



Tentamen med lösningar

EDA452 Grundläggande Datorteknik, D

DIT790 Digital- och datorteknik, GU

Måndag xx Oktober 20xx, kl. 8.30 - 12.30

Examinatorer

Rolf Snedsböl, tel 772 16 65

Kontaktperson under tentamen

Rolf Snedsböl, tel 772 16 65

Tillåtna hjälpmedel

Häftet *Instruktionslista för FLISP*

I denna får varken text eller understrykningar finnas.

Tabellverk och miniräknare får ej användas!

Lösningar

Distribueras via kursens hemsida.

Granskning

Tid och plats anges på kursens hemsida.

Allmänt

Tentamen är uppdelad i del A och del B. På del A kan 30 poäng uppnås och på del B 20 poäng. Totalt 50 poäng på del A och del B tillsammans. För att del B av tentamen skall granskas och rättas krävs minst 20 poäng på del A.

Del A bedöms och betygssätts utifrån bifogat svarsblankett. Poängsättning på del A anges vid varje uppgift. Siffror inom parentes anger poängintervallet på uppgiften. Fel svar kan ge poängavdrag. En obesvarad uppgift ger inte poängavdrag.

De olika svarsalternativen a, b, c etc. kan innehålla

- korrekt svar
- nästan korrekt svar
- mer eller mindre fel svar
- helt fel svar
- inget korrekt svarsalternativ

Svara med endast ett kryss på varje uppgift

Poängsättning på del B anges vid varje uppgift. Siffror inom parentes anger maximal poäng på uppgiften. **För full poäng krävs att:**

- redovisningen av svar och lösningar är läslig och tydlig.
- ett lösningsblad får endast innehålla redovisningsdelar som hör ihop med en uppgift.
- lösningen ej är onödigt komplicerad.
- du har motiverat dina val och ställningstaganden
- redovisningen av hårdvarukonstruktioner innehåller funktionsbeskrivning, lösning och realisering.
- redovisningen av mjukvarukonstruktioner i assembler är dokumenterade.

Betygsättning

För godkänt slutbetyg på kursen fordras att både tentamen och laborationer är godkända.

Tentamen (EDAxxx) ger slutbetyget:

$20p \leq \text{betyg } 3 < 30p \leq \text{betyg } 4 < 40p \leq \text{betyg } 5$

Tentamen (DITxxx) ger slutbetyget:

$20p \leq \text{G} < 36p \leq \text{VG}$

DEL A – fyll i svarsblanketten sist i tesen och lämna in denna**Uppgift 1 Talomvandling, aritmetik, flaggor och koder.**

I uppgifter 1.1 t.o.m 1.4 används 5-bitars tal där $X = (01110)_2$ och $Y = (10011)_2$

Uppgift 1.1

Tolka X och Y som tal *med* tecken.
Vilket av alternativen anger dess decimala motsvarighet?

a	X= 17, Y= -19
b	X= 15, Y= 19
c	X = 13, Y= -3
d	X = 14, Y= -13
e	X = 13, Y= -19
f	X = 12, Y= -12
g	X = 14, Y= -12
h	X = 15, Y= 12

Poäng på uppgiften: [-1, 1]

Uppgift 1.2

Tolka X och Y som tal *utan* tecken.
Vilket av alternativen anger dess decimala motsvarighet?

a	X=14, Y= -19
b	X= 14, Y= -3
c	X=29, Y=10
d	X=28, Y=19
e	X=28, Y=18
f	X=15, Y=17
g	X=13, Y=19
h	X=14 Y=21

Poäng på uppgiften: [-1, 1]

Uppgift 1.3

Utför subtraktionen $R = X - Y$ som den utförs i Flex dataväg. Vilket av alternativen anger R?

