

SPEC — 教育用 Virtual Machine の話 —

立教大学 理学部 島内 剛一 寛 捷彦

Takakazu Simauti Katsuhiko Kakehi

立教大学理学部教務教室で、教育、研究用に作製した Virtual Machine “SPEC” について

おもな特徴は:

- (a) 1つの計算機の上で、複数の SPEC が動く。
- (b) 各 SPEC は、1人の利用者に対して働き、利用者は、自分独自の OS を使うことができる。
- (c) $0 \sim 2^{20}-1$ の範囲の任意のビット記憶空間
- (d) 単純な命令形式
- (e) 多重精度演算
- (f) 表参照命令 (Table Search, Table Refer)
- (g) 3-桁浮動小数点
- (h) 演算方式浮動小数点

16bit 64K

0. 記法

0.0

dif ... 定義
teo ... 定理
kom ... 連続

0.1 ビット

dif 0 または 1 の、どちらかの値を取ることできる物をビットという。
dif ビット x の値を、 $[x]$ と書く。
teo $[x] = 0 \text{ or } 1$

0.2 置数器

dif ビットの有限列を、置数器といい、列の長さ(ビットの個数)を、置数器の長さという。
dif X が長さ r の置数器のとき、 X を構成するそれぞれのビットを、 $X;0 \ X;1 \ X;2 \ \dots \ X;(r-1)$ と書く。
また、 X の値 $[X]$ および $[X]\%$ を、つぎのように定める。
dif $[X] = [X;0] \times 2^{r-1} + [X;1] \times 2^{r-2} + \dots + [X;(r-1)]$
dif $[X]\% = -[X;0] \times 2^{r-1} + [X;1] \times 2^{r-2} + \dots + [X;(r-1)]$
 $= [X] - [X;0] \times 2^r$
teo $0 \leq [X] \leq 2^r - 1$
 $-2^{r-1} \leq [X]\% \leq 2^{r-1} - 1$
teo $[X] = [X]\% \text{ mod } 2^r$
dif $0 \leq i, 0 \leq j, i+j \leq r$ のとき、長さ j の置数器:
 $X;i \ X;(i+1) \ X;(i+2) \ \dots \ X;(i+j-1)$ を、 $X;i@jB$ と書く。

0.3 演算

dif $X \leftarrow E$ 置数器 X に、式 E の値を入れる。すなわち：
 X の長さが r で、 E の値が e であるとき、
 $\text{entier}(e) \bmod 2^r = x_0 \times 2^{r-1} + x_1 \times 2^{r-2} + \dots + x_{r-1}$
 $(x_0, x_1, \dots, x_{r-1})$ は、いずれも 0 または 1
 のとき、ビット $X; i$ に x_i を入れる ($i=0, 1, \dots, r-1$)
 (X が実装されているならば) $[X]$ がこのように更新される。
 X が実装されていないならば、 $[X]$ は、不定である。
kom
dif $X \leftarrow \# E$ 置数器 X に、式 E の値を、浮動小数点表示で入れる。
dif $\Rightarrow E$ $PC \leftarrow E$ (cf. 1.2)
dif $F? \Rightarrow E$ 命題 F が成り立っているならば、 $\Rightarrow E$
 しなければ、何もしない。

dif $X \ Y$ 置数器 X の後に、置数器 Y をつないだもの：
 X, Y の長さをそれぞれ r, s とするとき。
 $(X \ Y); i = X; i \quad (0 \leq i < r)$
 $(X \ Y); (r+j) = Y; j \quad (0 \leq j < s)$

dif $X \leftarrow [X] \text{shift} E$ X が長さ r の置数器で、式 E の値が e のとき、
 $X; i \leftarrow \begin{cases} [X; (i+e)] & (0 \leq i+e < r) \\ 0 & (i+e < 0 \text{ または } r \leq i+e) \end{cases}$

dif $X \leftarrow [X] \% \text{shift} E$ $X; i \leftarrow \begin{cases} [X; (i+e)] & (0 \leq i+e < r) \\ [X; 0] & (i+e < 0) \\ 0 & (r \leq i+e) \end{cases}$

dif $\{E \leq F \leq G\} \bmod H?$ $(F-E) \bmod H \leq (G-E) \bmod H?$

dif $\{E < F < G\} \bmod H?$ $\neg \{G \leq F \leq E\} \bmod H?$

dif $CF \leftarrow X:F$ べきのよりの、 $CF; 0 @ 8B$ のそれぞれのビットが、
 条件に従って

$\begin{cases} 0 & \dots & \text{成り立っていない。} \\ 1 & \dots & \text{成り立っている。} \end{cases}$

