

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2002/2003

Februari – Mac 2003

ZAT 281/4 - Pengantar Mikropemproses

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH BELAS** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab kesemua LIMA soalan. Kesemuanya wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia. Kesemua jawapan mestilah ditulis diruang yang disediakan dalam kertas soalan ini. Ringkasan arahan dan masa pelaksanaan beberapa arahan mikropemproses 68000 disediakan di Lampiran A sebagai rujukan.

1. Rajah 1 merupakan suatu aturcara bahasa pengumpulan sistem mikropemproses 68000 yang dilaksanakan kepada sistem mikropemproses di makmal fizik gunaan USM, dengan pot input merupakan 8-bit suis dan pot output pula merupakan 8-bit LED.

PBDDR	EQU	\$A00007	;arahan 1
PCDDR	EQU	\$A00009	;arahan 2
PBDR	EQU	\$A00013	;arahan 3
PCDR	EQU	\$A00019	;arahan 4
DATA1	EQU	\$03	;arahan 5
DATA2	EQU	\$004004F0	;arahan 6
	ORG	\$400400	;arahan 7
MULA	MOVE.B	#\$FF, PBDDR	;arahan 8
	MOVE.B	#0, PCDDR	;arahan 9
ULANG	MOVE.B	PCDR, D0	;arahan A
	MOVE.B	D0, PBDR	;arahan B
	MOVE.B	D0, D1	;arahan C
	ANDI.B	#DATA1, D0	;arahan D
	BNE	ULANG	;arahan E
	MOVE.B	D1, DATA2	;arahan F
	TRAP	#11	;arahan 10
	DC.W	0	;arahan 11
	END		

Rajah 1

1. Untuk lebih jelasnya, berikut ini disajikan data...

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui...
metode yang digunakan adalah...
hasil yang diperoleh adalah...

(001/00)
(01/00)
(07/00)
(07/00)

SAT 2014 - Pengaruh Mikrokomponen

(juga ada bagian) munculkan...
Maka, 2. dan

(001/00)

Salah satu faktor yang mempengaruhi...
adalah faktor-faktor sebagai berikut:

1. Faktor manusia (SDM) adalah...
yang berkaitan dengan...
kemampuan dan keterampilan...
yang dimiliki oleh...
pegawai perusahaan.

2. Faktor material adalah...
yang berkaitan dengan...
jumlah dan kualitas...
bahan-bahan yang...
digunakan dalam...
produksi.

Kategori	Sub-kategori	Nilai	Unit
Manusia	SDM	100	%
	Keahlian	85	%
	Pengetahuan	75	%
	Sikap	90	%
Material	Bahan Baku	120	kg
	Alat Mesin	150	unit
	Perawatan	100	jam
	Kebersihan	110	unit
Lain-lain	Manajemen	130	unit
	Keuangan	140	unit
	Marketing	120	unit
	Operasional	110	unit

a) Secara ringkas terangkan apakah yang dilaksanakan oleh aturcara tersebut?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(20/100)

b) Nyatakan lokasi permulaan ingatan RAM di mana aturcara tersebut ditulis.

.....
.....
.....

(10/100)

c) Nyatakan lokasi alamat suis input.

.....
.....
.....

(10/100)

d) Nyatakan lokasi alamat LED output

.....
.....
.....

(10/100)

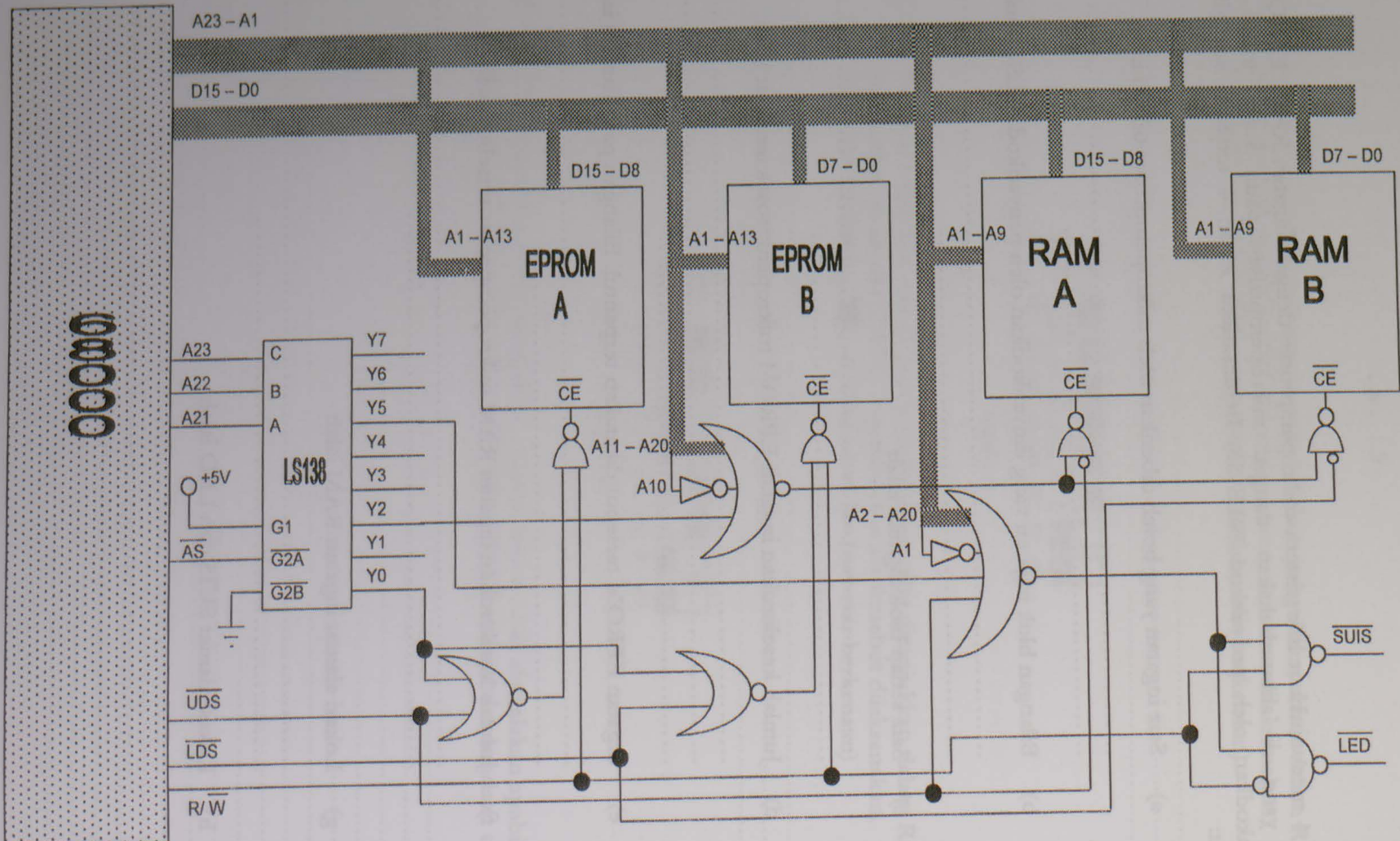
e) Apakah yang akan dilaksanakan oleh aturcara sekiranya arahan E ditukar kepada
BNE MULA ;arahan E?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(10/100)