Tolka X, Y och R som tal *med* tecken.

a	R=27
b	R=-4
c	R=-12
d	R=5
e	R=-6
f	R=-9
g	R=-5
h	R=37

Poäng på uppgiften: [-1, 1]

Uppgift 1.4

Utför subtraktionen $R = X - Y$ som den utförs i Flex dataväg.
Vad blir flaggbitarna NZVC efter räkneoperationen?

a	NZVC=1010
b	NZVC=1011
c	NZVC=1110
d	NZVC=0111
e	NZVC=1100
f	NZVC=1000
g	NZVC=0100
h	NZVC=1001

Poäng på uppgiften: [-1, 1]

Uppgift 1.5

Bitmönstret 01101010 kan representera:

	Två NBCD-siffror	Negativt tal på 2k-form	Förskjuten gray-kod	Positivt tal på tecken-belopps form	Ett naturligt binärtal T, Där $T > 109_{10}$
a	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej
b	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej
c	Ja	Nej	Nej	Nej	Ja
d	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej
e	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
f	Nej	Ja	Ja	Nej	Nej
g	Nej	Nej	Nej	Ja	Nej
h	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja

...Poäng på uppgiften: [-1, 2]

Uppgift 2 Kombinatorik, switchnätalgebra**Uppgift 2.1**

Följande funktion är given, $(x, y, z) = xz + x(y\bar{x} + z + \bar{x}y) + \bar{x}y$

Ange vilket av följande alternativ som utgör funktionen på disjunktiv normal form.

a	$f(x, y, z) = (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z) \cdot (x + \bar{y} + \bar{z}) \cdot (x + y + \bar{z})$
b	$f(x, y, z) = (\bar{x} + \bar{y}) \cdot (x + \bar{z})$
c	$f(x, y, z) = (x + y + z) \cdot (x + y + \bar{z}) \cdot (\bar{x} + y + z) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z)$
d	$f(x, y, z) = (x + y) \cdot (\bar{x} + z)$
e	$f(x, y, z) = \bar{x}\bar{y}z + \bar{z} \cdot (x + y) + x\bar{y}\bar{z}$
f	$f(x, y, z) = (\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z) \cdot (x + \bar{y} + z) \cdot (x + y + z)$
g	$f(x, y, z) = \bar{x}y\bar{z} + \bar{x}yz + x\bar{y}z + xyz$
h	$f(x, y, z) = (\bar{x} + \bar{z}) \cdot (x + y)$
i	$f(x, y, z) = \bar{x}yz + \bar{x}y\bar{z} + xy\bar{z} + x\bar{y}\bar{z}$

Poäng på uppgiften: [-1, 2]

Uppgift 2.2

Följande Karnaughdiagram för en boolesk funktion är givet.

Vilket av följande alternativ utgör funktionens konjunktiva minimala form?

		yz			
		00	01	11	10
x	0	0	-	1	0
	1	1	-	0	0

a	$f(x, y, z) = (x + y) \cdot (\bar{y} + z) \cdot (\bar{x} + \bar{y})$
b	$f(x, y, z) = \bar{x}\bar{y}z + \bar{x}yz + x\bar{y}\bar{z} + x\bar{y}z$
c	$f(x, y, z) = x\bar{y} + \bar{x}y$
d	$f(x, y, z) = (\bar{x} + z) \cdot (x + \bar{y})$
e	$f(x, y, z) = (x + z) \cdot (\bar{x} + \bar{y})$
f	$f(x, y, z) = (y + z) \cdot (\bar{y} + \bar{z})$
g	$f(x, y, z) = (y + \bar{z}) \cdot (x + \bar{z})$
h	$f(x, y, z) = (\bar{x} + y + \bar{z}) \cdot (\bar{x} + \bar{y} + z) \cdot (x + y + \bar{z}) \cdot (x + y + z)$
i	$f(x, y, z) = \bar{x}\bar{y}\bar{z} + \bar{x}y\bar{z} + xy\bar{z} + x\bar{y}\bar{z}$

Poäng på uppgiften: [-1, 2]

Uppgift 2.3

Ett kombinatoriskt nät med nedanstående funktionstabell skall konstrueras. Vilket av följande Karnaugh-diagram skall användas?

