

| Instruções da Máquina Nativa                                |                              | Instruções da Máquina Virtual                   |                          | DETI-UA - ACI |
|---|------------------------------|---|--------------------------|---------------|
| Transferência Memória-Registro ( <i>Load</i> )              |                              | Transferência Memória-Registro ( <i>Load</i> )  |                          |               |
| lb        Rdst, addr  | add      Rdst, Rsrc1, Rsrc2  | l.d      FPdst, addr                            | b        Label           |               |
| lbu      Rdst, addr   | addi     Rdst, Rsrc, Imm     | l.s      FPdst, addr                            | beqz    Rsrc, Label      |               |
| lw       Rdst, addr   | addiu    Rdst, Rsrc, Imm     |   | bge     Rsrc, Src, Label |               |
| lwcz     CReg, addr   | addu     Rdst, Rsrc1, Rsrc2  |   | bgeu    Rsrc, Src, Label |               |
|   | div       Rsrc1, Rsrc2       |   | bgt     Rsrc, Src, Label |               |
|   | divu      Rsrc1, Rsrc2       |   | bgtu    Rsrc, Src, Label |               |
|   | mult      Rsrc1, Rsrc2       |   | ble     Rsrc, Src, Label |               |
|   | multu     Rsrc1, Rsrc2       |   | bleu    Rsrc, Src, Label |               |
|   | sub       Rdst, Rsrc1, Rsrc2 |   | blt     Rsrc, Src, Label |               |
|   | subu      Rdst, Rsrc1, Rsrc2 |   | bltu    Rsrc, Src, Label |               |
|   |                              |   | bnez    Rsrc, Label      |               |
| Transferência Registro-Memória ( <i>Store</i> )             |                              | Transferência Registro-Memória ( <i>Store</i> ) |                          |               |
| sb        Rsrc, addr  | mult      Rsrc1, Rsrc2       |   |                          |               |
| sw        Rsrc, addr  | multu     Rsrc1, Rsrc2       |   |                          |               |
| swcz     Creg, addr   | sub       Rdst, Rsrc1, Rsrc2 |   |                          |               |
|   | subu      Rdst, Rsrc1, Rsrc2 |   |                          |               |
| Transferência Registro-Registro ( <i>Move</i> )             |                              | Transferência Registro-Registro ( <i>Move</i> ) |                          |               |
| mfhi      Rdst  | and       Rdst, Rsrc1, Rsrc2 | move     Rdst, Rsrc                             |                          |               |
| mflo      Rdst  | andi      Rdst, Rsrc, Imm    |   |                          |               |
| mthi      Rsrc  | nor       Rdst, Rsrc1, Rsrc2 |   |                          |               |
| mtlo      Rsrc  | or        Rdst, Rsrc1, Rsrc2 |   |                          |               |
| mfcz      Rdst, Creg  | ori       Rdst, Rsrc, Imm    |   |                          |               |
| mtcz      Rsrc, Creg  | xor       Rdst, Rsrc1, Rsrc2 |   |                          |               |
| mov.d     FPdst, FPsrc                                      | xori      Rdst, Rsrc, Imm    |   |                          |               |
| mov.s     FPdst, FPsrc                                      |                              |   |                          |               |
| Manipulação de Const. ( <i>Load Immediate</i> )             |                              | Manipulação de Const. ( <i>Load Imm/sym</i> )   |                          |               |
| lui        Rdst, Imm  |                              | la        Rdst, sym                             |                          |               |
|   |                              | li        Rdst, IMM                             |                          |               |
|   |                              | l.d      FPdst, sym                             |                          |               |
|   |                              | l.s      FPdst, sym                             |                          |               |
| Instruções de Comparação                                    |                              | Cálculo c/ Inteiros: Op. Aritméticas            |                          |               |
| slt        Rdst, Rsrc1, Rsrc2                               |                              | abs      Rdst, Rsrc                             |                          |               |
| sltu      Rdst, Rsrc1, Rsrc2                                |                              | div      Rdst, Rsrc, Src                        |                          |               |
