

<b>1.</b>	<b>MIKROPROCESOR ATMEGA 8535.....</b>	<b>2</b>
1.1	A/D PŘEVODNÍK .....	2
1.2	MÓDY PŘEVODNÍKU.....	3
1.2.1	<i>Single Conversion Mode</i> .....	3
1.2.2	<i>Auto Triggering Start</i> .....	4
1.2.3	<i>Free Running Mode</i> .....	4
1.3	VÝBĚR MĚŘENÉHO KANÁLU .....	5
1.4	VOLBA REFERENČNÍHO NAPĚTÍ.....	7
1.5	NASTAVENÍ FREKVENCE PŘEVODNÍKU .....	8
1.6	VÝSLEDEK PŘEVODU .....	9
1.7	NASTAVENÍ REGISTRŮ PRO JEDNOTLIVÉ MÓDY .....	10
<b>2.</b>	<b>NASTAVENÍ ATMEGA 8535 POMOCÍ PROGRAMOVATELNÝCH PROPOJEK.....</b>	<b>12</b>

# 1. Mikroprocesor ATMEGA 8535

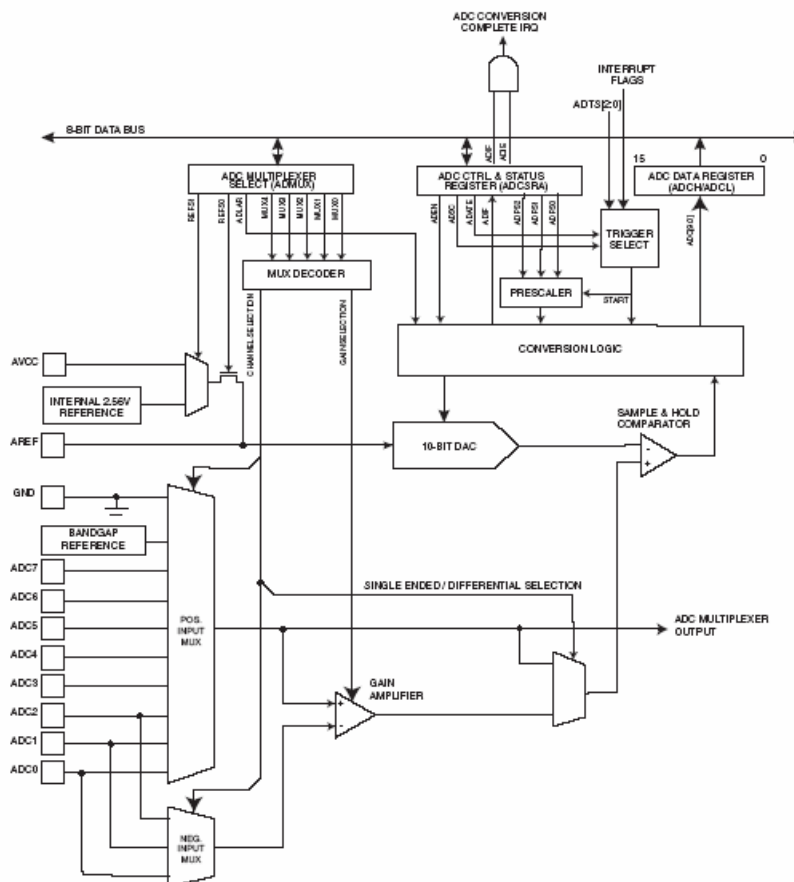
Tento mikroprocesor má podobnou výbavu jako ATMEGA 162, navíc 8-mi kanálový desetibitový převodník a I2C sběrnici. Paměť SRAM má pouze 512 bytů, paměť EEPROM také 512 bytů. Dále má procesor dva 8-mi bitové a jeden 16-ti bitový čítač/časovač, jeden sériový kanál USART, 32 I/O bitů, tři zdroje vnějšího přerušení (nemá 16 zdrojů PCINT). Zapojení patice je odlišné od ATMEGA162 a odlišné je i nastavení procesoru pomocí programovatelných propojek a nastavení frekvence oscilátoru.

