MIPS-C 指令集 (版本: 1.0)

文档编号: COCO01

高小鹏 北京航空航天大学计算机学院 2014年

# 修订记录

正式发布 1.0 版。

# 目录

A	.1 Ml	IPS-C 指令表	5
A	.2 MI	IPS-C 指令图	7
A	.3 指	令详解(按字母排列)	3
	1.	ADD: 符号加8	3
	2.	ADDI: 符号加立即数 8	3
	3.	ADDIU: 无符号加立即数8	3
	4.	ADDU: 无符号加	9
	5.	AND: 与9	9
	6.	ANDI: 与立即数	9
	7.	BEQ: 相等时转移10	)
	8.	BGEZ: 大于等于 0 时转移10	)
	9.	BGTZ: 大于 0 时转移10	)
	10.	BLEZ: 小于等于 0 时转移10	)
	11.	BLTZ: 小于 0 时转移12	1
	12.	BNE: 不等于时转移12	1
	13.	BREAK: 断点12	1
	14.	DIV: 符号除12	2
	15.	DIVU: 无符号除	2
	16.	ERET: 异常返回12	2
	17.	J: 跳转13	3
	18.	JAL: 跳转并链接13	3
	19.	JALR: 跳转并链接 13	3
	20.	JR: 跳转至寄存器 14	1
	21.	LB: 加载字节14	1
	22.	LBU: 加载无符号字节14	1
	23.	LH: 加载半字14	1

24.	LHU: 加载无符号半字15
25.	LUI: 立即数加载至高位15
26.	LW: 加载字15
27.	MFCO: 读 CPO 寄存器16
28.	MFHI: 读 HI 寄存器16
29.	MFLO: 读 LO 寄存器16
30.	MTCO: 写 CPO 寄存器16
31.	MTHI: 写 HI 寄存器
32.	MTLO: 写 LO 寄存器
33.	MULT: 符号乘
34.	MULTU: 无符号乘
35.	NOR: 或非
36.	OR: 或18
37.	ORI: 或立即数
38.	SB: 存储字节
39.	SH: 存储半字节19
40.	SLL: 逻辑左移
41.	SLLV: 逻辑可变左移
42.	SLT: 小于置 1(有符号)
43.	SLTI: 小于立即数置 1(有符号)
44.	SLTIU: 小于立即数置 1(无符号)
45.	SLTU: 小于置 1(无符号)
46.	SRA: 算术右移
47.	SRAV: 算术可变右移
48.	SRL: 逻辑右移
49.	SRLV: 逻辑可变右移
50.	SUB: 符号减
51.	SUBU: 无符号减
52.	SW: 存储字23
53.	SYSCALL: 系统调用

54.	XOR: 异或	24
55.	XORI: 异或立即数2	24

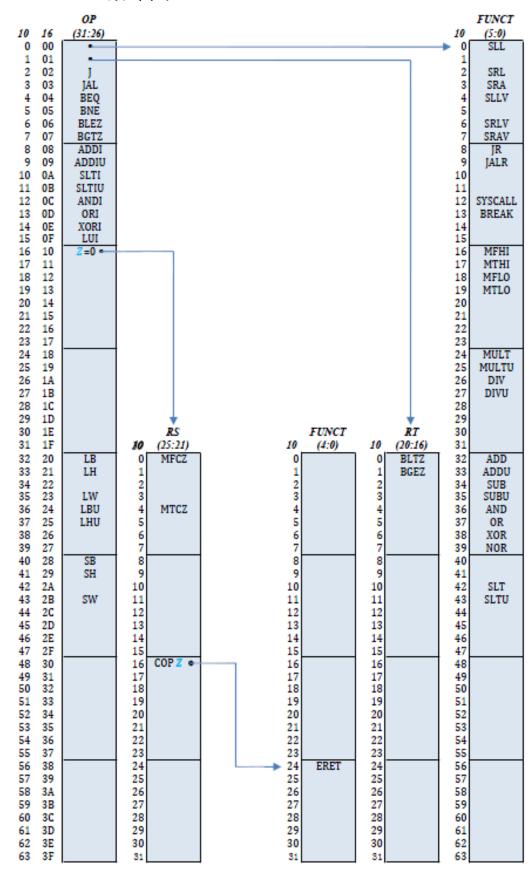
# A.1 MIPS-C 指令表

本附录从 MIPS32 指令集中选择了一些常用指令构成了 MIPS-C 指令集。MIPS-C 可以支持除浮点运算外的绝大多数定点类程序的运行,并且提供了包括 CPO、异常处理等指令,可以支持简单的操作系统的运行。MIPS-C 指令集共包括 55 条指令。从更细致的功能角度,MIPS-C 被划分为 9 个子类。

