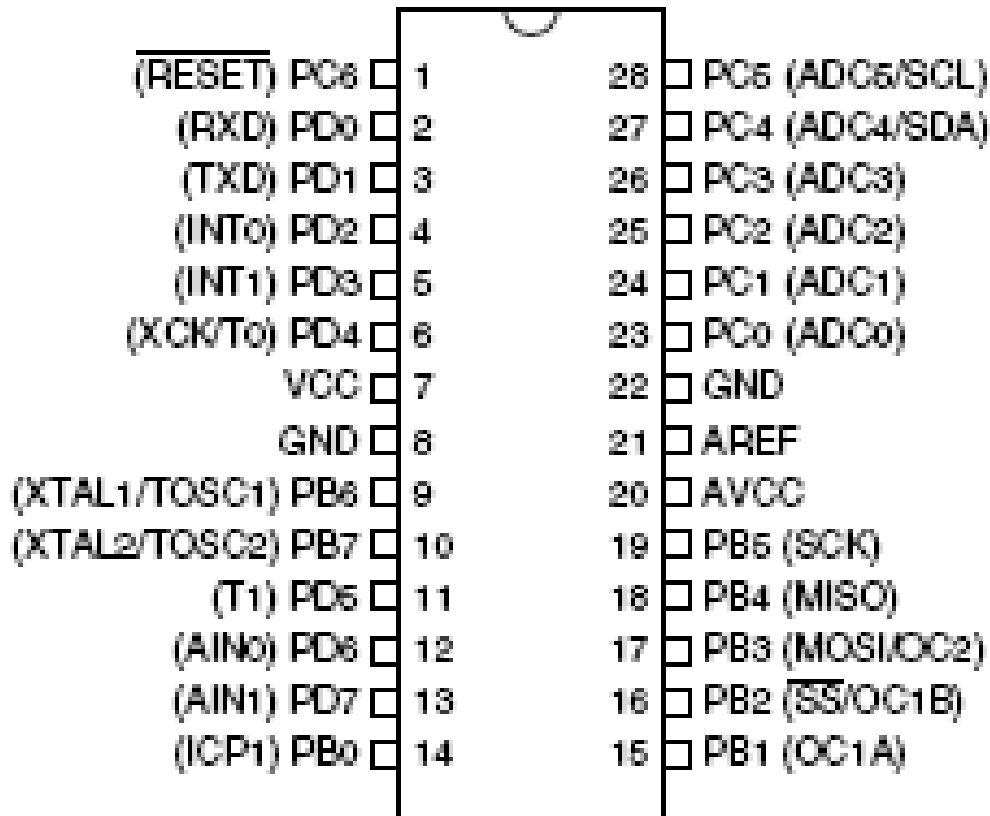


## ATMega8 põhinäitajad

- Protsessor
  - Võimaldab kuni 16 MIPS 16 MHz taktsagedusel. MIPS = Million Instructions Per Second, instruksioon = üks operatsioon, mis tehakse mikrokontrolleri sees.
  - Integreeritud 2-tsükliline kordisti – mis võimaldab protsessoril töötada mikrokontrolleri taktsagedusest 2x kiiremini.
  - Sisaldab 32 8-bitist üldotstarbelist tööregistrit, mille abil on võimalik kontrollit juhtida.
  - ...
- Kiirus
  - 0 ... 16 MHz
- Mälu
  - 8K baiti Flash mälu
  - 512 baiti EEPROM mälu
  - 1K bait SRAM mälu
  - ...
- Riistvaralised lisaseadmed
  - Kaks 8-bitist taimerit/loendurit
  - Üks 16-bitine taimer/loendur
  - Kolm Pulsilaius-modulatsiooni kanalit (PWM)
  - Kuue kanaliga analoog-digitaalmuundur
  - Analoog komparaator
  - ...
- Sisendid/väljundid
  - 23 programmeeritavat sisend/väljund liini
- Toitepinge
  - 4.5 ... 5.5 volti
- Voolutarve (@ 4 MHz, 3V, 25 °C)
  - Aktiivselt 3,6 mA
  - Ootel 1,0 mA

## ATMega8 nõelte konfiguratsioon

### PDIP



Pordid on märgitud formaadis PXn, kus X on pordi identifikaator (B,C,D,...) ja n on pordi järjekorra number (7 ... 0) ja samas ka registri biti järjenumbr. Sulgudes on märgitud portide alternatiivsed funktsioonid. Näiteks port PC6 on kasutatav sisendi ja väljundina ning alternatiivselt kontrolleri „reset” sisendina.