と、設定される;

$CF; 0 \quad [X] = [Y]$

$CF; 1$

$CF; 2 \quad [X] \% \geq [Y] \%$

$CF; 3 \quad [X] \% > [Y] \%$

$CF; 4 \quad [X] \geq [Y]$

$CF; 5 \quad [X] > [Y]$

$CF; 6 \quad 0 \leq ([X] - [Y]) \bmod 2^r < 2^{r-1}$

$CF; 7 \quad 0 < ([X] - [Y]) \bmod 2^r < 2^{r-1}$

kom X, Y が、同じ長さの置数器のとき、 (cf. 0.4)

$[X] \# = [Y] \# \iff [X] \% = [Y] \%$

$[X] \# < [Y] \# \iff [X] \% < [Y] \%$

$[X] \# = -[Y] \# \iff [X] \% = -[Y] \%$

$[X] \# = 0 \iff [X] \% = 0$

ただし、 ∞ は $-\infty$ として扱う。

0.4 浮動小数点表示

def 実数 x の、浮動小数点表示での値 $[X]_{\#}$ を、定義する:

x の長さを、 r とし、

$$x_i = \begin{cases} [X; i] & (0 \leq i < r) \\ 0 & (r \leq i) \end{cases} \quad \text{とおく.}$$

(1) $x_0 = x_1 = x_2 = \dots = 0$ のとき $[X]_{\#} = 0$

(2) $x_0 = 1, x_1 = x_2 = \dots = 0$ のとき, $[X]_{\#} = \infty$

(3) $x_0 = s, x_1 = x_2 = \dots = x_f = t, x_{f+1} \neq t$ のとき,

(3.1) $f=1$ ならば,

$$e = \begin{cases} 0 & (s \neq t) \\ -1 & (s = t) \end{cases}$$

$$y = \begin{cases} 1 + 2^{-1}x_3 + 2^{-2}x_4 + 2^{-3}x_5 + \dots & (s=0) \\ -2 + 2^{-1}x_3 + 2^{-2}x_4 + 2^{-3}x_5 + \dots & (s=1) \end{cases}$$

$$[X]_{\#} = 2^e \times y$$

(3.2) $f > 1$ ならば,

$$g = 2^{f-3}x_{f+2} + 2^{f-4}x_{f+3} + \dots + 2x_{2f-2} + x_{2f-1}$$

$$e = \begin{cases} 2^{f-2} + g & (s=0, t=1) \\ -2^{f-1} + g & (s=0, t=0) \\ -2^{f-2} + g - 1 & (s=1, t=1) \\ 2^{f-1} + g - 1 & (s=1, t=0) \end{cases}$$

$$y = \begin{cases} 1 + 2^{-1}x_{2f} + 2^{-2}x_{2f+1} + 2^{-3}x_{2f+2} + \dots & (s=0) \\ -2 + 2^{-1}x_{2f} + 2^{-2}x_{2f+1} + 2^{-3}x_{2f+2} + \dots & (s=1) \end{cases}$$

$$[x]_{\#} = 2^e \times y$$

kom 逆に、実数 x を、浮動小数点表示したときの桁 x_0, x_1, x_2, \dots は:

(1) $x=0$ のときは, $x_0 = x_1 = x_2 = \dots = 0$

(2) $x > 0$ のときは $s=0$, $x < 0$ のときは $s=1$ とし,

$$x = 2^e \times y \quad (e: \text{整数}, 1 \leq y < 2 \text{ または } -2 \leq y < -1)$$

$$y = \begin{cases} 1 + 2^{-1}y_1 + 2^{-2}y_2 + 2^{-3}y_3 + \dots & (1 \leq y < 2) \\ -2 + 2^{-1}y_1 + 2^{-2}y_2 + 2^{-3}y_3 + \dots & (-2 \leq y < -1) \end{cases}$$

