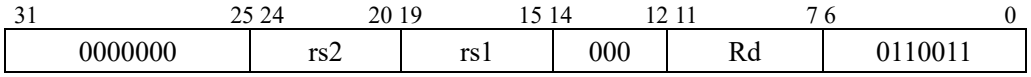
为了帮助读者在本附录中找到所需的指令，左侧（奇数）页面的标题包含该页顶部的第一条指令，右侧（偶数）页面的标题包含该页底部的最后一条指令。格式类似于字典的标题，有助于您搜索单词所在的页面。例如，下一个偶数页的标题是 **AMOADD.W**，这是该页的第一条指令；下一个奇数页的标题是 **AMOMINU.D**，这是该页的最后一条指令。如下是你能在这两页中找到的指令：amoadd.w、adoand.d、amoadn.w、amomax.d、amomax.w、amomaxu.d、amomaxu.w、amomin.d、amomin.w 和 amominu.d。

add rd, rs1, rs2 x[rd] = x[rs1] + x[rs2]

加 (Add). R-type, RV32I and RV64I.

把寄存器 x[*rs2*]加到寄存器 x[*rs1*]上，结果写入 x[*rd*]。忽略算术溢出。

压缩形式：**c.add** rd, rs2; **c.mv** rd, rs2



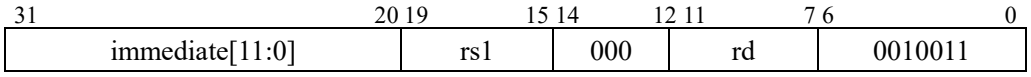
---

addi rd, rs1, immediate x[rd] = x[rs1] + sext(immediate)

加立即数(Add Immediate). I-type, RV32I and RV64I.

把符号位扩展的立即数加到寄存器 x[*rs1*]上，结果写入 x[*rd*]。忽略算术溢出。

压缩形式：**c.li** rd, imm; **c.addi** rd, imm; **c.addi16sp** imm; **c.addi4spn** rd, imm



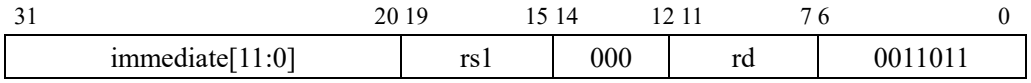
---

addiw rd, rs1, immediate x[rd] = sext((x[rs1] + sext(immediate))[31:0])

加立即数字(Add Word Immediate). I-type, RV64I.

把符号位扩展的立即数加到 x[*rs1*]，将结果截断为 32 位，把符号位扩展的结果写入 x[*rd*]。忽略算术溢出。

压缩形式：**c.addiw** rd, imm



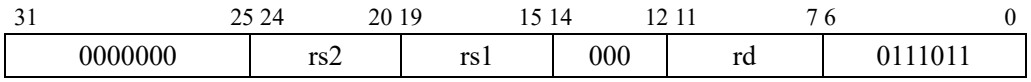
---

addw rd, rs1, rs2 x[rd] = sext((x[rs1] + x[rs2])[31:0])

加字(Add Word). R-type, RV64I.

把寄存器 x[*rs2*]加到寄存器 x[*rs1*]上，将结果截断为 32 位，把符号位扩展的结果写入 x[*rd*]。忽略算术溢出。

压缩形式：**c.addw** rd, rs2

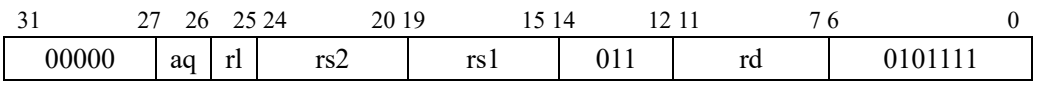


---

amoadd.d rd, rs2, (rs1) x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] + x[rs2])

原子加双字(Atomic Memory Operation: Add Doubleword). R-type, RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 *t*+x[*rs2*]，把 x[*rd*]设为 *t*。



---

amoadd.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] + x[rs2])

原子加字(Atomic Memory Operation: Add Word). R-type, RV32A and RV64A.
进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 *t*+x[*rs2*]，把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
00000	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amoand.d rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] & x[rs2])

原子双字与 (Atomic Memory Operation: AND Doubleword). R-type, RV64A.
进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 t 和 x[*rs2*]位与的结果，把 x[*rd*]设为 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
01100	aq	rl	rs2	rs1	011	rd	0101111

---

amoand.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] & x[rs2])

原子字与 (Atomic Memory Operation: AND Word). R-type, RV32A and RV64A.
进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 t 和 x[*rs2*]位与的结果，把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
01100	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amomax.d rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] MAX x[rs2])

原子最大双字(Atomic Memory Operation: Maximum Doubleword). R-type, RV64A.
进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 t 和 x[*rs2*]中较大的一个（用二进制补码比较），把 x[*rd*]设为 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
10100	aq	rl	rs2	rs1	011	rd	0101111

---

amomax.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] MAX x[rs2])

原子最大字(Atomic Memory Operation: Maximum Word). R-type, RV32A and RV64A.
进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 t 和 x[*rs2*]中较大的一个（用二进制补码比较），把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
10100	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amomaxu.d rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] MAXU x[rs2])

原子无符号最大双字(Atomic Memory Operation: Maximum Doubleword, Unsigned). R-type, RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 t 和 x[*rs2*]中较大的一个（用无符号比较），把 x[*rd*]设为 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
11100	aq	rl	rs2	rs1	011	rd	0101111

---

amomaxu.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] MAXU x[rs2])

原子无符号最大字(Atomic Memory Operation: Maximum Word, Unsigned). R-type, RV32A and RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 t 和 x[*rs2*]中较大的一个（用无符号比较），把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
11100	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amomin.d rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] MIN x[rs2])

原子最小双字(Atomic Memory Operation: Minimum Doubleword). R-type, RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 t 和 x[*rs2*]中较小的一个（用二进制补码比较），把 x[*rd*]设为 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
10000	aq	rl	rs2	rs1	011	rd	0101111

---

amomin.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] MIN x[rs2])

