1. **CPU指令集**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指令格式 | 汇编语句 | 操作数个数 | CZVS | 类型 | 功能说明 |
| 0000DRSR | ADD DR,SR | 2 | \*\*\*\* |  | DR<-DR+SR |
| 0001DRSR | SUB DR,SR | 2 | \*\*\*\* |  | DR<-DR-SR |
| 0010DRSR | AND DR,SR | 2 | \*\*\*\* |  | DR<-DR and SR |
| 0011DR00 | NEG DR | 1 | \*\*\*\* |  | DR<-0-DR |
| 0100DR00 | ROL DR | 1 | \*… | A | DR循环左移 |
| 0101DR00 | ROR DR | 1 | \*… | 组 | DR循环右移 |
| 0110DR00 | RCL DR | 1 | \*… | 指 | DR带进位循环左移 |
| 0111DR00 | RCR DR | 1 | \*… | 令 | DR带进位循环右移 |
| 1000OFFSET | JR ADR | 1 | …. |  | 无条件跳转 |
| 1001OFFSET | JRC ADR | 1 | …. |  | C=1时跳转 |
| 10100000 | STC | 1 | 1… |  | C=1 |
| 10110000 | CLC | 1 | 0… |  | C=0 |
| 11000000ADR | JMPA ADR | 1 | …. | B | 无条件跳转到ADR |
| 1110DRSR | LDRR DR,[SR] | 2 | …. | 组 | DR<-[SR] |
| 1111DRSR | STRR [DR],SR | 2 | …. | 指 | [DR]<-SR |
| 1101DR00 | MVRD DR,DATA | 2 | …. | 令 | DR<-DATA |

表 1 CPU指令集

1. **控制信号集**

| 节拍 | 指令 | 编码 | Sci | SST | I7I6 | I5I4I3 | I2I1I0 | /WR | REC | 注释 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 000 |  |  | 01 | 11 | 10 | 100 | 000 | 1 | 01 | AR<-PC,PC<-PC+1 |
| 001 |  |  | 00 | 11 | 00 | 000 | 000 | 1 | 10 | IR<-MEM |
| 011 | ADD | 0000 | 00 | 00 | 01 | 000 | 000 | 1 | 00 | DR <- DR+SR |
|  | SUB | 0001 | 00 | 00 | 01 | 000 | 001 | 1 | 00 | DR <- DR-SR |
|  | AND | 0010 | 00 | 00 | 01 | 000 | 010 | 1 | 00 | DR <- DR and SR |
|  | NEG | 0011 | 00 | 00 | 01 | 000 | 111 | 1 | 00 | DR <- 0-DR |
|  | ROL | 0100 |  | 00 | 01 | 010 | 011 | 1 | 00 | DR循环左移 |
|  | ROR | 0101 | 00 | 00 | 01 | 010 | 100 | 1 | 00 | DR 循环右移 |
|  | RCL | 0110 | 10 | 00 | 01 | 010 | 101 | 1 | 00 | DR带进位循环左移 |
|  | RCR | 0111 | 10 | 00 | 01 | 010 | 110 | 1 | 00 | DR带进位循环右移 |
|  | JR | 1000 | 00 | 11 | 10 | 011 | 000 | 1 | 00 | PC <- OFFSET+PC |
|  | JRC | 1001 | 00 | 11 | C0 | 011 | 000 | 1 | 00 | PC <- OFFSET+PC |
|  | STC | 1010 | 00 | 10 | 00 | 000 | 000 | 1 | 00 | C=1 |
|  | CLC | 1011 | 00 | 01 | 00 | 000 | 000 | 1 | 00 | C=0 |
| 101 | JMPA | 1100 | 01 | 11 | 10 | 100 | 000 | 1 | 01 | AR<-PC,PC<-PC+1 |
|  | MVRD | 1101 | 01 | 11 | 10 | 100 | 000 | 1 | 01 | AR<-PC,PC<-PC+1 |
|  | LDRR | 1110 | 00 | 11 | 00 | 001 | 000 | 1 | 11 | AR<-SR |
|  | STRR | 1111 | 00 | 11 | 00 | 010 | 000 | 1 | 11 | AR<-DR |
| 111 | JMPA | 1100 | 00 | 11 | 10 | 101 | 000 | 1 | 00 | PC<-MEM |
|  | MVRD | 1101 | 00 | 11 | 01 | 101 | 000 | 1 | 00 | DR<-MEM |
|  | LDRR | 1110 | 00 | 11 | 01 | 101 | 000 | 1 | 00 | DR<-MEM |
|  | STRR | 1111 | 00 | 11 | 00 | 001 | 000 | 0 | 00 | MEM<-SR |

