Digital IO

Ur innehållet:

- Digital IO - parallell in och utmatning
- Ideala och verkliga signaler
- Bitvis in- och utmatning
- Anslutning - fysiskt gränssnitt
- GPIO (General Purpose Input Output)-modul – tillämpningar
- Programmering av enkelt tangentbord

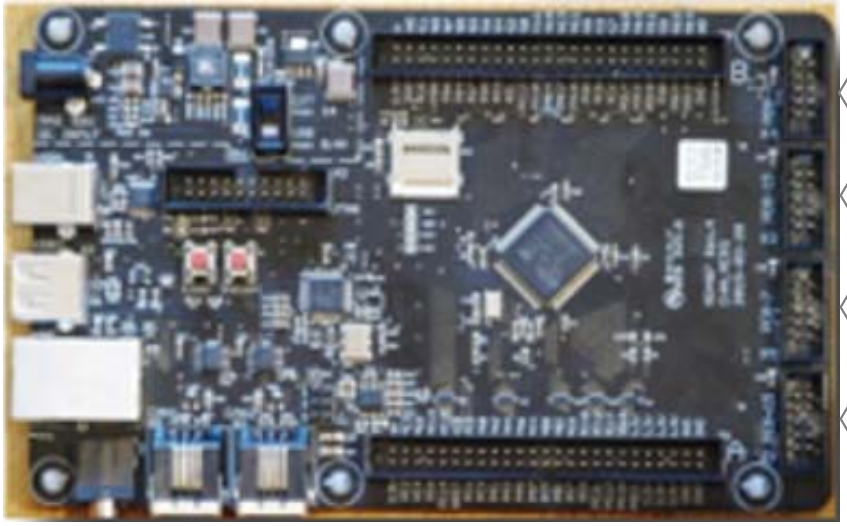
Läsanvisningar:

- Arbetsbok kapitel 4

Målsättningar:

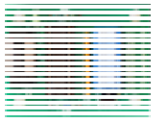
- Kunna konfigurera GPIO-modulen för parallell in-/ut- matning