功能 分类	助记符	功能	OPCODE/ FUNCT (16 进制)	(VorilogUDL 语法性法)
	LB	加载字节	20H	<pre>R[rt] = {24{Mem[GPR[rs]+sign_ext(offset)][7]},</pre>
	LBU	加载字节 (无符号)	24H	<pre>R[rt] = {24'b0, Mem[GPR[rs]+</pre>
加载	LH	加载半字	21H	<pre>R[rt] = {16{Mem[GPR[rs]+sign_ext(offset)][15]},</pre>
	LHU	加载半字 (无符号)	25Н	<pre>R[rt] = {16'b0, Mem[GPR[rs]+</pre>
	LW	加载字	23Н	R[rt] = Mem[GPR[rs]+sign_ext(offset)]
	SB	存储字节	28H	<pre>Mem[GPR[rs]+sign_ext(offset)][7:0] = R[rt][7:0]</pre>
保存	SH	存储半字	29Н	<pre>Mem[GPR[rs]+sign_ext(offset)][15:0] =</pre>
	SW	存储字	2ВН	Mem[GPR[rs]+sign_ext(offset)] = R[rt]
	ADD	加	0/20Н	GPR[rd] = GPR[rs] + GPR[rt]
	ADDU	无符号加	0/21H	GPR[rd] = GPR[rs] + GPR[rt]
	SUB	减	0/22Н	GPR[rd] = GPR[rs] - GPR[rt]
	SUBU	无符号减	0/23Н	GPR[rd] = GPR[rs] - GPR[rt]
	MULT	乘	0/18Н	{HI, LO} = GPR[rs] × GPR[rt]
	MULTU	乘(无符号)	0/19Н	{HI, LO} = GPR[rs] × GPR[rt]
	DIV	除	0/1AH	{HI, LO} = GPR[rs] / GPR[rt]
	DIVU	除(无符号)	0/1BH	{HI, LO} = GPR[rs] / GPR[rt]
	SLT	小于置 1	0/2AH	GPR[rd] = (GPR[rs] < GPR[rt]) ? 1:0
R-R	SLTU	小于置 1 (无符号)	0/2BH	GPR[rd] = (GPR[rs] < GPR[rt]) ? 1:0
运算	SLL	逻辑左移	0/0Н	GPR[rd] = {GPR[rt][31-s:0], s{0}}
	SRL	逻辑右移	0/2H	GPR[rd] = {s{0}, GPR[rt][31:s]}
	SRA	算术右移	0/3H	<pre>GPR[rd] = {s{GPR[rt][31]}, GPR[rt][31:s]}</pre>
	SLLV	逻辑可变左移	0/4H	$GPR[rd] = \{GPR[rt][31-v:0], v\{0\}\}$
	SRLV	逻辑可变右移	0/6Н	$GPR[rd] = \{v\{0\}, GPR[rt][31:v]\}$
	SRAV	算术可变右移	0/7н	<pre>GPR[rd] = {v{GPR[rt][31]}, GPR[rt][31:v]}</pre>
	AND	与	0/24H	GPR[rd] = GPR[rs] & GPR[rt]
	OR	或	0/25Н	GPR[rd] = GPR[rs]   GPR[rt]
	XOR	异或	0/26Н	GPR[rd] = GPR[rs] ^ GPR[rt]
	NOR	或非	0/27Н	GPR[rd] = ~(GPR[rs]   GPR[rt])
R-I	ADDI	加立即数	8Н	GPR[rt] = GPR[rs] + SignExt(Imm)

\ 444		1 ) == 10	1	
运算	ADDIU	加立即数 (无符号)	9Н	GPR[rt] = GPR[rs] + SignExt(Imm)
	ANDI	与立即数	СН	GPR[rt] = GPR[rs] & ZeroExt(Imm)
	ORI	或立即数	DH	GPR[rt] = GPR[rs]   ZeroExt(Imm)
	XORI	异或立即数	EH	<pre>GPR[rt] = GPR[rs] ^ ZeroExt(Imm)</pre>
	LUI	立即数加载至高 位	FH	GPR[rt] = {imm, 16'b0}
	SLTI	小于立即数置1	АН	GPR[rt] = (GPR[rs] < SignExt(Imm)) ? 1 : 0
	SLTIU	小于立即数置 1 (无符号)	ВН	<pre>GPR[rt] = (GPR[rs] &lt; SignExt(Imm)) ? 1 : 0</pre>
	BEQ	等于转移	4 H	<pre>if (GPR[rs] == GPR[rt])   PC = PC + 4 + BranchAddr</pre>
	BNE	不等转移	5Н	<pre>if (GPR[rs] != GPR[rt])    PC = PC + 4 + BranchAddr</pre>
/\ <del>-</del>	BLEZ	小于等于 0 转移	6Н	<pre>if (GPR[rs] &lt;= 0)     PC = PC + 4 + BranchAddr</pre>
分支	BGTZ	大于0转移	7н	<pre>if (GPR[rs] &gt; 0)     PC = PC + 4 + BranchAddr</pre>
	BLTZ	小于0转移	特殊编码①	<pre>if (GPR[rs] &lt;0)     PC = PC + 4 + BranchAddr</pre>
	BGEZ	大于等于0转移	特殊编码②	<pre>if (GPR[rs] &gt;= 0)     PC = PC + 4 + BranchAddr</pre>
	J	跳转	2Н	PC = JumpAddr
	JAL	跳转并链接	3н	PC = JumpAddr; GPR[31] = PC + 4
跳转	JALR	跳转并链接寄存 器	0/9Н	PC = GPR[rs]; GPR[rd] = PC + 4
	JR	跳转寄存器	0/8H	PC = GPR[rs]
	MFHI	读 HI 寄存器	0/10Н	GPR[rd] = HI
传输	MFLO	读 LO 寄存器	0/12Н	GPR[rd] = LO
7女相	MTHI	写 HI 寄存器	0/11н	HI = GPR[rs]
	MTLO	写 LO 寄存器	0/13н	LO = GPR[rs]
	ERET	异常返回	10/18Н	PC = EPC; 还需要对 CPO 的其他寄存器做处理
特权	MFC0	读 CP0 寄存器	特殊编码③	GPR[rt] = CP0[rd]
	MTC0	写 CP0 寄存器	特殊编码④	CP0[rd] = GPR[rt]
陷阱	BREAK	断点异常		EPC = PC+4; PC = 异常处理地址; CPO 的其他寄存器做处理
LEI BAL	SYSCALL	系统调用异常	0/CH	EPC = PC+4; PC = 异常处理地址; CPO 的其他寄存器做处理