| slti      Rdst, Rsrc, Imm                                   |                              | divu     Rdst, Rsrc, Src                        |                          |               |
| sltiu     Rdst, Rsrc, Imm                                   |                              | mul      Rdst, Rsrc, Src                        |                          |               |
|   |                              | mulo     Rdst, Rsrc, Src                        |                          |               |
|   |                              | mulou    Rdst, Rsrc, Src                        |                          |               |
|   |                              | neg      Rdst, Rsrc                             |                          |               |
|   |                              | negu     Rdst, Rsrc                             |                          |               |
|   |                              | rem      Rdst, Rsrc, Src                        |                          |               |
|   |                              | remu     Rdst, Rsrc, Src                        |                          |               |
| Salto Relativo ( <i>Branch</i> ) e Absoluto ( <i>Jump</i> ) |                              | Cálculo c/ Inteiros: Op. Lógicas Bitwise        |                          |               |
| bczf      Label   |                              | not      Rdst, Rsrc                             |                          |               |
| bczt      Label   |                              |   |                          |               |
| beq       Rsrc1, Rsrc2, Label                               |                              |   |                          |               |
| bgez      Rsrc, Label                                       |                              |   |                          |               |
| bgezal    Rsrc, Label                                       |                              |   |                          |               |
| bgtz      Rsrc, Label                                       |                              |   |                          |               |
| blez      Rsrc, Label                                       |                              |   |                          |               |
| bltz      Rsrc, Label                                       |                              |   |                          |               |
| bltzal    Rsrc, Label                                       |                              |   |                          |               |
| bne       Rsrc1, Rsrc2, Label                               |                              |   |                          |               |
| j        Label  |                              |   |                          |               |
| jal       Label   |                              |   |                          |               |
| jalr      Rsrc  |                              |   |                          |               |
| jr        Rsrc  |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   |                              |   |                          |               |
|   | </                           |   |                          |               |

| Tabela III: Notação |   |                            |  |
|---------------------|---|----------------------------|--|
| <b>Imm</b>          | Valor imediato (constante) de 16 bits         | <b>addr</b>                | Endereço na forma <b>Imm(Rsrc) = (Rsrc) + Imm</b>  |
| <b>IMM</b>          | Valor imediato de 32 bits                     | <b>B<sub>k</sub>(Rsrc)</b> | <b>Byte</b> índice <b>k</b> de <b>Rsrc</b>         |
| <b>Rsrc(1,2)</b>    | Registo fonte (1 ou 2)                        | <b>FPdst</b>               | Registo destino do coprocessador aritmético        |
| <b>(Rsrc)</b>       | Conteúdo de <b>Rsrc</b>                       | <b>FPsrc(1,2)</b>          | Registo fonte do coprocessador aritmético (1 ou 2) |
| <b>Rdst</b>         | Registo destino                               | <b>C<sub>z</sub></b>       | Coprocessador nº <b>z</b>                          |
| <b>CReg</b>         | Registo do Coprocessador <b>C<sub>z</sub></b> | <b>Src</b>                 | <b>Rsrc</b> ou <b>IMM</b>                          |
| <b>sym</b>          | Endereço do símbolo (label) sym               |                            |  |
|                     |   |                            |  |

