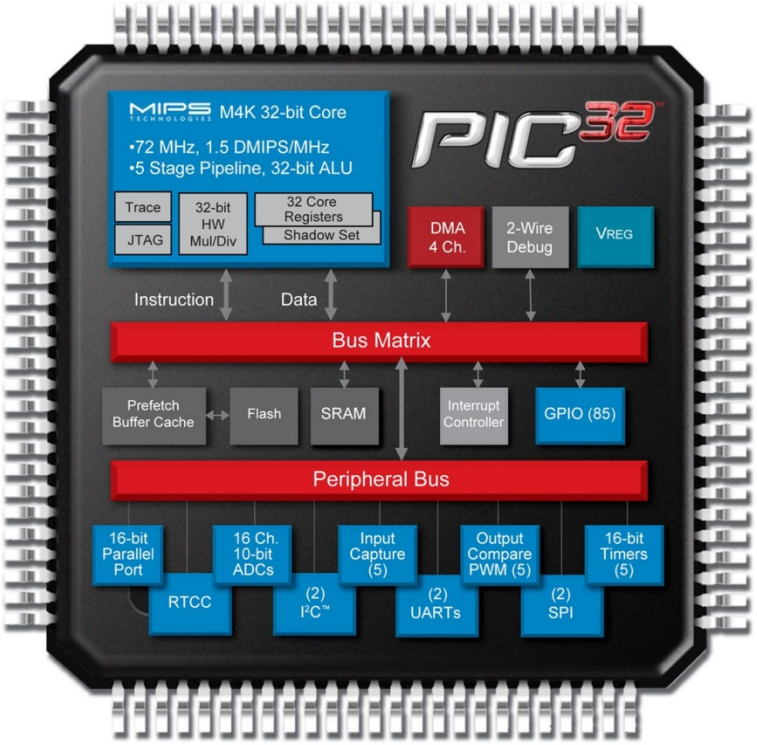
Varför använda en liten 8-bitars processor när det finns billiga kraftfulla 32-bitars?



William Sandqvist william@kth.se

8-bits-processor nära givaren?

• En enkel givare har ofta en *svag utsignal*. Den kan behöva anslutas med en **dyr kabel**.

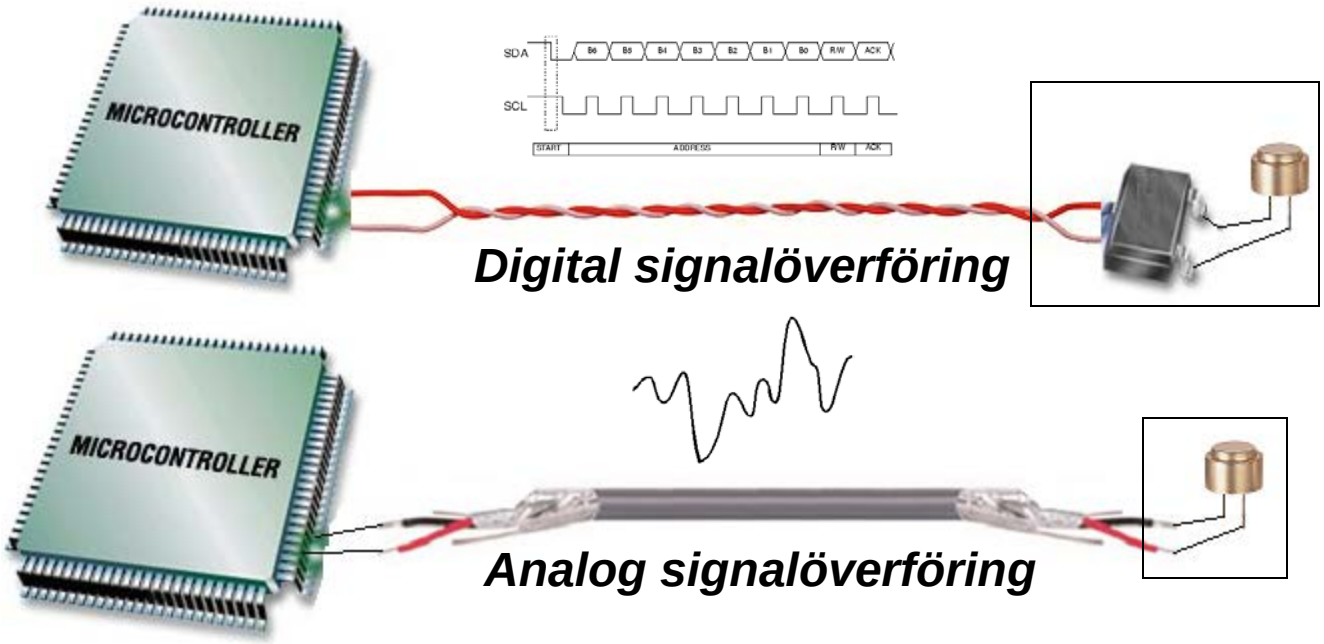
• En dyr givare med ”*inbyggd elektronik*” kan klara sig med en **enklare kabel**.

Kostnaden för båda alternativen kan i slutändan mycket väl bli densamma!

Således smart att bygga in en 8 bitars processor inuti givaren!

William Sandqvist william@kth.se

8-bits-processorn som kabel?



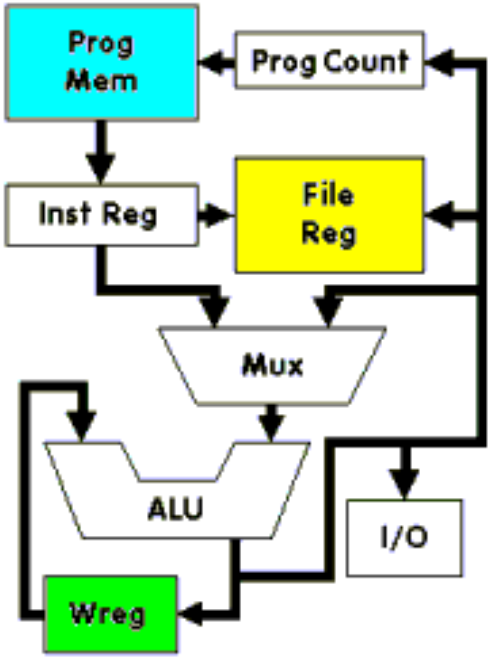
- Billig kabel
- Billig processor

- Dyr kabel
- Ingen processor

Hur *många* 8:a bitars processorer får man för *en meter* kabel? Processorn som kabelersättare!

William Sandqvist william@kth.se

PIC 8-bitsprocessor



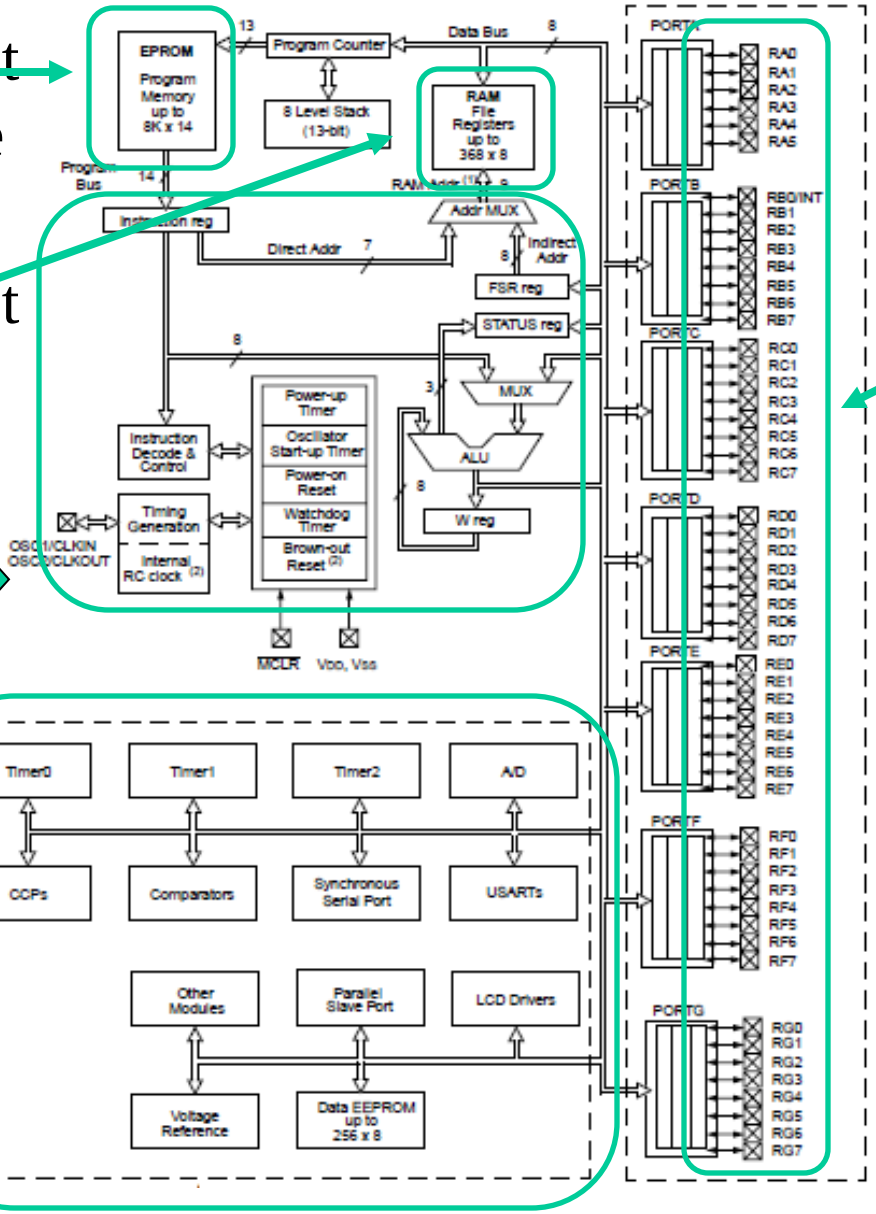
PIC (**P**eripheral **I**nterface **C**omputer) är billiga datorkretsar med ”allt i ett”.

William Sandqvist william@kth.se

- Olika mycket programminne
- Olika mycket data minne

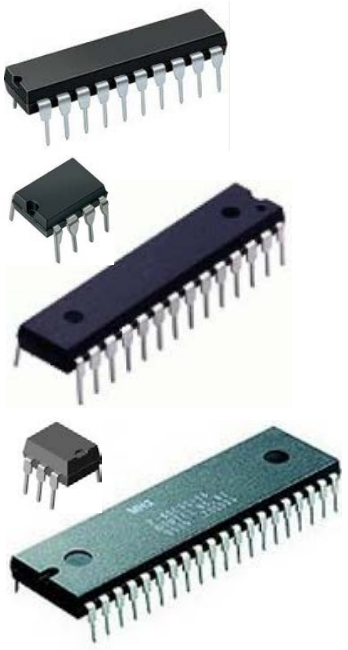
PIC Midrange processor

- Olika kombinationer av IO-enheter



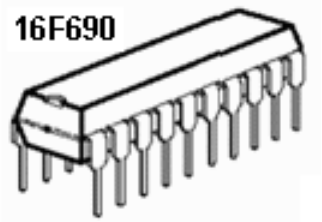
63 olika typer av Midrange **PIC** processorer!

- Olika många pinnar



Affärsidén – köp bara precis så mycket Du behöver

Utveckla din tillämpning på en processor som har ”litet av allt”.



Till den färdiga produkten använder man sedan bara precis så mycket man behöver.