# A.2 MIPS-C 指令图



# A.3 指令详解(按字母排列)

55 条 MIPS-C 指令按字母排序。每条指令均包括指令编码(encoding)、格式(format)、描述(description)、操作(operation)、示例(example)和其他(note)。其中最为重要的描述和操作部分。描述部分用 RTL(Register Transfer Language)方式定义了指令的基本操作语义,操作部分则用 RTL 定义了指令的详细操作语义。

#### 1. ADD: 符号加

	31	26	25	21	20	1	5 1	5	11	10	6	5		0
编码	spec		rs			rt		rd			0 000		add 100000	
	6		5			5		5			5		6	
格式	add r	d, rs	, rt											
描述	GPR[r	d] <b>←</b>	GPR[rs	]+GP	R[rt]									
操作	if te Si else	mp <sub>32</sub> ≠ .gnalE PR[rd]	PR[rs] <sub>31</sub> temp <sub>31</sub> Exception temp	the	n ntege		_	- 0111	GPR[	rt])				
示例	add \$s1, \$s2, \$s3													
其他	temp <sub>32</sub> ≠ temp <sub>31</sub> 代表计算结果溢出。 如果不考虑溢出,则 add 与 addu 等价。													

#### 2. ADDI: 符号加立即数

	31	26	25	21	20		16	5 15 0			
编码	add 0010		rs			rt		immediate			
	6 5 5 16										
格式	addi 1	addi rt, rs, immediate									
描述	GPR[rt	GPR[rt] ← GPR[rs]+ immediate									
操作	if ten Si else	np <sub>32</sub> ≠ gnalE	PR[rs] <sub>31</sub> temp <sub>31</sub> Exception temp	the	n ntege			gn_extend(immediate) flow)			
示例	addi \$s1, \$s2, -1										
其他			mp <sub>31</sub> 代表 出,则 a				\$价。				

#### 3. ADDIU: 无符号加立即数

1-2	31	26	25	21	20	16	15		0
编码	addi 00100			rs		rt		immediate	

	6	5	5	16
格式	addiu rt,	rs, immedia	ate	
描述	GPR[rt] ←	GPR[rs]+ i	mmediate	
操作	GPR[rt] ←	GPR[rs] +	sign_extend(i	mmediate)
示例	addiu \$s1,	\$s2, 0x3F1	FF	
其他	"无符号"是	一个误导,其	本意是不考虑溢出	

### 4. ADDU: 无符号加

	31	26	25		21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	specia 00000			rs			rt			rd		(	0 00000			addu 100001	
	6			5			5			5			5			6	
格式	addu r	d, r	s, r	ît													
描述	GPR[rd	l] <b>←</b>	GPR	[rs]	+ (	GPR[	rt]										
操作	GPR[rd	l] <b>←</b>	GPR	[rs]	+ (	GPR[	rt]										
示例	addu \$	s1,	\$s2,	\$s3	3												
其他																	

### 5. AND: 与

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	speci 00000		r	S		rt			rd		0	0000			and 100100	l
	6		5	;		5			5			5			6	
格式	and ro	l, rs	, rt													
描述	GPR[rd	l] <b>←</b>	GPR[r	s] AN	D GP	R[rt	:]									
操作	GPR[rd	l] <b>←</b>	GPR[r	s] AN	D GP	R[rt	:]									
示例	and \$s	1, \$	s2, \$5	3												
其他																

# 6. ANDI: 与立即数

	31 26	25 2	1 20	16	15 0						
编码	andi 001100	rs		rt	immediate						
	6	5		5	16						
格式	andi rt, rs, immediate										
描述	GPR[rt] ←	GPR[rs] A	.ND im	mediate							
操作	GPR[rt] ←	GPR[rs] A	ND ze	ro_exte	nd(immediate)						
示例	andi \$s1, \$s2, 0x55AA										
其他											

# 7. BEQ: 相等时转移

	31 26	25 21	20 16	15 0							
编码	beq 000100	rs	rt	offset							
	6	5	5	16							
格式	beq rs, rt, offset										
描述	if (GPR[rs] == GPR[rt]) then 转移										
操作	<pre>if (GPR[rs] == GPR[rt])    PC ← PC + 4 + sign_extend(offset  0²) else    PC ← PC + 4</pre>										
示例	beq \$s1, \$s2, -2										
其他											