## 1.1 A/D převodník

A/D převodník obsahují jen některé typy procesorů (ATmega8535, ATtiny26). 10-ti bitový převodník pracuje na principu převodníku s postupnou aproximací. Na vstupu převodníku je analogový multiplexer, který umožňuje vybrat jeden z osmi (čtyř) vstupních kanálů, nebo měřit napětí diferenciálně mezi dvěma vstupy. Měřené napětí je možno zesílit 10x, 200x. Řídící frekvence převodníku je odvozená od frekvence krystalu a je dělená  $2 \div 128$ . Převod potom trvá  $13 \div 25$  period frekvence převodníku (první převod po zapnutí převodníku trvá 25 cyklů a další 13 cyklů). Rozsah měřeného napětí je  $0 \div U_{cc}$ .

Na následujícím obrázku je blokové schéma převodníku

Figure 98. Analog-to-Digital Converter Block Schematic



## 1.2 Módy převodníku

Převodník může pracovat ve třech režimech:

- Single Conversion Mode
- Auto Triggering Start
- Free Running Mode

### 1.2.1 Single Conversion Mode

Převodník po startu provede pouze jeden převod. Start převodu se zahájí nastavením bitu ADSC v registru ADCSRA do log.1. Bit zůstává v log.1 do konce převodu, potom je vynulován. Zároveň se nastaví příznak přerušení ADIF a může být vyvoláno přerušení. Doba převodu je při prvním převodu po zapnutí převodníku 25 cyklů frekvence převodníku, při dalších převodech 13 cyklů.

Figure 101. ADC Timing Diagram, First Conversion (Single Conversion Mode)

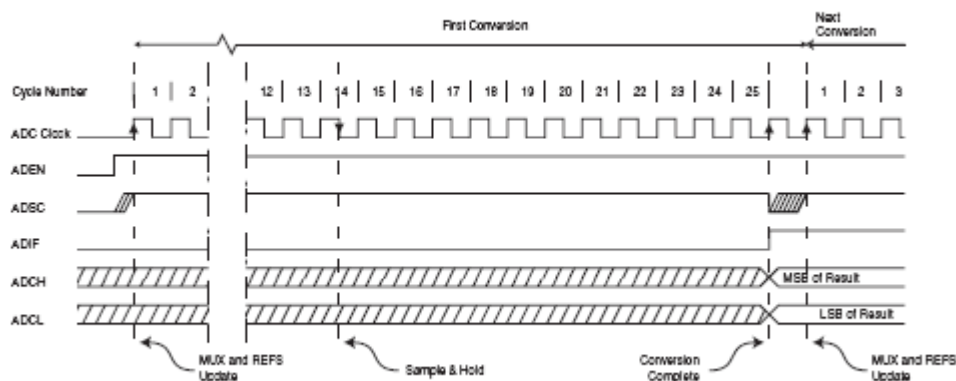
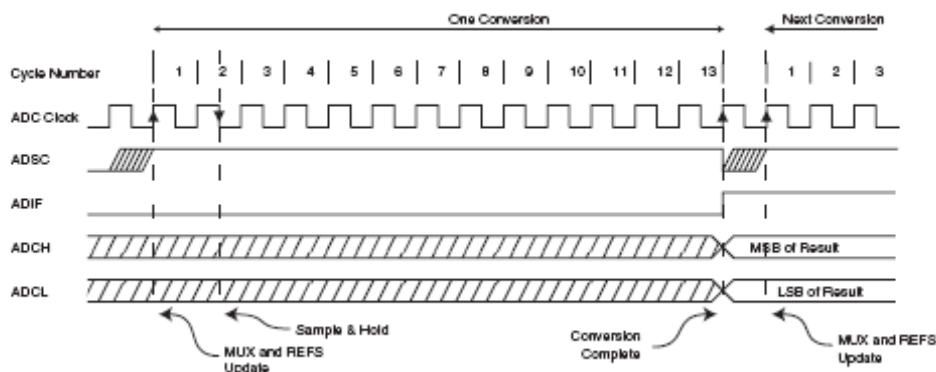