$$t=1, u=0 \quad (s=0, e \geq 0 \text{ または } s=1, e \leq -1)$$

$$t=0, u=1 \quad (s=0, e \leq -1 \text{ または } s=1, e \geq 0)$$

(2.1) $e=0$ ならば $e=-1$ のとき,

$$x_0 = s, x_1 = t, x_2 = u, x_3 = y_1, x_4 = y_2, x_5 = y_3, \dots$$

(2.2) $e \geq 1$ ならば $e \leq -2$ のとき,

$$e = \begin{cases} 2^{f-2} + g & (s=0, t=1) \\ -2^{f-1} + g & (s=0, t=0) \\ -2^{f-2} + g & (s=1, t=1) \\ 2^{f-1} + g & (s=1, t=0) \end{cases}$$

$$g = 2^{f-3}x_{f+1} + 2^{f-4}x_{f+2} + \dots + x_{2f-2} \quad \text{と表わし,}$$

$$x_0 = s, x_1 = x_2 = \dots = x_f = t, x_{f+1} = u,$$

$$x_{f+2} = v_1, x_{f+3} = v_2, \dots, x_{2f-1} = v_{f-2}$$

$$x_{2f} = y_1, x_{2f+1} = y_2, x_{2f+2} = y_3, \dots$$

1. SPEC の置数

1.1 記憶 M 長さ 2^{20}

dif $n \geq 2^{20}$ のとき, $M; n = M; (n \bmod 2^{20})$

一部ビットしか実装されていないこともある。

kom 標準の場合, $M; 0 @ 2^{19}B$ だけが実装されている。

1.1.1 語

dif $n = m \times 16 + a$ のとき, $M; n$ を, $Mm; a$ または $m; a$ と書く。

dif $Mm; 0 @ 16B$ を, m -番地の語 (または短語) と言い, MmW または, mW または Mm (または, 単に m) と書く。

teo $0 \leq [mW] \leq 65535 (=2^{16}-1)$

teo $-32768 \leq [mW]\% \leq 32767 (=2^{15}-1)$

dif $Mm; 0 @ (16 \times k)B$ を, $Mm @ kW$ または $m @ kW$ または $Mm @ k$ または $m @ k$ と書く。

kom $0 \leq a \leq 15$ のとき, MmW を, m 番の累算器, 指標器, 汎用置数器などと言い, A_m, X_m, R_m などと書くこともある。

kom $[M0] = 0$ としておく, 算数が作り易い。

そうすれば, $m \# 0 = m$ (cf. 5)

1.1.2 倍語

dif $Mm @ 2W$ を, m -番地の倍語といい, MmD または mD と書く。

1.1.3 4倍語

dif $Mm @ 4W$ を, m -番地の4倍語といい, MmQ または mQ と書く。

1.1.4 半語

dif $Mm; 0 @ 8B$ を, m 番地の左半語といい, MmL または mL と書く。

dif $Mm; 8 @ 8B$ を, m 番地の右半語といい, MmR または mR と書く。

1.1.5 CF (比較旗)

dif $CF = M; 27W$

1.2 命令位置 PC 長さ 16

teo $0 \leq [PC] \leq 65535$

kom $[PC]$ は, 次に実行する命令の所在番地を指す。

1.3 判込み要求旗 PF 長さ 16

kom PF のそれぞれのビット $PF; a$ は, 周辺器械の動作に依存し, 動作開始のとき $PF; a \leftarrow 0$, 動作終了のとき $PF; a \leftarrow 1$ とする。

1.4 判込み水準 PL 長さ 4

kom 判込み水準 $[PL] = j$ のときには, $PF; 0, PF; 1, \dots, PF; (j-1)$ の判込みだけが起りうる。判込みが起ると, PL の値が変る。

2. 命令の実行

命令の実行は、つぎの手順による:

- (1) 割込み条件 (cf. 3.1) を調べ、成り立、ているならば、割込み動作 (cf. 3.2) を行なう。成り立、ていなければ、
- (2) $[PC] = p$ のとき、 $[p; 24@8B] = f$ の値により、命令の長さ l を定める;
$$l = \begin{cases} 2 & ([p; 24] = 1 \text{ または } [p; 25] = 0 \text{ または } [p; 26] = 0) \\ 4 & ([p; 24@3B] = 011 \text{ 且 } [p; 27] = 0) \\ 8 & ([p; 24@5B] = 01111) \end{cases}$$
- (3) $[PC] \leftarrow p + l$
- (4) f に従って ($[p@lW]$ の) 演算を実行する。 (cf. 5.)
- (5) 次の命令の実行へ