- VCC – toide
- GND – Maandus
- Port B (PB7 ... PB0) – kaheksa sisend/väljund nõela
  - XTAL1 ja XTAL2 – PB6 ja PB7 alternatiivfunktsiooniks on välise resonaatori ühendamine kontrolleri – kus PB6 on sisend ja PB7 on väljund.
  - TOSC1 ja TOSC2 – kasutades kontrolleri sisemist resonaatorit saab port B pin 7 ja 6 kasutada ka asünkroonse taimer/loendur2 resonator-sisendina.
  - SCK, MISO, MOSI, SS – (PB5...PB2) on SPI siini (Serial Peripheral Interface Bus) sisendid ja väljundid.
  - OC2 – PB3 on kasutatav taimer/loendur2 väljundina
  - OC1B – PB2 on taimer/loendur1 B väljund
  - OC1A – PB1 on taimer/loendur1 A väljund
  - ICP1 – PB0 on taimer/loendur1 sisend

- **Port C (PC7 ... PC0)** – seitse sisend/väljund nõela
  - **RESET** – PC6 on kasutatav välise reseti tegemiseks
  - **ADC5** – PC5 analoog-digitaal konverteri (ADC) 5. kanali sisend
  - **SCL** – PC5 on kasutatav ka kahe liinise jadaliidese takt siinina
  - **ADC4** – PC4 on ADC 4. kanali sisend
  - **SDA** – PC4 saab kasutada kahe liinise jadaliidese andmeliinina
  - **ADC3...0** – vastavalt PC3...0 on ADC 3. ... 0 kanali sisendid
- **Port D (PD7 ... PD0)** - kaheksa sisend/väljund nõela
  - **AIN1** – PD7 alt.fn. on olla analoog komparaatori (AC) negatiivseks sisendiks
  - **AIN0** – PD6 alt.fn. on olla analoog komparaatori (AC) positiivseks sisendiks
  - **T1** – PD5 alt.fn. on olla taimer/loendur1 välise loenduri sisendiks
  - **T0** – PD4 alt.fn. on olla taimer/loendur0 välise loenduri sisendiks
  - **INT1, INT0** – (PD3 ... PD2)välise katkestuste sisendid
  - **XCK, TXD, RXD** – PD4, PD1 ... PD0 on kasutatavad kui USART liidese nõelad
- **AVcc** – ADC toitepinge nõel. Peaks olema ühendatud Vcc-ga
- **AREF** – ADC etalonpinge sisend

## Sisend/väljund portide registrite kirjeldus

Kõiki porte juhitakse kolme registri abil. Nendeks on PORTX – port X andmeregister, DDRX – port X andmesuuna register ja PINX – port X sisendregister.

### Pordi B andmesuunaregister DDRB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	DDB7 DDB6 DDB5 DDB4 DDB3 DDB2 DDB1 DDB0								DDRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

DDRB registrisse mõnele kohale loogilise ühe kirjutamisel muudetakse vastava järjenumbriga nõel väljundiks (nt DDRB0=0x01 siis nõel PB1 muutub väljundiks, teised jäävad sisendiks). Loogilise nulli kirjutamisel käitub vastav nõel sisendina. Vaikeväärtuseks on kõigil nõeltel loogiline null, ehk sisendrežiim.

### Pordi B andmeregister PORTB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PORTB7 PORTB6 PORTB5 PORTB4 PORTB3 PORTB2 PORTB1 PORTB0								PORTB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Juhul, kui DDRB registris on port B suunaks valitud sisend, siis loogilise ühe kirjutamisel registrisse PORTB aktiveerib *pull-up* takisti. Loogilise nulli kirjutamisel registrisse PORTB ühendab takisti lahti.

Kui DDRB registris on määratud PORTB suunaks väljund, siis loogilise ühe kirjutamine registrisse PORTB muudab vastava nõela kõrgele nivoole (tavaliselt digitaalne üks ehk 5V). Nulli kirjutamisel PORTB registrisse lülitatakse nõel madalale tasemele (0V).