原子最小字(Atomic Memory Operation: Minimum Word). R-type, RV32A and RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 t 和 x[*rs2*]中较小的一个（用二进制补码比较），把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。

31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
10000	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amominu.d rd, rs2,(rs1)　　x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] MINU x[rs2])

原子无符号最小双字(Atomic Memory Operation: Minimum Doubleword, Unsigned). R-type, RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 t 和 x[*rs2*]中较小的一个（用无符号比较），把 x[*rd*]设为 *t*。

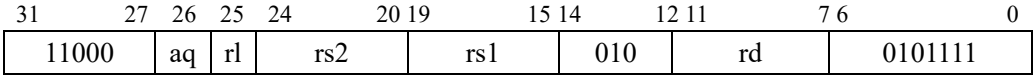
31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
11000	aq	rl	rs2	rs1	011	rd	0101111

---

amominu.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] MINU x[rs2])

原子无符号最大字(Atomic Memory Operation: Minimum Word, Unsigned). R-type, RV32A and RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 t 和 x[*rs2*]中较小的一个（用无符号比较），把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。



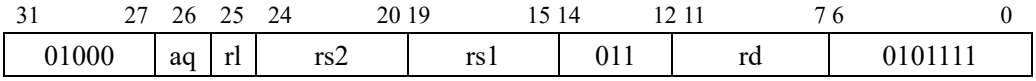
31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
11000	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amoor.d rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] | x[rs2])

原子双字或 (Atomic Memory Operation: OR Doubleword). R-type, RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 t 和 x[*rs2*]位或的结果，把 x[*rd*]设为 *t*。



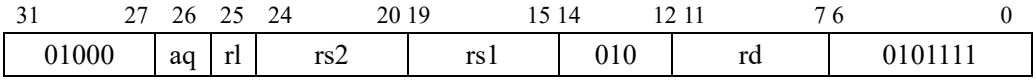
31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
01000	aq	rl	rs2	rs1	011	rd	0101111

---

amoor.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] | x[rs2])

原子字或 (Atomic Memory Operation: OR Word). R-type, RV32A and RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 t 和 x[*rs2*]位或的结果，把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。



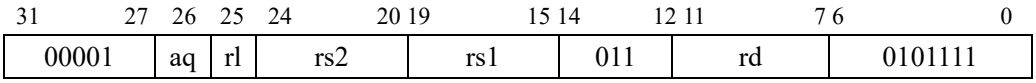
31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
01000	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amoswap.d rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] SWAP x[rs2])

原子双字交换 (Atomic Memory Operation: Swap Doubleword). R-type, RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 x[*rs2*]的值，把 x[*rd*]设为 *t*。



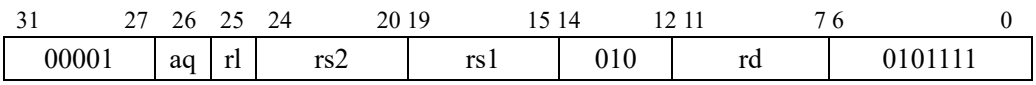
31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
00001	aq	rl	rs2	rs1	011	rd	0101111

---

amoor.w rd, rs2, (rs1)　　x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] SWAP x[rs2])

原子字交换 (Atomic Memory Operation: Swap Word). R-type, RV32A and RV64A.

进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 x[*rs2*]的值，把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。

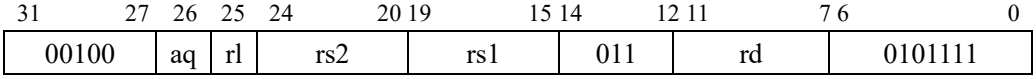


31 27	26	25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
00001	aq	rl	rs2	rs1	010	rd	0101111

---

amoxor.d rd, rs2, (rs1) x[rd] = AMO64(M[x[rs1]] ^ x[rs2])

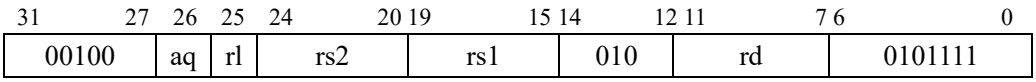
原子双字异或 (Atomic Memory Operation: XOR Doubleword). R-type, RV64A.
进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的双字记为 *t*，把这个双字变为 t 和 x[*rs2*]按位异或的结果，把 x[*rd*]设为 *t*。



---

amoxor.w rd, rs2, (rs1) x[rd] = AMO32(M[x[rs1]] ^ x[rs2])

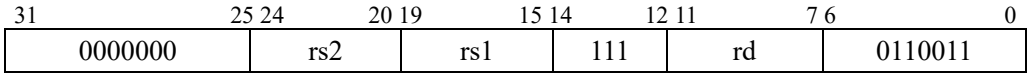
原子字异或 (Atomic Memory Operation: XOR Word). R-type, RV32A and RV64A.
进行如下的原子操作：将内存中地址为 x[*rs1*]中的字记为 *t*，把这个字变为 t 和 x[*rs2*]按位异或的结果，把 x[*rd*]设为符号位扩展的 *t*。



---

and rd, rs1, rs2 x[rd] = x[rs1] & x[rs2]

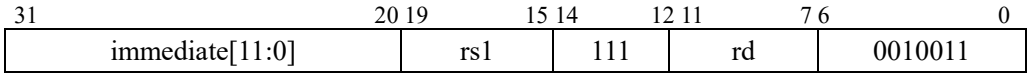
与 (And). R-type, RV32I and RV64I.
将寄存器 x[*rs1*]和寄存器 x[*rs2*]位与的结果写入 x[*rd*]。
压缩形式：**c.and** rd, rs2



---

andi rd, rs1, immediate x[rd] = x[rs1] & sext(immediate)

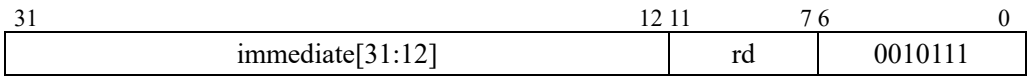
与立即数 (And Immediate). I-type, RV32I and RV64I.
把符号位扩展的立即数和寄存器 x[*rs1*]上的值进行位与，结果写入 x[*rd*]。
压缩形式：**c.andi** rd, imm