# 8. BGEZ: 大于等于 0 时转移

	31	26	25	21 20 16 15			0					
编码	0000	001	rs		bge: 0000			offset				
	6		5		5		16					
格式	bgez rs, offset											
描述	if (GPR[rs] >= 0) then 转移											
操作	PC else	; ← P	C + 4		n_exter	ıd (of	fset  0²)					
示例	bgez \$s1, -2											
其他												

# 9. BGTZ: 大于 0 时转移

	31 2	6 25	21	20	16	15	0			
编码	bgtz 000111		rs	0 0000	0	offset				
	6		5	5		16				
格式	bgtz rs, offset									
描述	if (GPR[rs] > 0) then 转移									
操作	else	_	4 + sig	n_exter	ıd(of	ffset  0 <sup>2</sup> )				
示例	bgtz \$s1, -2									
其他										

### 10. BLEZ: 小于等于 0 时转移

编码	31 26	25	21 20	16	15 0	
----	-------	----	-------	----	------	--

	blez 000110	rs	0 00000	offset							
	6	5	5	16							
格式	blez rs, offset										
描述	if (GPR[rs] <= 0) then 转移										
操作	<pre>if (GPR[rs] &lt;= 0)   PC ← PC + 4 + sign_extend(offset  0²) else   PC ← PC + 4</pre>										
示例	blez \$s1, -2										
其他											

# 11. BLTZ: 小于 0 时转移

	31	26	25	21	20	16	15				0	
编码	0000	001	n	5	bl 000				offset			
	6		5		5	5			16			
格式	bltz rs, offset											
描述	if (GPR[rs] < 0) then 转移											
操作	<pre>if (GPR[rs] &lt; 0)    PC ← PC + 4 + sign_extend(offset  0²) else    PC ← PC + 4</pre>											
示例	bltz \$s1, -2											
其他												

### 12. BNE: 不等于时转移

	31	26	25	21	20	16	15		0		
编码	bne 00010		rs			rt		offset			
	6		5 5					16			
格式	bne rs, rt, offset										
描述	if (GPR[rs] ≠ GPR[rt]) then 转移										
操作	PC else	← P	] ≠ GP1 C + 4 -		-	end(of	fset  0²)				
示例	bne \$s1, \$s2, 8										
其他											

# 13. BREAK: 断点

	31 26	25 6	5	0
编码	SPECIAL 000000	code	BREAK 001101	
	6	20	6	

格式	break
描述	产生断点异常
操作	SignalException(breakpoint)
示例	break
其他	

### 14. DIV: 符号除

	31		21	20	:	16	15			6	5		0	
编码	spec 0000		r	S		rt			000 000			0:	div 11010	
	6	i	!	5	5				10			6		
格式	div rs, rt													
描述	(HI, LO) ← GPR[rs] / GPR[rt]													
1田人工	商存放	在LO寄	存器,	余数存	放在#:	1寄存	器							
操作	LO <b>←</b> G	PR[rs	]div (	GPR[rt	]									
1×1F	HI <b>←</b> G	PR[rs	]mod (	GPR[rt	]									
示例	div \$s1, \$s2													
其他	如果 GPR[rt]为 0,则 HI/LO 结果不可预料。													

### 15. DIVU: 无符号除

	31	26	25	21	20		16	15		6	5		0
编码	specia 00000			rs		rt			0 00 0000 0000			divu )11011	
	6			5	5				10	6			
格式	divu r	s, r	t										
描述	(HI, LO)← GPR[rs] / GPR[rt] 商存放在Lo寄存器,余数存放在HI寄存器												
操作	LO← ((												
示例	divu \$	s1,	\$s2									•	
其他	因为 di	vu 为	无符号	除法,原	斤以对	其进	行 0	扩展 1	位后再进行运算。				

### 16. ERET: 异常返回

	31	26	25	21	20	16	15	11	10	6	5	0	
编码	COP0 010000		80000 1000 0000 0000 0000							eret 011000			
	6 20										6		
格式	eret	eret											
描述	eret 将保存在 CP0 的 EPC 寄存器中的现场(被中断指令的下一条地址)写入 PC,从而实现从中断、异常或指令执行错误的处理程序中返回。												
操作	PC ← CI	20[€	epc]										

示例	eret
其他	当程序被硬件中断、执行 sc 指令、指令执行异常(如除 0)时,PC 将被保存在 EPC 中。 【注意】如果是硬件中断和 SC, EPC 中保存的 PC+4; 如果是指令执行异常(如除零、 异常等),则保存 PC。

### 17. J: 跳转

	31 26	25 0							
编码	j 000010	instr_index							
	6	26							
格式	j target								
描述	j 指令是 PC 相关的转移指令。当把 4GB 划分为 16 个 256MB 区域, j 指令可以在当前 PC 所在的 256MB 区域内任意跳转。								
操作	PC ← PC31	PC ← PC3128  instr_index  0 <sup>2</sup>							
示例	j Loop_End								
其他	如果需要跳转	范围超出了当前 PC 所在的 256MB 区域内时,可以使用 JR 指令。							

