



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΜΑΘΗΜΑ: ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Όνοματεπώνυμο: ΜΗΛΤΙΑΔΗΣ ΜΑΝΤΕΣ

A.M.: 1084661

E-mail: up1084661@upnet.gr

Όνοματεπώνυμο: ΦΙΛΙΠΠΟΣ-ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ ΖΥΓΟΥΡΗΣ

A.M.: 1084660

E-mail: up1084660@upnet.gr

10

ΑΝΑΦΟΡΑ ΑΣΚΗΣΗΣ 5

Βοηθητικός Καταχωρητής TEMP1: 1001

Καταχωρητής R1: 0000

Βοηθητικός Καταχωρητής TEMP2: 1010

Καταχωρητής R2: 0001

Program Counter: 1011

Καταχωρητής R3: 0010

Ζητούμενο

Να γραφεί πρόγραμμα για τον υπολογισμό της έκφρασης: $W = 4 * (X + Y - Z - 1) + 2 * (X + Y - 1)$, όπου τα W, X, Y και Z είναι θέσεις της κύριας μνήμης. Οι τιμές των X, Y και Z θα σας δοθούν κατά την διάρκεια του εργαστηρίου.

LOAD R, \$K	Φόρτωσε στο καταχωρητή R τα περιεχόμενα της θέσης μνήμης με διεύθυνση K.
STORE R, \$K	Αποθήκευσε το περιεχόμενο του καταχωρητή R στη θέση μνήμης με διεύθυνση K.
ADD R, \$K	Πρόσθεσε το περιεχόμενο της θέσης μνήμης με διεύθυνση K στον καταχωρητή R.
ADD R1, R2	$R1 \leftarrow R1 + R2$
SHL R	Αριστερή λογική ολίσθηση των περιεχομένων του καταχωρητή R κατά μία θέση.
DEC R	Μείωση των περιεχομένων του καταχωρητή R κατά ένα.
HALT	Τέλος εκτέλεσης του προγράμματος.

Υπόδειξη: Τα R, R1 και R2 παίρνουν τιμές από 00 (hex) μέχρι 0F (hex) και αποτελούν τελούμενα των παραπάνω εντολών.

Πρόγραμμα σε ψευδοκώδικα

```

LOAD R1, $X    @R1 ← X
LOAD R2, $Y    @R2 ← Y
ADD R1, R2     @R1 ← X + Y
SUB R1, $Z     @R1 ← X + Y - Z
DEC R1        @R1 ← X + Y - Z - 1
SHL R1        @R1 ← 2 * (X + Y - Z - 1)
SHL R1        @R1 ← 4 * (X + Y - Z - 1)
LOAD R2, $X    @R2 ← X
LOAD R3, $Y    @R3 ← Y
ADD R2, R3     @R2 ← X + Y
DEC R2        @R2 ← X + Y - 1
SHL R2        @R2 ← 2 * (X + Y - 1)
ADD R1, R2     @R1 ← 4 * (X + Y - Z - 1) + 2 * (X + Y - 1)
STORE R1, $W   @W ← 4 * (X + Y - Z - 1) + 2 * (X + Y - 1)
HALT
    
```

2

Πρόγραμμα σε συμβολική γλώσσα

LOAD R, \$K:

```

PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R)
MDR+0 → TEMP1 //μεταφορά εντέλου (R) σε TEMP1
PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (K)
MDR+0 → MAR //μεταφορά περιεχομένου της θέσης
K σε TEMP1
MDR+0 → TEMP1
PC+1 → PC, MAR //επόμενη εντολή
NEXT(PC)
    
```

STORE R, \$K:

```

PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R)
MDR+0 → FR //μεταφορά εντέλου (R) σε FR
PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (K)
MDR+0 → MAR //μεταφορά εντέλου K σε MAR
R(FR)+0 → NOP, MVE~ //μεταφορά περιεχομένου R
στη θέση μνήμης K
PC+1 → PC, MAR //επόμενη εντολή
NEXT(PC)
    
```

ADD R, \$K:

```

PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R)
MDR+0 → TEMP1 //μεταφορά εντέλου (R) σε TEMP1
PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (K)
MDR+0 → MAR //μεταφορά περιεχομένου της θέσης
K σε TEMP2
MDR+0 → TEMP2
TEMP1+0 → FR //μεταφορά αθροίσματος
περιεχομένου του R και περιεχομένου της θέσης K σε
R
R(FR)+TEMP2 → R(FR)
PC+1 → PC, MAR //επόμενη εντολή
NEXT(PC)
    
```

SHL R :

PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R)
MDR+0 → FR //αριστερή ολίσθηση περιεχομένου R
προς τα αριστερά κατά μία θέση
R(FR)+0 → R(FR), ~SH && SELB
PC+1 → PC, MAR //επόμενη εντολή
NEXT(PC)

DEC R :

PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R)
MDR+0 → FR //μείωση περιεχομένου R κατά 1
R(FR)-1 → R(FR)
PC+1 → PC, MAR //επόμενη εντολή
NEXT(PC)

HALT :

PC+0 → PC, MAR //δεν αυξάνουμε τον PC για να
τερματιστεί το πρόγραμμα
NEXT(PC)

SUB R, \$K :

PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R)
MDR+0 → TEMP1 //μεταφορά εντέλου (R) σε TEMP1
PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (K)
MDR+0 → MAR //μεταφορά περιεχομένου της θέσης K σε TEMP2
MDR+0 → TEMP2
TEMP1+0 → FR //μεταφορά αθροίσματος περιεχομένου του R και περιεχομένου της
θέσης K σε R
R(FR)-TEMP2 → R(FR)
PC+1 → PC, MAR //επόμενη εντολή
NEXT(PC)

ADD R1, R2 :

PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R1)
MDR+0 → TEMP1 //μεταφορά εντέλου (R1) σε TEMP1
PC+1 → PC, MAR //έντελο εντολής (R2)
MDR+0 → FR //μεταφορά περιεχομένου R2 σε TEMP2
R(FR)+0 → TEMP2
TEMP1+0 → FR //μεταφορά αθροίσματος περιεχομένου του R1 και του R2 σε R1
R(FR)+TEMP2 → R(FR)
PC+1 → PC, MAR //επόμενη εντολή
NEXT(PC)

Πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής

BOOTSTRAP	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
SW+0->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1100	XX	X	1	1	1	0	1	0	1	1	1	m00
NEXT(PC)	XXXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m01

LOAD R, \$K	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m02
MDR+0->TEMP1	XXXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m03
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m04
MDR+0->MAR	XXXXX	000	XXX	111	000	001	XXXX	XXXX	XX	X	X	1	1	0	1	1	1	0	1	m05
MDR+0->TEMP1	XXXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m06
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m07
NEXT(PC)	XXXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m08

LOAD R, \$K	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m09
MDR+0->TEMP1	XXXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m0a
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m0b
MDR+0->MAR	XXXXX	000	XXX	111	000	001	XXXX	XXXX	XX	X	X	1	1	0	1	1	1	0	1	m0c
MDR+0->TEMP1	XXXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m0d
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m0e
NEXT(PC)	XXXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m0f

ADD R1, R2	BRA	BIN	CON	I	I	I	APOINT	BPOINT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m10
MDR+0→TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m11
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m12
MDR+0→TEMP2	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1010	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m13
TEMP2+0→FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m14
TEMP1+0→FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1001	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m15
R(FR)+TEMP2 →R(FR)	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	m16
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m17
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m18

SUB R, \$K	BRA	BIN	CON	I	I	I	APOINT	BPOINT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m19
MDR+0→TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m1a
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m1b
MDR+0→TEMP2	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1010	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m1c
TEMP2+0→FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m1d
TEMP1+0→FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1001	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m1e
R(FR)-TEMP2 →R(FR)	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	m1f
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m20
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m21

DEC R	BRA	BIN	CON	I	I	I	APOINT	BPOINT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m22
MDR+0→FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m23
R(FR)-1→R(FR)	XXXX	000	XXX	111	001	011	XXXX	XXXX	01	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	m24
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m25
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m26

SHL R	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m27
MDR+0->FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m28
R(FR)+0->R(FR),~SH&&SELB	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	XXXX	XX	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	m29
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m2a
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m2b

SHL R	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m2c
MDR+0->FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	XXXX	XX	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m2d
R(FR)+0->R(FR),~SH&&SELB	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	XXXX	XX	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	m2e
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m2f
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m30

LOAD R, \$K	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m31
MDR+0->TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m32
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m33
MDR+0->MAR	XXXX	000	XXX	111	000	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m34
MDR+0->TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m35
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m36
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m37

LOAD R, \$K	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m38
MDR+0→TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m39
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m3a
MDR+0→MAR	XXXX	000	XXX	111	000	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m3b
MDR+0→TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m3c
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m3d
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m3e

ADD R1, R2	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m3f
MDR+0→TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m40
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m41
MDR+0→TEMP2	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1010	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m42
TEMP2+0→FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	m43
TEMP1+0→FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1001	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	m44
R(FR)→TEMP2 →R(FR)	XXXX	000	XXX	111	001	011	1010	XXXX	XX	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	m45
PC+1→PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m46
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m47

DEC R	BRA	BIN	CON	I	I	I	APOINT	BPOINT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m48
MDR+0->TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m49
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m4a
MDR+0->TEMP2	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1010	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m4b
TEMP2+0->FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	m4c
TEMP1+0->FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1001	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	m4d
R(FR)-TEMP2 ->R(FR)	XXXX	000	XXX	111	001	011	1010	XXXX	XX	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	m4e
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m4f
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m50