### Pordi B sisendregister PINB

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	PINB7 PINB6 PINB5 PINB4 PINB3 PINB2 PINB1 PINB0								PINB
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Andmesuunaregistri seisust olenemata on võimalik pordi nõela seisu lugeda registri PINB bittide abil.

## 8-bitine taimer/loendur0

Taimer/loendur0 on üldotstarbeline 8-bitine teimer/loendur moodul. Taimer/loendur0 kasutab kontrolleri sisest taktgeneraatorit. Nõela T0 kaudu on võimalik ühendada ka väline taktgeneraator.

### Loendur

Loendur0 loeb alati kasvavas suunas 8 biti väärtuses (0x00 kuni 0xFF). 0xFF väärtuse ületamisel nullitakse loendur ja lugemine algab otsast peale.

### Taimer/loendur0 tähtsamad registrid

- **TCCR0 – taimer/loendur0 konfiguratsiooniregister**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TCCR0								
Read/Write	R	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

TCCR0 registris saab kasutada kolme esimest bitti. Tabelist on näha erinevate sõnade tähendused:

CS02	CS01	CS00	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	$clk_{I/O}$ /(No prescaling)
0	1	0	$clk_{I/O}/8$ (From prescaler)
0	1	1	$clk_{I/O}/64$ (From prescaler)
1	0	0	$clk_{I/O}/256$ (From prescaler)
1	0	1	$clk_{I/O}/1024$ (From prescaler)
1	1	0	External clock source on T0 pin. Clock on falling edge.
1	1	1	External clock source on T0 pin. Clock on rising edge.

Prescaler – kasutatakse loenduri lugemiskiiruse muutmiseks. Ilma prescalerita (TCCR0=0x01) loendur on kõige kiirem – st. loendab süsteemi kella sagedusel.

- **TCNT0 – taimer/loenduri register**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	TCNT0[7:0]								
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

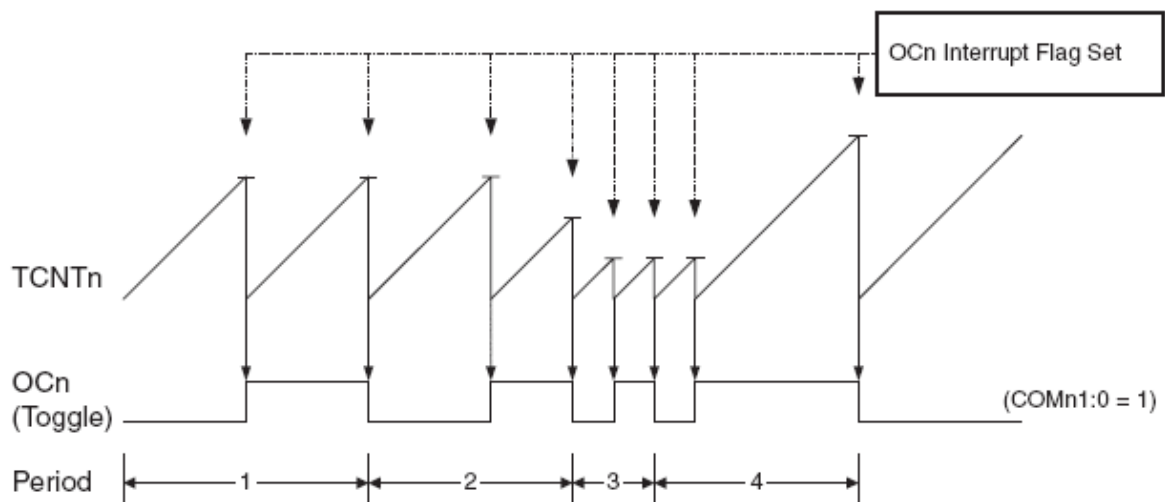
TCNT0 registrit kasutab loendur loendamiseks. See register on vabalt kasutatav nii kirjutamiseks kui lugemiseks.

## 8-bitine PWM generaator

ATMega8 mikrokontroller kasutab PWM signaali (ristküliksignaali) tekitamiseks taimer/loendurit2. ATMega8 võimaldab tekitada kolme erinevat tüüpi ristiküliksignaali: CTC, Fast PWM ja Phase Correct PWM.