### 18. JAL: 跳转并链接

	31 26	25 0									
编码	jal 000011	instr_index									
	6	26									
格式	jal target										
描述	jal 指令是函数指令, PC 转向被调用函数,同时将当前 PC+4 保存在 GPR[31]中。当把 4GB 划分为 16 个 256MB 区域,jal 指令可以在当前 PC 所在的 256MB 区域内任意跳转。										
操作	PC ← PC31. GPR[31] ←	28 $\ $ instr_index $\ $ 0 $^2$ PC + 4									
示例	jal my_fun	ction_name									
其他	jal 与 jr 配套使用。jal 用于调用函数,jr 用于函数返回。当所调用的函数地址超出了当前 PC 所在的 256MB 区域内时,可以使用 jalr 指令。										

# 19. JALR: 跳转并链接

	31	26	25	21	20	16	15		11	10	6	5		0
编码	码 special 000000			rs		0 00000		rd		0 00000			jalr 001001	
	6			5		5		5			5		6	
格式	jalr rd, rs													
描述	jalr 指令是函数指令, PC 转向被调用函数(函数入口地址保存在 GPR[rs]中),同时将当前 PC+4 保存在 GPR[rd]中。													
操作	PC ← GPR[rs] GPR[rd] ← PC + 4													
示例	jalr \$s1, \$31													

# 20. JR: 跳转至寄存器

	31 2	5 25	21	20		11	10	6	5	0	
编码	special         rs           000000         5		rs		0 00 0000 0000	-			jr 001000		
			5		10		!	5	6		
格式	jr rs										
描述	PC ← GPR[rs]										
操作	PC ← GPR	[rs]									
示例	jr \$31										
其他	jr与 jal/jalr	配套使	用。jal/jalı	用于	调用函数,jr用于函	函数返	日。				

### 21. LB: 加载字节

	31 26	25	21	20	16	15	0				
编码	lb 100000	base			rt		offset				
	6	5			5		16				
格式	lb rt, offset(base)										
描述	GPR[rt] ← memory[GPR[base]+offset]										
操作	Addr  GPR[base] + sign_ext(offset)  memword  memory[Addr]  byte  Addr <sub>10</sub> GPR[rt]  sign_ext(memword <sub>7+8*byte8*byte</sub> )										
示例	Ib \$v1, 3(\$s0)										

### 22. LBU: 加载无符号字节

	31 26	25 21	20 16	15 0							
编码	lbu 100100	base	rt	offset							
	6	5	5	16							
格式	lbu rt, offset(base)										
描述	GPR[rt]   memory[GPR[base]+offset]										
操作	Addr ← GPR[base] + sign_ext(offset)  memword ← memory[Addr]  byte ← Addr <sub>10</sub> GPR[rt] ← zero_ext(memword <sub>7+8*byte8*byte</sub> )										
示例	lbu \$v1, 3(\$s0		•								

### 23. LH: 加载半字

And a start	31	26	25	21	20	16	15		0
编码	lh 1000		ba	ase		rt		offset	

	6	5	5	16
格式	lh rt,	offset(base)		
描述	GPR[rt]	] ← memory[GPF	R[base]+offset]	
操作	memword byte ←	d ← memory[Ado Addr <sub>1</sub>	sign_ext(offset dr] nemword <sub>15+16*byte</sub> .	
示例	lh \$v1	, 3(\$s0)		
约束	Addr 必須	页是 2 的倍数(即 Ad	dr <sub>0</sub> 必须为 0),否则	产生地址错误异常

### 24. LHU: 加载无符号半字

	31 2	5 25	21	20	16	15		0		
编码	lhu 100101	bas	base		rt		offset			
	6	5			5		16			
格式	lhu rt, offset(base)									
描述	GPR[rt] ← memory[GPR[base]+offset]									
操作	Addr  GPR[base] + sign_ext(offset)  memword  memory[Addr]  byte  Addr <sub>1</sub> GPR[rt]  zero_ext(memword <sub>15+16*byte16*byte</sub> )									
示例	lhu \$v1, 2(\$s0)									
约束	Addr 必须是	2 的倍数(	即 Add	r <sub>o</sub> 必须	为 0),否	列产生地	1址错误异常			

### 25. LUI: 立即数加载至高位

	31 26 25		21	20		16	15	0			
编码	lui 0011		0	0 0000		rt			immediate		
	6			5		5			16		
格式	lui rt, immediate										
描述	GPR[rt	<u>-</u>	imm∈	ediate  C	16						
操作	GPR[rt	[] ←	imme	ediate  C	16						
示例	lui \$s1, 0x55AA										
其他											

# 26. LW: 加载字

	31 26	25 21	20 16	15	0						
编码	lw 100011	base	rt	offset							
	6	5	5	16							
格式	lw rt, offset(base)										
描述	GPR[rt] ← memory[GPR[base]+offset]										
操作	Addr   GPR[base] + sign_ext(offset)										

	GPR[rt] ← memory[Addr]
示例	lw \$v1, 8(\$s0)
约束	Addr 必须是 4 的倍数(即 Addr <sub>10</sub> 必须为 00), 否则产生地址错误异常