Digital IO - parallell in- och utmatning



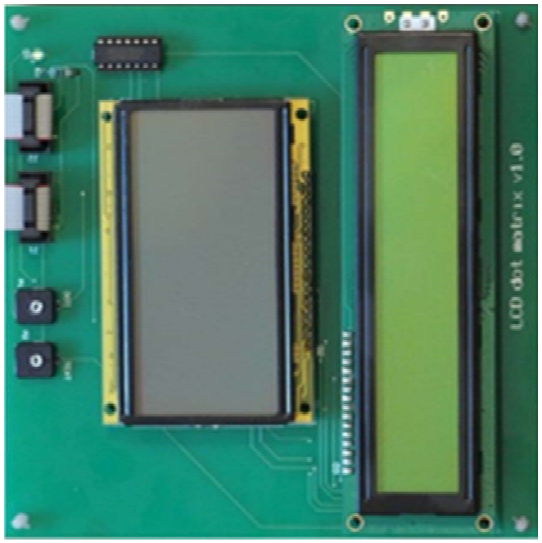
Port D, b_7-b_0

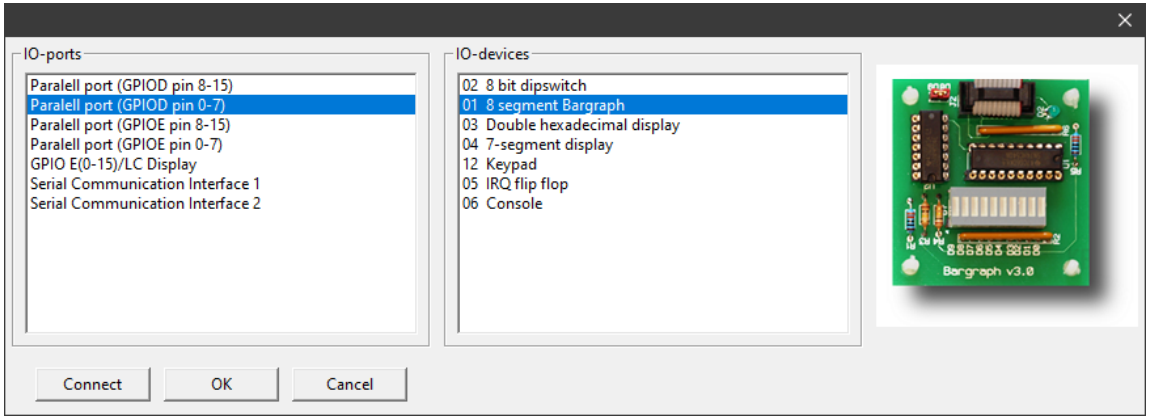
Port D, b_{15}-b_8



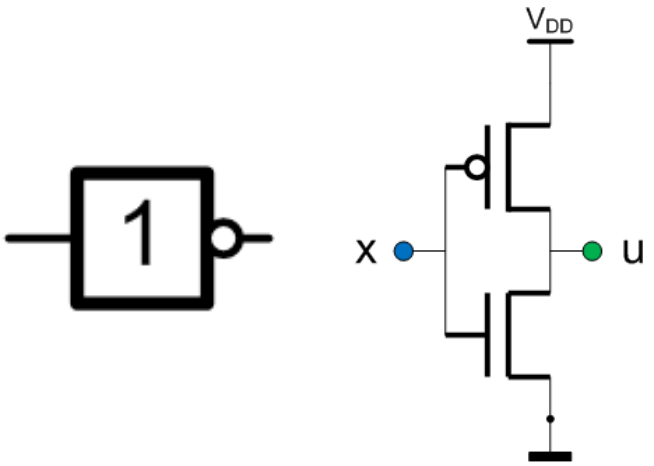
Port E, b_7-b_0

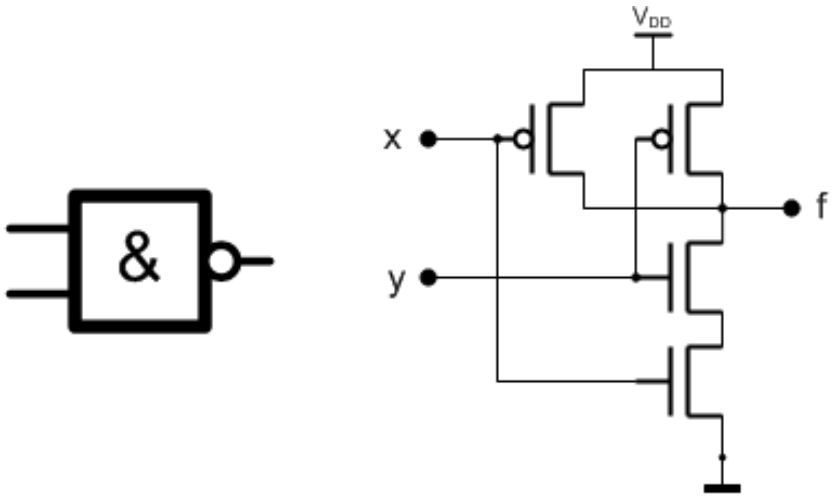
Port E, b_{15}-b_8

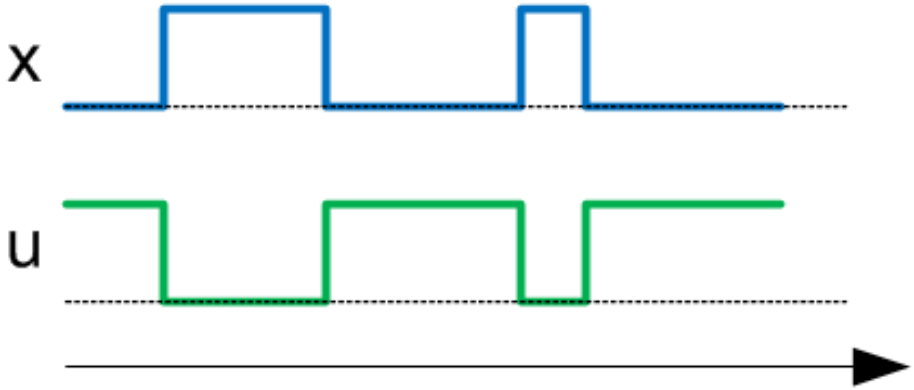


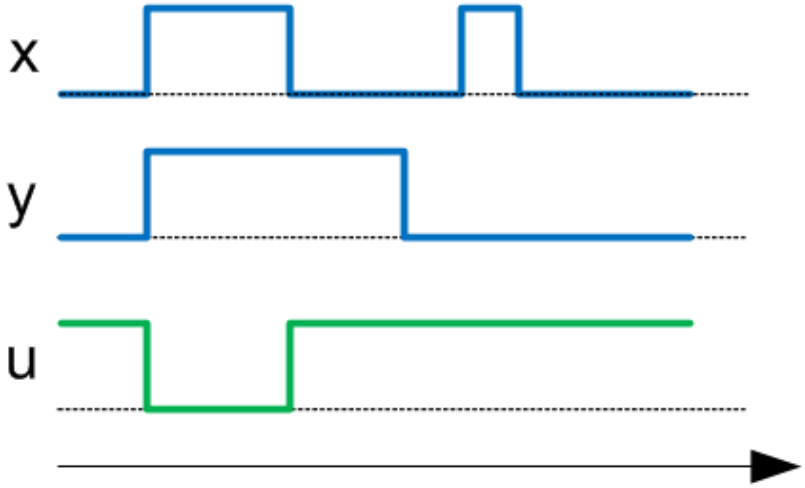


Ideala grindar - idealiserade signaler



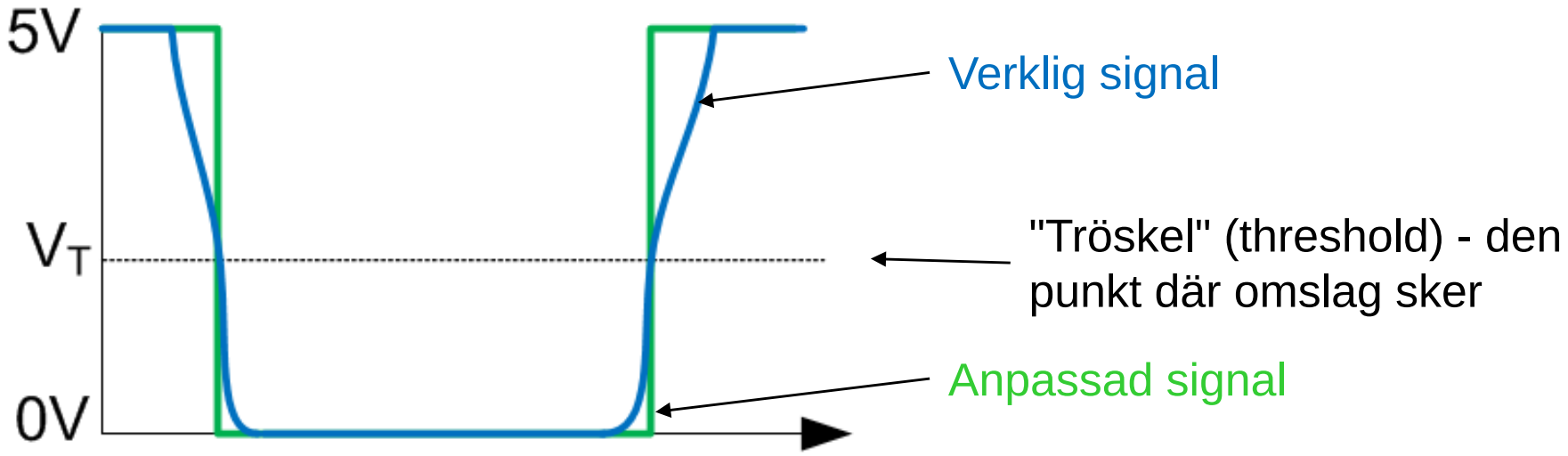






Verkliga signaler - logiknivåer och anpassning

Verkliga signaler måste anpassas till distinkta CMOS-nivåer representerande logikvärdena '0' och '1'

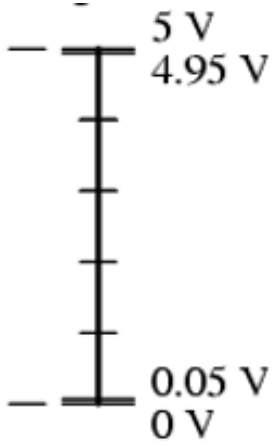


Ideala och verkliga grindar

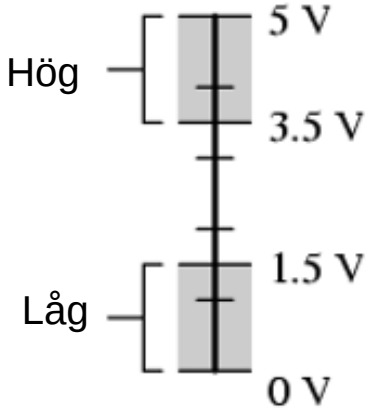
Hos ideala kretsar är tröskelnivån den samma.
Hos verkliga kretsar kan det vara spridning.
Tillverkarna specificerar "säkra" intervall för hög respektive låg nivå.

För CMOS-kretsar med matningsspänning 5 Volt gäller:

Acceptabla signaler på utgångar



Acceptabla signaler på ingångar



Skillnaden kallas *störmarginal*:

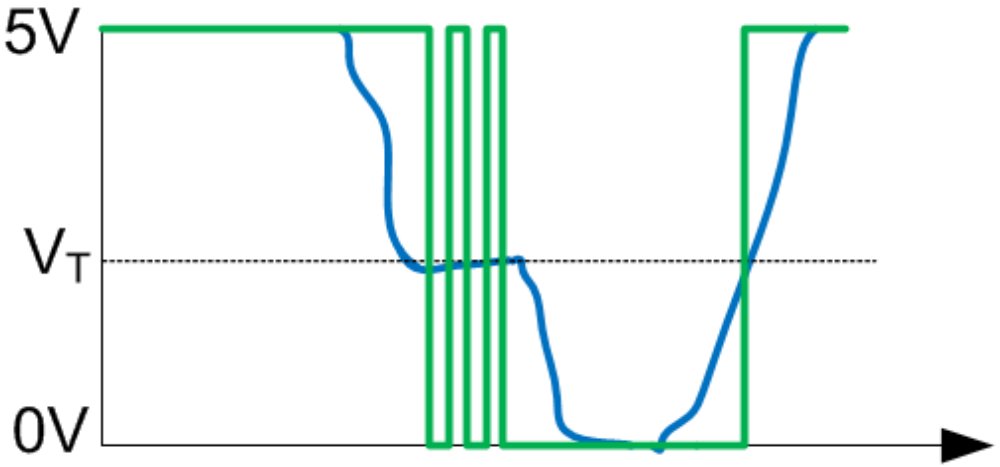
Hög nivå 4,95-3,5 = 1,4 Volt

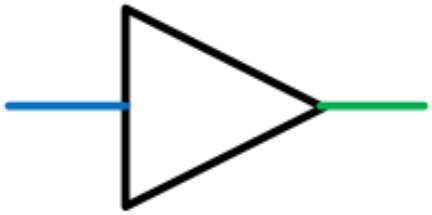
Låg nivå: 1,5-0,05 = 1,45 Volt

En signal mellan de angivna intervallen är *obestämd*.

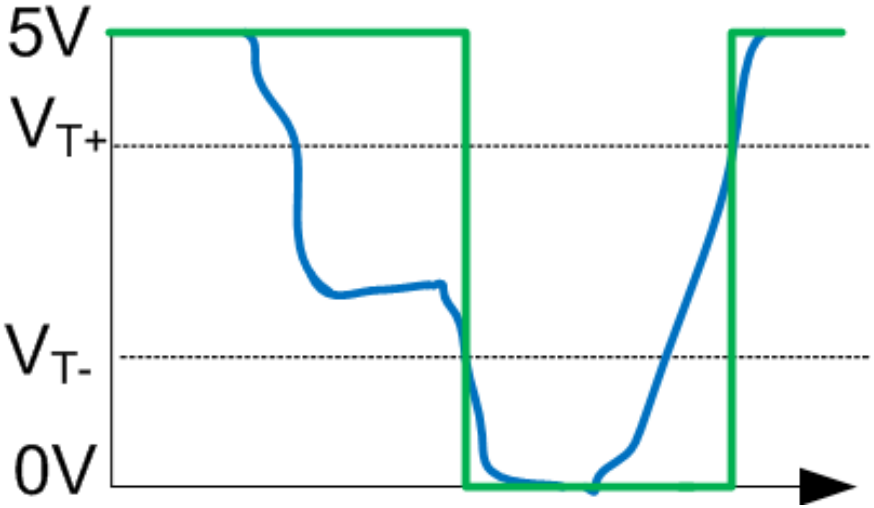
”Schmitt-trigger”

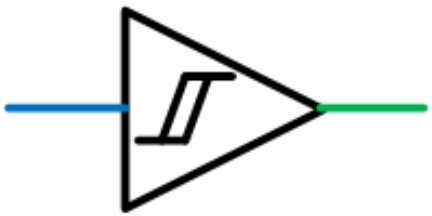
Brusiga insignaler kan generera många oönskade omslag





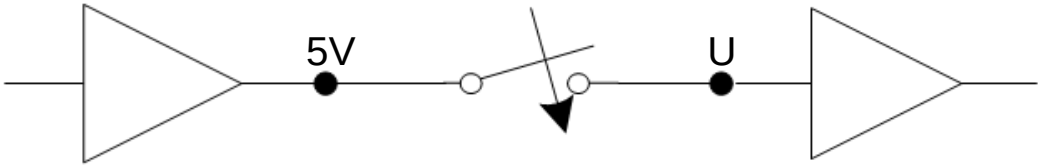
Med fastlagda tröskelnivåer VT+ för omslag från 0 till 1 och VT- från 1 till 0