2. Rajah 4 menunjukkan litar sistem mikropemproses dengan ingatan RAM, EPROM, SUIS, dan LED yang di antaramukakan dengan mikropemproses pada suatu lokasi alamat yang dinyahkodkan oleh penyahkod 74LS138. Berdasarkan Rajah 4 tersebut selesaikan persoalan berikut:

- a) Saiz ingatan yang boleh diberikan oleh mikropemproses 68000 ialah
.....
.....
(10/100)
- b) Bilangan blok ingatan yang dinyahkodkan oleh penyahkod 74LS138 ialah
.....
.....
(10/100)
- c) Saiz setiap blok ingatan ialah
.....
.....
(10/100)
- d) Jumlah keseluruhan ingatan EPROM mikropemproses tersebut ialah
.....
.....
.....
(10/100)
- e) Ingatan EPROM tersebut dikatakan terpantul. Bilangan pantulannya ialah
.....
.....
(10/100)
- f) Jumlah keseluruhan ingatan RAM mikropemproses tersebut ialah
.....
.....
(10/100)
- g) Lokasi alamat ingatan RAM ialah
.....
.....
(10/100)
- h) Lokasi alamat SUIS dan LED ialah
.....
.....
.....



Rajah 4

40

...6/-

.....
.....
.....
.....

(30/100)

b) Kirakan bilangan kitaran jam yang diperlukan untuk melaksanakan arahan 7 dan arahan 8.

.....
.....

(10/100)

c) Sekiranya frekuensi jam sistem mikropemproses ialah 10 MHz, kirakan masa yang diperlukan untuk melaksanakan arahan 7 dan arahan 8.

.....
.....

(10/100)

d) Terangkan bagaimana satu kitaran isyarat logik pelaksanaan arahan 7 dan arahan 8 yang pegun dihasilkan di skrin penganalisis logik.

.....
.....
.....
.....

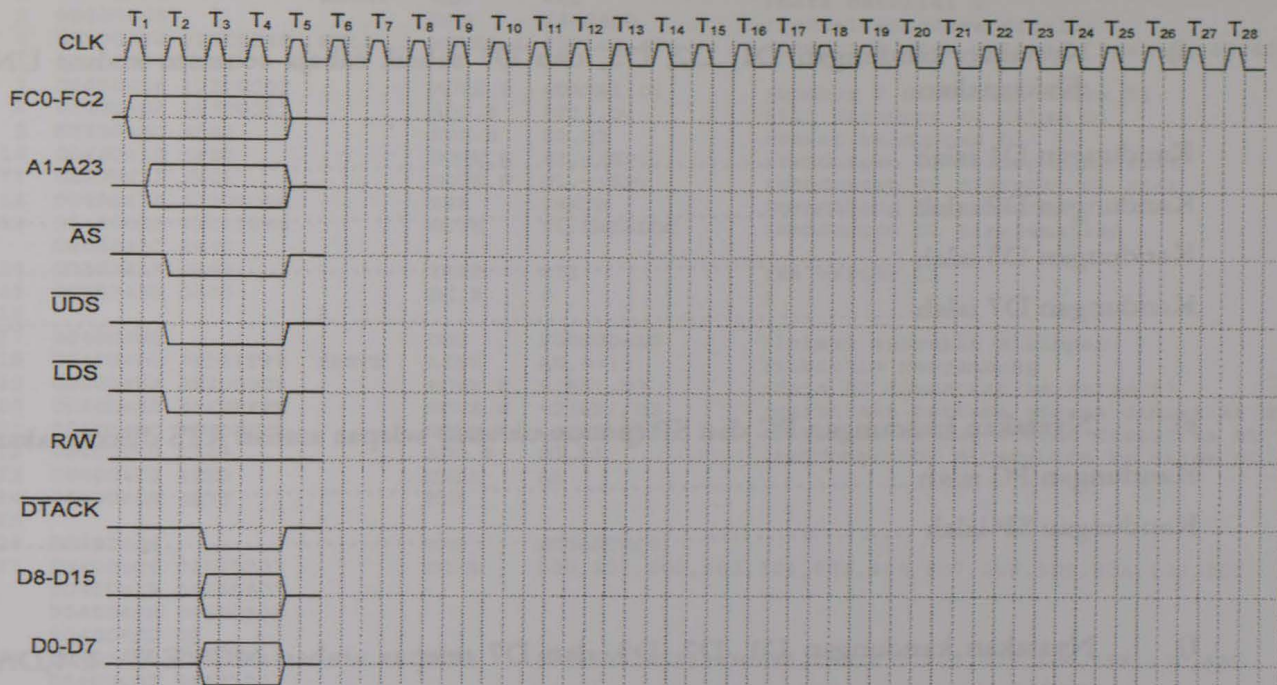
(10/100)