William Sandqvist william@kth.se

ELFA's *billigaste* PIC-processor

73-874-42

1 Köp

Microcontroller 8 Bit SOT-23-6

1–	4.75		
10–	4.00	Microchip	PIC10F220T-I/OT
50–	3.63		

4 kr st om Du köper 10 st …

PIC10F220T-I/OT
Kan kompileras med
Cc5x – includefil finns

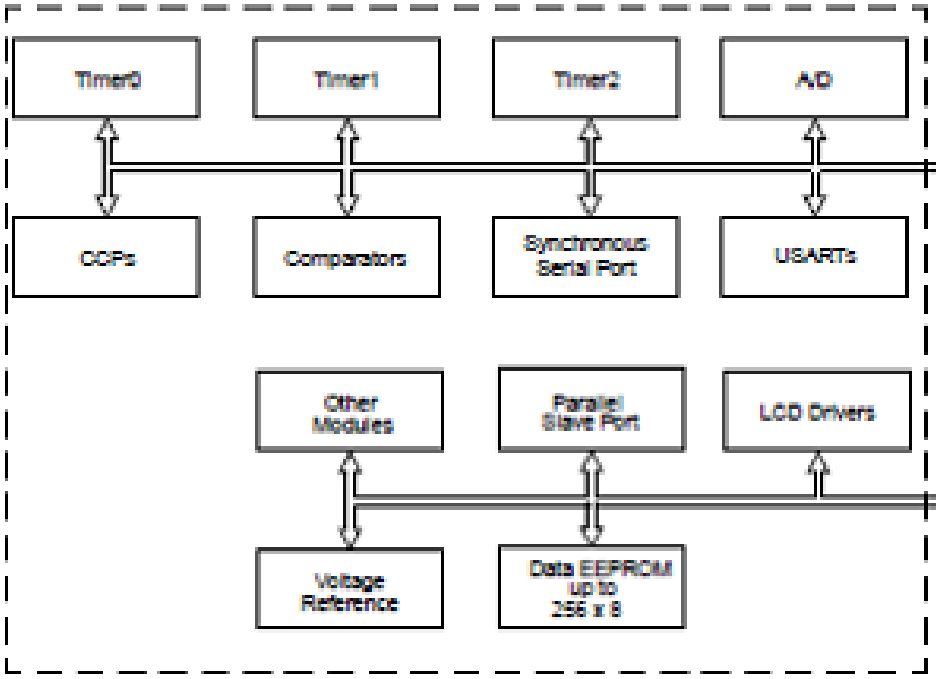
Programminne: 384 ord
RAM-minne: 16 Byte
8 bit AD-omvandlare 2 kanaler
Inbyggd oscillator 4 MHz
TIMER0
Spänning 2…5,5 V
Typisk strömförbrukning: 175µA

När datorkraft är så här billig öppnas helt nya möjligheter …

Detta är ett skäl till att det kan vara bra att lära sig PIC-processorer!

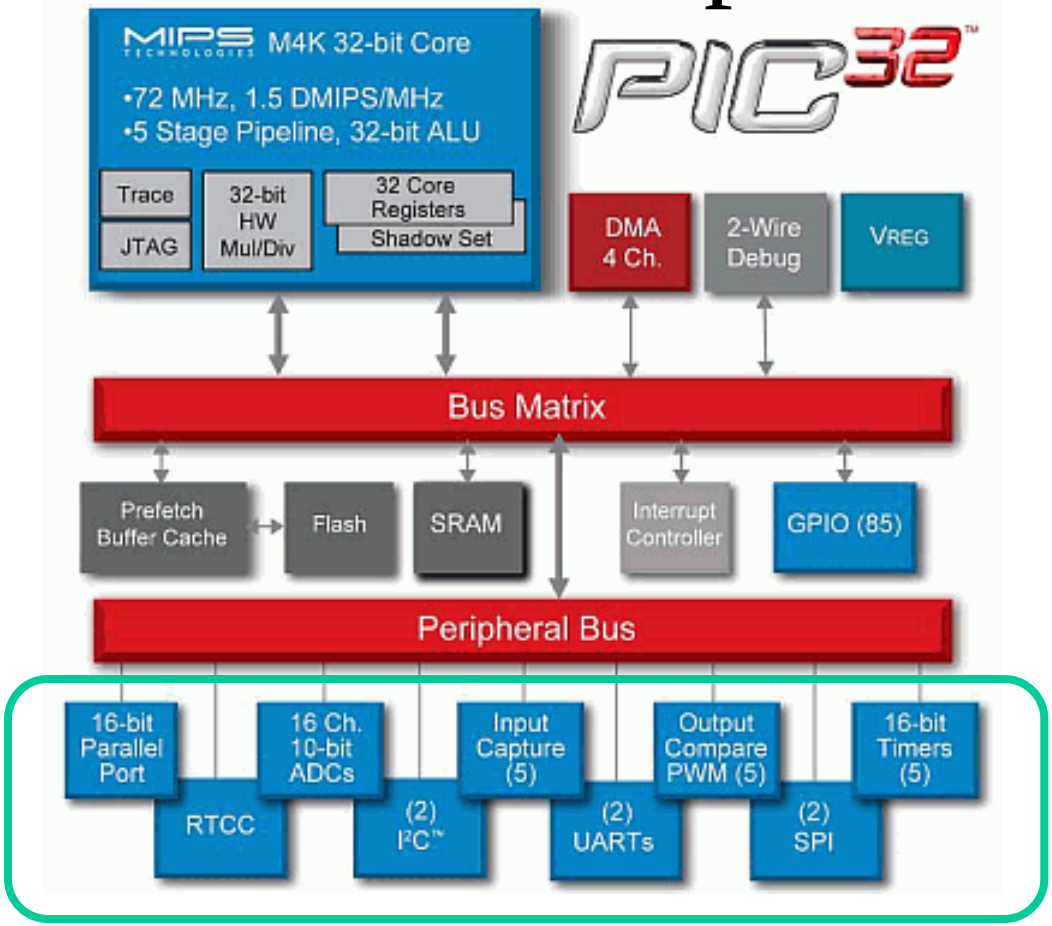
William Sandqvist william@kth.se

De inbyggda **IO-enheterna** ökar 8-bitsprocessorernas prestanda



IO-portar och IO-bitar,
Timers,
Capture/Compare/PWM,
Analoga komparatorer,
AD-omvandlare,
Serieportar,
Spänningsreferenser, Data EEPROM mm

Samma **IO-enheter** återfinns sedan även i större processorer

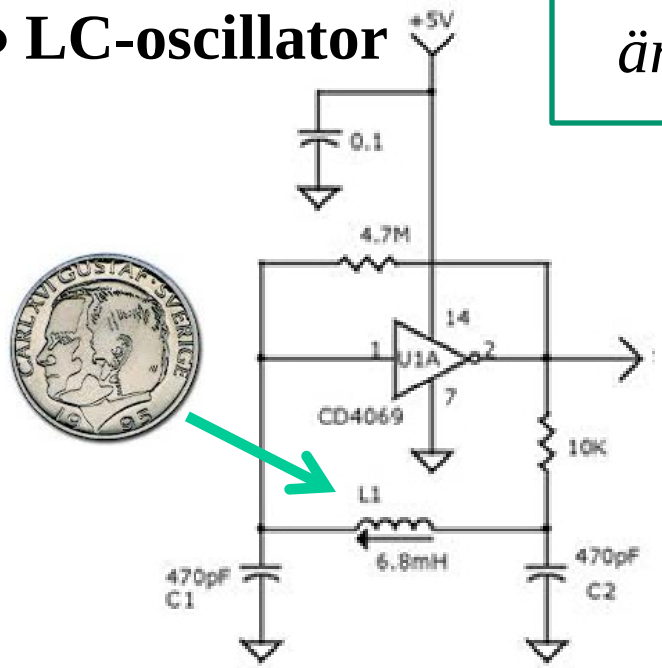


William Sandqvist william@kth.se

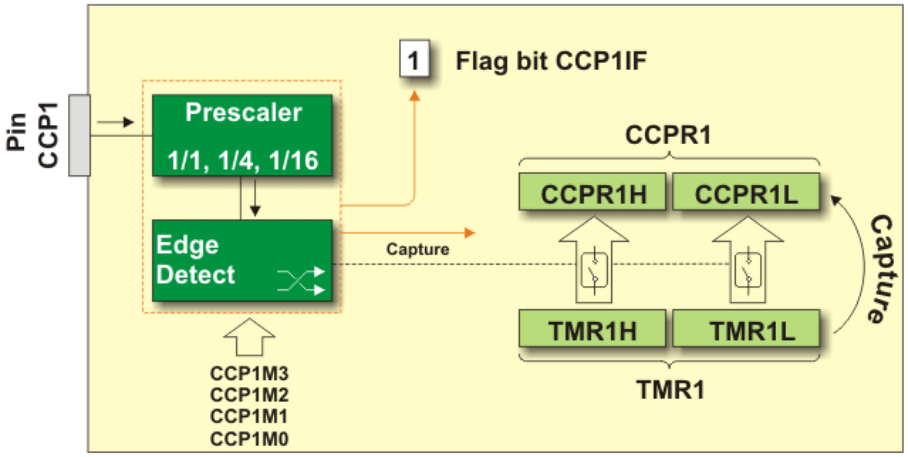
Kursen handlar om att ansluta elektronik till **IO-enheter**

Tex. Hur indikerar man att enkronan är i närheten (av spolen)?

- **LC-oscillator**



- **CCP-enhet**



Kretsteori och PIC-processor!

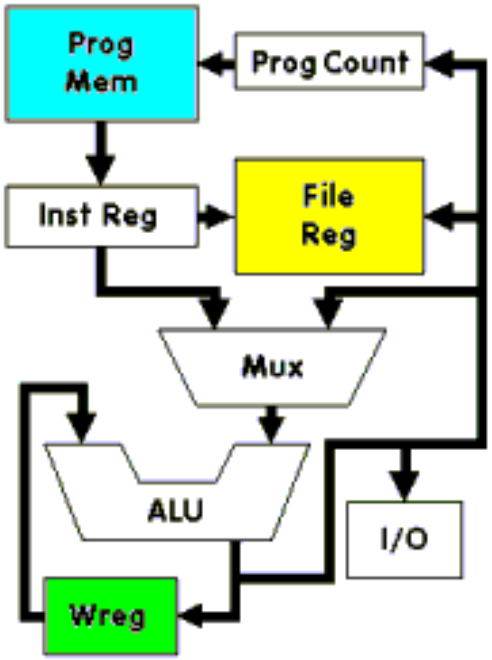
William Sandqvist william@kth.se

Du kommer tillexempel att få veta hur en induktiv givare fungerar …

PIC16F690

William Sandqvist william@kth.se

PIC 8-bitsprocessor



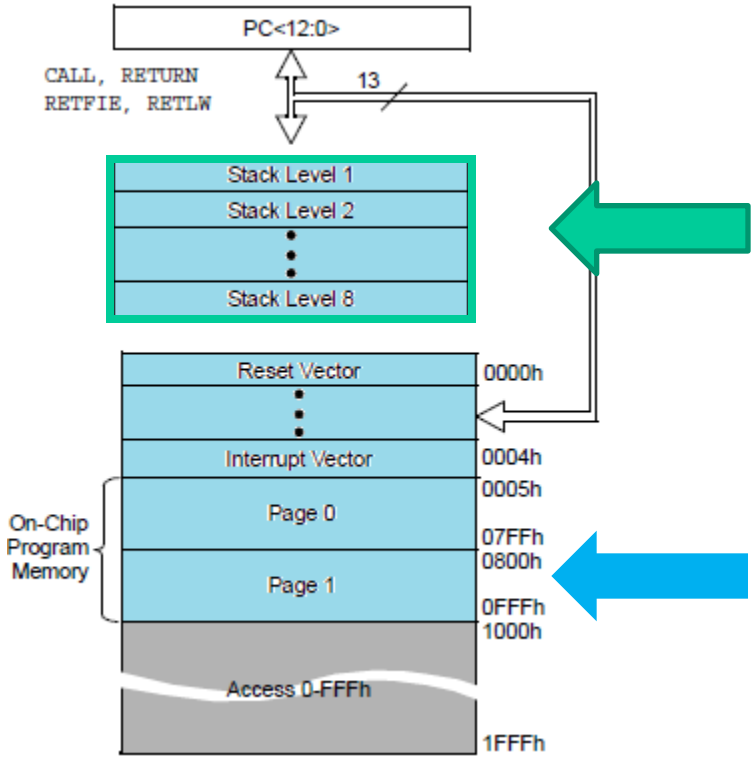
PIC (**P**eripheral **I**nterface **C**omputer) är billiga datorkretsar med ”allt i ett”.

Prog Mem. Programminnet.

File Reg. Dataminne och specialregister. Specialregistren är kopplade till IO, tex. pinnarna.

William Sandqvist william@kth.se

Program memory



Stack
bara för återhopps-adresser (8st), inte parametrar.