x	y	z	w	f
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

a)

		zw			
		00	01	11	10
xy	00	1	1	1	1
	01	-	0	-	0
	11	-	1	1	1
	10	1	1	-	0

		zw			
		00	01	11	10
xy	00	1	1	1	1
	01	-	0	0	-
	11	-	0	0	1
	10	0	0	1	-

c)

		zw			
		00	01	11	10
xy	00	0	0	0	0
	01	1	1	1	1
	11	0	0	0	0
	10	1	1	0	0

d)

		zw			
		00	01	11	10
xy	00	1	1	1	1
	01	-	0	-	0
	11	-	0	0	1
	10	0	0	-	1

e)

		zw			
		00	01	11	10
xy	00	0	0	0	0
	01	1	1	1	1
	11	1	1	0	0
	10	1	1	-	0

		zw			
		00	01	11	10
xy	00	1	1	-	1
	01	0	0	0	0
	11	1	1	0	0
	10	0	0	1	1

Poäng på uppgiften: [-1, 1]

Uppgift 3 Sekvensnät**Uppgift 3.1**

Följande tabell är given.

Q	Q ⁺	?	?
0	0	0	-
0	1	1	-
1	0	-	1
1	1	-	0

Troligen är tabellen en:

a	Funktionstabell för en D-vippa	
c	Funktionstabell för en SR-vippa	
e	Excitationstabell för en D-vippa	
g	Excitationstabell för en SR-vippa	

b	Funktionstabell för en T-vippa	
d	Funktionstabell för en JK-vippa	
f	Excitationstabell för en T-vippa	
h	Excitationstabell för en JK-vippa	

Poäng på uppgiften: [-1, 1]

Uppgift 3.2

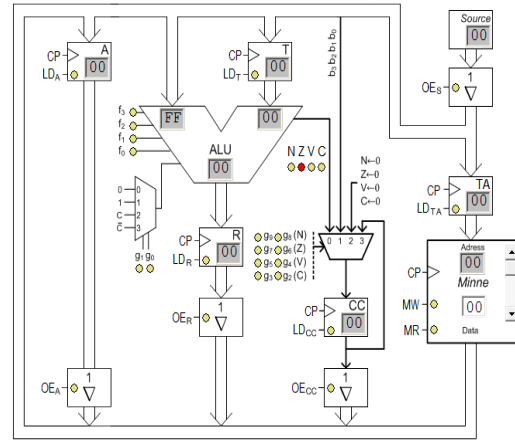
Uppgift 4.2

Ange vilken tabell som beskriver utförandet av operationen enligt nedanstående RTN-beskrivning:

RTN: $2M(14) + 3A + 2 \rightarrow M(M(15))$

Förutsätt att register A och M(14) i datavägen till höger innehåller de data som skall beräknas. Register A får inte ändras. Använd så få tillstånd som möjligt.

Vilket svarsalternativ väljer du?



a

S	RTN-beskrivning
1	$2M(14) \rightarrow R$
2	$A \rightarrow T$
3	$R+A \rightarrow R$
4	$R+A \rightarrow R$
5	$R+1 \rightarrow R$
6	$R+1 \rightarrow R$
7	$R \rightarrow M(15)$

b

S	RTN-beskrivning
1	$14 \rightarrow TA$
2	$A \rightarrow T$
3	$M(TA)+T+1 \rightarrow R$
4	$2R \rightarrow R$
5	$R+T \rightarrow R$
6	$15 \rightarrow TA$
7	$M(TA) \rightarrow TA$
8	$R \rightarrow M(TA)$

c

S	RTN-beskrivning
1	$14 \rightarrow TA, A \rightarrow T$
2	$M(TA)+1 \rightarrow R, M(TA)+1 \rightarrow T$
3	$2R \rightarrow R$
4	$R+T \rightarrow R$
5	$15 \rightarrow TA$
6	$R \rightarrow M(TA)$

d

S	RTN-beskrivning
1	$2M(TA) \rightarrow R$
2	$R+A \rightarrow R$
3	$2 \rightarrow T$
4	$2R+T \rightarrow R$
5	$R \rightarrow M(15)$