### 27. MFCO: 读 CPO 寄存器

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		0
编码	COF 0100	-		mfc0 0000		rt			rd			0 0 0000 0000	
	6			5		5			5			11	
格式	mfc0	rt, r	d										
描述	GPR[r	t] ←	CP0	[rd]									
操作	GPR[r	t] ←	CP0	[rd]									
示例	mfc0												
其他													

#### 28. MFHI: 读 HI 寄存器

	31	26	25	21	20	16	15	11	10	6	5	0
编码	specia 00000				0 00 0000			rd		0 000	mf 0100	
	6			1	10			5		5	6	
格式	mfhi r	rd										
描述	GPR[rd	l] ← F	ΗI									
操作	GPR[rd	l] ← F	ΗI									
示例	mfhi \$s1											
其他	当乘法/	除法计	-算完毕	后,需	要用 mfh	i 读取相	相应的	]结果。				

# 29. MFLO: 读 LO 寄存器

	31	26	25	21	20	16	15	11	10	6	5	0
编码	spec 0000			00 0	0 000 0000			rd	00	0 0000		mflo .0010
	6				10			5		5		6
格式	mflo	rd										
描述	GPR[:	rd]←	LO									
操作	GPR[:	rd] <b>←</b>	LO									
示例	示 例 mflo \$s1											
其他	当乘法	生/除法	计算完	毕后,	需要用 n	nflo 读取	相应的	结果。				

# 30. MTCO: 写 CPO 寄存器

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		0		
编码	COP( 01000			ntc0 0100		rt			rd			0 0 0000 0000			
	6			5		5			5			11			
格式	mtc0 r	t, r	d												
描述	CP0[rd	[] <b>←</b>	GPR[	rt]											
操作	CP0[rd	l] <b>←</b>	GPR[	rt]											
示例	mtc0 \$	s1,	\$1												
其他															

### 31. MTHI: 写 HI 寄存器

	31 26	25	21	20	15	11	10	6	5		0	
编码	special 000000		rs		000 0000 00	00 00	00		C	mthi 10001		
	6		5			6						
格式	mthi rs											
描述												
操作	HI ← GPR	[rs]										
示例	mthi \$s1											
其他	mthi/mtlo 只乘除法运算				。此时与 mfl E确结果。	hi/mflo	o 配套f	吏用确保	被中	断程序	的	

# 32. MTLO: 写 LO 寄存器

	31	26	25	21	20	15	11	10	6	5		0	
编码	specia 00000			rs		000 0000	0 0000 00	00		C	mtlo )10011		
	6			5		1	15				6		
格式	mtlo rs												
描述	LO ← GPR[rs]												
操作	TO ← (	GPR[1	rs]										
示例	mtlo \$s1												
其他	mthi/mtlo 只在进行中断响应是需要使用。此时与 mfhi/mflo 配套使用确保被中断程序的 乘除法运算在中断响应结束后能够得到正确结果。												

# 33. MULT: 符号乘

	31 26	25	21	20		16	15		6	5	0
编码	special 000000	rs		rt			0 00 0000 0000		mult 011000	)	
	6	5			5			10		6	
格式	mult rs, r	`t									
描述	(HI, LO) ←	GPR[rs]	×GF	R[rt	.]						

	乘积低32位存放在LO寄存器,高32位存放在HI寄存器。所有操作数均为有符号数。
	prod ← GPR[rs] × GPR[rt]
操作	HI ← prod <sub>6332</sub>
	LO ← prod <sub>310</sub>
示例	mult \$s1, \$s2
其他	

### 34. MULTU: 无符号乘

	31	26				16	15	6	5		0									
编码	speci 00000		rs			rt		0 00 0000 0	000		multu 011001									
	6		5			5		10			6									
格式	multu	rs,	rt																	
描述	` '	(HI, LO)← GPR[rs]×GPR[rt] 乘积低32位存放在LO寄存器,高32位存放在HI寄存器。所有操作数均为无符号数。																		
操作	prod •	prod <sub>6</sub>		) × (	0  GP:	R[rt	])													
示例	multu	\$s1,	\$s2																	
其他	因为 mu	ltu )	为无符号乘	€法,	所以逐	对其进	注行(	) 扩展 1 位后再进	行运算。	因为 multu 为无符号乘法,所以对其进行 0 扩展 1 位后再进行运算。										

### 35. NOR: 或非

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	specia 000000			rs		rt			rd		00	0 0000			nor 100111	
	6 5					5			5			5			6	
格式	nor rd,	rs	, rt													
描述	GPR[rd] ← GPR[rs] NOR GPR[rt]															
操作	GPR[rd]	+	GPR[	rs] NO	R GP	R[rt	.]									
示例	nor \$s1	L, \$	s2, \$	Ss3												
其他																

### 36. OR: 或

	31 26	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	special 000000	rs		rt				rd		0	0000		1	or 00101	
	6	5	5			5			5						
格式	or rd, rs	, rt													
描述	GPR[rd] ←	GPR[rs]	OR	GPR	[rt]										
操作	GPR[rd] ←	rd] ← GPR[rs] OF													