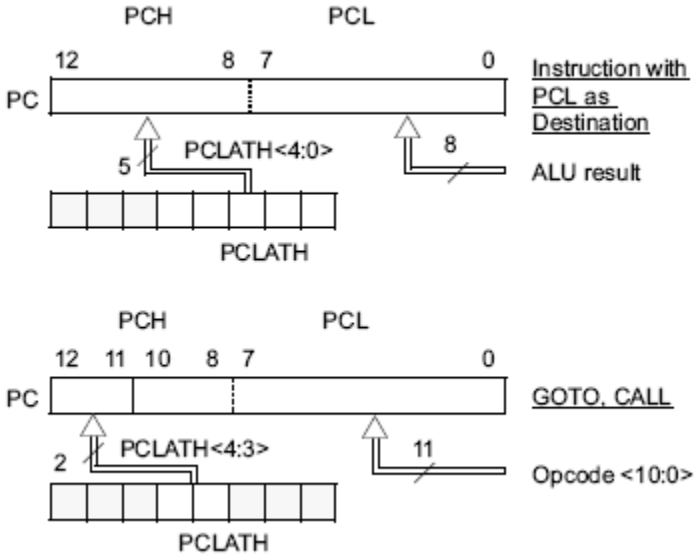
Programminne.
PIC16F690 har 7 kByte FLASH.
4096 word a’ 14 bitar.

William Sandqvist william@kth.se

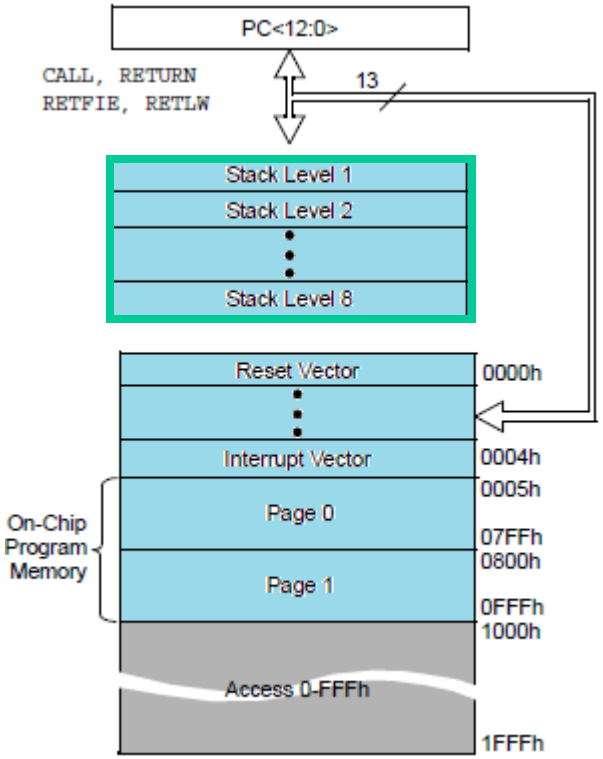
16F690 Programminne

PIC-processorernas **`GOTO`** och **`CALL`** - instruktioner når direkt alla addresser inom **2 k** (opkoden har **11** adressbitar).

16F690 har **4 k** programminne, så därför kan man behöva välja ny ”sida” i program-minnet.



Uppdelningen i sidor, pages, är en omodern arkitektur.



William Sandqvist william@kth.se

Codepages

PIC-processorerna har programminnet uppdelat i "sidor” (0, 1, 2, 3), codepages, om 2048 instruktioner. Kompilatorn **Cc5x** börjar att lägga ut kod på page 0 och ger felmeddelande om denna sida inte räcker till. Skulle detta inträffa så skriver man dit instruktionen **`#pragma codepage 1`**, så att alla instruktioner därefter hamnar på nästa sida (och så vidare **`codepage 2`** vid behov).

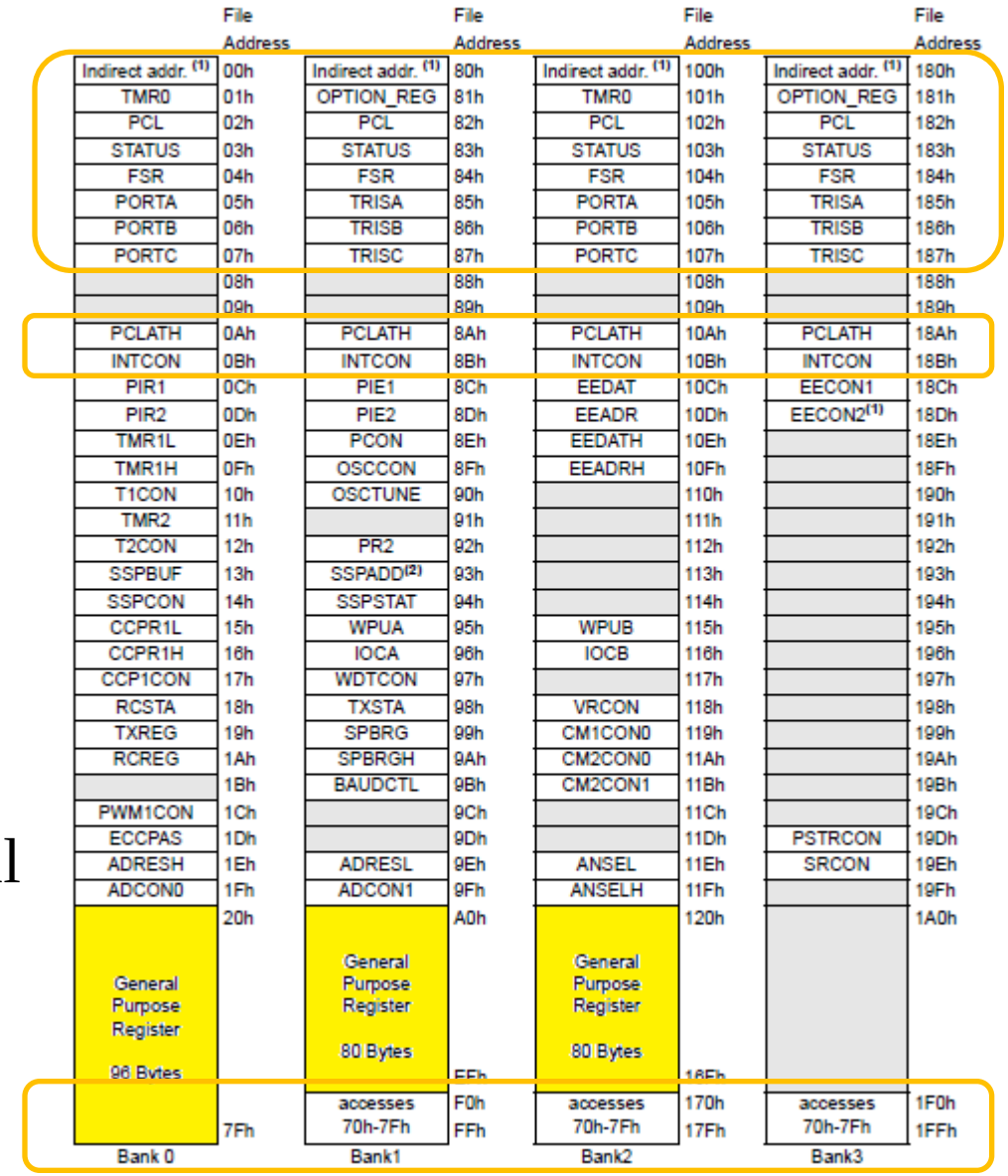
För att få kompakt kod behövs en noggrann "sidplanering", något som man knappast bryr sig om vid prototyputveckling.

Data memory register File

PIC-processorns data-minne är **Register File**. Den består av **SFR**, speciella funktions-register, och **GPR** general purpose-register som är det egentliga dataminnet.

SFR-registren är kopplade till processorns **IO**.

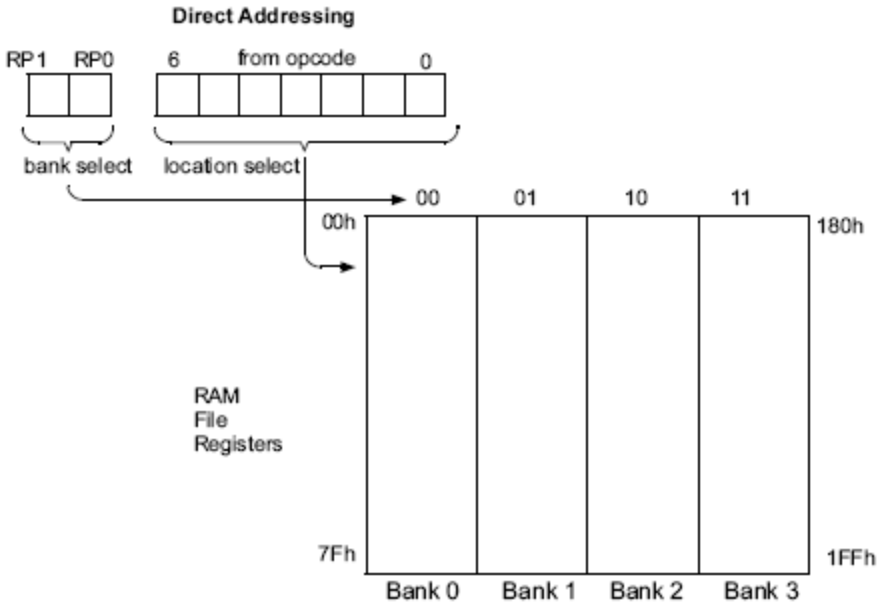
Mapped RAM, samma register återfinns i alla bankar – man slipper byta rambank!



William Sandqvist william@kth.se

RP1 och **RP0**

Bank väljs med bitarna **RP1** och **RP0** i **STATUS** registret



	RP1	RP0
Bank0	0	0
Bank1	0	1
Bank2	1	0
Bank3	1	1

Uppdelningen i RAM-bankar är en omodern arkitektur.

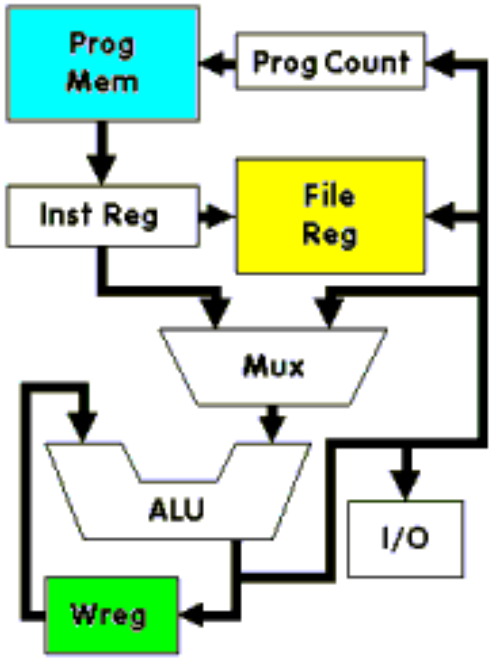
William Sandqvist william@kth.se

Kompilatorn kan välja åt oss!

PIC-processorernas registerarea (RAM-minne) är uppdelat i "rambankar" (0, 1, 2, 3). **Cc5x** börjar att fylla rambank 0.
Man kan byta rambank med instruktionen
`#pragma rambank 1` och då placeras alla variabler som deklareras därefter ut i nästa rambank (rambank 1).
En del minnesceller återfinns på samma plats i alla rambankar, så kallad *mapped RAM*. Man kan välja att placera variabler i "mappad ram" (så länge det finns plats) med instruktionen
`#pragma rambank -` .

Bästa användningen av RAM-bankar kräver mycket planering, något som man knappast behöver bry sig om vid prototyputveckling.

PC, IR, ALU, W-registret



Prog Counter, PC. Programräknar-registret pekar ut var i programmet man är. Det räknas upp automatiskt efter varje utförd instruktion.

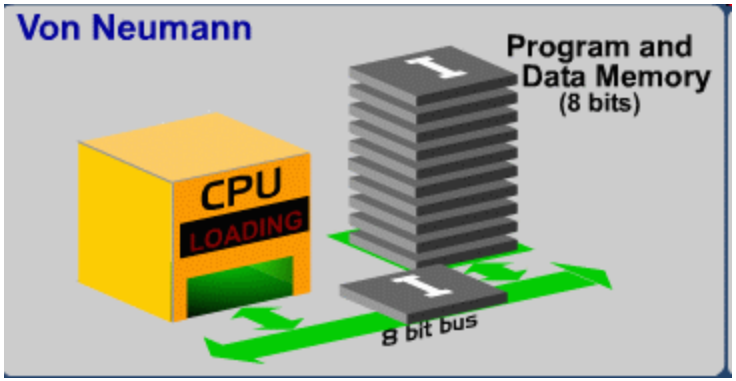
Inst Register, IR. Instruktionsregistret håller koden för aktuell instruktion.