3. 割込み

3.1 割込み条件

$[PL] = j$ ($0 \leq j \leq 15$) とするとき、

$j = 0$ のときは、割込み条件は、つねに成り立っていない。

$j > 0$ のときは、割込み条件は: $[PF; 0] + [PF; 1] + \dots + [PF; j-1] > 0$

3.2 割込み動作 次の手順を実行する:

- (1) $[PF; 0] = [PF; 1] = \dots = [PF; i-1] = 0$, $[PF; i] = 1$ とする i を復元:
- (2) $[(176+i)W] = q$ とおき、
- (3) $(q-2)W \leftarrow [PC]$; $(q-1); 0@4B \leftarrow [PL]$
- (4) $PL \leftarrow i$
- (5) $\Rightarrow q$

4. 起動

SPEC を起動すると、外部からの設定により、つぎの4種類のうちの1つの動作が行なわれる:

- (A) M256 以降に、標準の BOOT (算端) がはいる、
 $PL \leftarrow 0$; $PC \leftarrow 256$; 命令の実行開始
- (B) M256 以降に、固定磁盤のオ0記録がはいる、
 $PL \leftarrow 0$; $PC \leftarrow 256$; 命令の実行開始
- (C) M256 以降に、テストのオ0記録がはいる、
 $PL \leftarrow 0$; $PC \leftarrow 256$; 命令の実行開始
- (D) (未定)

5. 命令

5.0 命令の製編

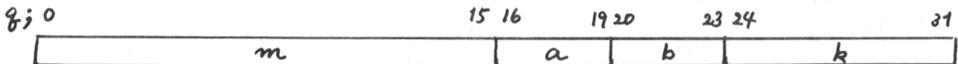
p番地から始まる命令では、 $p; 24@8B$ を、その機能部という。
 命令のおける機能は、機能部によって決まる。
 機能部の値には、命令コードが与えられている。

機能部 と 命令コード

[機能部]000001010011100101110111
00000...	EI	NI	OI	CI	LI	LNI	LIL	LIR
00001...	AI	SI	MI	DI	AID	SID	MID	DID
00010...	L	LN	LQ	LNQ	LD	LND	LL	LR
00011...	T	TN	TQ	TNQ	TD	TND	TL	TR
00100...	E	N	O	C	ED	ND	OD	CD
00101...	A	S	M	D	AD	SD	MD	DD
00110...	SL	SR	SLA	SRA	SLD	SRD	SLAD	SRAD
00111...	AF	SF	MF	DF	AFQ	SFQ	MFQ	DFQ
01000...	J	JSA	JP	JM	JD	JSM	JE	JO
01001...	JZ	JN	IJZ	IJN	JZD	JND	DJZ	DJN
01010...	JZC	JNC			SPLJ	RPLJ	ZPFJ	NPFJ
01011...	SZ	SN	AS		FP	FU		
01100...	ZB	NB	IB		KZB	KNB		
01101...			IJI	IJO			DJI	DJO
01110...	AM	SM	MM	DM	TM	CM		P
01111...	JEP	JIP	JHP	JLP	TP	CP	BS	BR
1.....	ソフトウェア命令							

命令は、W型またはB型の型式の倍語の(1つ、または2つ、または4つ)あり。

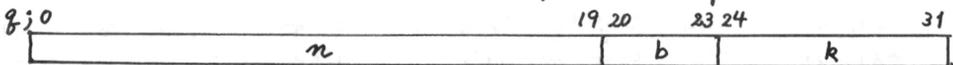
W型の倍語 ($q = p$ or $p+2$)



- $m = [q; 0@16B]$: 対象番地 (読番地)
- $a = [q; 16@4B]$: 累算器 A_a を指定
- $b = [q; 20@4B]$: 指標器 X_b を指定
- $k = [q; 24@8B]$: 機能部 ($p=q$) または 語数 ($q=p+2$)

diff $m \# b = m + [MbW] \bmod 2^{16}$: 実効番地 (読番地)

B型の倍語 ($q = p$ または $p+2$ または $p+4$ または $p+6$)



- $n = [q; 0@20B]$: 対象番地 (ビット番地)
- $b = [q; 20@4B]$: 指標器 X_b を指定
- $k = [q; 24@8B]$: 機能部 ($p=q$) または ビット数 ($q \neq p$)

diff $n \# b = n + [Mb; 0@20B] \bmod 2^{20}$: 実効番地 (ビット番地)