e) Nyatakan keadaan LED output ketika aturcara dilaksanakan.

.....
.....
.....
.....

(10/100)

- f) Lakarkan kitaran isyarat logik yang mungkin diperhatikan di skrin penganalisis logik dengan melengkapkan kitaran logik dalam Rajah 6.



Rajah 6

(30/100)

4. Aturcara dalam Rajah 7, melibatkan panggilan subrutin dan arahan LINK. Berdasarkan aturcara tersebut selesaikan persoalan yang berikut.

a) Nyatakan kandungan D1 dan D2 sebaik sahaja sebelum aturcara mencabang ke subrutin. Kandungan D1 ialah dan kandungan D2 ialah

(10/100)

b) Apabila aturcara mencabang ke subrutin, kandungan pembilang program (PC) akan di simpan di alamat stak. Nyatakan kandungan PC dan alamat di mana ia disimpan.

Kandungan PC ialah dan ia disimpan di alamat

(10/100)

c) Kandungan D7 selepas pelaksanaan arahan MOVE.W 8(A5) ialah

.....
(10/100)

d) Nyatakan kandungan D1, D2, D3, dan D7 sebaik sahaja sebelum arahan UNLK A5 dilaksanakan.

Kandungan D1 ialah
Kandungan D2 ialah
Kandungan D3 ialah
Kandungan D7 ialah
(20/100)

e) Nyatakan kandungan PC dan SP (penunjuk stak) selepas arahan RTS dilaksanakan.

Kandungan PC ialah
Kandungan SP ialah
(10/100)

f) Nyatakan kandungan D1, D2, D3, dan D7 selepas arahan MOVE.W D1,DATALOC dilaksanakan.

Kandungan D1 ialah
Kandungan D2 ialah
Kandungan D3 ialah
Kandungan D7 ialah
(20/100)

g) Nyatakan dua kegunaan utama arahan LINK.

.....
.....
.....
(20/100)

```

1
2 004004DE          *
3 00400490          SPLOC EQU $004004DE ;alamat penunjuk stak
4 00000002          DATA1 EQU $00400490 ;lokasi jumlah disimpan
5 00400400          EQU $02 ;data bernilai 2
6 00400400 2E7C0040 MULA MOVEA.L #SPLOC,A7 ;lokasi aturcara ditulis
   00400404 04DE ;penunjuk stak menunjuk lokasi $4004DE
7 00400406 123C0002          MOVE.B #DATA1,D1 ;nombor 2 dimuatkan dalam D1
8 0040040A D23C0011          ADD.B #$11,D1 ;$11 dicampur ke dalam D1
9 0040040E B502          EOR.B D2,D2 ;reset kandungan D1
10 00400410 3F02          MOVE.W D2,-(SP) ;kandungan D2 disimpan di stak
11 00400412 3F01          MOVE.W D1,-(SP) ;kandungan D1 disimpan di stak
12 00400414 6100009A          BSR SBRTN ;mencabang ke subrutin
13 00400418 33C10040          MOVE D1,DATA1LOC ;kandungan D1 diselamatkan
   0040041C 0490
14 0040041E 4E4B          TRAP #11 ;ke vektor 11
15 00400420 0000          DC.W 0 ;
16
17 004004B0          *
18 004004B0 4E55FFF4          SBRTN LINK A5,#-12 ;lokasi subrutin disimpan
19 004004B4 3E2D0008          MOVE.W 8(A5),D7 ;subrutin penyambung
20 004004B8 362DFFFE          MOVE.W -2(A5),D3 ;data D2 dimuatkan ke dalam D7
21 004004BC 322DFFFC          MOVE.W -4(A5),D1 ;perkataan pertama storan dimuat ke D3
22 004004C0 D243          ADD.W D3,D1 ;perkataan ke dua storan dimuat ke D1
23 004004C2 4E5D          UNLK A5 ;kandungan D3 dicampurkan ke dalam D1
24 004004C4 4E75          RTS
25
26 004004C6          *
27 004004C6 00010203          ORG $004004C6
   004004CA 04050607          DC.B $00,$01,$02,$03,$04,$05,$06,$07,$08,$09,$0A,$0B,$0C
   004004CE 08090A0B
   004004D2 0C
28 004004D3 3F065B4F          DC.B $3F,$06,$5B,$4F,$66,$6D,$7D,$07,$7F,$67,$5F,$7C,$39
   004004D7 666D7D07
   004004DB 7F675F7C
   004004DF 39
29 004004E0 5E797176          DC.B $5E,$79,$71,$76,$38,$73,$3E
   004004E4 38733E
30 004004E7 11          DC.B $11
31 004004E8          END