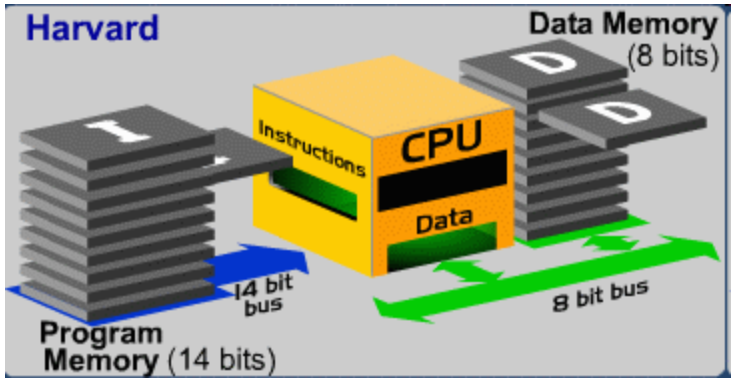
A**LU**. Aritmetisk Logisk Enhet sköter beräkningarna.

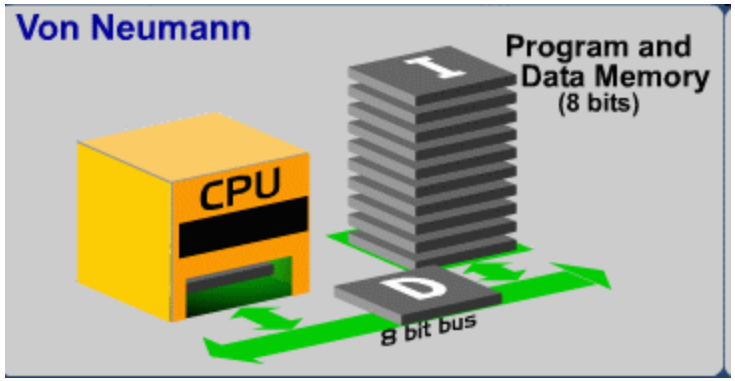
De allra flesta operationerna går igenom arbetsregistret, **W-reg**. Detta är PIC-processorns ”getingmidja”.

William Sandqvist william@kth.se

Harvard vs Von Neumann







- **Von Neumann** arkitekturen har en *gemensam* buss för instruktioner och data.
- **Harvard** arkitekturen har *skilda* bussar för instruktioner och data.

Harvard är (dubbelt) snabbare …

William Sandqvist william@kth.se

CISC vs RISC

- **CISC** (Complex Instruction Set Computer)
  Ex. Intel PC, som har **700** instruktioner.
- **RISC** (Reduced Instruction Set Computer)
  Ex. Microchip PIC, som har **33** instruktioner.

Dessa begrepp är idag föråldrade. Intel-processorerna klassificeras visserligen fortfarande som CISC – men de har avancerad arkitektur som utnyttjar det bästa från RISC …

KIA’s fabrik i Slovenien

En bil i minuten lämnar bandet – tar det en minut att bygga en bil?

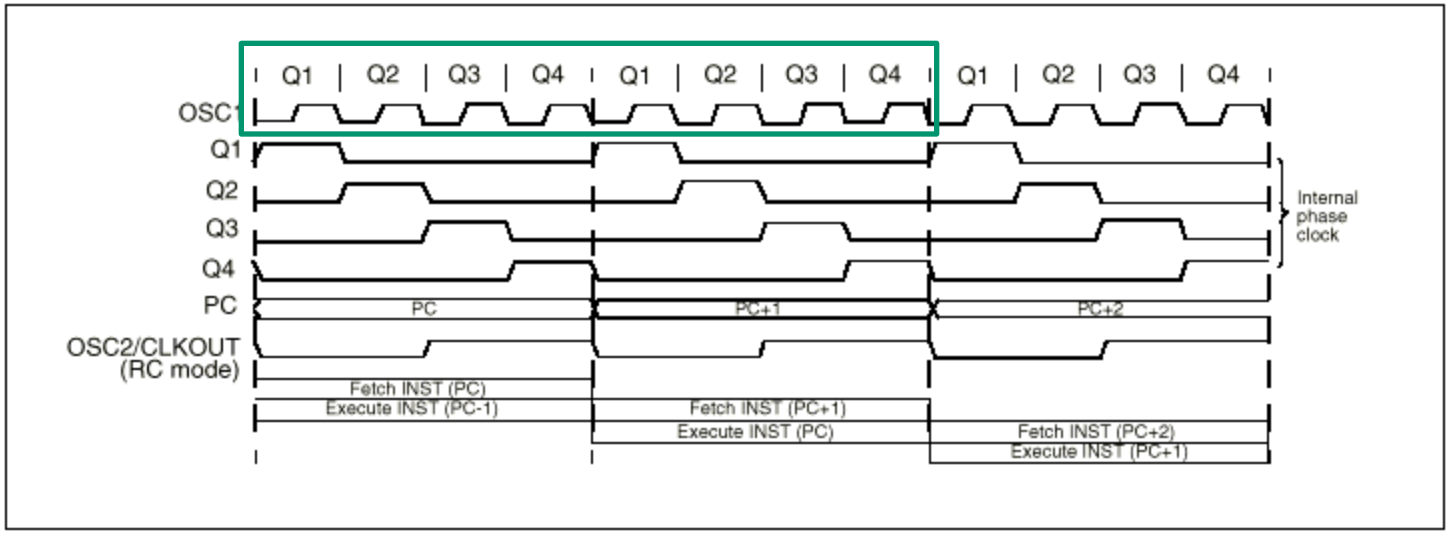
Nej för KIA's fabrik utanför Zilina tar det 18 mantimmar att bygga en bil (detta är ändå världsrekord! Toyota behöver c:a 30 mantimmar).

Lösningen är en **Pipeline**. 18 timmar är 1080 minuter, så bygget kan ske parallellt vid 1080 enminutersstationer. Fabriken har 3000 anställda som arbetar i treskift, dvs 1000 arbetare per skift. Många av stationerna är således helt robotiserade.

William Sandqvist william@kth.se

Fetch and Execute

FIGURE 3-3: CLOCK/INSTRUCTION CYCLE



PIC har Harvard arkitektur och kan därför hämta **Fetch** en instruktion *samtidigt* som den exekverar **Execute** en annan.
Det tar ***8 klockcykler*** att utföra en instruktion. Vi har en **två stegs pipeline**, så det blir därför en instruktion *färdig* efter var fjärde oscillator-klockcykel.
Med 4 MHz klocka innebär det 1.000.000 instruktioner/sek.
Varje instruktion tar således **1 µs**.

William Sandqvist william@kth.se

Instruktionsformat

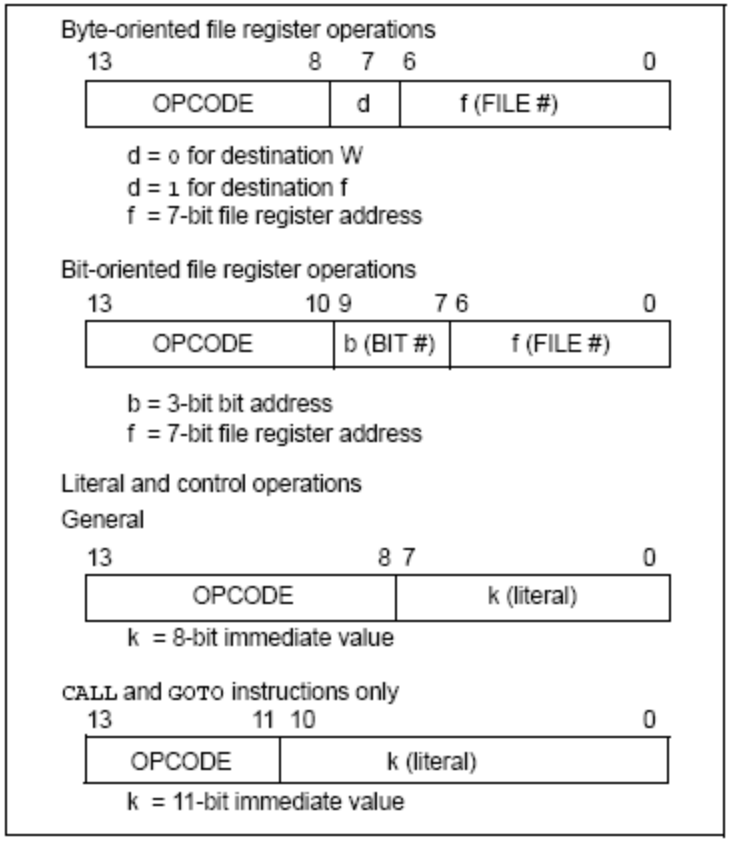
PIC är en klassisk RISC-processor med bara 33 instruktioner …

Instruktionerna är **14** bitar

• OP-koden *vad som* ska göras – är **6** bitar (eller 3 bitar).

• Resten av bitarna används för att tala om – *med vad* det ska göras.

FIGURE 15-1: GENERAL FORMAT FOR INSTRUCTIONS



Byte operationer

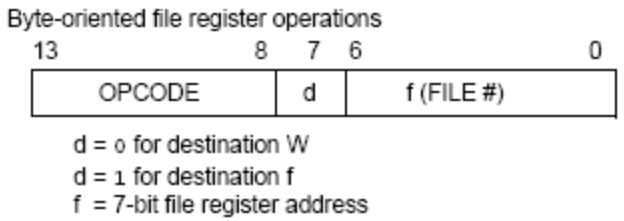
Ex. Addition av tal i **FILE**, dataminnet, och arbets-registret **W**. Resultatet lagras i arbetsregistret eller dataminnet – och det ursprungliga talet skrivs över.

```
ADDWF   f,d
ADDWF   f,0;   W=f+W
```

eller

```
ADDWF   f,1;   f=f+W
```

På samma sätt: `SUBWF f,d`



Assemblerinstruktioner skrivs som förkortningar **mnemonics**.

Fler Byteoperationer

Vissa specialfall av addition och subtraktion, *öka med ett* respektive *minska med ett*, har egna instruktioner. Liksom *0-ställning* av register.

`INCF f,d` **`DECF f,d`** **`CLRW`** resp **`CLRF f`**

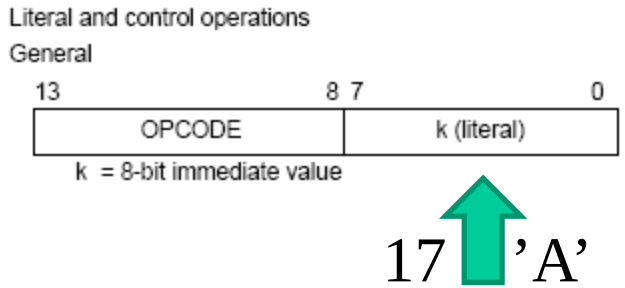
Vill man *kopiera* innehåll mellan minne och arbetsregistret gör man det med **`MOVF f,0; W=f`** eller mellan arbetsregistret och minnet med **`MOVWF f; f=W`**

Move betyder egentligen Copy!

William Sandqvist william@kth.se

Programkonstanter

Programkonstanter som talet 17 eller tecknet ’A’ och liknande, lagras inuti instruktioner.

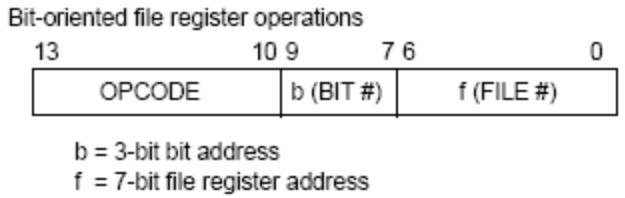


k är en ”**Literal**”, en Bytekonstant, som lagras inuti instruktionen **`MOVLW k; W=k.`** Vid exekveringen placeras konstanten i arbetsregistret.

Fler Literal-instruktioner: **`ADDLW k; W=W+k`**
`SUBLW k; W=W-k`

Bitoperationer

PIC-processorn har *direkta* bitoperationer.



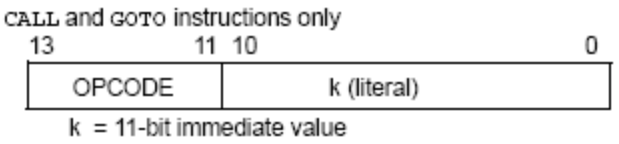
`BCF f,b` 0-ställ bit **b** i File nr **f** (bitarna numreras 0…7)
`BSF f,b` 1-ställ bit **b** i **f**

Programhopp

GOTO k Programhopp

CALL k Subrutinanrop

RETURN Återhopp



Vid **GOTO** ändras PC till värdet av Literal k som för denna instruktion är **11** bitar (och två extra bitar från register **PCLATH**). PC fortsätter exekvera programmet på *nytt* ställe.