（表中的I7对应pc\_en，I6对应reg\_en，I5I4I3对应alu\_in\_sel，I2I1I0对应alu\_func\_sel）

表 2 指令的控制信号集

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ALU\_IN\_SEL | ALU\_A | ALU\_B |
| 000 | SR | DR |
| 001 | SR | 0 |
| 010 | 0 | DR |
| 011 | OFFSET | PC |
| 100 | 0 | PC |
| 101 | 0 | DATA |

表 3 ALU\_IN\_SEL控制信号

|  |  |
| --- | --- |
| ALU\_FUNC\_SEL | 功能 |
| 000 | A+B+Cin |
| 001 | A-B-Cin |
| 010 | A与B |
| 011 | B循环左移 |
| 100 | B循环右移 |
| 101 | B带进位循环左移 |
| 110 | B带进位循环右移 |
| 111 | B求补 |

表 4 ALU\_FUNC\_SEL控制信号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SEL输入 | REG\_SEL输入 | REG\_OUT输出 |
| 00 | 00-03 | 输出00-03号寄存器内容 |
| 01 | 00 | 扩展后的8位OFFSET |
| 01 | ALU\_A输入 |
| 10 | ALU\_B输入 |
| 11 | ALU\_OUT运算结果输出 |
| 11 | 00 | reg\_testa寄存器输出 |
| 01 | reg\_testb寄存器输出 |
| 10 | PC |
| 11 | IR |

表 5 SEL、REG\_SEL控制信号

REG\_TESTA输出

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 4 | 3 | 2 0 |

0 TIMER 0 ALU\_FUNC

REG\_TESTB输出

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 6 4 | 3 2 | 1 | 0 |

ALU\_INPUT\_Cin ALU\_IN\_SEL REC pc\_en reg\_en

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| SST | C | Z | V | S |
| 00 | 接受ALU的运算结果 | | | |
| 01 | 0 | Z | V | S |
| 10 | 1 | Z | V | S |
| 11 | C | Z | V | S |

表 6 SST控制信号

|  |  |
| --- | --- |
| SCI | Cin |
| 00 | 0 |
| 01 | 1 |
| 10 | FLAG\_C |

表 7 SCI控制信号

|  |  |
| --- | --- |
| REC | 操作 |
| 00 | 无操作 |
| 01 | AR接收PC |
| 11 | AR接收ALU输出 |
| 10 | IR接收 |

表 8 REC控制信号

1. **测试代码**

测试集代码：

MAIN: MVRD R0,25

MVRD R1,6

NEG R0

NEG R1

ROL R0

ROR R1

STC

RCL R0

STC

RCR R1

初始赋值：

R0 ：0001 1001

R1 ：0000 0110

执行指令NEG R0

NEG R1

R0 ：1110 0111

R1 ：1111 1010

执行指令ROL R0

ROR R1

R0 ：1100 1111

R1 ：0111 1101

标志位C：0🡪1🡪0

执行指令STC

RCL R0

STC

RCR R1

标志位C：0🡪1

R0 ：1001 1111

标志位C：1🡪1

标志位C：1🡪1

R1 ：1011 1110

标志位C：1🡪1

新增的5条指令测试结果皆正确。