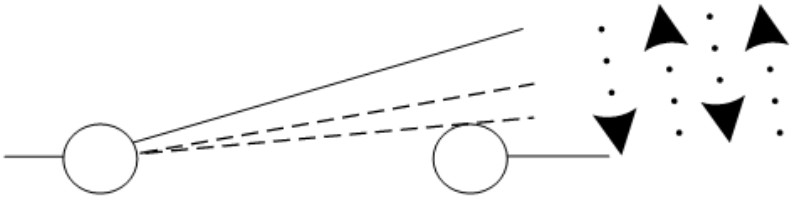


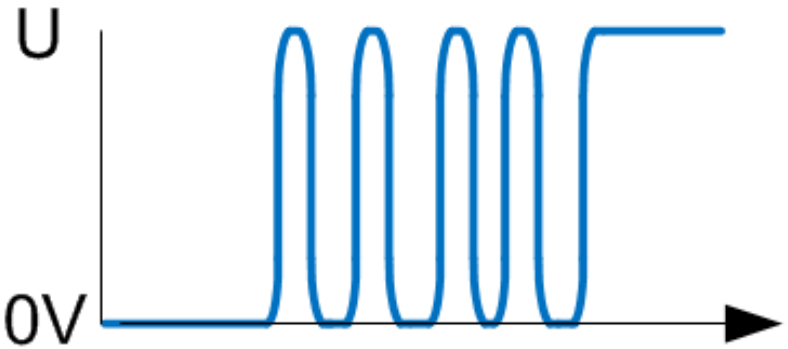


Kontaktstuds

Då en mekanisk omkopplare sluts kan den studsa flera gånger mot det slutande blecket innan den stabiliseras i slutet läge. Detta kan generera ett pulståg och kallas för "kontaktstudsar".



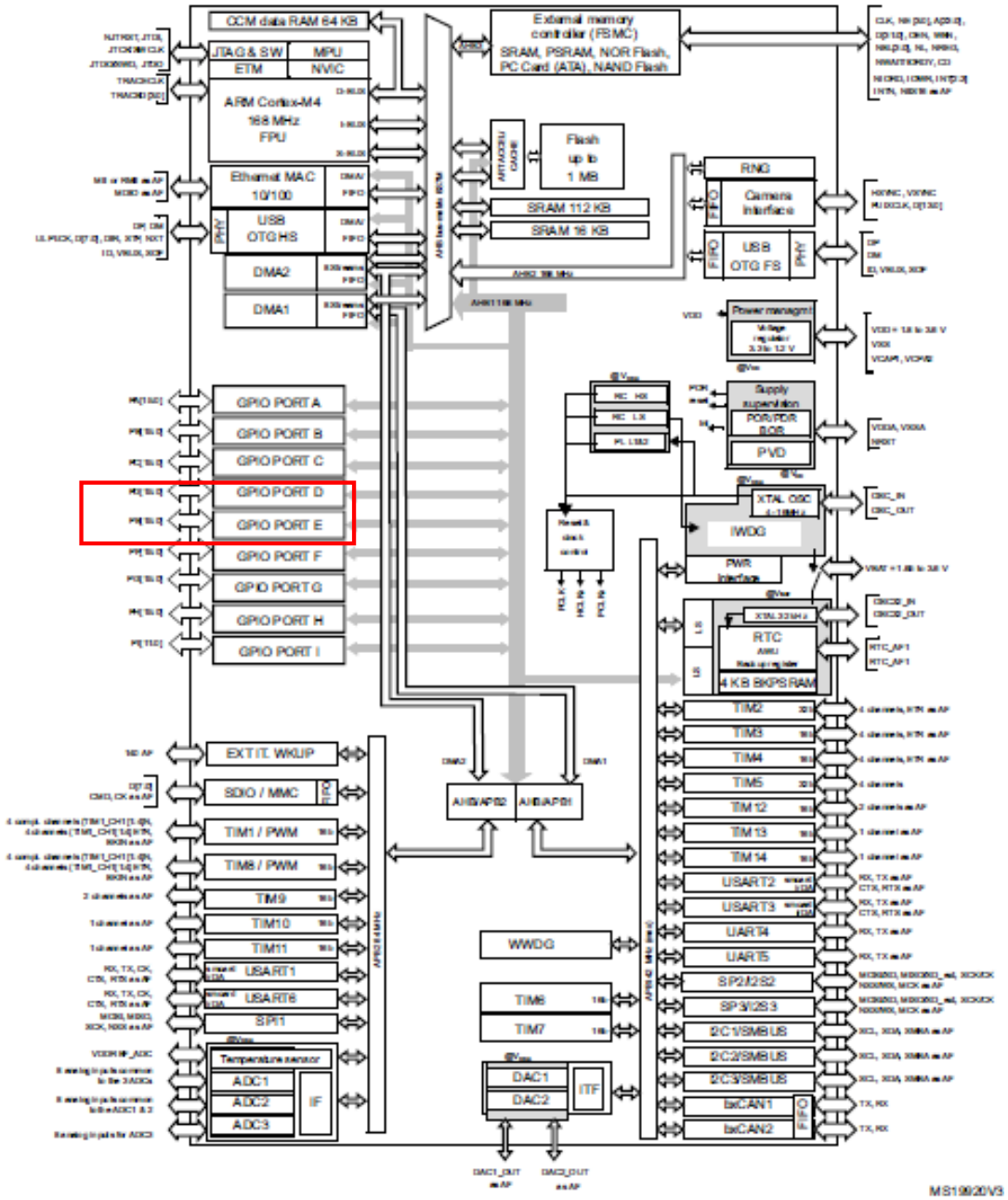




Anslutningar

STM32F407VGT7: Större delen av kretsens 100 pinnar har programmerbar funktion och organiserats i portar (A-E).

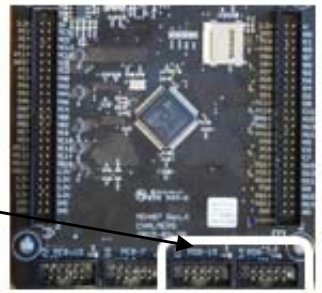
Hos MD407 används portar D och E för generell IO (32 pinnar) medan övriga portar i olika utsträckning används till förutbestämda funktioner.



GPIO-port, programmerarens bild

För varje port finns en uppsättning register där respektive pinnes funktion kan konfigureras. Registren kan läsas eller skrivas med *byte*, *halfword* eller *word*-operationer.

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Register
0																																	GPIO_MODER
4																																	GPIO_OTYPER
8																																	GPIO_OSPEEDR
0xC																																	GPIO_PUPDR
0x10																																	GPIO_IDR
0x14																																	GPIO_ODR
0x18																																	GPIO_BSRR
0x1C																																	GPIO_LCKR
0x20																																	GPIO_AFRL
0x24																																	GPIO_AFRH



Port D – 16 pinnar

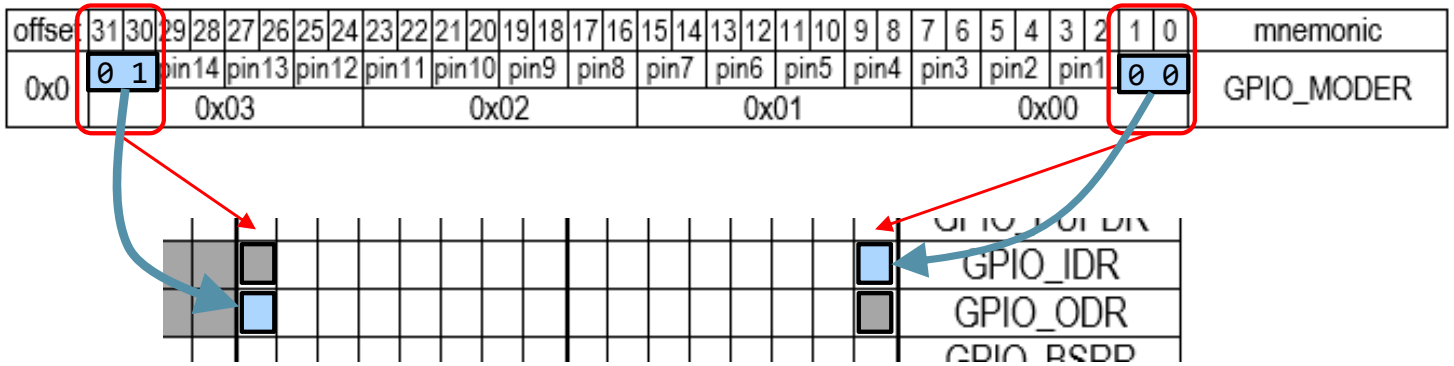
IDR : Input data register

ODR: Output data register

De 16 pinnarna i en port kan konfigureras individuellt i *mode register* (MODER) för någon av funktionerna:

- 00: digital ingång
- 01: digital utgång
- *10: alternativ funktion*
- 11: analog funktion

nu behandlar vi pinnarnas funktion som digital IO, dvs. de första två alternativen.



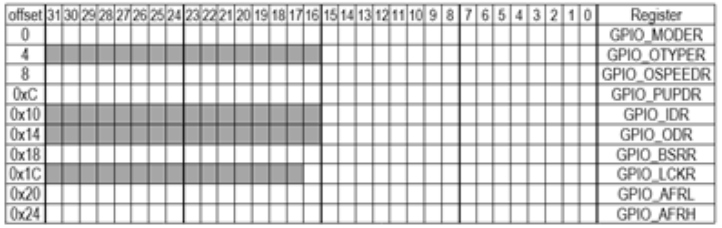
GPIO - MODE-register

Vi vill sätta upp:

- port D bitar 0-7 som en 8–bitars utport
- port D bitar 8-15 som en 8-bitars inport.