e

S	RTN-beskrivning
1	$14 \rightarrow TA$
2	$M(TA) + 1 \rightarrow R$
3	$A \rightarrow T$
4	$2R + T \rightarrow R$
5	$2R \rightarrow R$
6	$15 \rightarrow TA$
7	$R \rightarrow M(TA)$

f

S	RTN-beskrivning
1	$14 \rightarrow TA$
2	$M(TA) \rightarrow T$
3	$A+T+1 \rightarrow R$
4	$2R \rightarrow R$
5	$A \rightarrow T$
6	$R+T \rightarrow R$
7	$15 \rightarrow TA$
8	$M(TA) \rightarrow TA$
9	$R \rightarrow M(TA)$

Poäng på uppgiften: [-1, 3]

Uppgift 4.3

En instruktion för FLIS-processorn är **JSR A,X**. Se instruktionslistan för FLISP. (Q anger aktuellt tillstånd). Vilken RTN-beskrivning nedan motsvarar instruktionen.

a	b	c
Q RTN-beskrivning	Q RTN-beskrivning	Q RTN-beskrivning
4 M(PC)→T, PC+1→PC, SP+1→SP	4 M(PC)→T, PC+1→PC, SP-1→SP	4 M(PC)→T,
5 PC→M(SP)	5 PC→M(SP)	5 PC→M(SP); SP-1→SP
6 M(Y+T)→PC	6 M(X+T)→PC	6 X+A→PC

d	e	f
Q RTN-beskrivning	Q RTN-beskrivning	Q RTN-beskrivning
4 A→T, SP-1→SP	4 M(PC)→T, PC+1→PC, SP-1→SP	4 SP-1→SP
5 X+T→R, 0→T	5 PC→M(SP);	5 PC→M(SP); SP-1→SP
6 PC→M(SP);	6 X+A→R	6 A→T
7 R→PC	7 R→PC	7 X+T→PC

Poäng på uppgiften: [-1, 3]

Uppgift 5 FLISP programmering**Uppgift 5.1**

Vad blir maskinkoden för instruktionerna BMI och BRA?

BMI är placerad på (har sin OP-kod på) adress $9B_{16}$ och BRA på adress DA_{16} .

Loop är placerad på adress 14_{16} och End på adress $E8_{16}$.

```

Loop  -
      -
      BMI   End
      -
      -
      BRA   Loop
      -
      -
End    -

```

a	b	c
BMI: 22 6C BRA: 21 C6	BMI: 22 4D BRA: 21 3A	BMI: 22 4D BRA: 21 38

d	e	f
BMI: 21 4D BRA: 22 3A	BMI: 22 4B BRA: 21 3A	BMI: 22 4B BRA: 21 38

Poäng på uppgiften: [-1, 2]

Uppgift 5.2

Ange maskinkoden för FLIS-processorn för instruktionssekvensen till höger.

```

ORG      $E1
T1  FCB   $10,%10,10
Data EQU  -4
Adr  EQU   17
      STA   , -X
      EORA  Data
      SBCA  #Adr
      STA   Data,X
      RTS

```

a	b	c	d	e	f
Adr	Maskin-kod	Adr	Maskin-kod	Adr	Maskin-kod
E1	10	E1	10	E1	0A
E2	10	E2	02	E2	02
E3	10	E3	0A	E3	10
E4	-4	E4	E8	E4	FB
E5	17	E5	AB	E5	17
E6	E8	E6	FC	E6	E8
E7	9B	E7	93	E7	9B
E8	-4	E8	FB	E8	FB
E9	A3	E9	E3	E9	A3
EA	17	EA	FC	EA	11
EB	E3	EB	E3	EB	E3
EC	-4	EC	FB	EC	FB
ED	43	ED	43	ED	43
EE		EE		EE	

Poäng på uppgiften: [-1, 2]

Uppgift 5.3

Utför följande addition $R = P + Q$ där P, Q och R är 16-bitars variabler.

P är placerad på adress 15_{16} (och 16_{16}) med den mest signifikanta delen på adress 15_{16} .

Q är placerad på adress 17_{16} och R på adress 19_{16} på samma sätt som P.