---

auipc rd, immediate x[rd] = pc + sext(immediate[31:12] << 12)

PC 加立即数 (Add Upper Immediate to PC). U-type, RV32I and RV64I.
把符号位扩展的 20 位（左移 12 位）立即数加到 *pc* 上，结果写入 x[*rd*]。



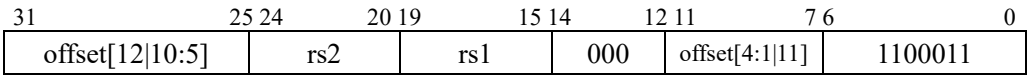
---

beq rs1, rs2, offset　　if (rs1 == rs2) pc += sext(offset)

相等时分支 *(Branch if Equal)*. B-type, RV32I and RV64I.

若寄存器 x[*rs1*]和寄存器 x[*rs2*]的值相等，把 *pc* 的值设为当前值加上符号位扩展的偏移 *offset*。

压缩形式：**c.beqz** rs1, offset



31 25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
offset[12|10:5]	rs2	rs1	000	offset[4:1|11]	1100011

---

beqz rs1, offset　　if (rs1 == 0) pc += sext(offset)

等于零时分支 *(Branch if Equal to Zero)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

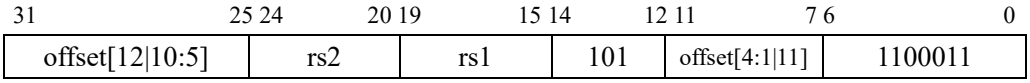
可视为 **beq** rs1, x0, offset.

---

bge rs1, rs2, offset　　if (rs1 $\geq_s$ rs2) pc += sext(offset)

大于等于时分支 *(Branch if Greater Than or Equal)*. B-type, RV32I and RV64I.

若寄存器 x[*rs1*]的值大于等于寄存器 x[*rs2*]的值（均视为二进制补码），把 *pc* 的值设为当前值加上符号位扩展的偏移 *offset*。



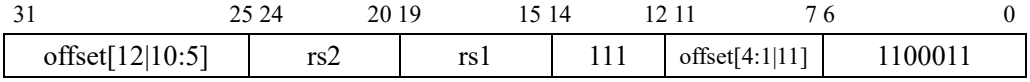
31 25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
offset[12|10:5]	rs2	rs1	101	offset[4:1|11]	1100011

---

bgeu rs1, rs2, offset　　if (rs1 $\geq_u$ rs2) pc += sext(offset)

无符号大于等于时分支 *(Branch if Greater Than or Equal, Unsigned)*. B-type, RV32I and RV64I.

若寄存器 x[*rs1*]的值大于等于寄存器 x[*rs2*]的值（均视为无符号数），把 *pc* 的值设为当前值加上符号位扩展的偏移 *offset*。



31 25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
offset[12|10:5]	rs2	rs1	111	offset[4:1|11]	1100011

---

bgez rs1, offset　　if (rs1 $\geq_s$ 0) pc += sext(offset)

大于等于零时分支 *(Branch if Greater Than or Equal to Zero)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **bge** rs1, x0, offset.

---

bgt rs1, rs2, offset　　if (rs1 $>_s$ rs2) pc += sext(offset)

大于时分支 *(Branch if Greater Than)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **blt** rs2, rs1, offset.

---

bgtu rs1, rs2, offset　　if (rs1 $>_u$ rs2) pc += sext(offset)

无符号大于时分支 *(Branch if Greater Than, Unsigned)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **bltu** rs2, rs1, offset.

---

bgtz rs1, offset　　if (rs2 $>_s$ 0) pc += sext(offset)

大于零时分支 *(Branch if Greater Than Zero)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **blt** x0, rs2, offset.

---

ble rs1, rs2, offset　　if (rs1 $\leqslant_s$ rs2) pc += sext(offset)

小于等于时分支 *(Branch if Less Than or Equal)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **bge** rs2, rs1, offset.

---

bleu rs1, rs2, offset　　if (rs1 $\leqslant_u$ rs2) pc += sext(offset)

小于等于时分支 *(Branch if Less Than or Equal, Unsigned)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **bgeu** rs2, rs1, offset.

---

blez rs2, offset　　if (rs2 $\leqslant_s$ 0) pc += sext(offset)

小于等于零时分支 *(Branch if Less Than or Equal to Zero)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **bge** x0, rs2, offset.

---

blt rs1, rs2, offset　　if (rs1 $<_s$ rs2) pc += sext(offset)

小于时分支 *(Branch if Less Than)*. B-type, RV32I and RV64I.

若寄存器 x[*rs1*]的值小于寄存器 x[*rs2*]的值（均视为二进制补码），把 *pc* 的值设为当前值加上符号位扩展的偏移 *offset*。

31 25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
offset[12|10:5]	rs2	rs1	100	offset[4:1|11]	1100011

---

bltz rs2, offset　　if (rs1 $<_s$ 0) pc += sext(offset)

小于零时分支 *(Branch if Less Than Zero)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **blt** rs1, x0, offset.

---

bltu rs1, rs2, offset　　if (rs1 $<_u$ rs2) pc += sext(offset)

无符号小于时分支 *(Branch if Less Than, Unsigned)*. B-type, RV32I and RV64I.

若寄存器 x[*rs1*]的值小于寄存器 x[*rs2*]的值（均视为无符号数），把 *pc* 的值设为当前值加上符号位扩展的偏移 *offset*。

31 25	24 20	19 15	14 12	11 7	6 0
offset[12|10:5]	rs2	rs1	110	offset[4:1|11]	1100011

---

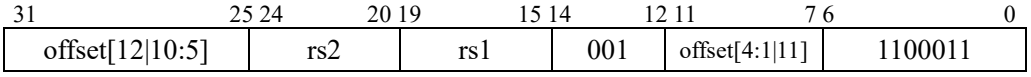
bne rs1, rs2, offset

if (rs1 ≠ rs2) pc += sext(offset)

不相等时分支 *(Branch if Not Equal)*. B-type, RV32I and RV64I.