- **00: digital ingång**
- **01: digital utgång**
- *10: alternativ funktion*
- 11: analog funktion

GPIO
General Purpose Input Output
GPIO A: 0x40020000
GPIO B: 0x40020400
GPIO C: 0x40020800
GPIO D: 0x40020C00
GPIO E; 0x40021000



Den önskade funktionen får vi om MODE-registret initieras enligt:

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	GPIO_MODER
	0				0				0				0				5				5				5				5				

Vilket ger:

```
*( (volatile unsigned int *) 0x40020C00) = 0x00005555;
```

eller:

```
    LDR    R0,=0x00005555
    LDR    R1,=0x40020C00
    STR    R0,[R1]
```

"basic io"

Verifiera `app_init` genom att, i C, skriva ett enkelt testprogram som läser från inporten och skriver till utporten.

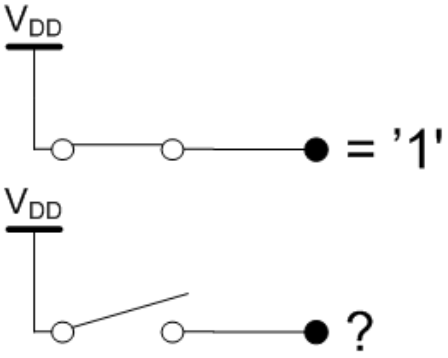
```
#define USE_ASM
void app_init ( void )
{
#ifdef USE_ASM
__asm__ volatile(" LDR R0,=0x00005555\n");
__asm__ volatile(" LDR R1,=0x40020C00\n");
__asm__ volatile(" STR R0,[R1]\n");
#else
  *GPIO_MODER = 0x00005555;
#endif
}

void main(void)
{
  char c;
  app_init();
  while(1){
    c = *GPIO_IDR_HIGH ;
    *GPIO_ODR_LOW = c;
  }
}
```

```
#define     GPIO_D                      0x40020C00
#define     GPIO_MODER    ((volatile unsigned int *)   (GPIO_D))
#define     GPIO_OTYPER   ((volatile unsigned short *) (GPIO_D+0x4))
#define     GPIO_PUPDR    ((volatile unsigned int *)   (GPIO_D+0xC))
#define     GPIO_IDR_LOW  ((volatile unsigned char *)  (GPIO_D+0x10))
#define     GPIO_IDR_HIGH ((volatile unsigned char *)  (GPIO_D+0x11))
#define     GPIO_ODR_LOW  ((volatile unsigned char *)  (GPIO_D+0x14))
#define     GPIO_ODR_HIGH ((volatile unsigned char *)  (GPIO_D+0x15))
```

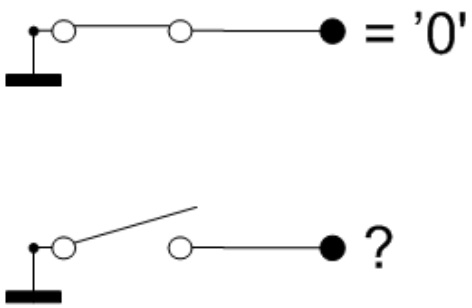
offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x10																	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	GPIO_IDR
																	0x11								0x10								

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x14																	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	GPIO_ODR
																	0x15								0x14								

Digital ingång

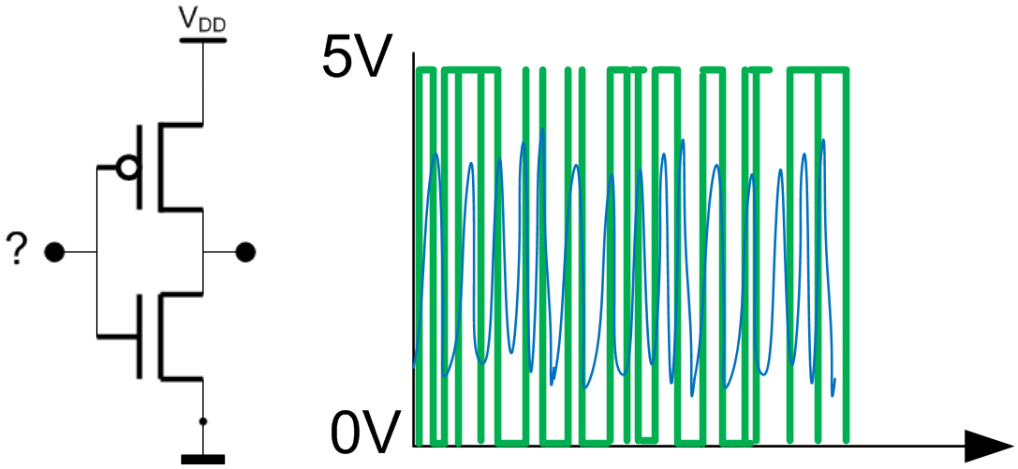


Ger ”säker” etta då brytaren är sluten, annars är signalen obestämd



Ger ”säker” nolla då brytaren är sluten, annars är signalen obestämd

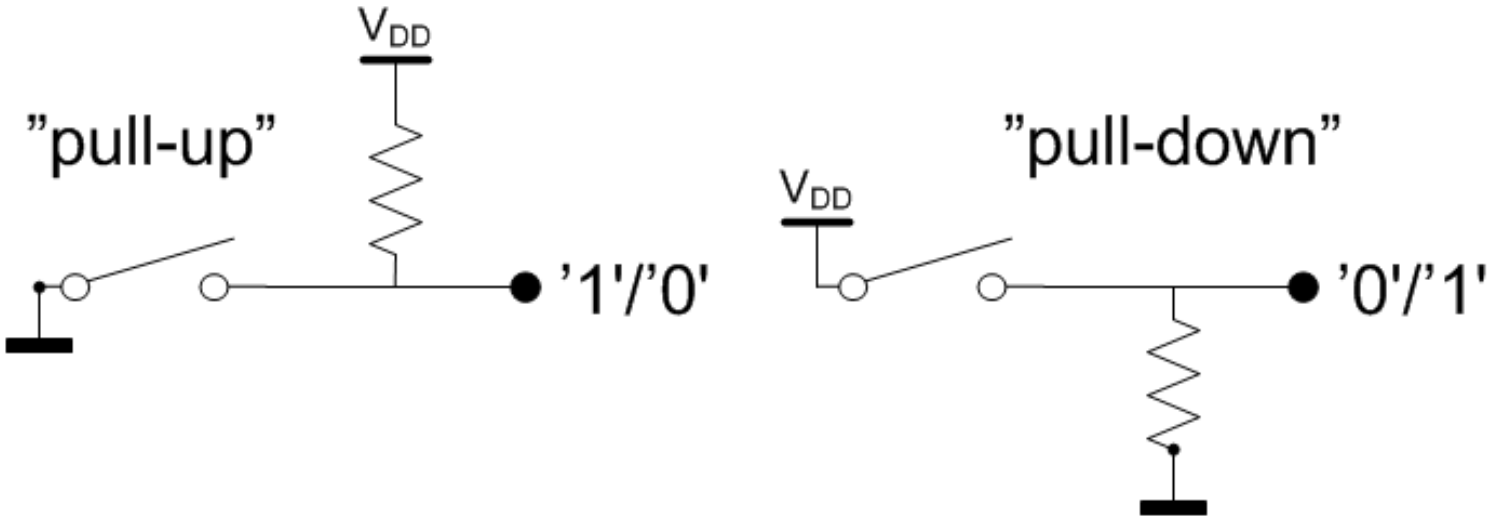
En *obestämd* signal lämnar ingången i ett ”flytande” tillstånd



I ogynsamma fall kan detta resultera i en självsvängande krets som drar mycket ström och dessutom kan orsaka störningar på andra kretselement

”pull-up” eller ”pull-down”