SHL R	BRA	BIN	CON	I	I	I	APOINT	BPOINT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m51
MDR+0->FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	XXXX	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m52
R(FR)-1->R(FR)	XXXX	000	XXX	111	001	011	XXXX	XXXX	XX	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	m53
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m54
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m55

ADD R1, R2	BRA	BIN	CON	I	I	I	APOINT	BPOINT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m56
MDR+0->TEMP1	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m57
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m58
MDR+0->TEMP2	XXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1010	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m59
TEMP2+0->FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m5a
TEMP1+0->FR	XXXX	000	XXX	111	000	011	1001	XXXX	XX	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	m5b
R(FR)+TEMP2 ->R(FR)	XXXX	000	XXX	111	000	011	1010	XXXX	XX	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	m5c
PC+1->PC,MAR	XXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m5d
NEXT(PC)	XXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m5e

STORE R, \$K	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m5f
MDR+0->FR	XXXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	XXXX	XX	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	m60
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m61
MDR+0->MAR	XXXXX	000	XXX	111	000	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m62
R(FR)+0->NOP, MWE~	XXXXX	000	XXX	111	000	011	XXXX	1001	XX	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	m63
PC+1->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	01	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m64
NEXT(PC)	XXXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m65

HALT	BRA	BIN	CON	I	I	I	APORT	BPORT	DDATA	SH~	SELB	MWE~	MARCLK	MSTATUS	LDS~	PCE~	CARRYE~	MDE~	DDATAE~	ADDRESS
	(4:0)	(2:0)	(2:0)	(2:0)	(5:3)	(8:6)	(3:0)	(3:0)	(1:0)											
PC+0->PC,MAR	XXXXX	000	XXX	101	000	011	1011	1011	00	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	m66
NEXT(PC)	XXXXX	000	XXX	XXX	XXX	001	XXXX	XXXX	XX	X	1	1	0	0	0	1	1	1	1	m67

- Εντελώς αυθαίρετα, ορίζουμε ένα μοναδικό **opcode**, διεύθυνση μικρομνήμης και **έντελο** για κάθε μία από τις μακροεντολές:

Mapper		
Κώδικας εντολής	Opcode/Θέση	Περιεχόμενα
LOAD R1, \$01	00000000	00000010
LOAD R2, \$02	00000001	00001001
ADD R1, R2	00000010	00010000
SUB R1, \$03	00000011	00011001
DEC R1	00000100	00100010
SHL R1	00000101	00100111
SHL R1	00000110	00101100
LOAD R2, \$01	00000111	00110001
LOAD R3, \$02	00001000	00111000
ADD R2, R3	00001001	00111111
DEC R2	00001010	01001000
SHL R2	00001011	01010001
ADD R1, R2	00001100	01010110
STORE R1, \$0a	00001101	01011111
HALT	00001110	01100110

↑
 ↑
 Opcodes Micromemory addresses

Main Memory		
Κώδικας εντολής	Θέση	Περιεχόμενο
LOAD R1, \$01	00000000	00000000
	00000001	00000001
	00000010	00000000
LOAD R2, \$02	00000011	00000001
	00000100	00000010
ADD R1, R2	00000101	00000001
	00000110	00000010
	00000111	00000000
SUB R1, \$03	00001000	00000001
	00001001	00000011
	00001010	00000000
DEC R1	00001011	00000011
	00001100	00000100
SHL R1	00001101	00000000
	00001110	00000101
	00001111	00000000
SHL R1	00010000	00000110
	00010001	00000000
	00010010	00000000
LOAD R2, \$01	00010011	00000111
	00010100	00000001
	00010101	00000001
LOAD R3, \$02	00010110	00001000
	00010111	00000010
	00011000	00000010
ADD R2, R3	00011001	00001001
	00011010	00000001
	00011011	00000010
DEC R2	00011100	00000100
	00011101	00000001

← Opcode LOAD R. \$K

Έντελα R1, 1

← Opcode LOAD R. \$K

Έντελα R2, 2

← Opcode ADD R1. R2

Έντελα R1, R2

← Opcode SUB R. \$K

Έντελα R1, 3

← Opcode DEC R

← Έντελο R1

← Opcode SHL R

← Έντελο R1

← Opcode SHL R

← Έντελο R1

← Opcode LOAD R. \$K

Έντελα R2, 1

← Opcode LOAD R. \$K

Έντελα R3, 2

← Opcode ADD R1, R2

Έντελα R2, R3

← Opcode DEC R

← Έντελο R2

SHL R2	00011101	00001011	← Opcode SHL R
	00011110	00000001	← Έντελο R2
ADD R1, R2	00011111	00001100	← Opcode ADD R1, R2
	00100000	00000000	} Έντελα R1, R2
	00100001	00000001	
STORE R1, \$0a	00100010	00001101	← Opcode STORE R, \$K
	00100011	00000000	} Έντελα R1, 10
	00100100	00001010	
HALT	00100101	00001110	← Opcode HALT
	00100110		