```

Rajah 7

D0 = \$1234 5678	A0 = \$0000 2000	\$0000 2000 = \$FACE
D1 = \$9ABC DEF0	A1 = \$0000 2001	\$0000 2002 = \$0AFE
D2 = \$1122 3344	A2 = \$0000 2002	\$0002 2004 = \$4A63
D3 = \$5566 7788	A3 = \$0000 2004	\$0000 2006 = \$0002
D4 = \$0012 0034	A4 = \$0001 1006	\$0000 2008 = \$FFFF
D5 = \$CO1D FF32	A5 = \$0000 200A	\$0000 200A = \$2006
D6 = \$AABB CCDD	A6 = \$0001 1004	\$0000 200C = \$1010
D7 = \$0001 0004	A7 = \$0000 4000	\$0000 200E = \$ABCD

Rajah 8

5. Rajah 8 menunjukkan data yang terkandung di dalam alatdaftar alamat dan alatdaftar data serta kandungan di beberapa lokasi alamat tertentu. Gunakan data tersebut di mana yang perlu bagi menyelesaikan persoalan berikut:

a) Nyatakan kandungan setiap alatdaftar destinasi selepas pelaksanaan setiap arahan berikut;

Kandungan alatdaftar destinasi

- i. MOVE.L D2,D0
- ii. MOVE.W (A0),D3
- iii. MOVE.B D6,D1
- iv. MOVEA (A5),A2
- v. MOVE.B \$3(A3),D4
- vi. MOVEA.L A1,A5
- vii. MOVEA #\$CE45,A6
- viii. MULU D2,D7
- ix. DIVU 5(A1),D6
- x. EOR.W D1,D1

(20/100)

b) Nyatakan kandungan alatdaftar data selepas pelaksanaan arahan MOVEM.L (A2)+,D0-D5. Nyatakan juga kandungan A2 selepas pelaksanaan arahan tersebut.

- A2 =
- D0 =
- D1 =
- D2 =
- D3 =
- D4 =
- D5 =

(14/100)

c) Terangkan samaada arahan-arahan berikut menyebabkan bendera limpahan diset atau tidak apabila ia dilaksanakan.

- i. ADD D0,D3
-
-

ii. DIVU D2,D5

.....
.....

iii. MULU D5,D6

.....
.....

iv. ADD.L D6,D5

.....
.....

v. DIVU D7,D6

.....
.....

vi. MULU D7,D4

.....
.....

(36/100)

d) Tuliskan suatu segmen aturcara yang ringkas bagi memindahkan 53 data perkataan yang berada di lokasi alamat permulaan \$0000 2002, ke lokasi alamat permulaan \$0001 1006. Kedua bank ingatan tersebut, meningkat dari segi lokasi ingatannya daripada lokasi permulaan. Gunakan arahan BDcc dengan D4 sebagai alatdaftar pembilang bagi jawapan anda.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

(30/100)

ADOLPH

DIVISION

MILL

LAMPIRAN A

Mnemonic	Assembler Syntax	Operand Size	Allowable Addressing Modes		Condition Codes
			Source	Destination	X N Z V C
ABCD	ABCD Dy,Dx ABCD -(Ay),-(Ax)	8 8	Dn -(An)	Dn -(An)	* U * U * * U * U *
ADD	ADD <ea>,Dn ADD Dn,<ea>	8, 16, 32 8, 16, 32	All (1) Dn	Dn Alterable	* * * * * * * * * *
ADDA	ADD <ea>,An	16, 32	All	An	- - - - -
ADDI	ADDI #d,<ea>	8, 16, 32	#d	Data Alterable	* * * * *
ADDQ	ADDQ #d,<ea>	8, 16, 32	#d (2)	Alterable (1)	* * * * *
ADDX	ADDX Dy,Dx ADDX -(Ay),-(Ax)	8, 16, 32 8, 16, 32	Dn -(An)	Dn -(An)	* * * * * * * * * *
AND	AND <ea>,Dn AND Dn,<ea>	8, 16, 32 8, 16, 32	Data Dn	Dn Alterable	- * * 0 0 - * * 0 0
ANDI	ANDI #d,<ea> ANDI #d,SR (3)	8, 16, 32 8, 16	#d #d	Data Alterable SR	- * * 0 0 * * * * *
ASL	ASL Dx,Dy ASL #d,Dn ASL <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory Alterable	* * * * * * * * * * * * * * *
ASR	ASR Dx,Dy ASR #d,Dn ASR <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory Alterable	* * * * * * * * * * * * * * *
Bcc	Bcc <label>	8, 16	If cc, then PC + d → PC		- - - - -
BCHG	BCHG Dn,<ea> BCHG #d,<ea>	8, 32 8, 32	Dn #d	Data Alterable Data Alterable	- - * - - - - * - -
BCLR	BCLR Dn,<ea> BCLR #d,<ea>	8, 32 8, 32	Dn #d	Data Alterable Data Alterable	- - * - - - - * - -
BRA	BRA <label>	8, 16	PC + d → PC,		- - - - -
BSET	BSET Dn,<ea> BSET #d,<ea>	8, 32 8, 32	Dn #d	Data Alterable Data Alterable	- - * - - - - * - -
BSR	BSR <label>	8, 16	PC → -(SP); PC + d → PC		- - - - -
BTST	BTST Dn,<ea> BTST #d,<ea>	8, 32 8, 32	Dn #d	Data, Except Immediate Data, Except Immediate	- - * - - - - * - -
CHK	CHK <ea>,Dn	16	If Dn < 0 or Dn > (ea), then TRAP	Data	- * U U U
CLR	CLR <ea>	8, 16, 32	Data Alterable		- 0 1 0 0
CMP	CMP <ea>,Dn	8, 16, 32	All (1)	Dn	- * * * *
CMPA	CMPA <ea>,An	16, 32	All	An	- * * * *
CMPI	CMPI #d,<ea>	8, 16, 32	#d	Data Alterable	- * * * *
CMPM	CMPM (Ay)+,(Ax)+	8, 16, 32	(An)+	(An)+	- * * * *