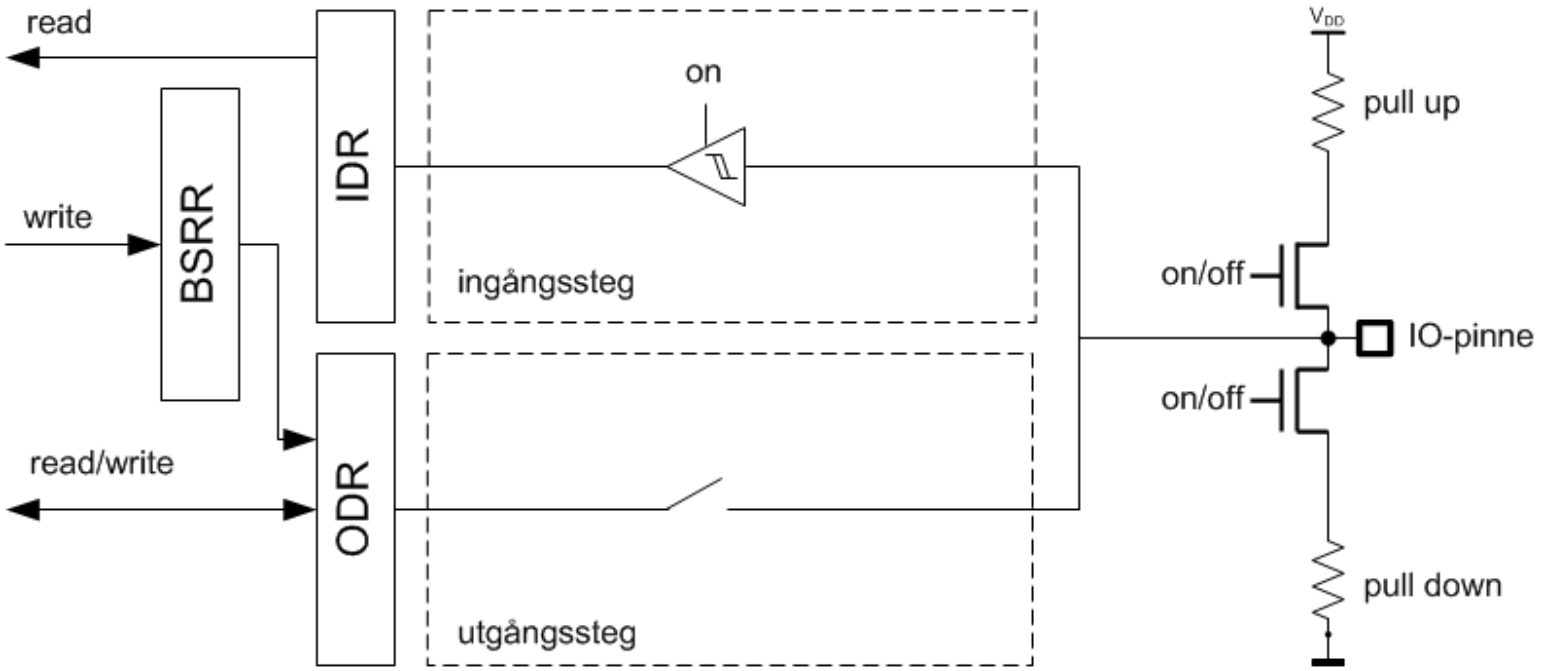
För att säkerställa en stabil nivå på ingången kan man koppla in ett motstånd till antingen V_{DD} eller GND.



Oavsett vilken lösning vi väljer kan vi alltid avgöra om brytaren är öppen eller stängd.

IO-pinne konfigurerad som ingång

Vi kan programmera ”pull-up” eller ”pull-down”-funktion, inget externt motstånd behövs.



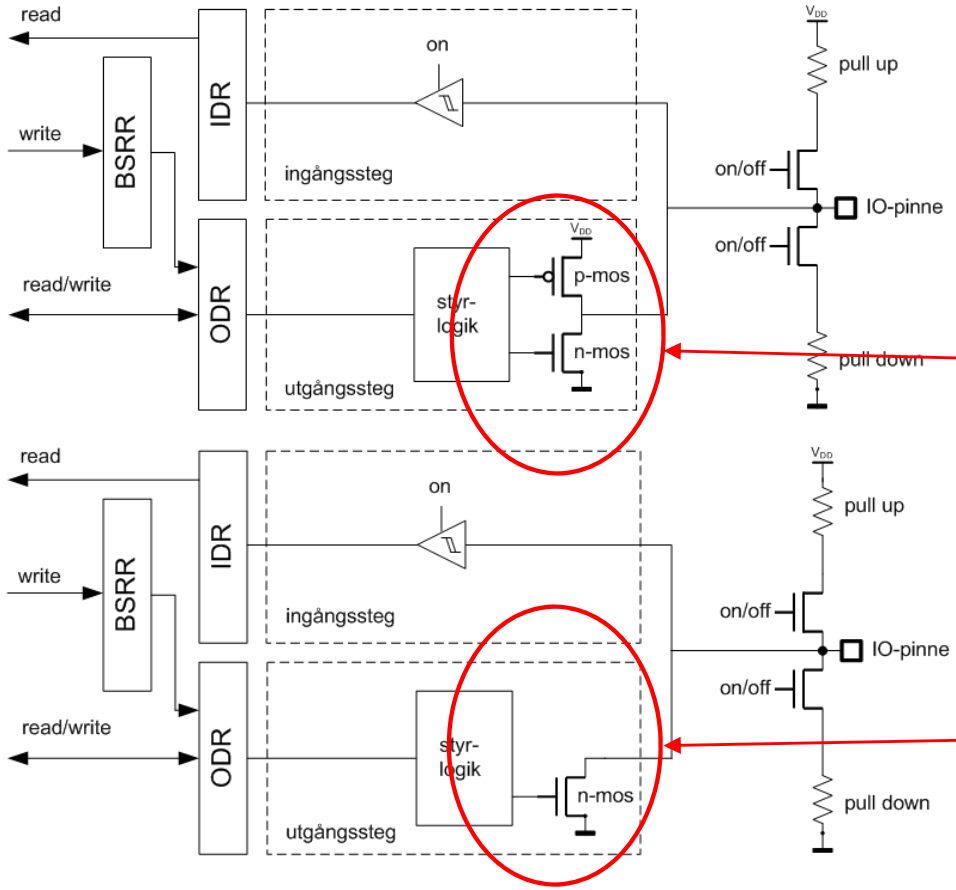
För varje portpinne används 2 bitar i PUPDR för att konfigurera pinnen enligt:

- 00: floating
- 01: pull-up
- 10: pull-down
- 11: reserverad

GPIO Pull Up Pull Down Register

offset	31 30	29 28	27 26	25 24	23 22	21 20	19 18	17 16	15 14	13 12	11 10	9 8	7 6	5 4	3 2	1 0	mnemonic
0x0C	pin15	pin14	pin13	pin12	pin11	pin10	pin9	pin8	pin7	pin6	pin5	pin4	pin3	pin2	pin1	pin0	GPIO_PUPDR
	0x0F				0x0E				0x0D				0x0C				

IO-pinne konfigurerad som utgång



"push-pull" steg

då motsvarande bit i OTYPER är 0

"open drain" steg

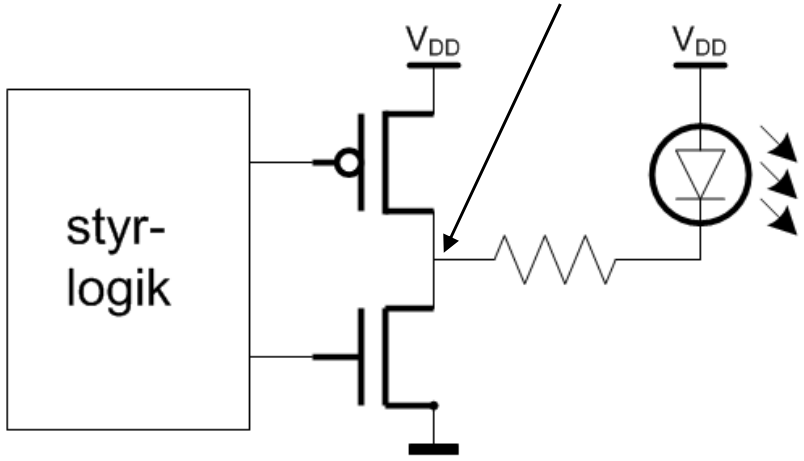
då motsvarande bit i OTYPER är 1

GPIO Output Type Register

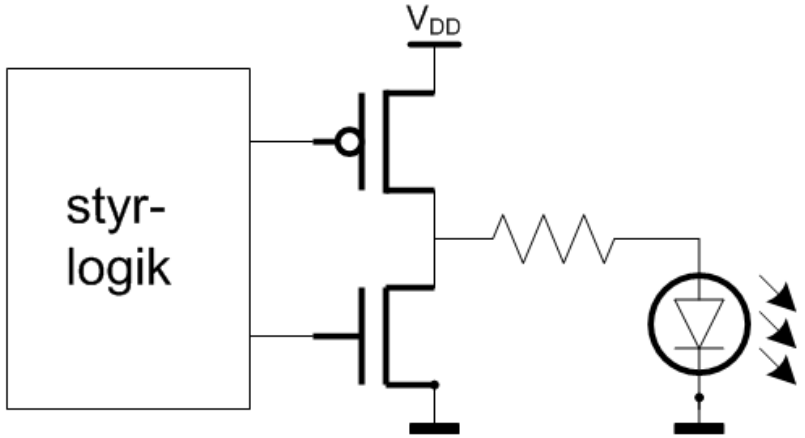
offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x04																	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	GPIO_OTYPER
																	0x05								0x04								

”push-pull”

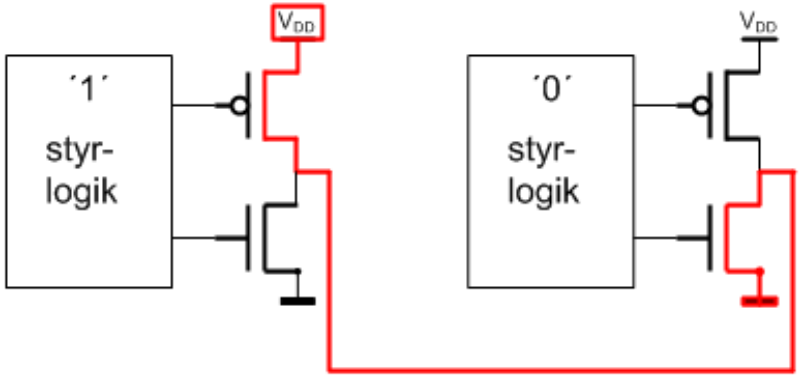
Ljusdioden tänds då utgången är 0.