Vilket kodavsnitt väljer du?

a)	b)	c)	d)	e)	f)
LDA \$16	LDA \$16	LDA \$15	LDA \$16	LDX #\$16	LDX #\$18
ADDA \$18	ADDA \$18	ADDA \$17	ADDA \$18	LDA 2,X	LDA -2,X
STA \$20	STA \$20	STA \$19	STA \$20	ADDA ,X	ADDA ,X
LDA \$15	LDA \$17	LDA \$16	LDA \$17	STA 4,X	STA 2,X
ADDA \$17	ADDA \$15	ADCA \$18	ADCA \$15	LEAX -1,X	LEAX -1,X
STA \$19	STA \$19	STA \$20	STA \$19	LDA 2,X	LDA -2,X
				ADCA ,X	ADDA ,X
				STA 4,X	STA 2,X

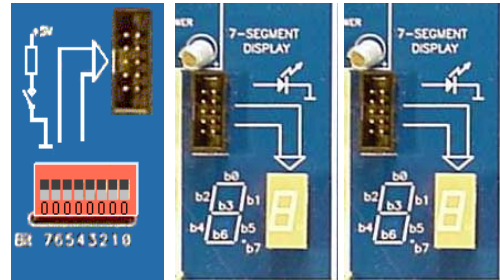
Poäng på uppgiften: [-1, 3]

DEL B – Svara på separata ark. Blanda inte uppgifter på samma ark.

Uppgift 6

Vid simulatorpassen och i labbet använde du strömbrytarna (ML4 INPUT) och sifferindikatorn (ML4 OUTPUT).

Du skall skriva ett program för FLISP som hela tiden läser ett 4-bitars tvåkomplementstal från inporten (strömbrytarna) och skriver talets decimala motsvarighet till utportarna Sign och Value (sifferindikatorerna).



1. När **bit 0** på inporten är nollställd skall utportarna släckas helt.
2. När **bit 0** på inporten är ettställd skall sifferindikatorn tändas enligt följande beskrivning:

Bit 7-4 på inporten anger vad som skall visas på sifferindikatorn enligt:

- Om indata är i intervallet $[0, 7]_{16}$ skall siffran $[0, 7]_{10}$ visas på utporten Value. Utporten Sign skall vara släkt.
- Om indata är i intervallet $[8, F]_{16}$ skall siffran $[-1, -8]_{10}$ visas på utporten Value. Utporten Sign skall visa ett minustecken.

Bit 3-1 på inporten kan anta vilka värden som helst.

Exempel: Om inporten har värdet $(0011xxx1)_2$ skall "3" lysa på Value och Sign skall vara släkt. Om inporten har värdet $(1110xxx1)_2$ skall "-2" lysa på Sign och Value.

Du har tillgång till en tabell i minnet med segmentkoder (mönster för sifferindikatorn) enligt

SegCodes	FCB	\$77, \$22, \$5B, etc.	Segmentkoder för $[0, 8]$
Minus	FCB	\$40	Segmentkoder för minustecken

Utporten Sign är placerad på adress FB_{16} och Value är placerad på adress FC_{16} . Inporten är placerad på adress FB_{16} .

Rita en flödesplan och skriv programmet

(7p)

Uppgift 7

Konstruera en räknare till den nya styrenheten för FLISP som enbart har instruktioner som upptar tre klockcykler.

Reset upptar fortfarande tre klockcykler och Fetch upptar en. Alla Execute-faser upptar två klockcykler. Räknarens utsekvens blir således:

0,1,2,3,4,5,3,4,5,3,4,5,etc

Använd T-vippor, och grindarna AND, OR och INVERTERARE.

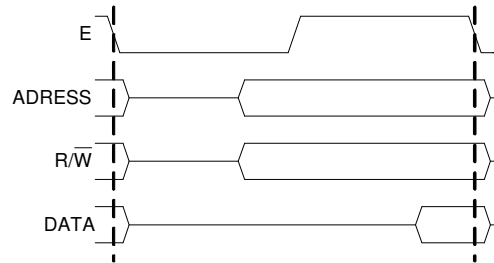
(7p)

Uppgift 8

Vi har ett synkront system med 16 bitars adressbuss och 8 bitars databuss. Data klockas i systemet vid negativ flank hos signalen E.