Vid **CALL** sparas först PC:s värde i ett *stackregister*, därefter görs som vid **GOTO**. Vid **RETURN** hämtas PC:s värde tillbaks från stackregistret och programmet fortsätter med instruktionen som följer efter anrops-instruktionen.

Vilkortest, skip

PIC-processorn har några instruktioner som testar om vilkor är uppfyllda och i så fall *hoppar över*, skip, nästa instruktion. Nästa instruktion är då oftast en **`GOTO`** instruktion.

`DECFSZ f,d;` f - 1 men skip ”nästa” *om* 0-resultat
`INCFSZ f,d;` f +1 skip *om* 0 (register kan ”slå runt”!)
`BTFSC f,b;` skip *om* bit b i f är 0 (Clear)
`BTFSS f,b;` skip *om* b i f är 1 (Set)

Detta bakvända tänkande *”låt bli att hoppa om…”* är lite speciellt för PIC och *inte* längre vanligt för andra processortyper.

Varför skip?

Utfallet av ett test innebär ofta att man behöver göra en ***extra instruktion*** som man annars inte skulle göra.

skip-instruktionen hoppar över denna extra instruktion, och eftersom hopp alltid tar dubbelt så lång tid som andra instruktioner så tar instruktionsföljden lika lång tid att exekvera oavsett testets utfall!

Detta kan ses som en finess med PIC-processorernas instruktionsuppsättning.

NOP No Operation

NOP	**No Operation**			
Syntax:	[*label*] NOP			
Operands:	None			
Operation:	No operation			
Status Affected:	None			
Encoding:	00	0000	0xx0	0000
Description:	No operation.			
Words:	1			
Cycles:	1			
Example	NOP			

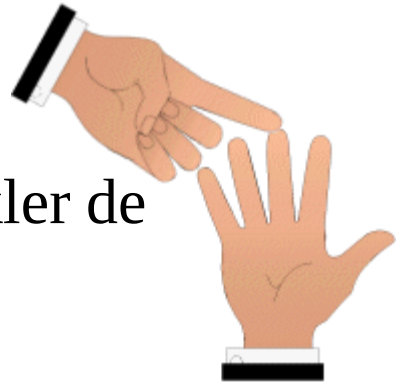
Processorer har i allmänhet en instruktion som gör ”ingenting”. Den kan läggas till för att utjämna tids-skillnader mellan olika vägar i program.

Hur lång tid tar instruktionerna?

Processorns interna klocka arbetar med ¼ av kristall-frekvensen. Vanligt är därför 4 MHz kristall och då blir det 1 MHz klockfrekvens. De flesta operationer utförs på *en* klock-cykel dvs. tar **1μs**. De instruktioner som påverkar PC tar två klock-cykler dvs. **2 μs**.

`GOTO, CALL, RETURN` tar alltid 2 cykler,

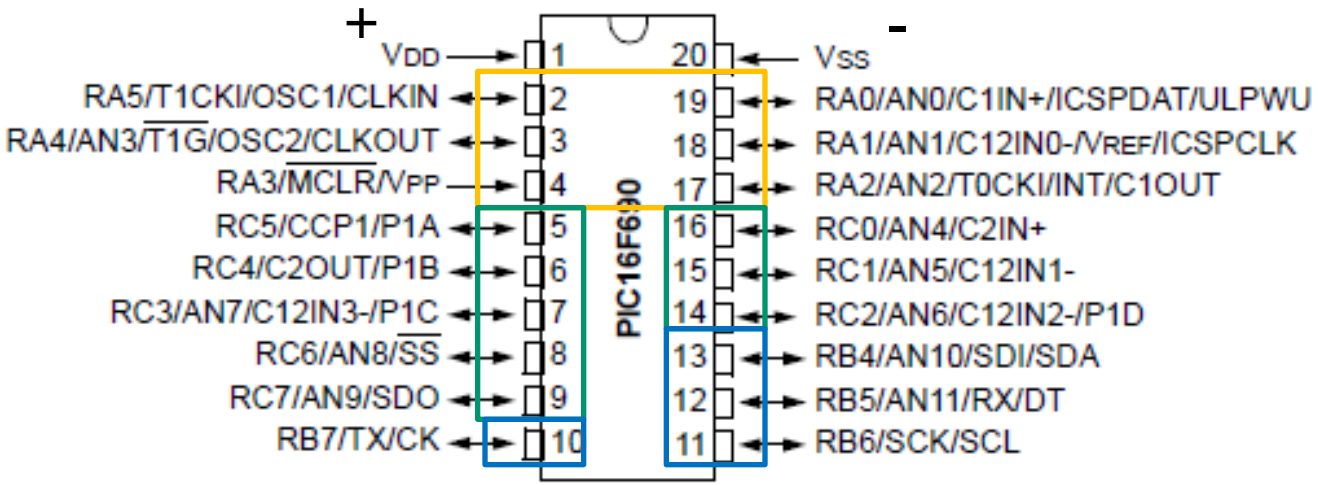
`DECFSZ, INCFZ, BTFSC, BTFSS` tar 2 cykler de gånger det blir ”skip”, annars 1 cykel.



Man kan räkna ut PIC-processorns exekveringstid med fingerräkning!

William Sandqvist william@kth.se

Portar



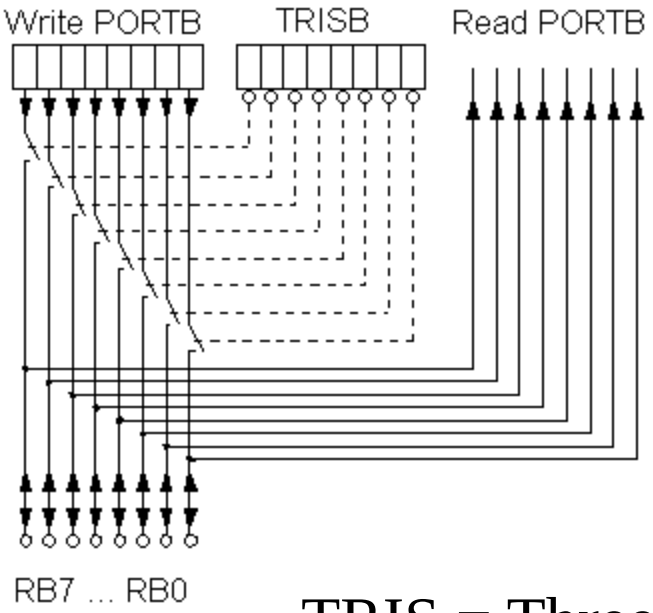
Av PIC-kretsens pinnar är 6 samlade till en **PORTA** och 8 till en **PORTC**, 4 till en **PORTB**. Pinnarna kan även användas ensamma, och som synes kan de ha många alternativa funktioner.

Tris-register

Om en pinne ska användas som **ingång** eller **utgång** avgörs av ett TRIS-register.

`TRISA` och **`TRISB`** och **`TRISC`**

Om ”*motsvarande*” bit i trisregistret är **1** används portpinnen som ingång, om den är **0** som utgång!



TRIS = Threestate

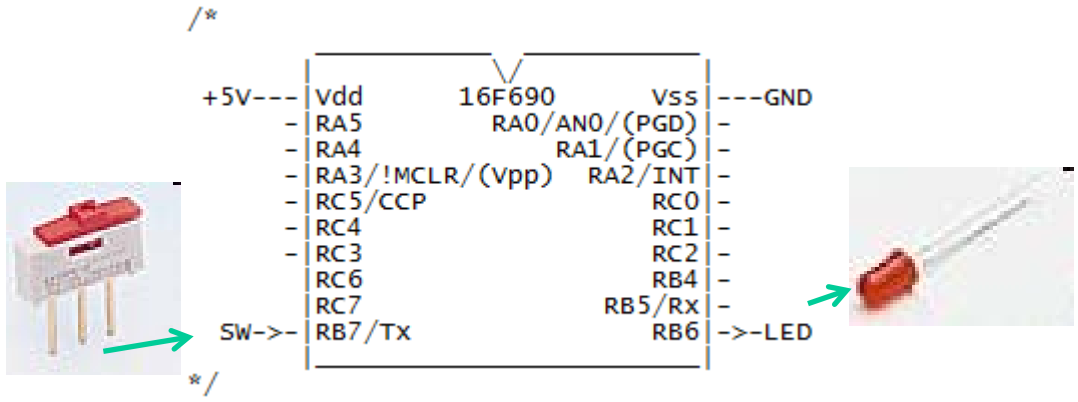
William Sandqvist william@kth.se

TABLE 15-2: PIC16F627A/628A/648A INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands		Description	Cycles	14-Bit Opcode MSb			LSb	Status Affected	Notes
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C,DC,Z	1, 2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z	1, 2
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	lfff	ffff	Z	2
CLRW	—	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z	1, 2
DECF	f, d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z	1, 2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011	dfff	ffff		1, 2, 3
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z	1, 2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111	dfff	ffff		1, 2, 3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z	1, 2
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z	1, 2
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000	lfff	ffff		
NOP	—	No Operation	1	00	0000	0xx0	0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	dfff	ffff	C	1, 2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C	1, 2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C,DC,Z	1, 2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff		1, 2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z	1, 2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01	00bb	bfff	ffff		1, 2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01	01bb	bfff	ffff		1, 2
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	01	10bb	bfff	ffff		3
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1(2)	01	11bb	bfff	ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS									
ADDLW	k	Add literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND literal with W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk		
CLRWDT	—	Clear Watchdog Timer	1	00	0000	0110	0100	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
GOTO	k	Go to address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk		
RETFIE	—	Return from interrupt	2	00	0000	0000	1001		
RETLW	k	Return with literal in W	2	11	01xx	kkkk	kkkk		
RETURN	—	Return from Subroutine	2	00	0000	0000	1000		
SLEEP	—	Go into Standby mode	1	00	0000	0110	0011	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z	

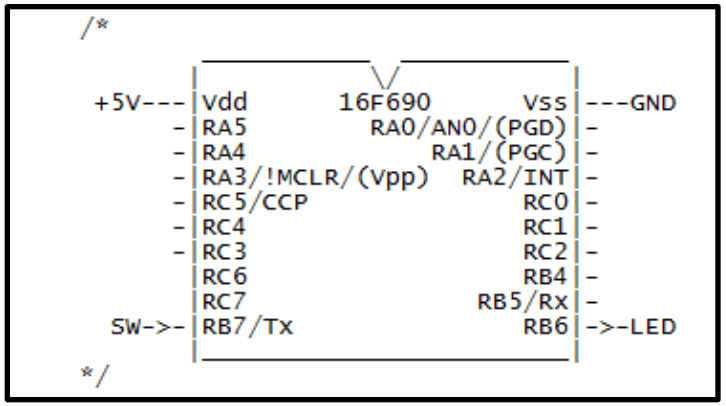
Ett Assemblerprogram

```
init
  CLRF PORTB;
  MOVLW 10111111b;
  MOVWF TRISB;
loop
  BTFSS PORTB,7;
  GOTO lampoff;
lampon
  BSF PORTB,6;
  GOTO loop;
lampoff
  BCF PORTB,6;
  GOTO loop;
  end;
```



Programmet tänder och släcker lysdioden på kommando från strömbrytaren.
(Detta går naturligtvis lika bra utan PIC – men då är det ju *ingen sport*!)

Kommenterat assemblerprogram



Assemblerprogram är så kallad "spaghettiprogramering". Det blir lättare att följa programhoppen när man ritar ut pilar.

```
init
  CLRF PORTB;       0-ställ register portB
  MOVLW 10111111b; hämta en konstant till arbetsregistret W
  MOVWF TRISB;      kopiera konstanten till trisB registret
loop
  BTFSS PORTB,7;    hoppa över nästa instruktion om portb.7 = 1
  GOTO lampoff;     hoppa till ”lampoff”
lampon
  BSF PORTB,6;      1-ställ portB.6 -> tänder LED
  GOTO loop;        börja om från ”loop”
lampoff
  BCF PORTB,6;      0-ställ portB.6 -> släcker LED
  GOTO loop;        börja om från ”loop”
  end;
```

William Sandqvist william@kth.se

C-program

```
/*
          ______________  ______________
         |              \/              |
  +5V---|Vdd        16F690          Vss|---GND
       -|RA5           RA0/AN0/(PGD)|-
       -|RA4               RA1/(PGC)|-
       -|RA3/!MCLR/(Vpp)  RA2/INT|-
       -|RC5/CCP                  RC0|-
       -|RC4                      RC1|-
       -|RC3                      RC2|-
        |RC6                      RB4|-
        |RC7                   RB5/Rx|-
   SW->-|RB7/Tx                   RB6|->-LED
        |______________________________|
*/
```

```c
/* onoff.c              */
/* B Knudsen Cc5x       */
/* C-compiler           */
/* not ANSI-C           */

#include "16F690.h "
#pragma config |= 0x00D4

void main( void)
{
  TRISB.6 = 0;
  PORTB.7 = 1;
  while(1)
   {
     if ( PORTB.7==1 ) PORTB.6=1;
     else PORTB.6=0;
   }
}
```

Pragma – utvidgningar av C-språket
Bitvariabler **`variabel.bit`**
Kompilatorn känner till namn på många register, övriga namn finns i processortypens includefil

Nedladdningsformat

Programkoden laddas ned till chippet med en kretsprogram-merare.