若寄存器 x[*rs1*]和寄存器 x[*rs2*]的值不相等，把 *pc* 的值设为当前值加上符号位扩展的偏移 *offset*。

压缩形式：**c.bnez** rs1, offset



---

bnez rs1, offset

if (rs1 ≠ 0) pc += sext(offset)

不等于零时分支 *(Branch if Not Equal to Zero)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

可视为 **bne** rs1, x0, offset.

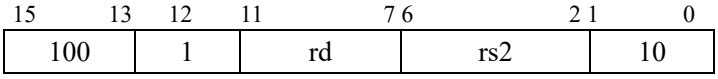
---

c.add rd, rs2

x[rd] = x[rd] + x[rs2]

加 *(Add)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **add** rd, rd, rs2. rd=x0 或 rs2=x0 时非法。



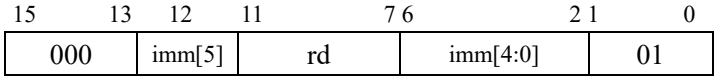
---

c.addi rd, imm

x[rd] = x[rd] + sext(imm)

加立即数 *(Add Immediate)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **addi** rd, rd, imm.



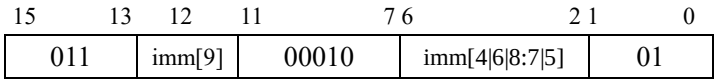
---

c.addi16sp imm

x[2] = x[2] + sext(imm)

加 16 倍立即数到栈指针 *(Add Immediate, Scaled by 16, to Stack Pointer)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **addi** x2, x2, imm. imm=0 时非法。



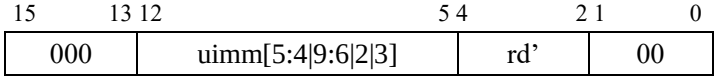
---

c.addi4spn rd', uimm

x[8+rd'] = x[2] + uimm

加 4 倍立即数到栈指针 *(Add Immediate, Scaled by 4, to Stack Pointer, Nondestructive)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **addi** rd, x2, uimm, 其中 rd=8+rd'. uimm=0 时非法。



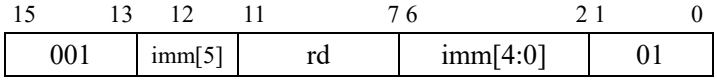
---

c.addiw rd, imm

x[rd] = sext((x[rd] + sext(imm))[31:0])

加立即数字 *(Add Word Immediate)*. RV64IC.

扩展形式为 **addiw** rd, rd, imm. rd=x0 时非法。



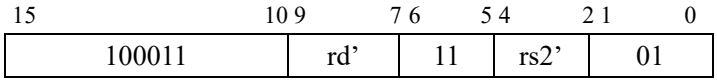
---

c.and rd', rs2'

x[8+rd'] = x[8+rd'] & x[8+rs2']

与 *(AND)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **and** rd, rd, rs2, 其中 rd=8+rd', rs2=8+rs2'.



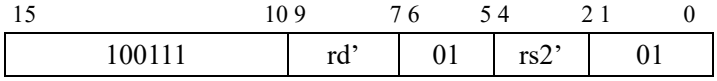
---

c.addw rd', rs2'

x[8+rd'] = sext((x[8+rd'] + x[8+rs2'])[31:0])

加字 *(Add Word)*. RV64IC.

扩展形式为 **addw** rd, rd, rs2, 其中 rd=8+rd', rs2=8+rs2'.



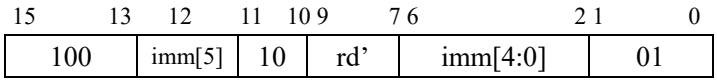
---

c.andi rd', imm

x[8+rd'] = x[8+rd'] & sext(imm)

与立即数 *(AND Immediate)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **andi** rd, rd, imm, 其中 rd=8+rd'.



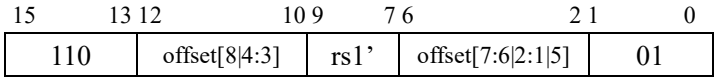
---

c.beqz rs1', offset

if (x[8+rs1'] == 0) pc += sext(offset)

等于零时分支 *(Branch if Equal to Zero)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **beq** rs1, x0, offset, 其中 rs1=8+rs1'.



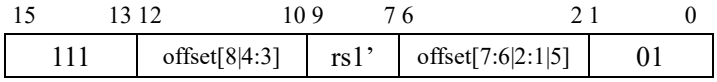
---

c.bnez rs1', offset

if (x[8+rs1'] ≠ 0) pc += sext(offset)

不等于零时分支 *(Branch if Not Equal to Zero)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **bne** rs1, x0, offset, 其中 rs1=8+rs1'.



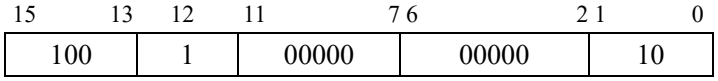
---

c.ebreak

RaiseException(Breakpoint)

环境断点 *(Environment Breakpoint)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **ebreak**.



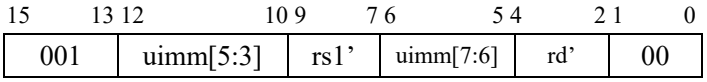
---

c.fld rd', uimm(rs1')

f[8+rd'] = M[x[8+rs1'] + uimm][63:0]

浮点双字加载 *(Floating-point Load Doubleword)*. RV32DC and RV64DC.

扩展形式为 **fld** rd, uimm(rs1), 其中 rd=8+rd', rs1=8+rs1'.



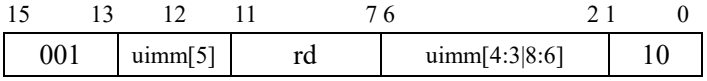
---

c.fldsp rd, uimm(x2)

f[rd] = M[x[2] + uimm][63:0]

栈指针相关浮点双字加载 *(Floating-point Load Doubleword, Stack-Pointer Relative)*. RV32DC and RV64DC.