Ljusdioden tänds då utgången är 1.



Utgångar från flera push-pull steg får inte kopplas samman, eftersom det kan leda till kortslutning mellan V_{DD} och GND.

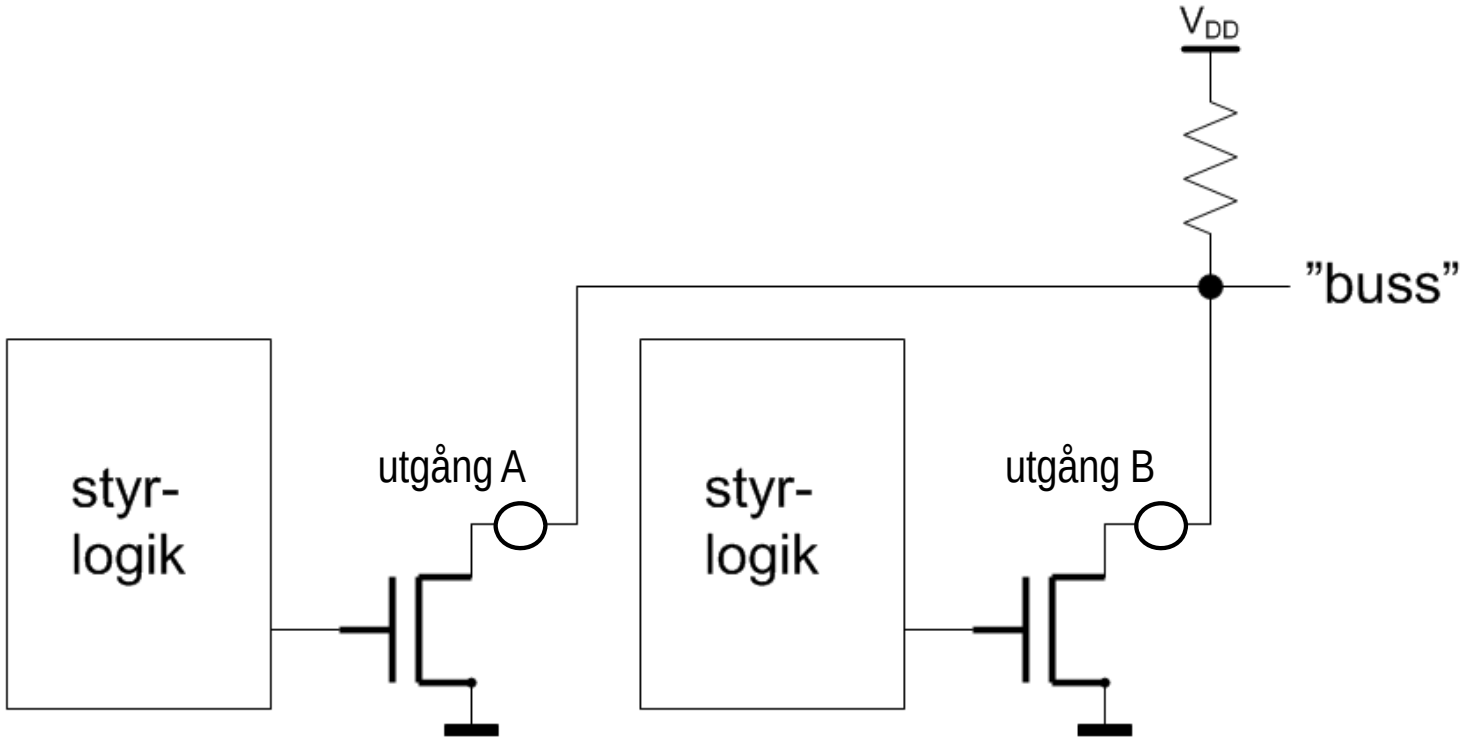


”open drain”

Utgångar från flera open-drain steg kan kopplas samman utan problem.

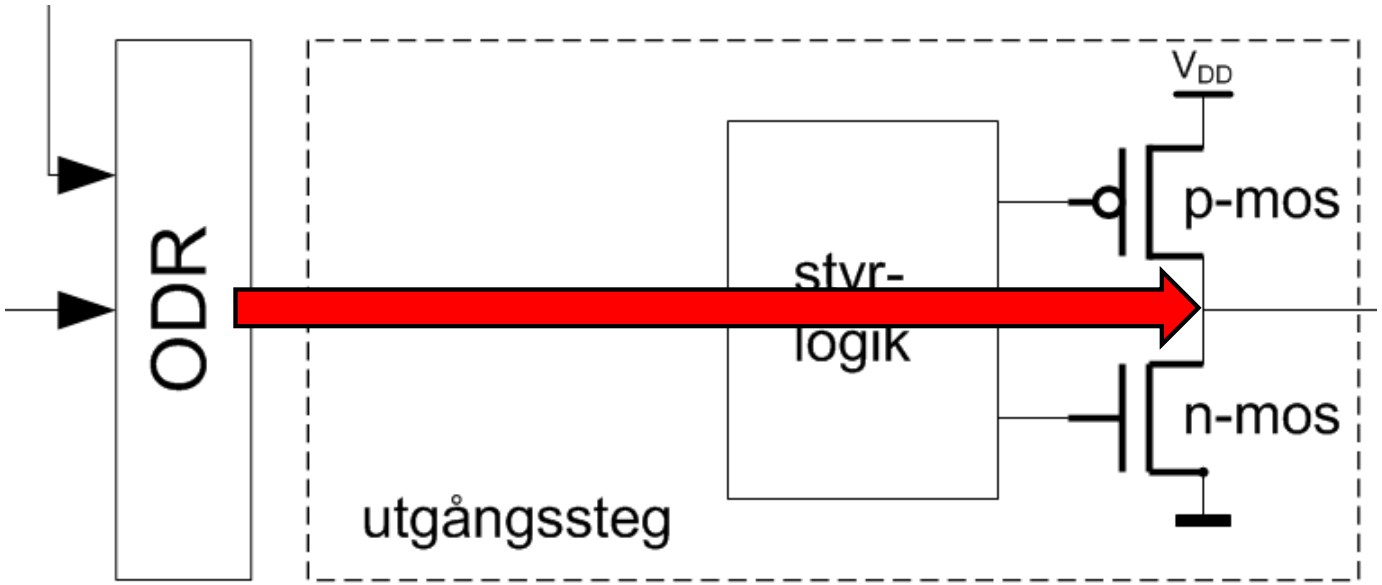
Nivån på den gemensamma "bussen" bestäms av att:

- Om alla utgångar är '1' är också bussnivån '1'
- Om någon utgång är '0' är också bussnivån '0'



”output speed"

Bestämmer hur ofta registrets innehåll överförs till utgångssteget. Ju lägre frekvens desto mindre strömförbrukning.



För varje portpinne används 2 bitar i OSPEEDR för att konfigurera pinnen enligt:

- 00: Low speed, 2 MHz
- 01: Medium speed, 25 MHz
- 10: Fast speed, 50MHz
- 11: High speed, 100 MHz

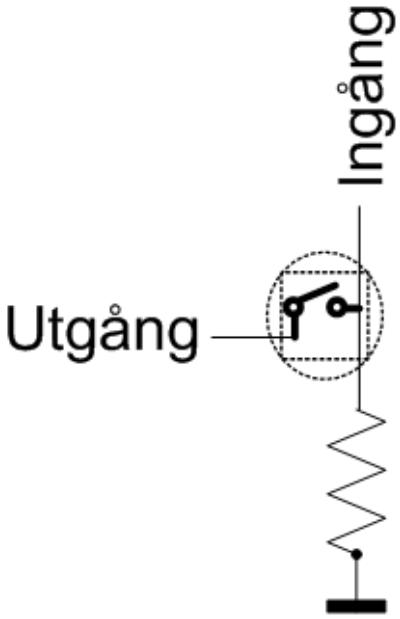
Om hastigheten är 50 MHz eller mer måste en så kallad "IO-kompensationscell" aktiveras

GPIO Output SPEED Register

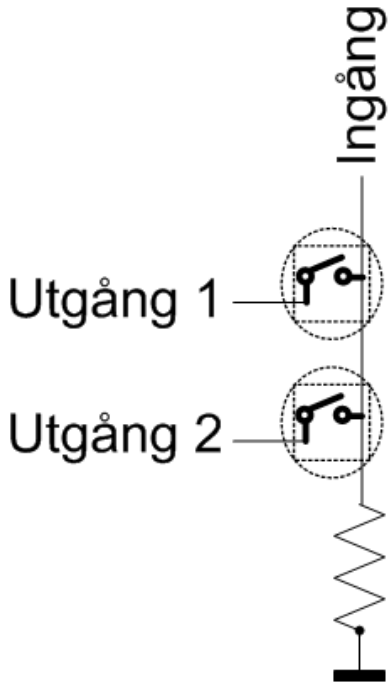
offset	31 30	29 28	27 26	25 24	23 22	21 20	19 18	17 16	15 14	13 12	11 10	9 8	7 6	5 4	3 2	1 0	mnemonic
0x08	pin15	pin14	pin13	pin12	pin11	pin10	pin9	pin8	pin7	pin6	pin5	pin4	pin3	pin2	pin1	pin0	GPIO_OSPEEDR
	0x0B				0x0A				0x09				0x08				

