T/20 TESSERA-20

CONJUNTO DE INSTRUÇÕES

REGISTRADORES

16 × 20 bits

r0 zero	constante zero
r1 ra	endereço de retorno
r2 sp	ponteiro da pilha
r3 a0	argumento 1 / retorno
r4 a1	argumento 2
r5 a2	argumento 3
r6 a3	argumento 4
r7 t0	temporário
r8 t1	temporário
r9 t2	temporário
r10 t3	temporário
r11 t4	temporário
r12 s0	preservado
r13 s1	preservado
r14 s2	preservado
r15 s3	preservado

FORMATOS

20 bits

R	op | rd | rs1 | rs2 | funct
M	op | rd | rs1 | rs2 | rs3
I	op | rd/rs2 | rs1 | imm8
B	op | rs2 | rs1 | off8
J	op | rd | imm12

op ocupa [19:16]. R e M: 4+4+4+4+4 bits. I e B: 4+4+4+8. J: 4+4+12.

GRUPO R

op = 0

0 ADD	rd = rs1 + rs2
1 SUB	rd = rs1 − rs2
2 MUL	rd = low20(rs1 × rs2)
3 AND	rd = rs1 & rs2
4 OR	rd = rs1 | rs2
5 XOR	rd = rs1 ^ rs2
6 SLT	rd = (rs1 < rs2), com sinal
7 SLTU	rd = (rs1 < rs2), sem sinal
8 SLL	deslocamento à esquerda
9 SRL	deslocamento lógico à direita
A SRA	deslocamento aritmético à direita

IMEDIATOS E MEMÓRIA

ADDI	rd = rs1 + sext8(imm)
ANDI	rd = rs1 & zext8(imm)
ORI	rd = rs1 | zext8(imm)
LUI	rd = imm12 << 8
LW	rd = RAM[rs1 + sext8(imm)]
SW	RAM[rs1 + sext8(imm)] = rs2

ESPECIAL

MADD rd,rs1,rs2,rs3: rd = low20(rs1 × rs2 + rs3).
HALT: somente E0000 é válido.

DESVIOS E SALTOS

Desvios: PC + 1 + offset (em palavras). Se não tomar o desvio: PC + 1.

BEQ	rs1 = rs2
BNE	rs1 ≠ rs2
BLT	rs1 < rs2, com sinal
BGE	rs1 ≥ rs2, com sinal

JAL: rd = PC + 1; PC = PC + 1 + sext12(off).

JALR: rd = PC + 1; PC = rs1_antigo + sext8(imm).

MAPA DOS OPCODES

0 ALU	8 BLT	1 ADDI	9 BGE
2 ANDI	A JAL	3 ORI	B JALR
4 LW	C LUI	5 SW	D MADD
6 BEQ	E HALT	7 BNE	F reservado

IMEDIATOS E LIMITES

8 bits com sinal: −128 a 127.
8 bits sem sinal: 0 a 255.
12 bits com sinal: −2.048 a 2.047.
LUI (12 bits): 0 a 4.095.

EXEMPLOS DE CODIFICAÇÃO

5 dígitos hex

`ADD r3,r4,r5`	03450
`SW ra,1(sp)`	51201
`BEQ r3,r4,-3`	643FD
`JAL ra,15`	A100F
`LUI r5,0xABC`	C5ABC
`ORI r5,r5,0xDE`	355DE
`MADD s0,a0,a1,s0`	DC34C
`HALT`	E0000

PSEUDO-INSTRUÇÕES

NOP	ADD zero,zero,zero
MOV rd,rs	ADD rd,rs,zero
RET	JALR zero,0(ra)
J label	JAL zero,label
CALL label	JAL ra,label
LI rd,valor	ADDI / ORI / LUI / LUI+ORI

MONTAGEM

Offset de rótulo = destino − (PC + 1).
Desvio: −128 a 127 palavras.
JAL: −2.048 a 2.047 palavras.
Imediatos fora da faixa geram erro.

CONVENÇÃO DE CHAMADAS

a0..a3: quatro primeiros argumentos; retorno em a0.
ra: caller preserva quando necessário.
t0..t4: temporários, não preservados.
s0..s3: preservados pelo callee.
sp: deve voltar ao valor de entrada.

PILHA

Pilha por palavras, crescendo para endereços menores. Inicializar sp = 0x01000 no perfil SC-4K.

```
LUI  sp,0x010
ADDI sp,sp,-2
SW   ra,1(sp)
SW   s0,0(sp)
LW   s0,0(sp)
LW   ra,1(sp)
ADDI sp,sp,2
JALR zero,0(ra)
```

RAM DE DADOS

SC-4K

000..7FF	dados e matrizes
800..BFF	área temporária
C00..FFF	pilha
1000	sp inicial (fora da RAM)

Mapa de software. O hardware verifica somente o limite físico de 4.096 palavras.

REGRAS DE EXECUÇÃO

- Palavras, instruções e registradores de 20 bits.
- Aritmética módulo 2^{20}; nenhuma flag de overflow.
- r0 sempre lê zero; escritas em r0 são ignoradas.
- SLL, SRL e SRA usam rs2[4:0]. Para n ≥ 20: SLL e SRL = 0; SRA replica o sinal.
- ROM e RAM separadas, endereçadas por palavra.
- O próximo PC sequencial é PC + 1.

ESTADOS E FALHAS

RUN	executando
HALTED	parada normal por HALT
FAULT	parada por erro; sem escrita
ILLEGAL (1)	codificação inválida
FETCH_OOB (2)	PC fora da ROM
DATA_OOB (3)	endereço fora da RAM

HALTED e FAULT são liberados apenas por reset. Um salto fora da ROM só falha na busca seguinte.