Mnemonic	Assembler Syntax	Operand Size	Allowable Addressing Modes		Condition Codes
			Source	Destination	X N Z V C
DBcc	BDcc Dn,<label>	16	If cc, then Dn - 1 → Dn; if Dn ≠ -1, then PC + d → PC		-----
DIVS	DIVS <ea>,Dn	16	Data	Dn	- * * * 0
DIVU	DIVU <ea>,Dn	16	Data	Dn	- * * * 0
EOR	EOR Dn,<ea>	8, 16, 32	Dn	Data Alterable	- * * 0 0
EORI	EORI #d,<ea> EORI #d,SR (3)	8, 16, 32 8, 16	#d #d	Data Alterable SR	- * * 0 0 * * * * *
EXG	EXG Rx,Ry	32	Dn or An	Dn or An	-----
EXT	EXT Dn	16, 32	Dn		- * * 0 0
JMP	JMP <ea>		<ea> → PC	Control	-----
JSR	JSR <ea>		PC → -(SP); <ea> → PC	Control	-----
LEA	LEA <ea>,An	32	Control	An	-----
LINK	LINK An,#d	Unsize	An		-----
LSL	LSL Dx,Dy LSL #d,Dn LSL <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory Alterable	* * * 0 * * * * 0 * * * * 0 *
LSR	LSR Dx,Dy LSR #d,Dn LSR <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory Alterable	* 0 * 0 * * 0 * 0 * * 0 * 0 *
MOVE	MOVE <ea>,<ea> MOVE <ea>,CCR MOVE <ea>,SR (6) MOVE SR,<ea> MOVE USP,An (6) MOVE An,USP (6)	8, 16, 32 16 16 16 32 32	All (1) Data Data SR USP An	Data Alterable CCR SR Data Alterable An USP	- * * 0 0 * * * * * * * * * * ----- ----- -----
MOVEA	MOVEA <ea>,An	16, 32	All	An	-----
MOVEM	MOVEM <list>,<ea> MOVEM <ea>,<llist>	16, 32 16, 32	 Control or (An)+	Control Alterable or -(An)	----- -----
MOVEP	MOVEP Dx,d(Ay) MOVEP d(Ay),Dx	16, 32 16, 32	Dn d(An)	d(An) Dn	----- -----
MOVEQ	MOVEQ #d,Dn	32	#d (7)	Dn	- * * 0 0
MULS	MULS <ea>,Dn	16	Data	Dn	- * * 0 0
MULU	MULU <ea>,Dn	16	Data	Dn	- * * 0 0
NBCD	NBCD <ea>	8		Data Alterable	* U * U *
NEG	NEG <ea>	8, 16, 32	Data Alterable		* * * * *
NEGX	NEGX <ea>	8, 16, 32	Data Alterable		* * * * *
NOP	NOP		PC + 2 - PC		-----
NOT	NOT <ea>	8, 16, 32		Data Alterable	- * * 0 0