5.1 算術命令

型式 W

00100000	E	Exclusive or	$Ma \leftarrow [Ma] \oplus [m\#b]$
00100001	N	aNd	$Ma \leftarrow [Ma] \wedge [m\#b]$
00100010	O	Or	$Ma \leftarrow [Ma] \vee [m\#b]$
00100011	C	Compare	$CF \leftarrow [Ma] : [m\#b]$
00101000	A	Add	$Ma \leftarrow [Ma] + [m\#b]$
00101001	S	Subtract	$Ma \leftarrow [Ma] - [m\#b]$
00101010	M	Multiply	$Ma \leftarrow [Ma] \times [m\#b]$
00101011	D	Divide	$Ma \leftarrow [Ma] \div [m\#b]$
00100100	ED	Exclusive or Double	$aD \leftarrow [aD] \oplus [m\#bD]$
00100101	ND	aNd Double	$aD \leftarrow [aD] \wedge [m\#bD]$
00100110	OD	Or Double	$aD \leftarrow [aD] \vee [m\#bD]$
00100111	CD	Compare Double	$CF \leftarrow [aD] : [m\#bD]$
00101100	AD	Add Double	$aD \leftarrow [aD] + [m\#bD]$
00101101	SD	Subtract Double	$aD \leftarrow [aD] - [m\#bD]$
00101110	MD	Multiply Double	$aD \leftarrow [aD] \times [m\#bD]$
00101111	DD	Divide Double	$aD \leftarrow [aD] \div [m\#bD]$

5.2 直接算術命令

型式 W

00000000	EI	Exclusive or Immediate	$a \leftarrow [a] \oplus m\#b$
00000001	NI	aNd Immediate	$a \leftarrow [a] \wedge m\#b$
00000010	OI	Or Immediate	$a \leftarrow [a] \vee m\#b$
00000011	CI	Compare Immediate	$CF \leftarrow [a] : m\#b$
00001000	LI	Load Immediate	$a \leftarrow m\#b$
00001001	LNI	Load Negative Immediate	$a \leftarrow -m\#b$
00001010	LIL	Load Immediate Left-half	$aL \leftarrow m\#b$
00001011	LIR	Load Immediate Right-half	$aR \leftarrow m\#b$
00001000	AI	Add Immediate	$a \leftarrow [a] + m\#b$
00001001	SI	Subtract Immediate	$a \leftarrow [a] - m\#b$
00001010	MI	Multiply Immediate	$a \leftarrow [a] \times m\#b$
00001011	DI	Divide Immediate	$a \leftarrow [a] \div m\#b$
00001100	AID	Add Immediate Double	$aD \leftarrow [aD] + m\#b\%$
00001101	SID	Subtract Immediate Double	$aD \leftarrow [aD] - m\#b\%$
00001110	MID	Multiply Immediate Double	$aD \leftarrow [aD] \times m\#b\%$
00001111	DID	Divide Immediate Double	$aD \leftarrow [aD] \div m\#b\%$
00110000	SL	Shift Left	$a \leftarrow [a] \text{ shift } m\#b\%$
00110001	SR	Shift Right	$a \leftarrow [a] \text{ shift } (-m\#b\%)$
00110010	SLA	Shift Left Arithmetic	$a \leftarrow [a]\% \text{ shift } m\#b\%$
00110011	SRA	Shift Right Arithmetic	$a \leftarrow [a]\% \text{ shift } (-m\#b\%)$
00110100	SLD	Shift Left Double	$aD \leftarrow [aD] \text{ shift } m\#b\%$
00110101	SRD	Shift Right Double	$aD \leftarrow [aD] \text{ shift } (-m\#b\%)$
00110110	SLAD	Shift Left Arithmetic Double	$aD \leftarrow [aD]\% \text{ shift } m\#b\%$
00110111	SRAD	Shift Right Arithmetic Double	$aD \leftarrow [aD]\% \text{ shift } (-m\#b\%)$