示例	or \$s1, \$s2, \$s3
其他	

#### 37. ORI: 或立即数

	31	26	25	21	20		16	15		0
编码	ori 001101	-	rs			rt			immediate	
	6		5			5			16	
格式	ori rt,	rs	, immed	iate	<u> </u>					
描述	GPR[rt]	+	GPR[rs]	OR	imm	edia	ate			
操作	GPR[rt]	+	GPR[rs]	OR	zer	о_ех	kten	d(immediate)		
示例	ori \$s1	, \$	s2, 0x5	5AA						
其他										

# 38. SB: 存储字节

	31 26	25	21	20	:	16	15		0			
编码	sb 101000	b	ise		rt			offset				
	6		5		5			16				
格式	sb rt, offset(base)											
描述	memory[GPR[base]+offset] ← GPR[rt]											
操作	Addr ← GPR[base] + sign_extend(offset)  byte← Addr <sub>10</sub> memory[Addr] <sub>7+8*byte8*byte</sub> ← GPR[rt] <sub>7:0</sub>											
示例	sb \$v1, 3(\$s0)											

### 39. SH: 存储半字节

	31 26	25	21	20	16	5 15 0						
编码	sh 101001	base			rt	offset						
	6 5 5 16											
格式	sh rt, offset(base)											
描述	memory[GPR[base]+offset] ← GPR[rt]											
操作	Addr  GPR[base] + sign_extend(offset) byte  Addr <sub>1</sub> memory[Addr] <sub>15+16*byte16*byte</sub> GPR[rt] <sub>15:0</sub>											
示例	sh \$v1, 24(\$s0)											
约束	Addr 必须是 2 的倍数(即 Addr <sub>0</sub> 必须为 0), 否则产生地址错误异常											

# 40. SLL: 逻辑左移

编码	31	26	25	21	20	16	15	11	10	6	5	0	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	--

	special 000000	0	rt	rd	S	sll 000000					
	6	00000	5	5	5	6					
格式	sll rd, rt	., s									
描述	GPR[rd] ← GPR[rt] << s										
操作	GPR[rd] ← GPR[rt] <sub>(31-s)0</sub>   0°										
示例	sll \$s1, \$	s2, 5									
其他	· ·	) <b>,</b> 0 对应的指 用于空循环,有		_							

# 41. SLLV:逻辑可变左移

	31		25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	spec 0000		rs			rt			rd		(	0 00000			sllv 000100	
	6		5		5			5			5			6		
格式	sllv rd, rt, rs															
描述	GPR[rd] ← GPR[rt] << GPR[rs]															
操作	s ← (	GPR[r	5]40													
沐正	GPR[r	d] <b>←</b>	GPR[r	:] <sub>(31-s</sub>	0  0	) <sup>s</sup>										
示例	sllv \$s1, \$s2, \$s3															
其他	GPR[rs]的位 31 至位 5 被忽略。															

### 42. SLT: 小于置 1(有符号)

	31 2	6	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	special 000000		rs			rt			rd		00000			slt 101010		
	6		00000			5			5			5			6	
格式	slt rd,	rs,	rt													
描述	GPR[rd] ← (GPR[rs] < GPR[rt])															
操作	GPR[rd]	<b>←</b>	(GPR[rs	] <	GPR	[rt]	) ?	031	1 :	032						
示例	slt \$s1,	\$s	2, \$s3													
其他																

# 43. SLTI: 小于立即数置 1(有符号)

	31 26	25 21	20 16	15 0								
编码	slti 001010	rs	rt	immediate								
	6	5	5	16								
格式	slti rt, rs, immediate											
描述	GPR[rt] ← (GPR[rs] < immediate)											
操作	GPR[rt] $\leftarrow$ (GPR[rs] < sign_extend(immediate)) ? $0^{31}$   1 : $0^{32}$											

示例	slti \$s1, \$s2, 0x55AA
其他	

### 44. SLTIU: 小于立即数置 1(无符号)

	31 26	25 21	20	16	15	0						
编码	sltiu 001011	rs	r	t	immediate							
	6	5	!	5	16							
格式	sltiu rt, rs, immediate											
描述	GPR[rt] ← (GPR[rs] < immediate)											
操作	GPR[rt] ←	(0  GPR[rs]	< 0  sig	gn_ext	tend(immediate)) ? $0^{31}  1 : 0^{32}$							
示例	sltiu \$s1, \$s2, 0xAABB											
其他	"无符号"是误导											

# 45. SLTU: 小于置 1(无符号)

	31 26	25 21	20	16	15	1:	1	10	6	5		0	
编码	special 000000	rs	rt		rd			00000		sltu 101011			
	6	00000	5 5			5		5			6		
格式	sltu rd, rs, rt												
描述	GPR[rd] ← (GPR[rs] < GPR[rt])												
操作	$GPR[rd] \leftarrow (0  GPR[rs] < 0  GPR[rt]) ? 0^{31}  1 : 0^{32}$												
示例	sltu \$s1, \$s2, \$s3												
其他													

### 46. SRA: 算术右移

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	specia 00000		0			rt			rd			S		(	sra 000011	
	6		0000	00		5			5			5			6	
格式	sra rd	ra rd, rt, s														
描述	GPR[rd]	GPR[rd] ← GPR[rt] >> s														
操作	GPR[rd]	<b>-</b>	GPR[rt	] 31	GPR[	rt]	31s									
示例	sra \$si	sra \$s1, \$s2, 5														
其他																