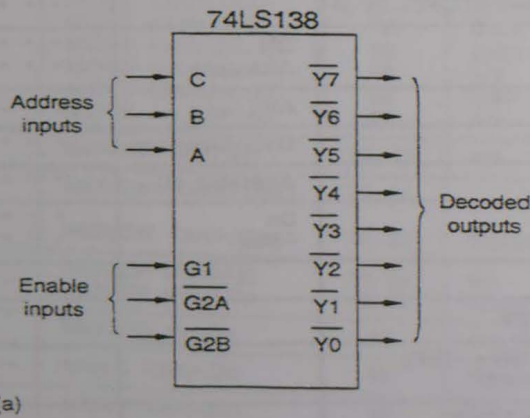
Mnemonic	Assembler Syntax	Operand Size	Allowable Addressing Modes		Condition Codes
			Source	Destination	X N Z V C
OR	OR <ea>, Dn OR Dn,<ea>	8, 16, 32 8, 16, 32	Data Dn	Dn Alterable	- * * 0 0 - * * 0 0
ORI	ORI #d,<ea> ORI #d,SR (3)	8, 16, 32 8, 16	#d #d	Data Alterable SR	- * * 0 0 * * * * *
PEA	PEA <ea>	32	Control		- - - - -
RESET (6)	RESET				- - - - -
ROL	ROL Dx,Dy ROL #d,Dn ROL <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory- Alterable	- * * 0 * - * * 0 * - * * 0 *
ROR	ROR Dx,Dy ROR #d,Dn ROR <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory Alterable	- * * 0 * - * * 0 * - * * 0 *
ROXL	ROXL Dx,Dy ROXL #d,Dn ROXL <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory Alterable	* * * 0 * * * * 0 * * * * 0 *
ROXR	ROXR Dx,Dy ROXR #d,Dn ROXR <ea>	8, 16, 32 8, 16, 32 16	Dn (4) #d (5)	Dn Dn Memory Alterable	* * * 0 * * * * 0 * * * * 0 *
RTE (6)	RTE		(SP) + → SP; (SP) + → PC		* * * * *
RTR	RTR		(SP)+ → CCR; (SP) + → PC		* * * * *
RTS	RTS		(SP) + → PC		- - - - -
SBCD	SBCD Dy,Dx SBCD -(Ay),-(Ax)	8 8	Dn -(An)	Dn -(An)	* U * U * * U * U *
Scc	Scc <ea>	8	If cc, then 1s → (ea); otherwise 0s → (ea)	Data Alterable	- - - - -
STOP (6)	STOP #d	16	#d → SR, then STOP		* * * * *
SUB	SUB <ea>,Dn SUB Dn,<ea>	8, 16, 32 8, 16, 32	All (1) Dn	Dn Alterable	* * * * * * * * * *
SUBA	SUBA <ea>,An	16, 32	All	An	- - - - -
SUBI	SUBI #d,<ea>	8, 16, 32	#d	Data Alterable	* * * * *
SUBQ	SUBQ #d,<ea>	8, 16, 32	#d (2)	Alterable (1)	* * * * *
SUBX	SUBX Dy,Dx SUBX -(Ay),-(Ax)	8, 16, 32 8, 16, 32	Dn -(An)	Dn -(An)	* * * * * * * * * *
SWAP	SWAP Dn	16	Dn		- - - - -
TAS	TAS <ea>	8	Data Alterable		- * * 0 0
TRAP	TRAP #<vector>		PC → -(SP); SR → -(SP); #<vector> → PC		- - - - -
TRAPV	TRAPV		If V = 1, then TRAP		- - - - -
TST	TST <ea>	8, 16, 32	Data Alterable		- * * 0 0
UNLK	UNLK An	Unsize		An	- - - - -

Footnotes:

- (1) If the operation size is byte, the address register direct addressing mode is not allowed.
- (2) Immediate operand, with a value from 1 to 8.
- (3) If the operation size is word, the instruction is privileged.
- (4) Source data register contains the shift count. Count = 0 to 63, where 0 produces a count of 64.
- (5) The data is the shift count, 1 to 8.
- (6) This operation is privileged.
- (7) Eight bits of immediate data, which are sign-extended to a 32-bit long operand.

Effective Addressing Mode Categories

Addressing Mode	Addressing Categories				Assembler Syntax
	Data	Memory	Control	Alterable	
Data register direct.	X			X	Dn
Address register direct.				X	An
Register indirect.	X	X	X	X	(An)
Register indirect with postincrement.	X	X		X	(An)+
Register indirect with predecrement.	X	X		X	-(An)
Register indirect with displacement.	X	X	X	X	d(An)
Register indirect with index.	X	X	X	X	d(An,Ri)
Absolute short.	X	X	X	X	xxxx
Absolute long.	X	X	X	X	xxxxxxxx
PC relative with displacement.	X	X	X		d
PC relative with index.	X	X	X		d(Ri)
Immediate.	X	X			#xxxx



G1	G2A	G2B	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
0	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1
x	1	x	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1
x	x	1	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

(b)

The 74LS138 3-line to 8-line decoder. (a) symbol, (b) truth table.

Masa pelaksanaan beberapa arahan mikropemproses 68000

Table D-2. Move Byte and Move Word Instruction Execution Times.

Source	Destination								
	Dn	An	(An)	(An)+	-(An)	d16(An)	d8(An,Xn)*	xxx.W	xxx.L
Dn	4(1/0)	4(1/0)	8(1/1)	8(1/1)	8(1/1)	12(2/1)	14(2/1)	12(2/1)	16(3/1)
An	4(1/0)	4(1/0)	8(1/1)	8(1/1)	8(1/1)	12(2/1)	14(2/1)	12(2/1)	16(3/1)
(An)	8(2/0)	8(2/0)	12(2/1)	12(2/1)	12(2/1)	16(3/1)	18(3/1)	16(3/1)	20(4/1)
(An)+	8(2/0)	8(2/0)	12(2/1)	12(2/1)	12(2/1)	16(3/1)	18(3/1)	16(3/1)	20(4/1)
-(An)	10(2/0)	10(2/0)	14(2/1)	14(2/1)	14(2/1)	18(3/1)	20(3/1)	18(3/1)	22(4/1)
d16(An)	12(3/0)	12(3/0)	16(3/1)	16(3/1)	16(3/1)	20(4/1)	22(4/1)	20(4/1)	24(5/1)
d8(An,Xn)*	14(3/0)	14(3/0)	18(3/1)	18(3/1)	18(3/1)	22(4/1)	24(4/1)	22(4/1)	26(5/1)
xxx.W	12(3/0)	12(3/0)	16(3/1)	16(3/1)	16(3/1)	20(4/1)	22(4/1)	20(4/1)	24(5/1)
xxx.L	16(4/0)	16(4/0)	20(4/1)	20(4/1)	20(4/1)	24(5/1)	26(5/1)	24(5/1)	28(6/1)
d16(PC)	12(3/0)	12(3/0)	16(3/1)	16(3/1)	16(3/1)	20(4/1)	22(4/1)	20(4/1)	24(5/1)
d8(PC,Xn)*	14(3/0)	14(3/0)	18(3/1)	18(3/1)	18(3/1)	22(4/1)	24(4/1)	22(4/1)	26(5/1)
#data	8(2/0)	8(2/0)	12(2/1)	12(2/1)	12(2/1)	16(3/1)	18(3/1)	16(3/1)	20(4/1)