### CTC – Clear Timer on Compare Match mode

CTC generaator kasutab ristiküliksignaali genereerimiseks OCR2 registrit, mis hakkab sisuliselt määrama impulsi perioodi. Loenduri käivitamisel võrreldakse omavahel OCR2 registri väärtust loenduri registri TCNT2 väärtusega. Väärtuste ühtimisel nullitakse loendur ja muudetakse väljundnõela loogiline nivoo. CTC ajastuse diagramm on järgmine:



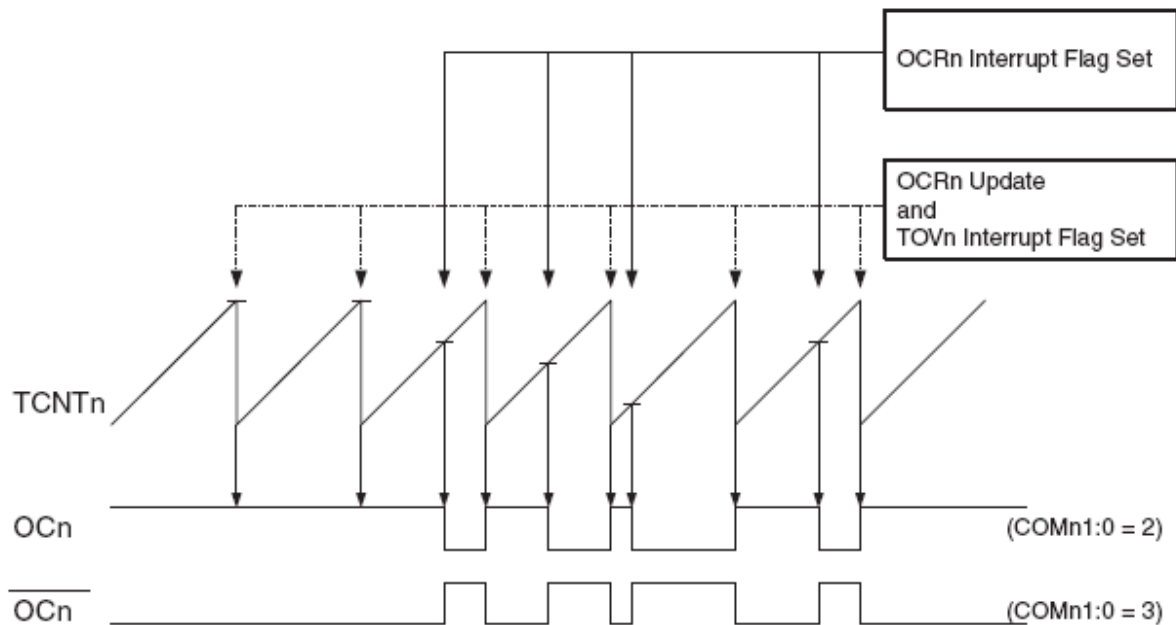
Väljundisse mineva ristiküliksignaali sagedust saab arvutada järgmise valemi abil:

$$f_{OCn} = \frac{f_{clk\_I/O}}{2 \cdot N \cdot (1 + OCRn)}$$

Kus N on prescaleri faktor (1, 8, 32, 64 jne) ja OCRn on registri väärtus.

## Fast PWM mode

FPWM signaali genereerimisel loendab loendur alati nullist maksimaalse väärtuseni. Üles lugemise ajal OCR2 registri väärtuse ja TCNT2 väärtuse ühtimisel muudetakse väljundnõela nivoo nulli. Kui üleslugemise ajal on toimunud registre ühtimine, muudetakse väljundi nivoo üheks loenduri nullimise hetkel. Selline meetod võimaldab tekitada suurema sagedusega risküliksignaali. Ajastusdiagramm on järgmine:



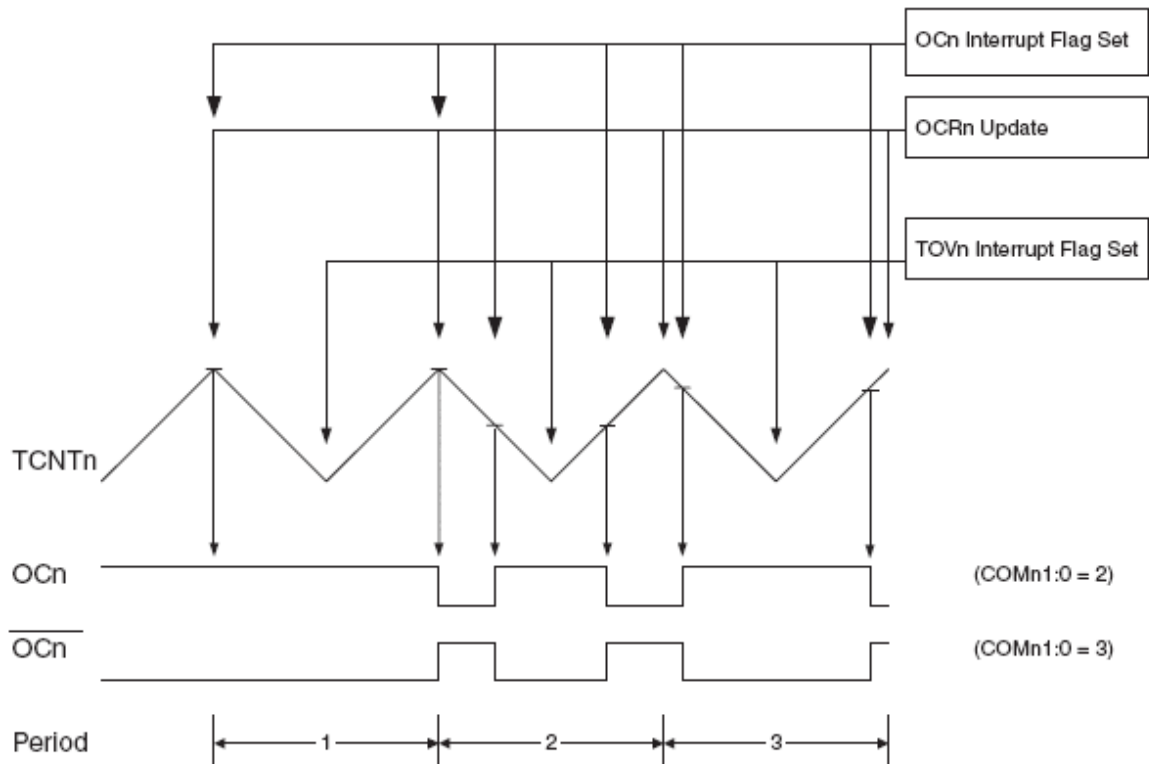
Väljundisse mineva risküliksignaali sagedust saab arvutada järgmise valemi abil:

$$f_{OCnPWM} = \frac{f_{clk\_I/O}}{N \cdot 256}$$

N – prescaleri faktor

## Phase Correct PWM mode

PCPWM režiimis loendur nullist üles ja siis jälle alla tagasi. Üles lugemisel nullitakse väljund OCR2 ja TCNT2 registriväärtuste ühtimisel. Allalugemisel registriväärtuste ühtimisel muudetakse nivoo väärtusele üheks. Niinimetatud kahe kallakuga režiim võimaldab genereerida madalama sagedusega ristküliksignaali, kuid tänu meetodi sümmeetrisusele kasutatakse seda mootorite kontrollimiseks. Ajastusdiagramm on järgmine:



## 8-bitise taimer/loenduri ja PWM generaatori registrid

### Konfiguratsiooniregister TCCR2

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	<b>FOC2   WGM20   COM21   COM20   WGM21   CS22   CS21   CS20</b>								TCCR2
Read/Write	W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Bitid 2...0 CS22:20** – Clock select, millega valitakse taktgeneraator taimeri jaoks. Väärtused on sellised:

CS22	CS21	CS20	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	$clk_{T2S}/(\text{No prescaling})$
0	1	0	$clk_{T2S}/8$ (From prescaler)
0	1	1	$clk_{T2S}/32$ (From prescaler)
1	0	0	$clk_{T2S}/64$ (From prescaler)
1	0	1	$clk_{T2S}/128$ (From prescaler)
1	1	0	$clk_{T2S}/256$ (From prescaler)
1	1	1	$clk_{T2S}/1024$ (From prescaler)