扩展形式为 **fld** rd, uimm(x2).



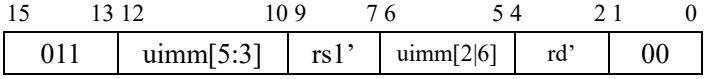
---

c.flw rd', uimm(rs1')

f[8+rd'] = M[x[8+rs1'] + uimm][31:0]

浮点字加载 *(Floating-point Load Word)*. RV32FC.

扩展形式为 **flw** rd, uimm(rs1), 其中 rd=8+rd', rs1=8+rs1'.



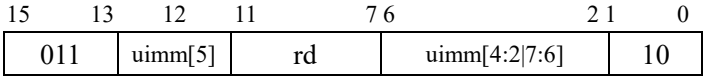
---

c.flwsp rd, uimm(x2)

f[rd] = M[x[2] + uimm][31:0]

栈指针相关浮点字加载 *(Floating-point Load Word, Stack-Pointer Relative)*. RV32FC.

扩展形式为 **flw** rd, uimm(x2).



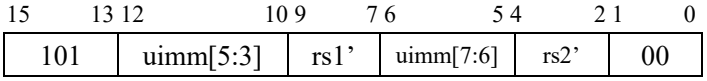
---

c.fsd rs2', uimm(rs1')

M[x[8+rs1'] + uimm][63:0] = f[8+rs2']

浮点双字存储 *(Floating-point Store Doubleword)*. RV32DC and RV64DC.

扩展形式为 **fsd** rs2, uimm(rs1), 其中 rs2=8+rs2', rs1=8+rs1'.

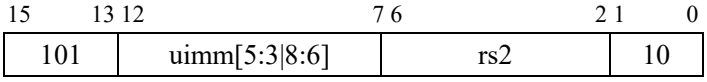


---

c.fsdsp rs2, uimm(x2)　　M[x[2] + uimm][63:0] = f[rs2]

栈指针相关浮点双字存储 *(Floating-point Store Doubleword, Stack-Pointer Relative)*. RV32DC and RV64DC.

扩展形式为 **fsd** rs2, uimm(x2).

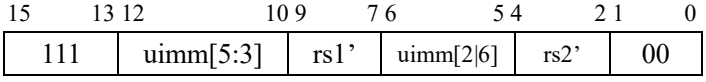


---

c.fsw rs2', uimm(rs1')　　M[x[8+rs1'] + uimm][31:0] = f[8+rs2']

浮点字存储 *(Floating-point Store Word)*. RV32FC.

扩展形式为 **fsw** rs2, uimm(rs1)，其中 rs2=8+rs2', rs1=8+rs1'.

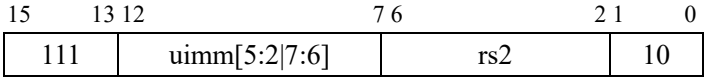


---

c.fswsp rs2, uimm(x2)　　M[x[2] + uimm][31:0] = f[rs2]

栈指针相关浮点字存储 *(Floating-point Store Word, Stack-Pointer Relative)*. RV32FC.

扩展形式为 **fsw** rs2, uimm(x2).

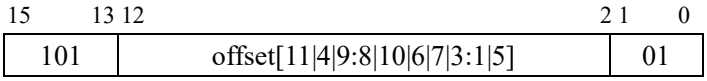


---

c.j offset　　pc += sext(offset)

跳转 *(Jump)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **jal** x0, offset.

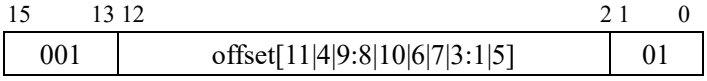


---

c.jal offset　　x[1] = pc+2; pc += sext(offset)

链接跳转 *(Jump and Link)*. RV32IC.

扩展形式为 **jal** x1, offset.

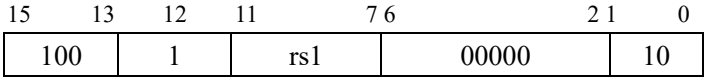


---

c.jalr rs1　　t = pc+2; pc = x[rs1]; x[1] = t

寄存器链接跳转 *(Jump and Link Register)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **jalr** x1, 0(rs1). 当 rs1=x0 时非法。



---

c.jr rs1

pc = x[rs1]

寄存器跳转 *(Jump Register)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **jalr** x0, 0(rs1). 当 rs1=x0 时非法。

15–13	12	11–7	6–2	1–0
100	0	rs1	00000	10

---

c.ld rd', uimm(rs1')

x[8+rd'] = M[x[8+rs1'] + uimm][63:0]

双字加载 *(Load Doubleword)*. RV64IC.

扩展形式为 **ld** rd, uimm(rs1), 其中 rd=8+rd', rs1=8+rs1'.

15–13	12–10	9–7	6–5	4–2	1–0
011	uimm[5:3]	rs1'	uimm[7:6]	rd'	00

---

c.ldsp rd, uimm(x2)

x[rd] = M[x[2] + uimm][63:0]

栈指针相关双字加载 *(Load Doubleword, Stack-Pointer Relative)*. RV64IC.

扩展形式为 **ld** rd, uimm(x2). rd=x0 时非法。

15–13	12	11–7	6–2	1–0
011	uimm[5]	rd	uimm[4:3|8:6]	10

---

c.li rd, imm

x[rd] = sext(imm)

立即数加载 *(Load Immediate)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **addi** rd, x0, imm.

15–13	12	11–7	6–2	1–0
010	imm[5]	rd	imm[4:0]	01

---

c.lui rd, imm

x[rd] = sext(imm[17:12] << 12)

高位立即数加载 *(Load Upper Immediate)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **lui** rd, imm. 当 rd=x2 或 imm=0 时非法。

15–13	12	11–7	6–2	1–0
011	imm[17]	rd	imm[16:12]	01

---

c.lw rd', uimm(rs1')

x[8+rd'] = sext(M[x[8+rs1'] + uimm][31:0])

字加载 *(Load Word)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **lw** rd, uimm(rs1), 其中 rd=8+rd', rs1=8+rs1'.