| Tabela IV: <i>System Calls</i> do MARS                     |      |                           |         |
|--|------|---------------------------|---------|
| Protótipo equivalent em C                                  | \$v0 | Parâmetros de entrada     | Retorno |
| <b>void</b> print_int10( <b>int</b> value)                 | 1    | \$a0 = int                |         |
| <b>void</b> print_float( <b>float</b> value)               | 2    | \$f12 = float             |         |
| <b>void</b> print_double( <b>double</b> value)             | 3    | \$f12 = double            |         |
| <b>void</b> print_string( <b>char</b> *str)                | 4    | \$a0 = string             |         |
| <b>int</b> read_int( <b>void</b> )                         | 5    |                           | \$v0    |
| <b>float</b> read_float( <b>void</b> )                     | 6    |                           | \$f0    |
| <b>double</b> read_double( <b>void</b> )                   | 7    |                           | \$f0    |
| <b>void</b> read_string( <b>char</b> *buf, <b>int</b> len) | 8    | \$a0 = buf, \$a1 = length |         |
| <b>void</b> *sbrk( <b>int</b> amount)                      | 9    | \$a0 = amount             | \$v0    |
| <b>void</b> exit( <b>void</b> )                            | 10   |                           |         |
| <b>void</b> print_char( <b>char</b> value)                 | 11   | \$a0 = character          |         |
| <b>char</b> read_char( <b>void</b> )                       | 12   |                           | \$v0    |
| <b>void</b> print_int16( <b>unsigned int</b> value)        | 34   | \$a0                      |         |
| <b>void</b> print_int2( <b>unsigned int</b> value)         | 35   | \$a0                      |         |
| <b>void</b> print_intu10( <b>unsigned int</b> value)       | 36   | \$a0                      |         |

| Tabela V - Directivas do Assembler                        |  |
|---|--|
| Directivas  | Descrição  |
| <b>Para controlo dos Segmentos</b>                        |  |
| .data [address]   | Coloca os próximos itens no segmento de dados do utilizador (opcionalmente a partir de <i>address</i> ).         |
| .text [address]   | Coloca os próximos itens no segmento de código do utilizador (opcionalmente a partir de <i>address</i> ).        |
| .kdata [address]  | Coloca os próximos itens no segmento de dados do <i>kernel</i> (opcionalmente a partir de <i>address</i> ).      |
| .ktext [address]  | Coloca os próximos itens no segmento de código do <i>kernel</i> (opcionalmente a partir de <i>address</i> ).     |
| <b>Para criação de constantes e variáveis em memória:</b> |  |
| .ascii str  | Armazena uma <i>string</i> em memória sem lhe acrescentar o terminador '\0'.                                     |
| .eqv label, valor   | Substitui todas as ocorrências de <i>label</i> no programa por <i>valor</i> .                                    |
| .asciiz str   | Armazena uma <i>string</i> em memória acrescentando-lhe o terminador '\0'.                                       |
| .byte b <sub>1</sub> , ..., b <sub>n</sub>                | Armazena as grandezas de 8 bits b <sub>1</sub> , ..., b <sub>n</sub> em sucessivos bytes de memória.             |
| .half h <sub>1</sub> , ..., h <sub>n</sub>                | Armazena as grandezas de 16 bits h <sub>1</sub> , ..., h <sub>n</sub> em sucessivas meias palavras de memória.   |
| .word w <sub>1</sub> , ..., w <sub>n</sub>                | Armazena as grandezas de 32 bits w <sub>1</sub> , ..., w <sub>n</sub> em sucessivas palavras de memória.         |
| .float f <sub>1</sub> , ..., f <sub>n</sub>               | Armazena f <sub>1</sub> , ..., f <sub>n</sub> em vírgula flutuante, precisão simples (32 bits) no seg. de dados. |
| .double d <sub>1</sub> , ..., d <sub>n</sub>              | Armazena d <sub>1</sub> , ..., d <sub>n</sub> em vírgula flutuante, precisão dupla (64 bits) no seg. de dados.   |
| .space n  | Reserva <i>n</i> bytes no segmento de dados, sem inicializar   |
| <b>Para controlo do alinhamento:</b>                      |  |
| .align n  | Alinha o próximo item num endereço múltiplo de 2 <sup>n</sup> .  |
| <b>Para referências externas:</b>                         |  |
| .globl sym  | Declara que o símbolo sym é global e pode ser referenciado em outros ficheiros.                                  |
| .extern sym size  | Declara que o item associado a sym ocupa size bytes e é um símbolo global.                                       |