Figure 102. ADC Timing Diagram, Single Conversion



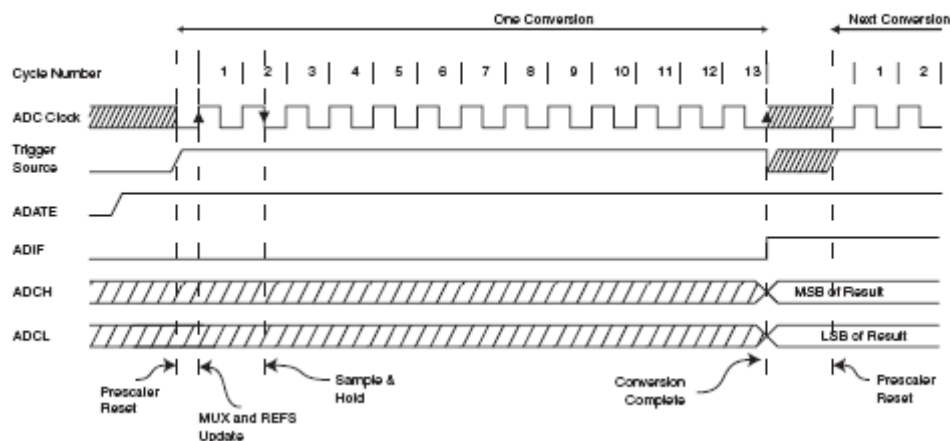
## 1.2.2 Auto Triggering Start

Tento mód umožňuje spouštět převod pomocí vybrané události (tab. 87). Událost zvolíme pomocí bitů ADTS2:0 v registru SFIOR a režim musíme povolit nastavením bitu ADATE v registru ADCSRA.

**Table 87.** ADC Auto Trigger Source Selections

ADTS2	ADTS1	ADTS0	Trigger Source
0	0	0	Free Running mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter1 Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter1 Capture Event

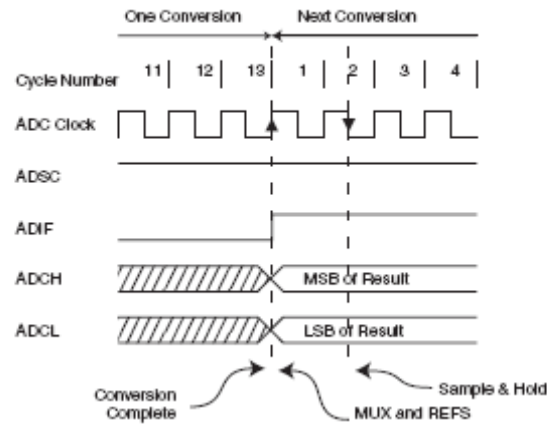
**Figure 103.** ADC Timing Diagram, Auto Triggered Conversion



## 1.2.3 Free Running Mode

Je součástí režimu automatického spouštění, kdy převodník nepřetržitě převádí napětí zvoleného kanálu. První převod trvá 25 cyklů a další 13 cyklů. Start prvního převodu se zahájí nastavením bitu ADSC v registru ADCSRA do log.1.

**Figure 104.** ADC Timing Diagram, Free Running Conversion



### 1.3 Výběr měřeného kanálu

Signál jednotlivých kanálů je veden přes analogový multiplexer a zesilovač s digitálně volitelným zesílením (pouze pro diferenciální zapojení) do převodníku. V tabulce 85 jsou uvedeny všechny možné kombinace připojení měřených kanálů. Prvních 8 možností nabízí měření jednotlivých kanálů bez dalšího zesílení. Následuje 22 kombinací diferenciálních zapojení, u kterých je uvedeno zesílení v posledním sloupci. Poslední dvě možnosti jsou vnitřní ref. napětí a GND. Výběr provedeme bity MUX4:0 v registru ADMUX.