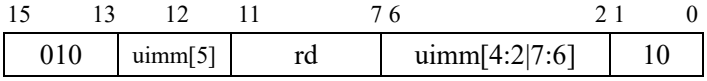
15–13	12–10	9–7	6–5	4–2	1–0
010	uimm[5:3]	rs1'	uimm[2|6]	rd'	00

---

c.lwsp rd, uimm(x2)　　x[rd] = sext(M[x[2] + uimm][31:0])

栈指针相关字加载 *(Load Word, Stack-Pointer Relative)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **lw** rd, uimm(x2). rd=x0 时非法。



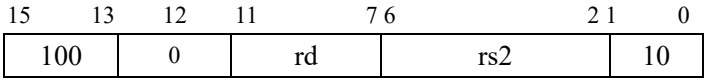
15–13	12	11–7	6–2	1–0
010	uimm[5]	rd	uimm[4:2|7:6]	10

---

c.mv rd, rs2　　x[rd] = x[rs2]

移动 *(Move)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **add** rd, x0, rs2. rs2=x0 时非法。



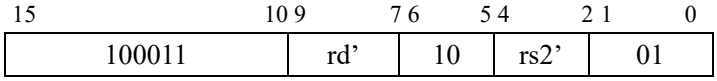
15–13	12	11–7	6–2	1–0
100	0	rd	rs2	10

---

c.or rd', rs2'　　x[8+rd'] = x[8+rd'] | x[8+rs2']

或 *(OR)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **or** rd, rd, rs2, 其中 rd=8+rd', rs2=8+rs2'.



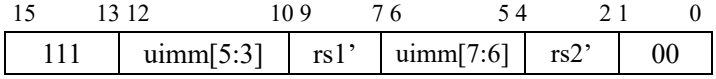
15–10	9–7	6–5	4–2	1–0
100011	rd'	10	rs2'	01

---

c.sd rs2', uimm(rs1')　　M[x[8+rs1'] + uimm][63:0] = x[8+rs2']

双字存储*(Store Doubleword)*. RV64IC.

扩展形式为 **sd** rs2, uimm(rs1), 其中 rs2=8+rs2', rs1=8+rs1'.



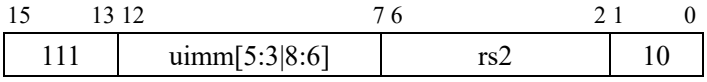
15–13	12–10	9–7	6–5	4–2	1–0
111	uimm[5:3]	rs1'	uimm[7:6]	rs2'	00

---

c.sdsp rs2, uimm(x2)　　M[x[2] + uimm][63:0] = x[rs2]

栈指针相关双字存储 *(Store Doubleword, Stack-Pointer Relative)*. RV64IC.

扩展形式为 **sd** rs2, uimm(x2).



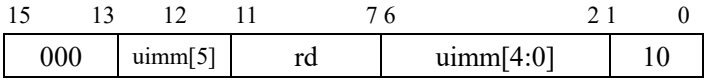
15–13	12–7	6–2	1–0
111	uimm[5:3|8:6]	rs2	10

---

c.slli rd, uimm　　x[rd] = x[rd] << uimm

立即数逻辑左移 *(Shift Left Logical Immediate)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **slli** rd, rd, uimm.



15–13	12	11–7	6–2	1–0
000	uimm[5]	rd	uimm[4:0]	10

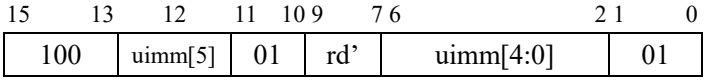
---

c.srai rd', uimm

x[8+rd'] = x[8+rd'] >>$_s$ uimm

立即数算术右移 *(Shift Right Arithmetic Immediate)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **srai** rd, rd, uimm, 其中 rd=8+rd'.



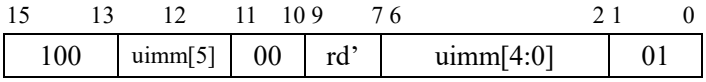
---

c.srli rd', uimm

x[8+rd'] = x[8+rd'] >>$_u$ uimm

立即数逻辑右移 *(Shift Right Logical Immediate)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **srli** rd, rd, uimm, 其中 rd=8+rd'.



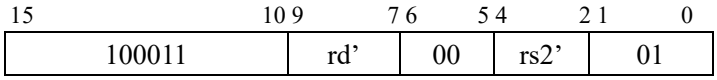
---

c.sub rd', rs2'

x[8+rd'] = x[8+rd'] - x[8+rs2']

减 *(Subtract)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **sub** rd, rd, rs2. 其中 rd=8+rd', rs2=8+rs2'. .



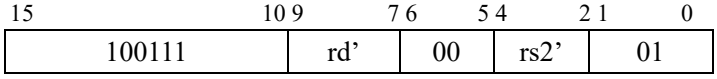
---

c.subw rd', rs2'

x[8+rd'] = sext((x[8+rd'] - x[8+rs2'])[31:0])

减字 *(Subtract Word)*. RV64IC.

扩展形式为 **subw** rd, rd, rs2. 其中 rd=8+rd', rs2=8+rs2'. .



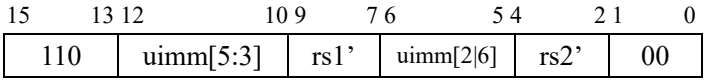
---

c.sw rs2', uimm(rs1')

M[x[8+rs1'] + uimm][31:0] = x[8+rs2']

字存储 *(Store Word)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **sw** rs2, uimm(rs1), 其中 rs2=8+rs2', rs1=8+rs1'.



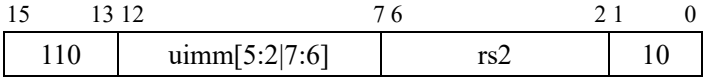
---

c.swsp rs2, uimm(x2)

M[x[2] + uimm][31:0] = x[rs2]

栈指针相关字存储 *(Store Word, Stack-Pointer Relative)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **sw** rs2, uimm(x2).