Till centralenheten ska följande moduler anslutas:

- 8 kbyte RWM1 med start på adress 0
- 4 kbyte RWM2
- 16 kbyte ROM med **slut** på adress \$FFFF



RWM2 skall placeras direkt efter RWM1 så att det blir en 12 kbytes sammanhängande minnesarea.

- Konstruera *fullständig adressavkodningslogik*, dvs. ange booleska uttryck för "chip select"-signalerna. Alla CS-signaler (CS_{RWM1} , CS_{RWM2} och CS_{ROM1}) är aktiva låga.
- Rita en bild över processorns adressrum där det tydligt framgår vilka adressintervall som används.
- Utöka konstruktionen med en 1 kbyte IO-modul. Placera denna på lämpligt ställe i adressrummet så att adressavkodningslogiken blir så liten som möjligt (*ofullständig adressavkodningslogik*).

Observera att en CS-signal **ej** får aktiveras då adressbussens värde är ogiltigt.

(6p)

Anonym
kod:**Svarsblankett för del A****LÖSNINGAR:**

Uppg 1	uppgiften besvaras inte	inget rätt svars- alternativ	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1.1						X					
1.2		X									
1.3									X		
1.4				X							
1.5						X			X		

Poäng

Uppg 2	uppgiften besvaras inte	inget rätt svars- alternativ	a	b	c	d	e	f	g	h	i
2.1									X		
2.2							X				
2.3				X							

Uppg 3	uppgiften besvaras inte	inget rätt svars- alternativ	a	b	c	d	e	f	g	h	i
3.1										X	
3.2								X			

Uppg 4	uppgiften besvaras inte	inget rätt svars- alternativ	a	b	c	d	e	f	g	h	i
4.1			X								
4.2				X							
4.3						X					

Uppg 5	uppgiften besvaras inte	inget rätt svars- alternativ	a	b	c	d	e	f	g	h	i
5.1								X			
5.2				X							
5.3							X				