Det använda formatet är en textfil med op-koderna som en följd av Hex-siffror. Så här ser nedladdningskoden ut för det tidigare programexemplet.

```
:10000000012883160313071083120714831203l3A6
:10001000871C0C28071406288312031307100628D0
:02400E00D400DC
:00000001FF
```

Slut på filen.

William Sandqvist william@kth.se

Kompilatorns ”rapport”

SFR/GPR

```
RAM: 00h : -------- -------- -------- --------
RAM: 20h : ==.***** ******** ******** ********
RAM: 40h : ******** ******** ******** ********
RAM: 60h : ******** ******** ******** ********
RAM: 80h : -------- -------- -------- --------
RAM: A0h : ******** ******** ******** ********
RAM: C0h : ******** ******** ******** ********
RAM: E0h : ******** ******** ******** ********
```

```
Codepage 0 has 68 word(s) : 3 %
Codepage 1 has  0 word(s) : 0 %
```

Program

```
Symbols:
 * : free location
 - : predefined or pragma variable
 = : local variable(s)
 . : global variable
```

(Cc5x interna variabler)

Inbyggt i kompilatorn finns följande namn på register och flaggor (bitar i register):

```
char W;
char INDF, TMR0, PCL, STATUS, FSR, PORTA, PORTB;
char OPTION, TRISA, TRISB;
/* STATUS : */ bit Carry, DC, Zero_, PD, TO, PA0, PA1, PA2;
/* FSR : */ bit FSR_5, FSR_6; char PORTC, TRISC; char PCLATH, INTCON;
/* OPTION : */ bit PS0, PS1, PS2, PSA, T0SE, T0CS, INTEDG, RBPU_;
/* STATUS : */ bit Carry, DC, Zero_, PD, TO, RP0, RP1, IRP;
/* INTCON : */ bit RBIF, INTF, T0IF, RBIE, INTE, T0IE, GIE;
```

Dessa ska *inte* deklareras i programmen. Includefilerna innehåller sedan ytterligare registernamn och namn på bitar, med de beteckningar de har i processortypens officiella manual.

(Cc5x interna funktioner)

De interna funktionerna ger ”direktåtkomst” till några av PIC-processorns instruktioner:

```
btsc(Carry);  // void btsc(char);   - BTFSC f,b
btss(bit2);   // void btss(char);   - BTFSS f,b
clrwdt();     // void clrwdt(void); - CLRWDT
i = decsz(i); // char decsz(char);  - DECFSZ f,d
W = incsz(i); // char incsz(char);  - INCFSZ f,d
nop();        // void nop(void);    - NOP
nop2();       // void nop2(void);   - GOTO next address
retint();     // void retint(void); - RETFIE
W = rl(i);    // char rl(char);     - RLF i,d
i = rr(i);    // char rr(char);     - RRF i,d
sleep();      // void sleep(void);  - SLEEP
skip(i);      // void skip(char);   - computed goto
k = swap(k);  // char swap(char);   - SWAPF k,d
```

```
clearRAM();   // void clearRAM(void);
```
En intern funktion som man kan anropa för att 0-ställa allt dataminne i processorn.

(Enkla C-satser → Assembler)

Enkla C-satser översätts i allmänhet direkt till ensamma assemblerinstruktioner. Program skrivna i assembler kan därför översättas instruktion för instruktion till ett **Cc5x** C-program.

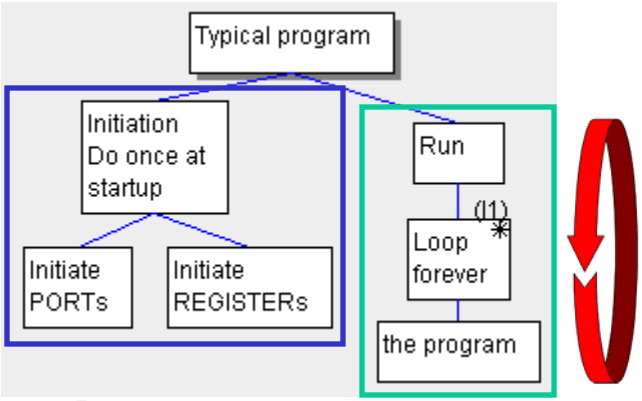
nop();	NOP	W = f;	MOVF f,W
f = W;	MOVWF f	W = f ^ 255;	COMF f,W
W = 0;	CLRW	f = f ^ 255;	COMF f
f = 0;	CLRF	W = f + 1;	INCF f,W
W = f - W;	SUBWF f,W	f = f + 1;	INCF f
f = f - W;	SUBWF f	b = 0;	BCF f,b
W = f - 1;	DECF f,W	b = 1;	BSF f,b
f = f - 1;	DECF f	return 5;	RETLW 5
W = f | W;	IORWF f,W	s1();	CALL s1
f = f | W;	IORWF f	goto X	GOTO X
W = f & W;	ANDWF f,W	W = 45;	MOVLW 45
f = f & W;	ANDWF f	W = W | 23;	IORLW 23
W = f ^ W;	XORWF f,W	W = W & 53;	ANDLW 53
f = f ^ W;	XORWF f	W = W ^ 12;	XORLW 12
W = f + W;	ADDWF f,W	W = 33 + W;	ADDLW 33
f = f + W;	ADDWF f	W = 33 - W;	SUBLW 33

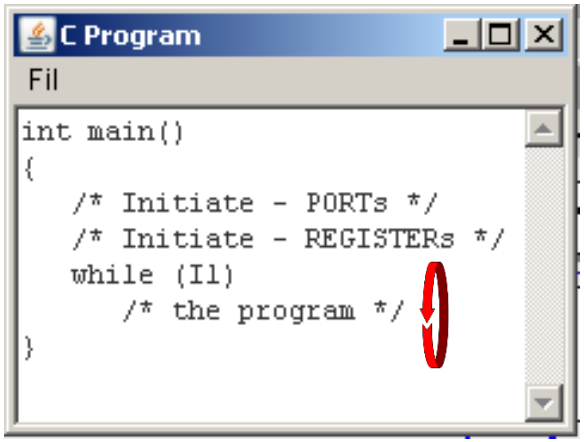
William Sandqvist william@kth.se

Typiska programstrukturer

William Sandqvist william@kth.se

Ett typiskt program





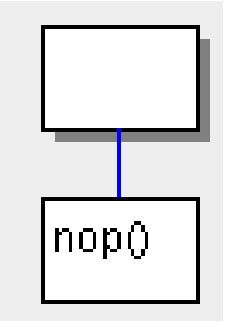
Ett typiskt program.

Först initierar man PORTAR och enheter så att de ställs in för att passa tillämpningen. Detta görs **en gång** i början av programmet.

Sedan går programmet in i en **evighetsloop –** reagerar på insignaler och levererar utsignaler varje varv i loopen.

Programmet avslutas när matningspänningen slås av.

Engångsprogram?



- C-program:

```
void main( void)
{
  nop(); /* to do something once */
}
```

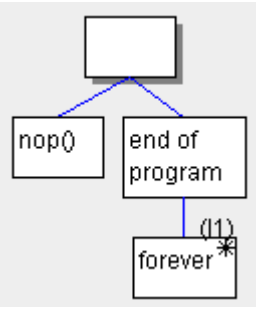
- Översatt till assembler:

```
main
                    ;  nop(); /* to do something once */
        NOP
                    ;}
        SLEEP
        GOTO main

        END
```

Engångsprogram går inte, kompilatorn lägger ut **SLEEP**, så processorn går in i strömsparläge. Det gör även IO-enheterna.

Engångsprogram?



- C-program:

```
void main( void)
{
  nop(); /* something once */
  while(1);
}
```

- Översatt till assembler:

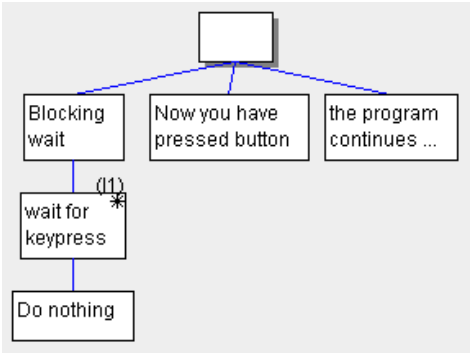
```
main
                          ;  nop(); /* something once */
        NOP
                          ;  while(1) ;
m001    GOTO  m001
        END
```

Så här ser ett engångsprogram ut som *inte* tvingar fram **SLEEP**, strömsparläget.

Vänta på en knapptryckning?

PORTB bit 0 blir 1 när man trycker

Många gånger har processorn inte så mycket att göra, då kan man använda **blockerande kod**.



- Vänta på en knapptryckning, blockerande:

```
while (PORTB & 0x01 == 0) /* do nothing */ ;
/* OK, now you have pressed the button ... */
```

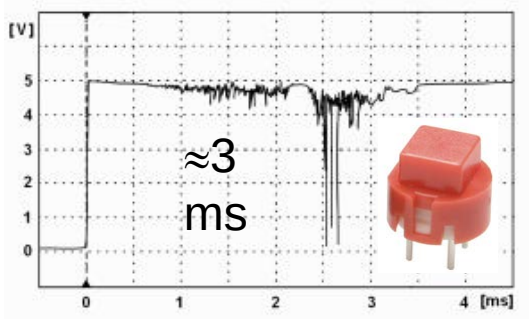
- Eller enklare – PIC-processorn har ju bitvariabler:

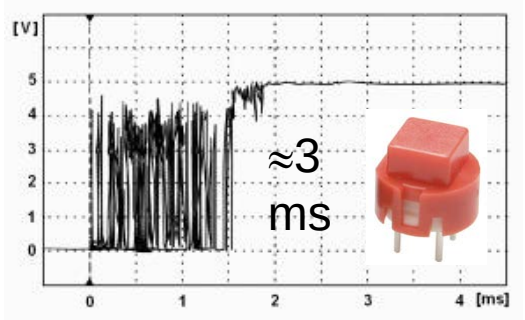
```
while (!PORTB.0) /* do nothing */ ;
/* OK, now you have pressed the button ... */
```

William Sandqvist william@kth.se

Kontaktstudsar!

När man trycker, eller släpper, en mekanisk kontakt så studsar den ett tag mot kontaktytan innan den lägger sig till ro. PIC-processorn är så snabb att den kan uppfatta varje studs som en ”egen” kontakt-tryckning!





≈?
ms

?

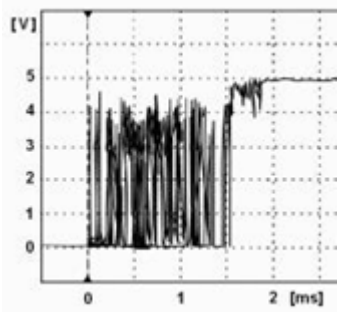
Om en kontakt studsar mycket eller lite syns inte på utsidan!

William Sandqvist william@kth.se

Toggla en LED ON/OFF

Rena rama slumpgeneratorn, vad som helst kan **hända/inte hända** när man trycker på knappen!

```
void main( void)
{
  TRISB = 0b10111111; /* RB7 in, RB6 out */
  while(1)
   {
     while( !PORTB.7 ) ;  /* wait key pressed      */
     PORTB.6 = !PORTB.6;  /* toggle led            */
     while( PORTB.7 ) ;   /* wait for key released */
   }
}
```



- **Inte som tänkt, varannan gång – utan en slumpgenerator!**

William Sandqvist william@kth.se

Toggla en LED ON/OFF

Vänta ut kontaktstudsarna. En kontakt kan studsa både när man **trycker ned** den och när man **släpper upp** den!

```
void main( void)
{
  TRISB = 0b10111111; /* RB7 in, RB6 out */
  while(1)
  {
    while( !PORTB.7 ) ;  /* wait key pressed      */
    PORTB.6 = !PORTB.6;  /* toggle led            */
    delay(5);            Vänta ut kontaktstudsarna (>5ms)
    while( PORTB.7 ) ;   /* wait for key released */
    delay(5);            Vänta ut kontaktstudsarna (>5ms)
  }
}
```

- **Nu fungerar det!**

William Sandqvist william@kth.se

`delay()` funktionen

William Sandqvist william@kth.se

C-funktioner

```
void delay(char);
```

- Funktionsdeklaration (prototyp) före main()

```
void main( void)
{
  TRISB = 0b10111111; /* RB7 in, RB6 out */
  while(1)
   {
     while( !PORTB.7 ) ;  /* wait key pressed      */
     PORTB.6 = !PORTB.6;  /* toggle led            */
     delay(5);
     while( PORTB.7 ) ;   /* wait for key released */
     delay(5);
   }
}
```

- Funktionsanrop
- Funktionsanrop

- Placera funktionsdefinitionerna efter main() i en och samma fil.