* The size of the index register (Xn) does not affect execution time.

Table D-3. Move Long Instruction Execution Times.

Source	Destination								
	Dn	An	(An)	(An)+	-(An)	d16(An)	d8(An,Xn)*	xxx.W	xxx.L
Dn	4(1/0)	4(1/0)	12(1/2)	12(1/2)	12(1/2)	16(2/2)	18(2/2)	16(2/2)	20(3/2)
An	4(1/0)	4(1/0)	12(1/2)	12(1/2)	12(1/2)	16(2/2)	18(2/2)	16(2/2)	20(3/2)
(An)	12(3/0)	12(3/0)	20(3/2)	20(3/2)	20(3/2)	24(4/2)	26(4/2)	24(4/2)	28(5/2)
(An)+	12(3/0)	12(3/0)	20(3/2)	20(3/2)	20(3/2)	24(4/2)	26(4/2)	24(4/2)	28(5/2)
-(An)	14(3/0)	14(3/0)	22(3/2)	22(3/2)	22(3/2)	26(4/2)	28(4/2)	26(4/2)	30(5/2)
d16(An)	16(4/0)	16(4/0)	24(4/2)	24(4/2)	24(4/2)	28(5/2)	30(5/2)	28(5/2)	32(6/2)
d8(An,Xn)*	18(4/0)	18(4/0)	26(4/2)	26(4/2)	26(4/2)	30(5/2)	32(5/2)	30(5/2)	34(6/2)
xxx.W	16(4/0)	16(4/0)	24(4/2)	24(4/2)	24(4/2)	28(5/2)	30(5/2)	28(5/2)	32(6/2)
xxx.L	20(5/0)	20(5/0)	28(5/2)	28(5/2)	28(5/2)	32(6/2)	34(6/2)	32(6/2)	36(7/2)
d16(PC)	16(4/0)	16(4/0)	24(4/2)	24(4/2)	24(4/2)	28(5/2)	30(5/2)	28(5/2)	32(5/2)
d8(PC,Xn)*	18(4/0)	18(4/0)	26(4/2)	26(4/2)	26(4/2)	30(5/2)	32(5/2)	24(4/2)	28(5/2)
#data	12(3/0)	12(3/0)	20(3/2)	20(3/2)	20(3/2)	24(4/2)	26(4/2)	30(5/2)	34(6/2)

* The size of the index register (Xn) does not affect execution time.

Table D-10. JMP, JSR, LEA, PEA, and MOVEM Instruction Execution Times.

Inst.	Size	(An)	(An)+	-(An)	d16(An)	d8(An,Xn)*	xxx.W	xxx.L	d16(PC)	d8(PC,Xn)*
JMP	-	8(2/0)	-	-	10(2/0)	14(3/0)	10(2/0)	12(3/0)	10(2/0)	14(3/0)
JSR	-	16(2/2)	-	-	18(2/2)	22(2/2)	18(2/2)	20(3/2)	18(2/2)	22(2/2)
LEA	-	4(1/0)	-	-	8(2/0)	12(2/0)	8(2/0)	12(3/0)	8(2/0)	12(2/0)
PEA	-	12(1/2)	-	-	16(2/2)	20(2/2)	16(2/2)	20(3/2)	16(2/2)	20(2/2)
MOVEM	Word	12+4n	12+4n	-	16+4n	18+4n	16+4n	20+4n	16+4n	18+4n
M→R		(3+n/0)	(3+n/0)	-	(4+n/0)	(4+n/0)	(4+n/0)	(5+n/0)	(4n/0)	(4+n/0)
	Long	12+8n	12+8n	-	16+8n	18+8n	16+8n	20+8n	16+8n	18+8n
		(3+2n/0)	(3+2n/0)	-	(4+2n/0)	(4+2n/0)	(4+2n/0)	(5+2n/0)	(4+2n/0)	(4+2n/0)
MOVEM	Word	8+4n	-	8+4n	12+4n	14+4n	12+4n	16+4n	-	-
R→M		(2/n)	-	(2/n)	(3/n)	(3/n)	(3/n)	(4/n)	-	-
	Long	8+8n	-	8+8n	12+8n	(14+8n)	12+8n	16+8n	-	-
		(2/2n)	-	(2/2n)	3/2n	(3/2n)	(3/2n)	(4/2n)	-	-

n is the number of registers to move.