Uppgift 6

Sign EQU \$FB
 Value EQU \$FC
 Inport EQU \$FB

ORG \$20

Start: LDA Inport

BITA #1 Bit0=1
 BNE Bit7_1 .. om ja

CLRA Släck båda
 STA Sign
 STA Value

JMP Start

Bit7_1: LSR Skifta fram 2k-tal
 LSR
 LSR
 LSR

TSTA #%00001000 Positivt?
 BEQ Bit3_0 .. om ja

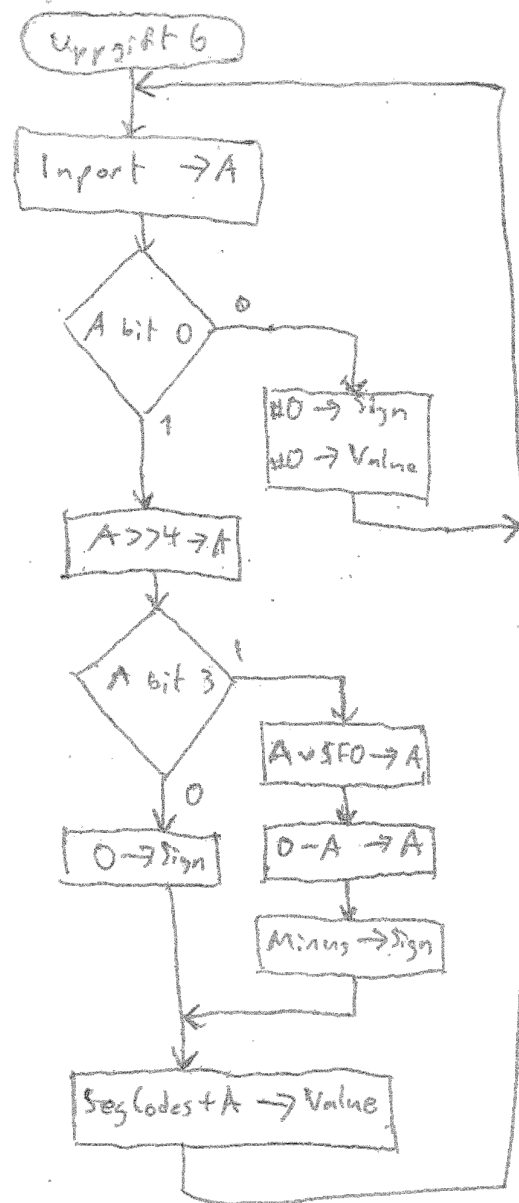
ORA #\$F0 Hitta 2k-talet
 NEGA

LDX Minus Skriv "--"
 STX Sign

JMP DoOut

Bit3_0: LDX #0 Skriv "+"
 STX Sign

DoOut: LDX #SegCodes Skriv talet
 LDA A,X
 STA Value
 JMP Start



Uppgift 7

Detta tillstånd				Insignaler	Nästa tillstånd			
Q	Q ₀	Q ₁	Q ₂	T ₀ T ₁ T ₂	Q ₀ ⁺ Q ₁ ⁺ Q ₂ ⁺	Q ⁺		
0	0	0	0	0 0 1	0 0 1	1		
1	0	0	1	0 1 1	0 1 0	2		
2	0	1	0	0 0 1	0 1 1	3		
3	0	1	1	1 1 1	1 0 0	4		
4	1	0	0	0 0 1	1 0 1	5		
5	1	0	1	1 1 0	0 1 1	3		
6	1	1	0	- - -	- - -	-		
7	1	1	1	- - -	- - -	-		

T₀

		00	01	11	10
	0	0	0	1	0
Q₀	1	0	1	-	-

T₁

		00	01	11	10
	0	0	1	1	0
Q₀	1	0	1	-	-

T₂

		00	01	11	10
	0	1	1	1	1
Q₀	1	1	0	-	-

$$T_0 = Q_0 Q_2 + Q_1 Q_2$$

$$T_1 = Q_2$$

$$T_2 = Q_0' + Q_2'$$

Och ett schema!!!!

Uppgift 8

RWM1 8 kbyte = $8 \cdot 2^{10} = 2^3 \cdot 2^{10} = 2^{13}$, dvs. 13 adressledningar kopplas direkt till modulen. $[A_{12}-A_0]$

RWM2 4 kbyte = $4 \cdot 2^{10} = 2^2 \cdot 2^{10} = 2^{12}$, dvs. 12 adressledningar kopplas direkt till modulen. $[A_{11}-A_0]$

ROM 16 kbyte = $16 \cdot 2^{10} = 2^4 \cdot 2^{10} = 2^{14}$, dvs. 14 adressledningar kopplas direkt till modulen. $[A_{13}-A_0]$

I/O 1 kbyte = $1 \cdot 2^{10} = 2^0 \cdot 2^{10} = 2^{10}$, dvs. 10 adressledningar kopplas direkt till modulen. $[A_9-A_0]$

Modul		Adressbuss														
		A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1
RWM1	\$0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	\$1FFF	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RWM2	\$2000	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	\$2FFF	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROM	\$C000	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	\$FFFF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fullständig avkodning

$$\overline{CS_{ROM}} = \overline{A_{15} \cdot A_{14} \cdot R / \bar{W} \cdot E}$$

$$\overline{CS_{RWM1}} = \overline{\bar{A}_{15} \cdot \bar{A}_{14} \cdot \bar{A}_{13} \cdot E}$$

$$\overline{CS_{RWM2}} = \overline{\bar{A}_{15} \cdot \bar{A}_{14} \cdot A_{13} \cdot \bar{A}_{12} \cdot E}$$

Alt 1

I/O	\$4000	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	\$7FFF	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Alt 2

I/O	\$8000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	\$BFFF	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ofullständig avkodning (Ex vis)

$$\overline{CS_{IO}} = \overline{A_{15} \cdot \bar{A}_{14} \cdot E}$$