Multiplex funktion

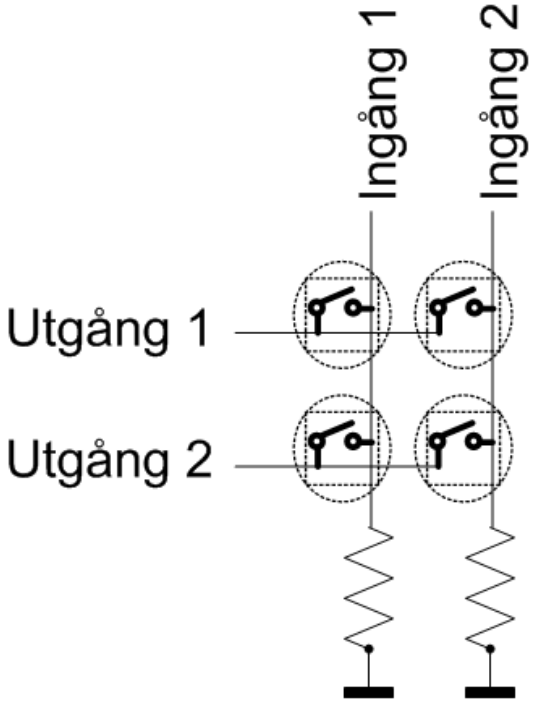
Använd samma ingång för flera olika funktioner.



1 funktion
2 anslutningar



2 funktioner
3 anslutningar



4 funktioner
4 anslutningar

keyb – Rutin för avsökning av tangentbord

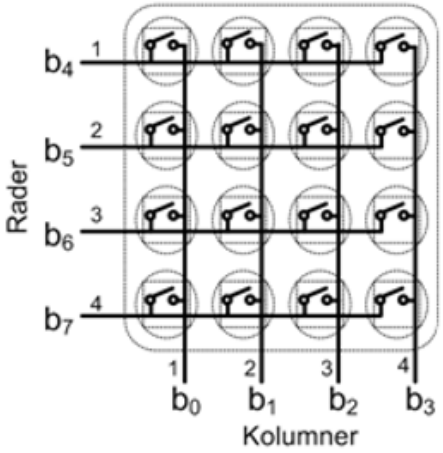
Exempel:

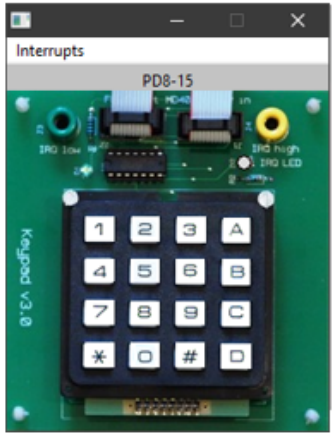
Konstruera en funktion:

```
char keyb( void );
```

Funktionen ska avsöka tangentbordet en gång.

- Om ingen tangent är nedtryckt ska funktionen returnera värdet 0xFF.
- Om någon tangent är nedtryckt ska dess tangentkod returneras.
- Om flera tangenter är nedtryckta är valet av tangentkod, bland dessa, godtyckligt.



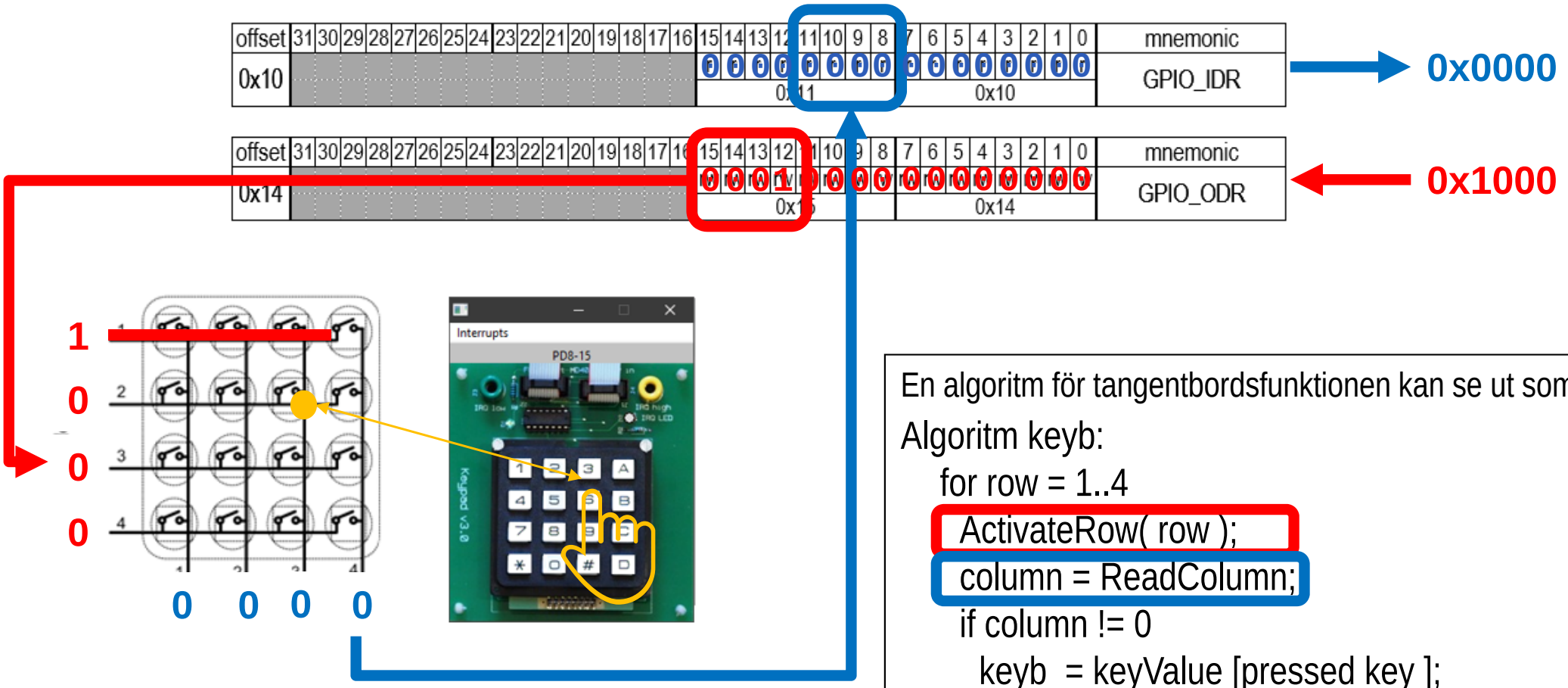


En algoritm för tangentbordsfunktionen kan se ut som:

```
Algoritm keyb:
    for row = 1..4
      ActivateRow( row );
      column = ReadColumn;
      if column != 0
        keyb  = keyValue [pressed key ];
keyb = 0xFF;
```

Avsök tangentbord (1)