5.3 浮動小数点算術命令 型式 W

00111000	AF	Add Floating	$aD \leftarrow \text{¥} [aD] \text{¥} + [m\#bD] \text{¥}$
00111001	SF	Subtract Floating	$aD \leftarrow \text{¥} [aD] \text{¥} - [m\#bD] \text{¥}$
00111010	MF	Multiply Floating	$aD \leftarrow \text{¥} [aD] \text{¥} \times [m\#bD] \text{¥}$
00111011	DF	Divide Floating	$aD \leftarrow \text{¥} [aD] \text{¥} / [m\#bD] \text{¥}$
00111100	AFQ	Add Floating Quadruple	$aQ \leftarrow \text{¥} [aQ] \text{¥} + [m\#bQ] \text{¥}$
00111101	SFQ	Subtract Floating Quadruple	$aQ \leftarrow \text{¥} [aQ] \text{¥} - [m\#bQ] \text{¥}$
00111110	MFQ	Multiply Floating Quadruple	$aQ \leftarrow \text{¥} [aQ] \text{¥} \times [m\#bQ] \text{¥}$
00111111	DFQ	Divide Floating Quadruple	$aQ \leftarrow \text{¥} [aQ] \text{¥} / [m\#bQ] \text{¥}$

5.4 転送命令 型式 W

00010000	L	Load	$a \leftarrow [m\#b]$
00010001	LN	Load Negative	$a \leftarrow -[m\#b]$
00010100	LD	Load Double	$aD \leftarrow [m\#bD]$
00010101	LND	Load Negative Double	$aD \leftarrow -[m\#bD]$
00010010	LQ	Load Quadruple	$aQ \leftarrow [m\#bQ]$
00010011	LNQ	Load Negative Quadruple	$aQ \leftarrow -[m\#bQ]$
00010110	LL	Load Left-half	$a \leftarrow [m\#bL]\%$
00010111	LR	Load Right-half	$a \leftarrow [m\#bR]\%$
00011000	T	Transfer	$m\#b \leftarrow [a]$
00011001	TN	Transfer & Negate	$m\#b \leftarrow [a]; a \leftarrow -[a]$
00011100	TD	Transfer Double	$m\#bD \leftarrow [aD]$
00011101	TND	Transfer & Negate Double	$m\#bD \leftarrow [aD]; aD \leftarrow -[aD]$
00011010	TQ	Transfer Quadruple	$m\#bQ \leftarrow [aQ]$
00011011	TNQ	Transfer & Negate Quadruple	$m\#bQ \leftarrow [aQ]; aQ \leftarrow -[aQ]$
00011110	TL	Transfer Left-half	$m\#bL \leftarrow [a]$
00011111	TR	Transfer Right-half	$m\#bR \leftarrow [a]$

5.5 転行命令 型式 W

01000000	J	Jump & clear	$\Rightarrow m\#b; a \leftarrow 0$
01000100	JD	Jump & clear Double	$\Rightarrow m\#b; aD \leftarrow 0$
01000001	JSA	Jump to Subroutine by A-reg.	$a \leftarrow [PC]; \Rightarrow m\#b$
01000101	JSM	Jump to Subroutine by Memory	$m\#b-3 \leftarrow a; m\#b-2 \leftarrow [PC]; \Rightarrow m\#b$
01000010	JP	Jump on Plus	$[a;0]=0? \Rightarrow m\#b$
01000011	JM	Jump on Minus	$[a;0]=1? \Rightarrow m\#b$
01000110	JE	Jump on Even	$[a;15]=0? \Rightarrow m\#b$
01000111	JO	Jump on Odd	$[a;15]=1? \Rightarrow m\#b$
01001000	JZ	Jump on Zero	$[a]=0? \Rightarrow m\#b$
01001001	JN	Jump on Non-zero	$[a] \neq 0? \Rightarrow m\#b$
01001100	JZD	Jump on Zero Double	$[aD]=0? \Rightarrow m\#b$
01001101	JND	Jump on Non-zero Double	$[aD] \neq 0? \Rightarrow m\#b$
01001010	IJZ	Increase & Jump on Zero	$a \leftarrow [a]+1; [a]=0? \Rightarrow m\#b$
01001011	IJN	Increase & Jump on Non-zero	$a \leftarrow [a]+1; [a] \neq 0? \Rightarrow m\#b$
01001110	DJZ	Decrease & Jump on Zero	$a \leftarrow [a]-1; [a]=0? \Rightarrow m\#b$
01001111	DJN	Decrease & Jump on Non-zero	$a \leftarrow [a]-1; [a] \neq 0? \Rightarrow m\#b$