---

c.xor rd', rs2' x[8+rd'] = x[8+rd'] ^ x[8+rs2']

异或 *(Exclusive-OR)*. RV32IC and RV64IC.

扩展形式为 **xor** rd, rd, rs2, 其中 rd=8+rd', rs2=8+rs2'.

15 10	9 7	6 5	4 2	1 0
100011	rd'	01	rs2'	01

---

call rd, symbol x[rd] = pc+8; pc = &symbol

调用 *(Call)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

把下一条指令的地址（*pc*+8）写入 x[*rd*]，然后把 *pc* 设为 *symbol*。等同于 **auipc** rd, offestHi, 再加上一条 **jalr** rd, offsetLo(rd). 若省略了 *rd*，默认为 x1.

---

csrr rd, csr x[rd] = CSRs[csr]

读控制状态寄存器 *(Control and Status Register Read)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

把控制状态寄存器 *csr* 的值写入 x[*rd*]，等同于 **csrrs** rd, csr, x0.

---

csrc csr, rs1 CSRs[csr] &= ~x[rs1]

清除控制状态寄存器 *(Control and Status Register Clear)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

对于 x[*rs1*]中每一个为 1 的位，把控制状态寄存器 *csr* 的的对应位清零，等同于 **csrrc** x0, csr, rs1.

---

csrci csr, zimm[4:0] CSRs[csr] &= ~zimm

立即数清除控制状态寄存器 *(Control and Status Register Clear Immediate)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

对于五位的零扩展的立即数中每一个为 1 的位，把控制状态寄存器 *csr* 的的对应位清零，等同于 **csrrci** x0, csr, zimm.

---

csrrc rd, csr, rs1 t = CSRs[csr]; CSRs[csr] = t &~x[rs1]; x[rd] = t

读后清除控制状态寄存器 *(Control and Status Register Read and Clear)*. I-type, RV32I and RV64I.

记控制状态寄存器 *csr* 中的值为 *t*。把 *t* 和寄存器 x[*rs1*]按位与的结果写入 *csr*，再把 *t* 写入 x[*rd*]。

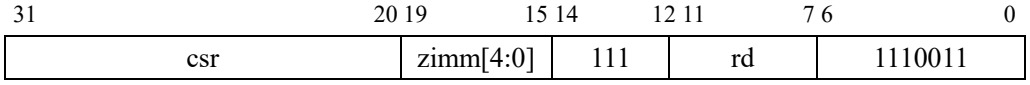
31 20	19 15	14 12	11 7	6 0
csr	rs1	011	rd	1110011

---

csrrci rd, csr, zimm[4:0]　　t = CSRs[csr]; CSRs[csr] = t &~zimm; x[rd] = t

立即数读后清除控制状态寄存器 *(Control and Status Register Read and Clear Immediate)*. I-type, RV32I and RV64I.

记控制状态寄存器 *csr* 中的值为 *t*。把 *t* 和五位的零扩展的立即数 *zimm* 按位与的结果写入 *csr*，再把 *t* 写入 x[*rd*]（*csr* 寄存器的第 5 位及更高位不变）。

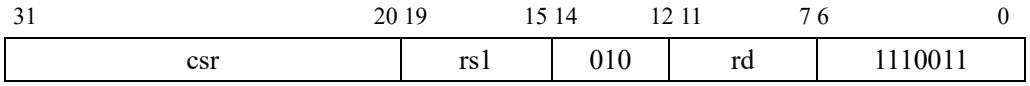


---

csrrs rd, csr, rs1　　t = CSRs[csr]; CSRs[csr] = t | x[rs1]; x[rd] = t

读后置位控制状态寄存器 *(Control and Status Register Read and Set)*. I-type, RV32I and RV64I.

记控制状态寄存器 *csr* 中的值为 *t*。把 *t* 和寄存器 x[*rs1*]按位或的结果写入 *csr*，再把 *t* 写入 x[*rd*]。

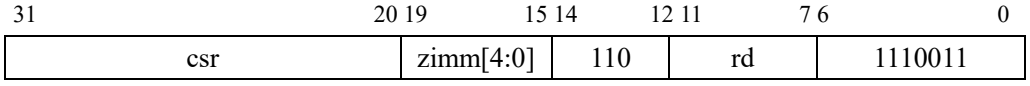


---

csrrci rd, csr, zimm[4:0]　　t = CSRs[csr]; CSRs[csr] = t | zimm; x[rd] = t

立即数读后设置控制状态寄存器 *(Control and Status Register Read and Set Immediate)*. I-type, RV32I and RV64I.

记控制状态寄存器 *csr* 中的值为 *t*。把 *t* 和五位的零扩展的立即数 *zimm* 按位或的结果写入 *csr*，再把 *t* 写入 x[*rd*]（*csr* 寄存器的第 5 位及更高位不变）。

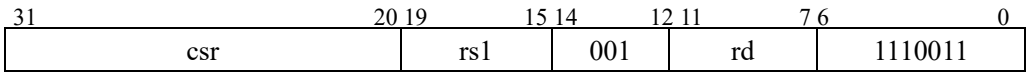


---

csrrw rd, csr, zimm[4:0]　　t = CSRs[csr]; CSRs[csr] = x[rs1]; x[rd] = t

读后写控制状态寄存器 *(Control and Status Register Read and Write)*. I-type, RV32I and RV64I.

记控制状态寄存器 *csr* 中的值为 *t*。把寄存器 x[*rs1*]的值写入 *csr*，再把 *t* 写入 x[*rd*]。

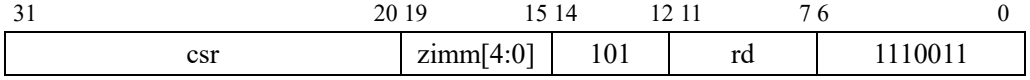


---

csrrwi rd, csr, zimm[4:0]　　x[rd] = CSRs[csr]; CSRs[csr] = zimm

立即数读后写控制状态寄存器 *(Control and Status Register Read and Write Immediate)*. I-type, RV32I and RV64I.