#### 47. SRAV: 算术可变右移

编码	31	26	25	21	20		16	15	1	1	10	6	5		0
細心	spec	ial		rs		rt			rd		000	00		srav	

	000000					000111						
	6	5	5	5	5	6						
格式	srav rd, r	srav rd, rt, rs										
描述	GPR[rd] ← GPR[rt] >> GPR[rs]											
操作	s ← GPR[rs] <sub>40</sub>											
沐上	GPR[rd] ←	$\texttt{GPR[rt]}_{31}^{\;\;\text{s}}\ $	GPR[rt] <sub>31s</sub>									
示例	srav \$s1, \$s2, \$s3											
其他	GPR[rs]的位 31 至位 5 被忽略。											

### 48. SRL: 逻辑右移

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	speci 00000			)		rt			rd			S		(	srl 000010	
	6		00	000		5			5			5			6	
格式	srl ro	rl rd, rt, s														
描述	GPR[ro	GPR[rd] ← GPR[rt] >> s														
操作	GPR[rd	i] ←	0°    GE	R[rt]	31s											
示例	srl \$s	rl \$s1, \$s2, 5														
其他																

# 49. SRLV:逻辑可变右移

	31	26	25	21	20		16	15		11	10	6	5		0
编码	specia 00000		rs			rt			rd		00	0000		srlv 000110	
	6		5			5			5			5		6	
格式	srlv r	lv rd, rt, rs													
描述	GPR[rd	GPR[rd] ← GPR[rt] >> GPR[rs]													
操作	s ← GE	s + GPR[rs] <sub>40</sub>													
沐正	GPR[rd	] ←	0°    GPR	[rt]	31s										
示例	srlv \$	srlv \$s1, \$s2, \$s3													
其他	GPR[rs	GPR[rs]的位 31 至位 5 被忽略。													

### 50. SUB: 符号减

	31	26	25	21	20		16	15		11	10	6	5		0
编码	special 000000	rc			rt			rd		000	0 000	1	sub 100010		
	6		5			5			5			5		6	
格式	sub rd,	sub rd, rs, rt													
描述	GPR[rd]	GPR[rd] ← GPR[rs] - GPR[rt]													

操作	<pre>temp ← (GPR[rs]<sub>31</sub>  GPR[rs]) - (GPR[rt]<sub>31</sub>  GPR[rt]) if temp<sub>32</sub> ≠ temp<sub>31</sub> then    SignalException(IntegerOverflow) else    GPR[rd] ← temp<sub>310</sub> endif</pre>
示例	sub \$s1, \$s2, \$s3
其他	temp <sub>32</sub> ≠ temp <sub>31</sub> 代表计算结果溢出。 如果不考虑溢出,则 sub 与 subu 等价。

# 51. SUBU: 无符号减

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	spec 0000		rs			rt			rd		0	0 0000		1	subu 100011	
	6		5			5			5			5			6	
格式	subu :	ubu rd, rs, rt														
描述	GPR[r	GPR[rd] ← GPR[rs] - GPR[rt]														
操作	GPR[r	GPR[rd] ← GPR[rs] - GPR[rt]														
示例	subu	subu \$s1, \$s2, \$s3														
其他		subu 不考虑减法溢出。例如 0x0000_0000 - 0xFFFF_FFFF = 0x0000_0001, 即结果为非负值。														

### 52. SW: 存储字

	31	26	25	21	20		16	15	0			
编码	sw 101011	1	bas	e		rt			offset			
	6		5			5			16			
格式	sw rt,	sw rt, offset(base)										
描述	memory[GPR[base]+offset]											
操作	Addr  GPR[base] + sign_ext(offset) memory[Addr]  GPR[rt]											
示例	sw \$v1, 8(\$s0)											
约束	Addr 必须是 4 的倍数(即 Addr <sub>10</sub> 必须为 00), 否则产生地址错误异常											

# 53. SYSCALL: 系统调用

	31 26	25 6	5 0								
编码	SPECIAL 000000	code	SYSCALL 001100								
	6	20	6								
格式	syscall										
描述	产生系统调用	产生系统调用异常									
操作	SignalException(systemcall)										
示例	syscall										

其他

# 54. XOR: 异或

	31	26	25	21	20		16	15		11	10		6	5		0
编码	specia 00000		r	'S		rt			rd		0	00000			xor 100110	
	6		!	5		5			5			5			6	
格式	xor rd	, rs	, rt													
描述	GPR[rd]	GPR[rd] ← GPR[rs] XOR GPR[rt]														
操作	GPR[rd]	] ←	GPR[r	s] XO	R GP	R[rt	=]									
示例	xor \$s	1, \$	s2, \$	s3												
其他																

### 55. XORI: 异或立即数

	31 26	25	21	20		16	15 0						
编码	xori 001110	rs			rt		immediate						
	6	5			5		16						
格式	xori rt, rs, immediate												
描述	GPR[rt] ← GPR[rs] XOR immediate												
操作	GPR[rt] ←	GPR[rs]	XOF	R zer	o_e	xter	nd(immediate)						
示例	xori \$s1, \$s2, 0x55AA												
其他													