01010000	JZC	Jump on Zero	CF	$[CF; aB] = 0 ? \Rightarrow m\#b$
01010001	JNC	Jump on Non-zero	CF	$[CF; aB] = 1 ? \Rightarrow m\#b$
01010100	SPLJ	Set PL & Jump		$\Rightarrow m\#b ; PL \leftarrow a$
01010101	RPLJ	Read PL & Jump		$\Rightarrow m\#b ; a \leftarrow PL$
01010110	ZPFJ	Zero to PF & Jump		$\Rightarrow m\#b ; PF; aB \leftarrow 0$
01010111	NPFJ	Non-zero to PF & Jump		$\Rightarrow m\#b ; PF; aB \leftarrow 1$

5.6 雑命令 型式 W

01011000	SZ	Search Zero		$[a; 0B] = [a; 1B] = \dots = [a; (i-1)B] = 1$ のとき, $[a; iB] = 0$ のとき, $m\#b \leftarrow i$
01011001	SN	Search Non-zero		$[a; 0B] = [a; 1B] = \dots = [a; (i-1)B] = 0$ のとき, $[a; iB] = 1$ のとき, $m\#b \leftarrow i$
01011010	AS	Add Sideways		$m\#b \leftarrow [a; 0B] + [a; 1B] + \dots + [a; 15B]$
01011100	FP	Floating Pack		$m\#bQ \leftarrow \# 2^{[aD] \% 6} \times [a+2Q] \% \times 2^{61}$
01011101	FU	Floating Unpack		$[m\#bQ] \# = 2^e xy$ (e : 整数, $-2 \leq x < -1$ 又は $1 \leq x < 2$) のとき $aD \leftarrow e; (a+2)Q \leftarrow y \times 2^{61}$ $[m\#bQ] \# = 0$ 又は $[m\#bQ] \# = \infty$ のとき $aD \leftarrow [m\#bD]; (a+2)Q \leftarrow 0$

5.7 ビット命令 型式 B

01100000	ZB	Zero to Bit		$n\#bB \leftarrow 0$
01100001	NB	Non-zero to Bit		$n\#bB \leftarrow 1$
01100010	IB	Invert Bit		$n\#bB \leftarrow [n\#bB] + 1$
01100100	KZB	sKip on Zero Bit		$[n\#bB] = 0 ? \Rightarrow [PC] + 2$
01100101	KNB	sKip on Non-zero Bit		$[n\#bB] = 1 ? \Rightarrow [PC] + 2$

2.8 4 雑命令-1 型式 W₁W₂

01101010	IJI	Increase & Jump on Inside		$a_1 \leftarrow [a_1] + k_2 ;$ $\{ [a_2] \leq [a_1] \leq [m_2\#b_2] \} \text{ mod } 2^{16} \Rightarrow m_1\#b_1$
01101011	IJO	Increase & Jump on Outside		$a_1 \leftarrow [a_1] + k_2 ;$ $\{ [m_1\#b_1] < [a_1] < [a_2] \} \text{ mod } 2^{16} \Rightarrow m_1\#b_1$
01101110	DJI	Decrease & Jump on Inside		$a_1 \leftarrow [a_1] - k_2 ;$ $\{ [a_2] \leq [a_1] \leq [m_2\#b_2] \} \text{ mod } 2^{16} \Rightarrow m_1\#b_1$
01101111	DJO	Decrease & Jump on Outside		$a_1 \leftarrow [a_1] - k_2 ;$ $\{ [m_2\#b_2] < [a_1] < [a_2] \} \text{ mod } 2^{16} \Rightarrow m_1\#b_1$
01110000	AM	Add Multiple		$a_1 m_1\#b_1 @ k_2 \leftarrow [m_1\#b_1 @ k_2] + [m_2\#b_2 @ k_2] + [a_2] \% 6$
01110001	SM	Subtract Multiple		$a_1 m_1\#b_1 @ k_2 \leftarrow [m_1\#b_1 @ k_2] - [m_2\#b_2 @ k_2] - [a_2] \% 6$
01110010	MM	Multiply Multiple		$a_1 m_1\#b_1 @ k_2 \leftarrow [m_1\#b_1 @ k_2] \times [m_2\#b_2] + [a_2]$
01110011	DM	Divide Multiple		$m_1\#b_1 @ k_2 \leftarrow [a_1 m_1\#b_1 @ k_2] \div [m_2\#b_2]; a_2 \leftarrow a_1$
01110100	TM	Transfer Multiple		$a_1 m_1\#b_1 @ k_2 \leftarrow [m_2\#b_2 @ k_2] + [a_2] \% 6$
01110101	CM	Compare Multiple		CF $\leftarrow [m_1\#b_1 @ k_2] : [m_2\#b_2 @ k_2]$