把控制状态寄存器 *csr* 中的值拷贝到 x[*rd*]中，再把五位的零扩展的立即数 *zimm* 的值写入 *csr*。



---

csrc csr, rs1 CSRs[csr] |= x[rs1]

置位控制状态寄存器 *(Control and Status Register Set)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

对于 x[*rs1*]中每一个为 1 的位，把控制状态寄存器 *csr* 的的对应位置位，等同于 **csrrs** x0, csr, rs1.

---

csrci csr, zimm[4:0] CSRs[csr] |= zimm

立即数置位控制状态寄存器 *(Control and Status Register Set Immediate)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

对于五位的零扩展的立即数中每一个为 1 的位，把控制状态寄存器 *csr* 的的对应位清零，等同于 **csrrsi** x0, csr, zimm.

---

csrw csr, rs1 CSRs[csr] = x[rs1]

写控制状态寄存器 *(Control and Status Register Set)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

对于 x[*rs1*]中每一个为 1 的位，把控制状态寄存器 *csr* 的的对应位置位，等同于 **csrrs** x0, csr, rs1.

---

csrwi csr, zimm[4:0] CSRs[csr] = zimm

立即数写控制状态寄存器 *(Control and Status Register Write Immediate)*. 伪指令(Pesudoinstruction), RV32I and RV64I.

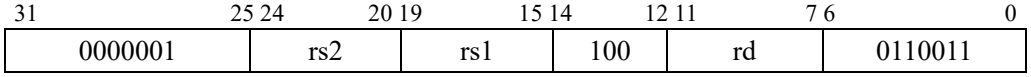
把五位的零扩展的立即数的值写入控制状态寄存器 *csr* 的，等同于 **csrrwi** x0, csr, zimm.

---

div rd, rs1, rs2 $x[rd] = x[rs1] \div_s x[rs2]$

除法*(Divide)*. R-type, RV32M and RV64M.

用寄存器 x[*rs1*]的值除以寄存器 x[*rs2*]的值，向零舍入，将这些数视为二进制补码，把商写入 x[*rd*]。

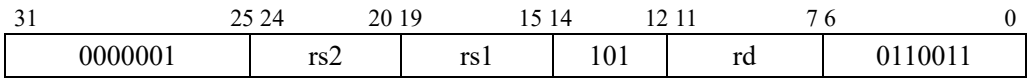


---

divu rd, rs1, rs2 $x[rd] = x[rs1] \div_u x[rs2]$

无符号除法*(Divide, Unsigned)*. R-type, RV32M and RV64M.

用寄存器 x[*rs1*]的值除以寄存器 x[*rs2*]的值，向零舍入，将这些数视为无符号数，把商写入 x[*rd*]。



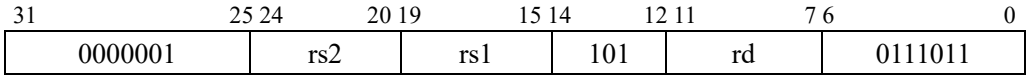
---

divuw rd, rs1, rs2

x[rd] = sext(x[rs1][31:0] $\div_u$ x[rs2][31:0])

无符号字除法(Divide Word, Unsigned). R-type, RV64M.

用寄存器 x[*rs1*]的低 32 位除以寄存器 x[*rs2*]的低 32 位，向零舍入，将这些数视为无符号数，把经符号位扩展的 32 位商写入 x[*rd*]。



31–25	24–20	19–15	14–12	11–7	6–0
0000001	rs2	rs1	101	rd	0111011

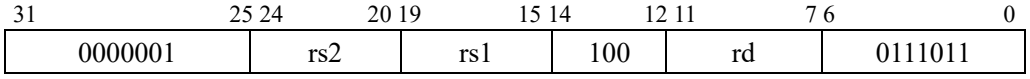
---

divw rd, rs1, rs2

x[rd] = sext(x[rs1][31:0] $\div_s$ x[rs2][31:0])

字除法(Divide Word). R-type, RV64M.

用寄存器 x[*rs1*]的低 32 位除以寄存器 x[*rs2*]的低 32 位，向零舍入，将这些数视为二进制补码，把经符号位扩展的 32 位商写入 x[*rd*]。



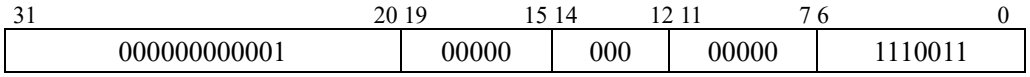
31–25	24–20	19–15	14–12	11–7	6–0
0000001	rs2	rs1	100	rd	0111011

Ebreak

RaiseException(Breakpoint)

环境断点 (Environment Breakpoint). I-type, RV32I and RV64I.

通过抛出断点异常的方式请求调试器。



31–20	19–15	14–12	11–7	6–0
000000000001	00000	000	00000	1110011

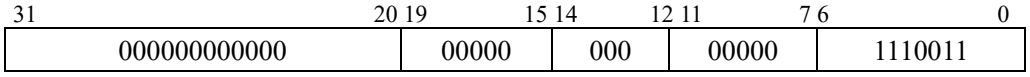
---

ecall

RaiseException(EnvironmentCall)

环境调用 (Environment Call). I-type, RV32I and RV64I.

通过引发环境调用异常来请求执行环境。



31–20	19–15	14–12	11–7	6–0
000000000000	00000	000	00000	1110011

---

fabs.d rd, rs1

f[rd] = |f[rs1]|

浮点数绝对值 (Floating-point Absolute Value). *伪指令*(Pesudoinstruction), RV32D and RV64D.

把双精度浮点数 f[*rs1*]的绝对值写入 f[*rd*]。

等同于 **fsgnjx.d** rd, rs1, rs1.

---

fabs.s rd, rs1

f[rd] = |f[rs1]|

浮点数绝对值 (Floating-point Absolute Value). *伪指令*(Pesudoinstruction), RV32F and RV64F.

把单精度浮点数 f[*rs1*]的绝对值写入 f[*rd*]。

等同于 **fsgnjx.s** rd, rs1, rs1.