Vi förutsätter nu att Port D (8-15) är korrekt initierad

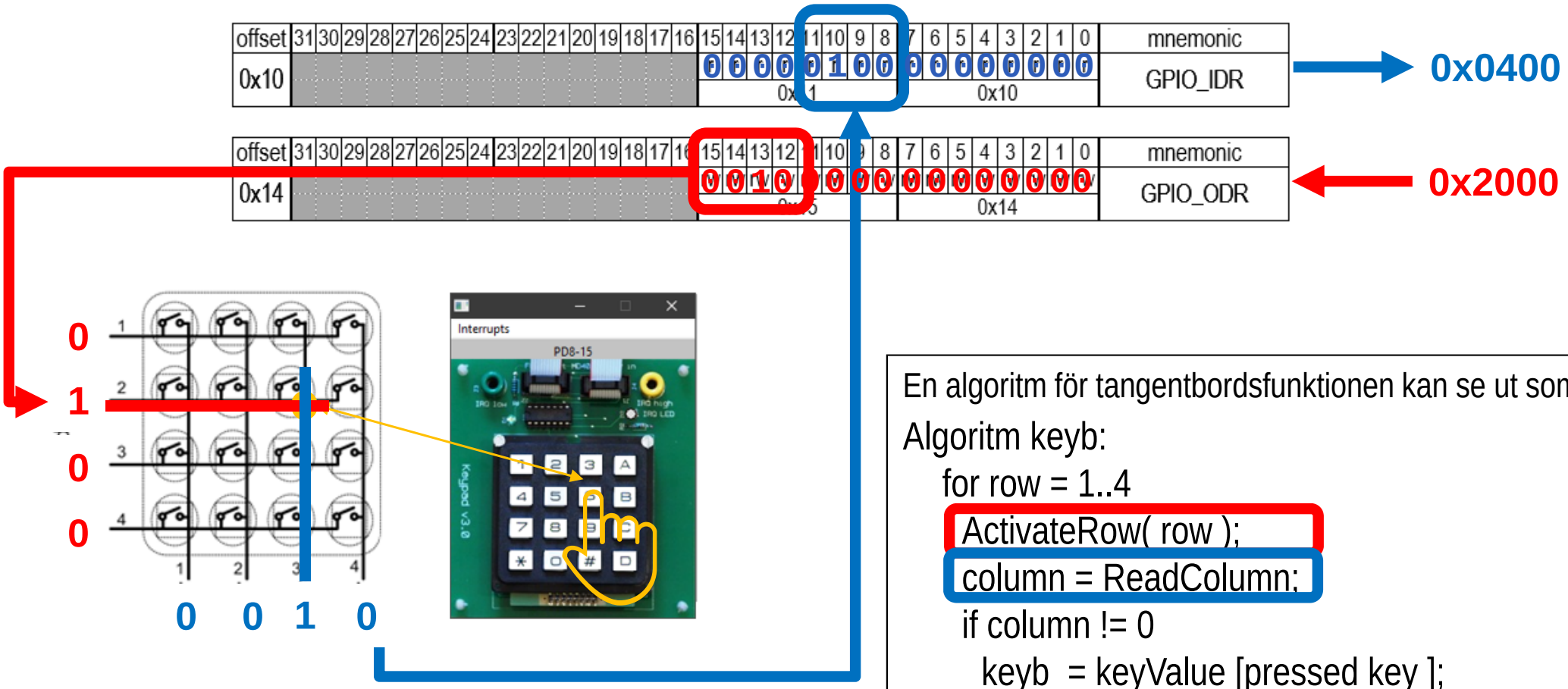


En algoritm för tangentbordsfunktionen kan se ut som:

```
Algoritm keyb:
    for row = 1..4
      ActivateRow( row );
      column = ReadColumn;
      if column != 0
        keyb  = keyValue [pressed key ];
keyb = 0xFF;
```

Avsök tangentbord (2)

Vi förutsätter nu att Port D (8-15) är korrekt initierad



En algoritm för tangentbordsfunktionen kan se ut som:

```
Algoritm keyb:
    for row = 1..4
      ActivateRow( row );
      column = ReadColumn;
       if column != 0
          keyb  = keyValue [pressed key ];
keyb = 0xFF;
```

Hjälpfunktioner: `kbdActivate` och `kbdGetCol`

keyb – Rutin f

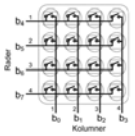
Exempel:

Konstruera en funktion:

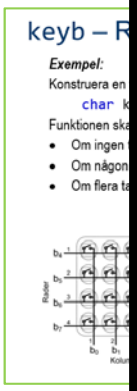
```
char keyb( vo
```

Funktionen ska avsöka ta

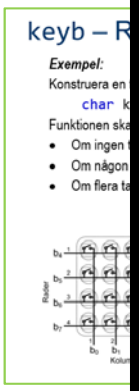
- Om ingen tangent är
- Om någon tangent är
- Om flera tangenter är



Funktionen keyb



GPIO – Algoritm för initiering



BSRR – synkroniserad uppdatering

Kan användas för en synkroniserad ändring av flera utgångars pinnar.

bit 0..15: bit reset

bit 16-31: bit set.

BSRR (bit set/reset register)

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	mnemonic
0x18	BR15	BR14	BR13	BR12	BR11	BR10	BR9	BR8	BR7	BR6	BR5	BR4	BR3	BR2	BR1	BR0	GPIO_BSRR
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	BS15	BS14	BS13	BS12	BS11	BS10	BS9	BS8	BS7	BS6	BS5	BS4	BS3	BS2	BS1	BS0	

”Bitlock” funktion

Då porten har programmerats kan konfigurationen låsas som skydd mot ofrivillig eller otillåten manipulation av portens inställningar. Detta sker genom att en speciell sekvens skrivs till detta register.

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	mnemonic
																LCKK	GPIO_LCKR
0x1C	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	LCK15	LCK14	LCK13	LCK12	LCK11	LCK10	LCK9	LCK8	LCK7	LCK6	LCK5	LCK4	LCK3	LCK2	LCK1	LCK0	

Alternativ funktion – ”routa” interna kretsar

AFRL (alternate function low register)

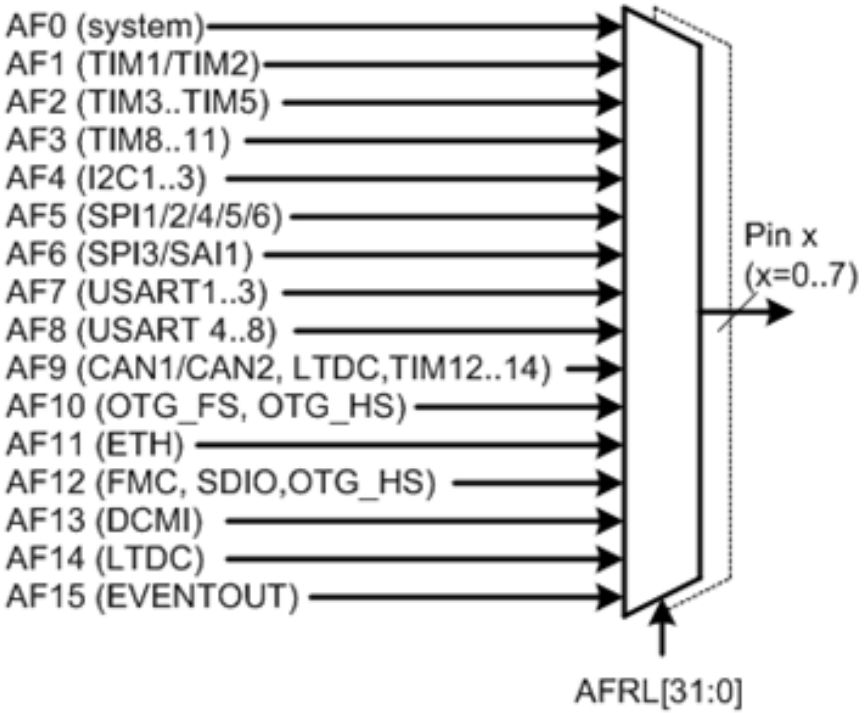
offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x20	AFRL7[3:0]				AFRL6[3:0]				AFRL5[3:0]				AFRL4[3:0]				AFRL3[3:0]				AFRL2[3:0]				AFRL1[3:0]				AFRL0[3:0]				GPIO_AFRL

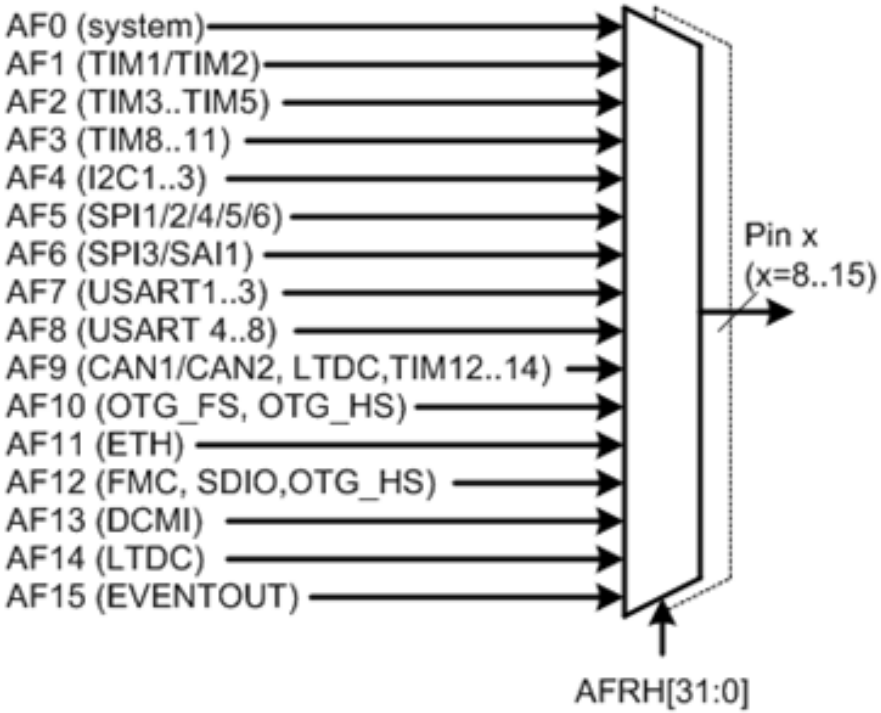
AFRH (alternate function high register)

offset	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	mnemonic
0x24	AFRH15[3:0]				AFRH14[3:0]				AFRH13[3:0]				AFRH12[3:0]				AFRH11[3:0]				AFRH10[3:0]				AFRH9[3:0]				AFRH8[3:0]				GPIO_AFRH

De 16 pinnarna i en port kan konfigureras individuellt i *mode register* (MODER) för någon av funktionerna:

- 00: digital ingång
- 01: digital utgång
- 10: alternativ funktion
- 11: analog funktion





Analog funktion

De 16 pinnarna i en port kan konfigureras individuellt i *mode register* (MODER) för någon av funktionerna:

- 00: digital ingång
- 01: digital utgång
- 10: alternativ funktion
- 11: analog funktion