2.9 4 雑命令-2 型式 W₁B₂

01111000	JEP	Jump on Equal Partial		$[a_1; 0 @ k_2 B] = [m_2\#b_2 @ k_2 B] ? \Rightarrow m_1\#b_1$
01111001	JIP	Jump on Inequal Partial		$[a_1; 0 @ k_2 B] \neq [m_2\#b_2 @ k_2 B] ? \Rightarrow m_1\#b_1$
01111010	JHP	Jump on High Partial		$[a_1; 0 @ k_2 B] \geq [m_2\#b_2 @ k_2 B] ? \Rightarrow m_1\#b_1$
01111011	JLP	Jump on Low Partial		$[a_1; 0 @ k_2 B] < [m_2\#b_2 @ k_2 B] ? \Rightarrow m_1\#b_1$

5.10 4 語命令 - 3 型式 $B_1 B_2$

01111100 TP Transfer Partial $n_1 \# b_1 @ k_2 B \leftarrow [n_2 \# b_2 @ k_2 B]$
 01111101 CP Compare Partial $CF \leftarrow [n_1 \# b_1 @ k_2 B] : [n_2 \# b_2 @ k_2 B]$

5.11 8 語命令 型式 $W_1 B_2 B_3 B_4$

01111110 BS table Search $\left\{ \begin{array}{l} i=0, 1, \dots, \text{size}-1 \text{ の中に} \\ \{ \text{base} \leq [i\text{-element}] \leq [\text{sample}] \\ \text{と} \text{存} \text{する } i \text{ が あり ば, (最初} \text{の } i \text{ で)} \\ \text{index} \leftarrow i \\ \text{と} \text{存} \text{する } i \text{ が 無 け れ ば} \\ \text{index} \leftarrow -1 \end{array} \right.$

01111111 BR table Refer $\left\{ \begin{array}{l} [index] < \text{size} \text{ の とき} \\ \text{location} \leftarrow \text{head} + \text{step} \times [index] ; \\ \text{sample} \leftarrow [location @ k_3 B] \\ [index] \geq \text{size} \text{ の とき} \\ \text{location} \leftarrow 0 \\ \therefore i, \text{ base} = [a_1; 0 @ k_3 B] \\ \text{location} = a_1; 0 \# 20 B \\ \text{size} = [m_1 \# b_1] \\ \text{head} = n_2 \# b_2 \\ \text{step} = k_2 \\ \text{sample} = n_3 \# b_3 @ k_3 B \\ \text{index} = n_4 \# b_4 @ k_4 B \\ i\text{-element} = (\text{head} + \text{step} \times i) @ k_3 B \end{array} \right.$

5.12 周辺機器命令 型式 $W_1 W_2$

01110111 P Peripheral
概説

a_1 割込水準
命令の実行開始の瞬間, $PF; a_1 \leftarrow 0$
" 終了の瞬間, $PF; a_1 \leftarrow 1$

$m_1 \# b_1$ 命令の実行が可能なとき, $\Rightarrow m_1 \# b_1$
 k_2 機能
 = 0 鍵盤
 = 1 画面
 = 2 固定装置

...
 a_2 命令の種類 (k に従って異なる)
 $m_2 \# b_2$ 読み書きされる資料の記憶場所など。

5.13 ソフトウェア命令 型式 W

1..... k k -instruction ($128 \leq k \leq 255$)

$\left\{ \begin{array}{l} [kW] = g \text{ の とき,} \\ g-4 \leftarrow m \# b ; g-3 \leftarrow a ; \\ g-2 \leftarrow [PC] ; \Rightarrow g \end{array} \right.$



本 PDF ファイルは 1984 年発行の「第 25 回プログラミング・シンポジウム報告集」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトに、下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載し、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html

過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場 (=情報処理学会電子図書館) で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少からずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者（論文を執筆された故人の相続人）を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者搜索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思います。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長 (tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp) までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間： 2020 年 12 月 18 日 ~ 2021 年 3 月 19 日

掲載日： 2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>