`delay()` funktionen

- **Placera funktionsdefinitionerna efter main() i en och samma fil.**

```
/* Delays a multiple of 1 milliseconds at 4 MHz  */
/* (16F690 internal clock) using the TMR0 timer  */

void delay( char millisec)
 {
   OPTION = 2; /* prescaler divide by 8 */
   do
   {
     TMR0 = 0;
     while ( TMR0 < 125)  /* 125 * 8 = 1000 */  ;
   } while ( -- millisec > 0);
 }
```

millisec
antal varv

1000 µs

Det är den eftertestade slingan som är den iterationsmetod som bäst passar PIC-processorn.

```
do
{
  --- ;
} while(---);
```

TIMER0

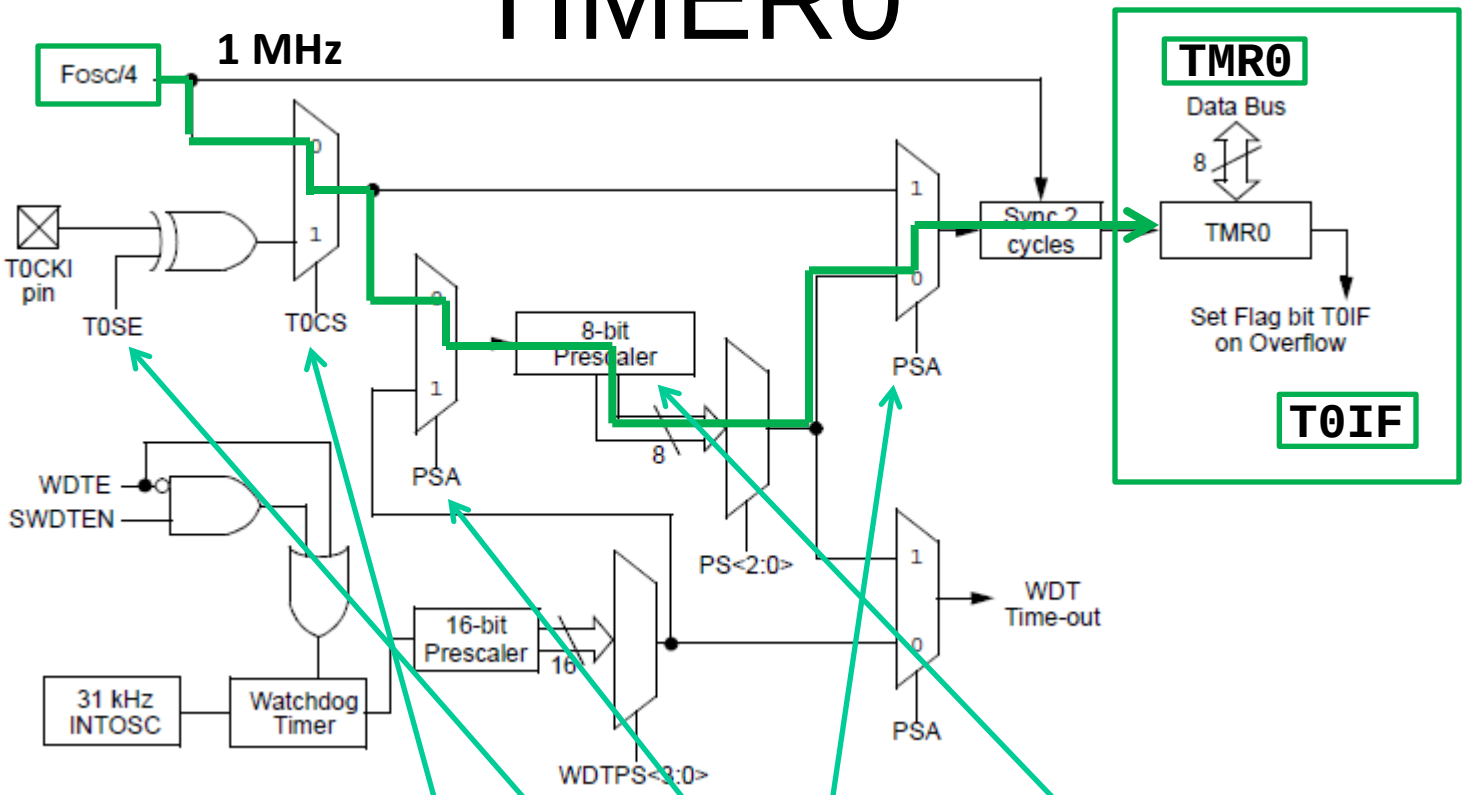
TIMER0 är en inbyggd 8-bitars modulo 256-räknare som kan läsas/skrivas från programmen. När timern "räknat runt" sätts biten **T0IF**.
Om biten **TOCS** i **OPTION** -registret är "0" så är det processorns klockcykler som räknas. Om biten **TOCS** är "1" räknas pulsflanker från pinnen **T0CKI**.

PS2 PS1 PS0	Prescaler
000	1:2
001	1:4
010	1:8
011	1:16
100	1:32
101	1:64
110	1:128
111	1:256

Med biten **PSA=0** kan man koppla in en **prescaler**, en frekvensdelare. Med den inkopplad räknas bara en bråkdel av de inkommande pulserna, så att timern räknar långsammare. Med bitarna **PS2 PS1 PS0** ställer man in prescalerns delningstal.

```
TMR0=0;     /* reset timer0 */
time=TMR0; /* store timer0 value in char variable time */
TMR0=17;    /* preset timer0 to 17 */
```

TIMER0



REGISTER 5-1: OPTION_REG: OPTION REGISTER

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
$\overline{\text{RABPU}}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit 7							bit 0

William Sandqvist william@kth.se

C-funktioner sammanfattning

- Funktionsdeklarationer före **`main()`**.
- Anrop från **`main()`**eller från andra funktioner.
- Funktionsdefinitioner efter **`main()`**, i samma fil.

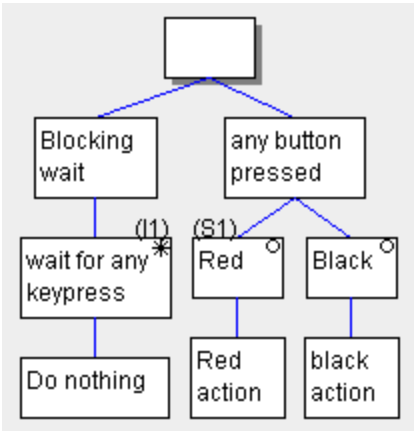
Det gäller oftast så lite programkod att allt kan vara i en och samma fil. Funktionerna blir ofta skräddarsydda för tillämpningen och processorn, därför kan det vara onödigt att lagra dom i något ”funktionsbibliotek”.

Vänta på knapptryckning**ar**?

PORTB bit 0 blir 1 när man trycker

PORTB bit 1 blir 1 när man trycker

Två knappar, **blockerande kod**.



eller

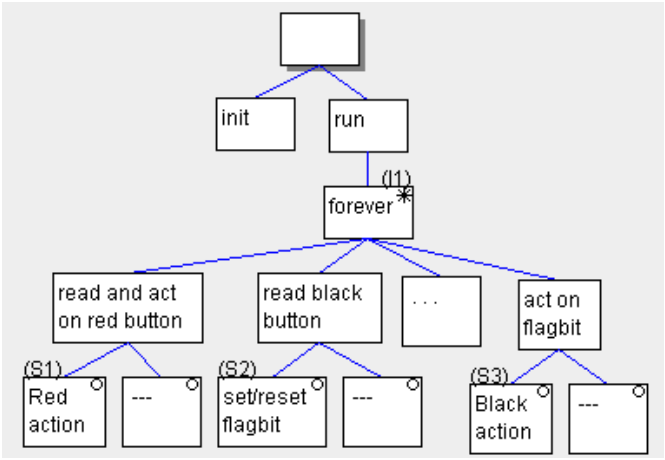
```
while(!PORTB.0 || !PORTB.1) /* do nothing */ ;

/* now one or both buttons are pressed */
if(PORTB.0) /* action for red   button */ ;
if(PORTB.1) /* action for black button */ ;
```

Reagera på knapptryckning**ar**?

PORTB bit 0 blir 1 när man trycker

PORTB bit 1 blir 1 när man trycker



Två knappar, **icke blockerande kod**

```
bit flagbit;
While(1) /* main programloop */
 {
   /* examine button status */
   if(PORTB.0) /* direct action for red button  */ ;
   if(PORTB.1) flagbit = 1; else flagbit = 0;
   /*  .  .  .  */
   /* later, act on the flagbit                  */
   if(flagbit) /* action for black button       */ ;
 }
```

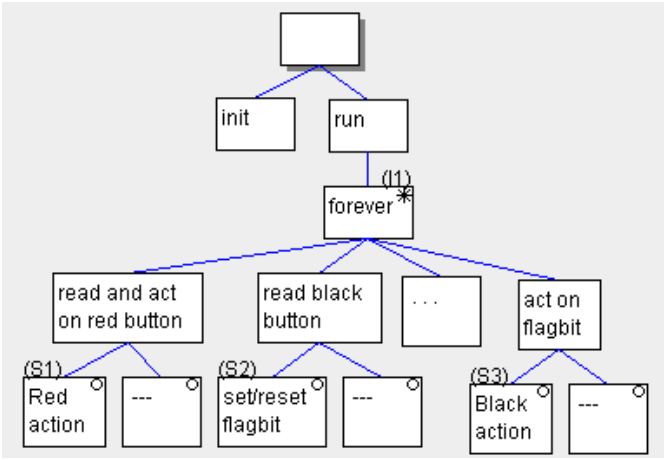
- **Kontaktstudsar?**

Man kan reagera direkt på knappstatus *eller* föra informationen vidare med en bitvariabel, en flagg-bit.

Reagera på knapptryckning**ar**?

PORTB bit 0
blir 1 när man
trycker

PORTB bit 1
blir 1 när man
trycker



Två knappar, **icke blockerande kod**

```
bit flagbit;
While(1) /* main programloop */
{
  /* examine button status */
  if(PORTB.0) /* direct action for red button  */ ;
  if(PORTB.1) flagbit = 1; else flagbit = 0;
  /*  .  .  .  */
  /* later, act on the flagbit                  */
  if(flagbit) /* action for black button       */ ;

  delay(5);
}
```

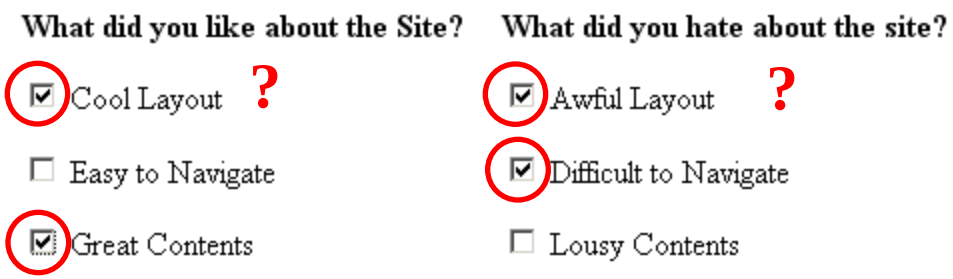
Vänta ut (>5ms) kontaktstudsarna
innan nästa varv i main-loopen

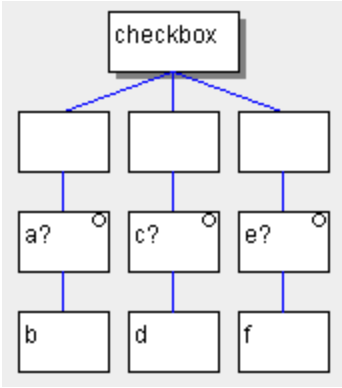
William Sandqvist william@kth.se

Checkbox eller Radiobutton?