* The size of the index register (Xn) does not affect the instruction's execution time.

Mean Rainfall and Snow Water Equivalent

Table 1-1. Mean Rainfall and Snow Water Equivalent

Station	Year	Rainfall (in)	Snow Water Equivalent (in)
1	1956	12.5	15.0
1	1957	13.2	16.5
1	1958	14.1	17.8
1	1959	15.3	19.2
1	1960	16.7	21.0
1	1961	18.2	23.5
1	1962	19.8	26.0
1	1963	21.5	28.5
1	1964	23.4	31.5
1	1965	25.6	35.0
1	1966	28.1	39.0
1	1967	30.9	43.5
1	1968	34.0	48.5
1	1969	37.4	54.0
1	1970	41.1	60.0
1	1971	45.2	66.5
1	1972	49.7	73.5
1	1973	54.6	81.0
1	1974	60.0	89.0
1	1975	65.8	97.5
1	1976	72.1	106.5
1	1977	78.9	116.0
1	1978	86.2	126.0
1	1979	94.0	136.5
1	1980	102.3	147.5
1	1981	111.1	159.0
1	1982	120.4	171.0
1	1983	130.2	183.5
1	1984	140.5	196.5
1	1985	151.3	210.0
1	1986	162.6	224.0
1	1987	174.4	238.5
1	1988	186.7	253.5
1	1989	199.5	269.0
1	1990	212.8	285.0
1	1991	226.6	301.5
1	1992	240.9	318.5
1	1993	255.7	336.0
1	1994	271.0	354.0
1	1995	286.8	372.5
1	1996	303.1	391.5
1	1997	319.9	411.0
1	1998	337.2	431.0
1	1999	355.0	451.5
1	2000	373.3	472.5
1	2001	392.1	494.0
1	2002	411.4	516.0
1	2003	431.2	538.5
1	2004	451.5	561.5
1	2005	472.3	585.0
1	2006	493.6	609.0
1	2007	515.4	633.5
1	2008	537.7	658.5
1	2009	560.5	684.0
1	2010	583.8	710.0
1	2011	607.6	736.5
1	2012	631.9	763.5
1	2013	656.7	791.0
1	2014	682.0	819.0
1	2015	707.8	847.5
1	2016	734.1	876.5
1	2017	760.9	906.0
1	2018	788.2	936.0
1	2019	816.0	966.5
1	2020	844.3	997.5
1	2021	873.1	1029.0
1	2022	902.4	1061.0
1	2023	932.2	1093.5
1	2024	962.5	1126.5
1	2025	993.3	1160.0
1	2026	1024.6	1194.0
1	2027	1056.4	1228.5
1	2028	1088.7	1263.5
1	2029	1121.5	1299.0
1	2030	1154.8	1335.0

* The size of the index indicates that there was a significant change.

Table 1-2. Mean Long-Term Precipitation

Station	Year	Rainfall (in)	Snow Water Equivalent (in)
2	1956	11.8	14.5
2	1957	12.5	15.5
2	1958	13.2	16.5
2	1959	14.0	17.5
2	1960	14.8	18.5
2	1961	15.6	19.5
2	1962	16.4	20.5
2	1963	17.2	21.5
2	1964	18.0	22.5
2	1965	18.8	23.5
2	1966	19.6	24.5
2	1967	20.4	25.5
2	1968	21.2	26.5
2	1969	22.0	27.5
2	1970	22.8	28.5
2	1971	23.6	29.5
2	1972	24.4	30.5
2	1973	25.2	31.5
2	1974	26.0	32.5
2	1975	26.8	33.5
2	1976	27.6	34.5
2	1977	28.4	35.5
2	1978	29.2	36.5
2	1979	30.0	37.5
2	1980	30.8	38.5
2	1981	31.6	39.5
2	1982	32.4	40.5
2	1983	33.2	41.5
2	1984	34.0	42.5
2	1985	34.8	43.5
2	1986	35.6	44.5
2	1987	36.4	45.5
2	1988	37.2	46.5
2	1989	38.0	47.5
2	1990	38.8	48.5
2	1991	39.6	49.5
2	1992	40.4	50.5
2	1993	41.2	51.5
2	1994	42.0	52.5
2	1995	42.8	53.5
2	1996	43.6	54.5
2	1997	44.4	55.5
2	1998	45.2	56.5
2	1999	46.0	57.5
2	2000	46.8	58.5
2	2001	47.6	59.5
2	2002	48.4	60.5
2	2003	49.2	61.5
2	2004	50.0	62.5
2	2005	50.8	63.5
2	2006	51.6	64.5
2	2007	52.4	65.5
2	2008	53.2	66.5
2	2009	54.0	67.5
2	2010	54.8	68.5
2	2011	55.6	69.5
2	2012	56.4	70.5
2	2013	57.2	71.5
2	2014	58.0	72.5
2	2015	58.8	73.5
2	2016	59.6	74.5
2	2017	60.4	75.5
2	2018	61.2	76.5
2	2019	62.0	77.5
2	2020	62.8	78.5
2	2021	63.6	79.5
2	2022	64.4	80.5
2	2023	65.2	81.5
2	2024	66.0	82.5
2	2025	66.8	83.5
2	2026	67.6	84.5
2	2027	68.4	85.5
2	2028	69.2	86.5
2	2029	70.0	87.5
2	2030	70.8	88.5

* The size of the index indicates that there was a significant change.