**Bitid 6 ja 3 WGM20, WGM21** – Waveform Generation mode, ristküliksignaali režiimi valikite bitid.

Mode	WGM21 (CTC2)	WGM20 (PWM2)	Timer/Counter Mode of Operation <sup>(1)</sup>	TOP	Update of OCR2	TOV2 Flag Set
0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	1	PWM, Phase Correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	1	0	CTC	OCR2	Immediate	MAX
3	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX



## ATMega8 ADC – analoog-digitaal muundur

ATMega8 pakettis on kuuekanaliga 10-bitise resolutsiooniga analoog-digitaalmuundur. Asume kohe registre kallale:

### ADC juht- ja olekuregister ADCSRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bitt 7 ADEN** – selle bitiga lülitatakse (1) ADC sisse ja välja (0). ADC väljalülitamisel konverteerimise ajal katkestab käsil oleva konversiooni.
- **Bitt 6 ADSC** – selle bitiga alustatakse ja lõpetatakse konverteerimist. Free-run režiimis alustatakse selle biti üheks tõstmisel esimese konverteerimisega. See bitt jääb üheks niikauaks kui konverteerimine toimub. Konverteerimise lõppedes muutub see nulliks tagasi.
- **Bitt 5 ADFR** – selle bitiga lülitatakse ADC Free-run režiimi, mis tähendab seda, et ADC konverteerib järjest niikaua, kui ADSC bitt on nulli kirjutatud.
- **Bitt 4 ADIF** – see bitt läheb üheks, kui konverteerimine on lõpetatus ja tulemuste register on uuendatud.
- **Bitt 3 ADIE** – selle bitiga määratakse, kas ADC võib teha katkestusi.
- **Bitid 2...0 ADPS2...0** – nende bittidega määratakse ADC prescaler järgneva tabeli järgi:

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

## ADC Multiplexer-register ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	–	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bitid 7...6 REFS1...0** – nende kahe bitiga saab valida ADC etalonpinge allikat järgmiste võimaluste hulgast:

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal $V_{ref}$ turned off
0	1	$AV_{CC}$ with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 2.56V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

- **Bitt 5 ADLAR** – see bitt mõjutab andmete asetust tulemuste registris. Väärtusel üks joondatakse tulemused vasakult alates, väärtusel null parema joondamisega.
- **Bitid 3...0 MUX3...0** – nende bittidega valitakse ADC kanal ja seega sisendid, kust konverteerimisele minev analoogväärtus võetakse:

MUX3..0	Single Ended Input
0000	ADC0
0001	ADC1
0010	ADC2
0011	ADC3
0100	ADC4
0101	ADC5
0110	ADC6
0111	ADC7
1000	
1001	
1010	
1011	
1100	
1101	
1110	1.23V ( $V_{BG}$ )
1111	0V (GND)

## 10-bitine tulemuste register ADCL ja ADCH

Multiplekser-registris ADLAR biti määramisel nulliks näeb register kujult välja järgmine:

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8	ADCH
	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

Multiplekser-registris ADLAR biti määramisel üheks näeb register kujult välja järgmine:

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADCH
	ADC1	ADC0	-	-	-	-	-	-	ADCL
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

## Konverteerimise alustamine

Ühekordne konverteerimine alustatakse kirjutades ADCSRA registrisse biti ADCS üheks kirjutamisega. Konverteerimine võtab märgatavat aega, seega tuleb sellega arvestada. Kui konverteerimise ajal ADMUX registris kanalit muuta, siis lõpetab ADC käesoelava konverteerimise ja lülitub ümber järgmisele kanalile.

Free-run režiimis ADCS biti üheks kirjutamisel hakkab ADC pidevalt konverteerima ja tulemuste registrit uuendama. Free-run režiim valitakse ADCSRA registris ADFR biti üheks kirjutamisega.

## ADC etalonpinge

ADC vajab konverteerimise piirkonna määramieks etalonpinget. Selle saamiseks on kolm võimalust: AVcc kaudu, sisemise 2.56V etalonpingega või AREF sisendi kaudu.

## **ADC konverteerimise tulemus**

Pärast ADC konverteerimise lõppu leiab tulemuse ADC tulemuste registrist. Konversiooni tulemust saab arvutada järgmise valemi järgi:

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

Kus  $V_{in}$  on sisendi pinge ja  $V_{ref}$  on etalonpinge. 0x000 tähendab maandust (null) ja 0x3FF tähendab etalonpinge väärtust.