Checkbox (många alternativ):

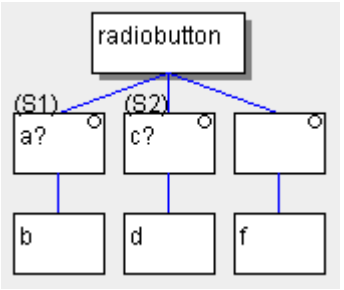
```
if(a)b; if(c)d; if(e)f; . . .
```





Radio Button (endast ett):

```
if(a)b; else if(c)d; ... else f;
```

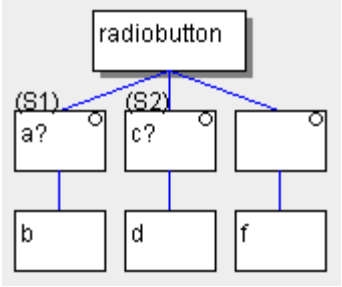


William Sandqvist william@kth.se

Radiobutton …

Att välja endast **ett alternativ** bland flera …


```
if(a) b;
else if(c) d;
else f;
```



Eller med C-språkets **switch-case** uttryck …

William Sandqvist william@kth.se

C-språkets **switch – case** uttryck

Tips! Observera att *B Knudsen* kompilatorn lägger ut effektivare kod för

- **`switch()`** – **`case`**

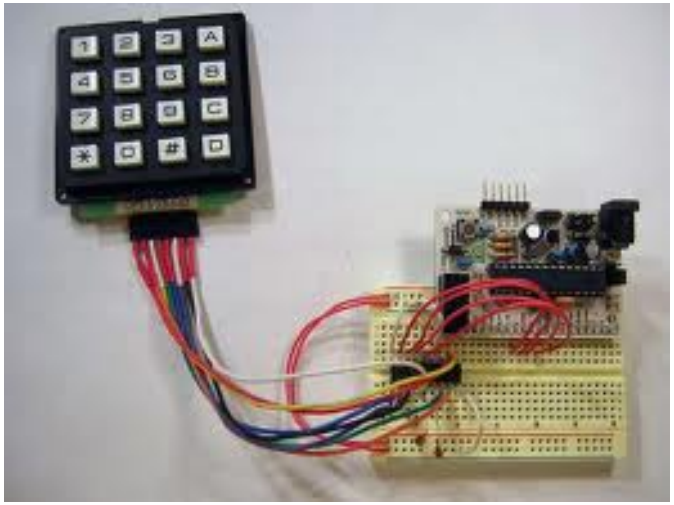
än för

- **`if()`** – **`else if()`** – **`else`**

så använd alltid switch-satsen!

C's switch – case

```
switch(d) {
case 0×00 : k='1'; break;
case 0×01 : k='2'; break;
case 0×02 : k='3'; break;
case 0×04 : k='4'; break;
case 0×05 : k='5'; break;
case 0×06 : k='6'; break;
case 0×08 : k='7'; break;
case 0×09 : k='8'; break;
case 0×0A : k='9'; break;
case 0×0C : k='*'; break;
case 0×0D : k='0'; break;
case 0×0E : k='#'; break;
/* 0×03,0×07,0×0B,0×0F */
default   : k=' ';
}
```



Omkodning. Tangentbord avger oftast en helt annan kod **d** än vad som är ingraverat på tangenten **k** !

Ex. Smidig meny-hantering

```
switch( choice )
   {
     case 'Y' : /* Yes */
     case 'y' : /* yes */
     case 'J' : /* Ja  */
     case 'j' : /* ja  */
       printf( "As you wish" );
       break;
     case 'N' : /* No Nej */
     case 'n' : /* no nej */
       printf( "Ok. You don't need to" );
       break;
     default  :
       printf("Wrong answer, Y/y/J/j/N/n");
    }
```

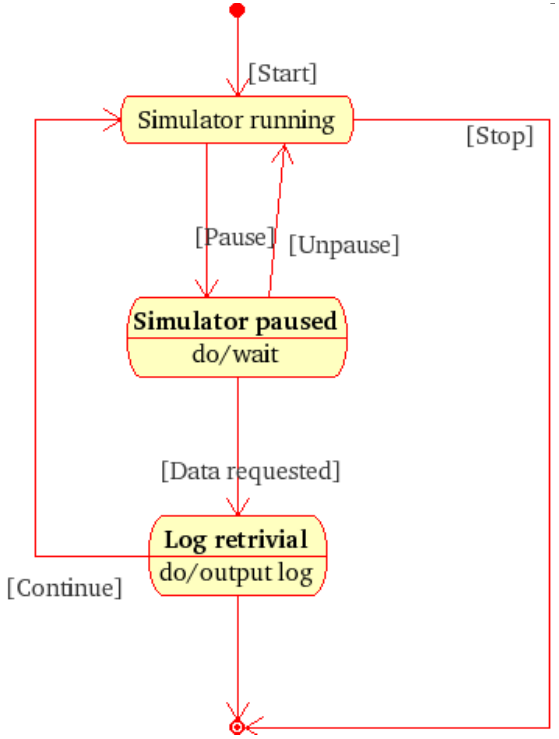
Gruppera alternativen

Default, för alla ospecifierade alternativ

Programmering efter tillståndsdiagram

En mycket vanlig teknik vid programmering av inbyggnads-processorer är att använda ”tillstånd” och ”tillstånds-diagram”.

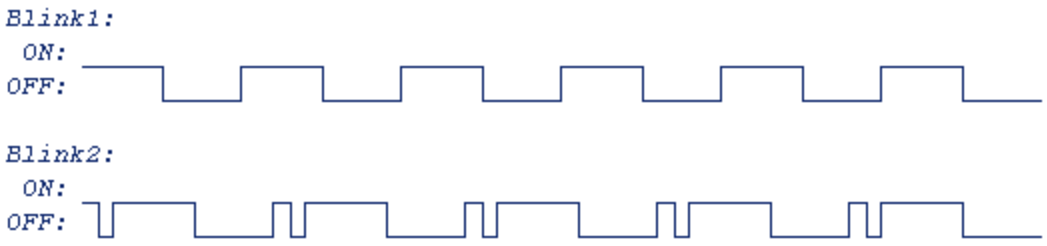
Idén är lånad från **Digital Designs** ”automater”.

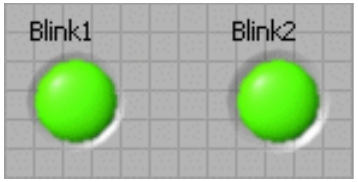


Ex. UML-tillståndsdiagram

William Sandqvist william@kth.se

Flera saker samtidigt?

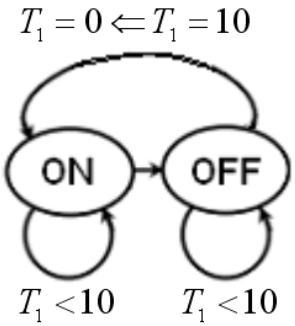





```
/* Blink1:  1s ON - 1s OFF  */
/* Blink2:  0,2s ON - 0,2s OFF - 1s ON - 1s OFF  */
```

William Sandqvist william@kth.se

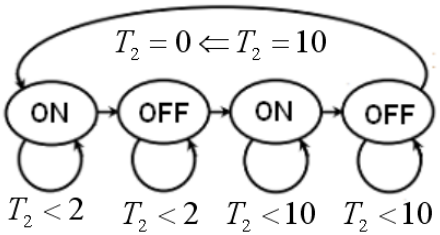
Först en lysdiod …



```
while(1)
 {
   /* Blink1:  1s ON - 1s OFF  */
   switch(State1)
    {
      case 0:
        PORTB_copy.6=1;    /* Blink1 = ON */
        Time1++;
        if( Time1 == 10 ) { State1 = 1; Time1 = 0; }
        break;
      case 1:
        PORTB_copy.6=0;    /* Blink1 = OFF */
        Time1++;
        if( Time1 == 10 ) { State1 = 0; Time1 = 0; }
    }
   PORTB = PORTB_copy;
   delay10(10); /* 0,1 sec delay each lap */
 }
```

William Sandqvist william@kth.se

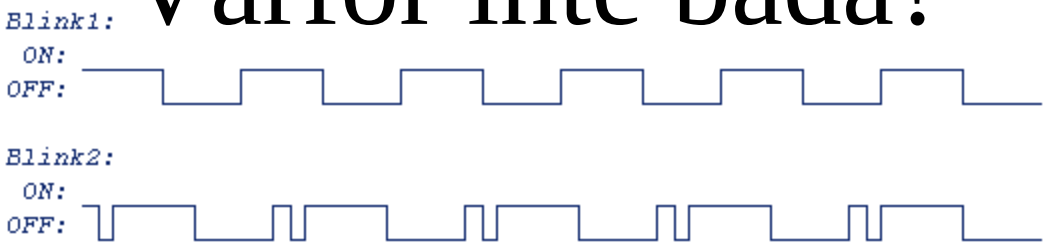
Sedan en annan lysdiod …




```
while(1)
 {
   /* Blink2:  0,2s ON - 0,2s OFF - 1s ON - 1s OFF */
   switch(State2){
      case 0:
        PORTB_copy.5 = 1; Time2++;  /* Blink2  ON */
        if( Time2 == 2 ) { State2 = 1; Time2 = 0; }
        break;
      case 1:
        PORTB_copy.5 = 0; Time2++;  /* Blink2  OFF */
        if( Time2 == 2 ) { State2 = 2; Time2 = 0; }
        break;
      case 2:
        PORTB_copy.5 = 1; Time2++;  /* Blink2  ON */
        if( Time2 == 10 ) { State2 = 3; Time2 = 0; }
        break;
      case 3:
        PORTB_copy.5 = 0; Time2++;  /* Blink2  OFF */
        if( Time2 == 10 ) { State2 = 0; Time2 = 0; }
    }
   PORTB=PORTB_copy:
   delay10(10); /* 0,1 sek delay */
 }
```

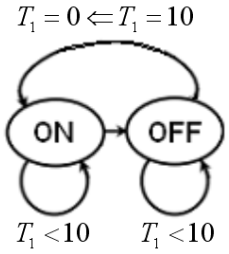
William Sandqvist william@kth.se

Varför inte båda?

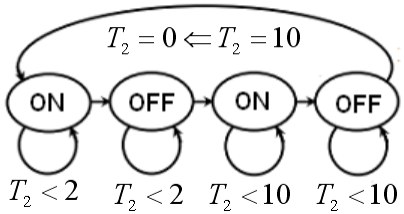



```
while(1)
 {
  /* Blink1:  1s ON - 1s OFF  */
  switch(State1)
   {
     case 0: ... ; break;
     case 1: ... ;
   }

  /* Blink2:  0,2s ON - 0,2s OFF - 1s ON - 1s OFF */
  switch(State2)
   {
     case 0:  ... ; break;
     case 1:  ... ; break;
     case 2:  ... ; break;
     case 3:  ... ;
   }
  PORTB = PORTB_copy;
  delay10(10); /* 0,1 sek delay */
}
```



snabbt 10 µs



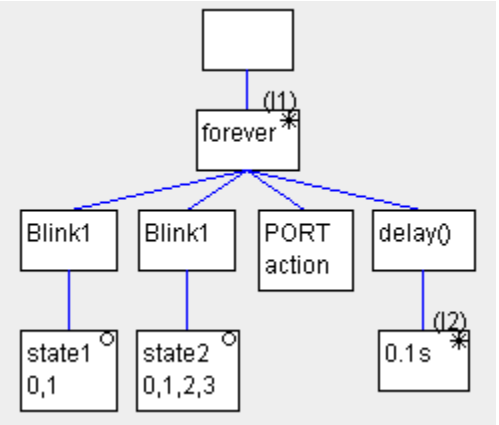
snabbt 10 µs

långsamt 0.1 s

William Sandqvist william@kth.se

State machine

Genom att programmera ”statemachines” (jämför med Digital Design) kan man få det att se ut som om processorn klarar att utföra **många saker samtidigt**. Man kan prova ut varje sak för sig, och oftast fungerar sedan hela kombinationen som tänkt.



VARNING! Det finns ett ”lömskt” så kallat **RMW**-problem. TIPS, LÖSNING: Ändra bitar i en variabel **`PORT_copy`** i stället för direkt på porten **`PORT`**. Kopiera sedan hela denna variabel till porten, **`PORT=PORT_copy;`**

Mer om detta senare i kursen …

William Sandqvist william@kth.se