**Table 85.** Input Channel and Gain Selections

MUX4.0	Single Ended Input	Pos Differential Input	Neg Differential Input	Gain
00000	ADC0	N/A		
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3			
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000	N/A	ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	10x
01010		ADC0	ADC0	200x
01011		ADC1	ADC0	200x
01100		ADC2	ADC2	10x
01101		ADC3	ADC2	10x
01110		ADC2	ADC2	200x
01111		ADC3	ADC2	200x
10000		ADC0	ADC1	1x
10001		ADC1	ADC1	1x
10010		ADC2	ADC1	1x
10011		ADC3	ADC1	1x
10100		ADC4	ADC1	1x
10101		ADC5	ADC1	1x
10110		ADC6	ADC1	1x
10111		ADC7	ADC1	1x
11000		ADC0	ADC2	1x
11001		ADC1	ADC2	1x
11010		ADC2	ADC2	1x
11011		ADC3	ADC2	1x
11100		ADC4	ADC2	1x
11101		ADC5	ADC2	1x
11110	1.22V ( $V_{BG}$ )	N/A		
11111	0V (GND)			

## 1.4 Volba referenčního napětí

Referenční zdroj volíme bity REFS1:0 dle tab. 84. Možnosti jsou tři

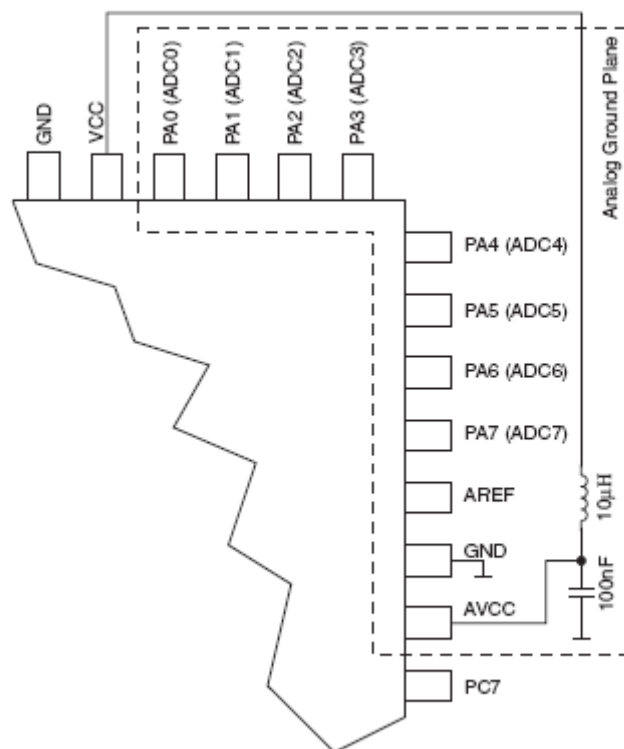
- AREF – vnější ref. zdroj připojený k tomuto vstupu
- AVCC - vnější ref. zdroj připojený k tomuto vstupu přičemž ke vstupu AREF je připojen kondenzátor
- Interní referenční zdroj 2,56V přičemž ke vstupu AREF je připojen kondenzátor

Table 84. Voltage Reference Selections for ADC

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal Vref turned off
0	1	AVCC with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 2.56V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

Převodník má vlastní napájecí vstup a je vhodné ho zapojit následujícím způsobem:

Figure 106. ADC Power Connections



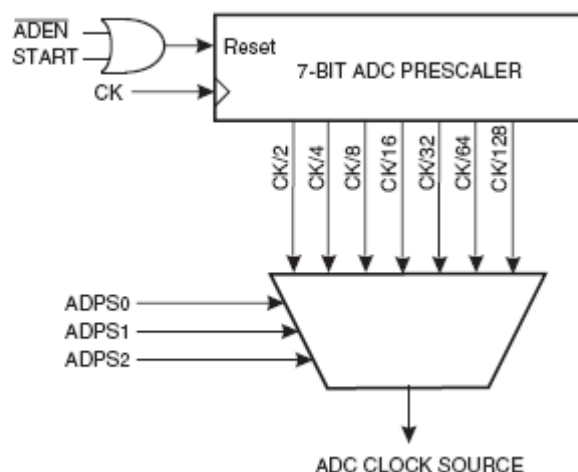
## 1.5 Nastavení frekvence převodníku

Pomocí děličky frekvence můžeme z libovolné frekvence oscilátoru procesoru vygenerovat optimální frekvenci pro převodník (50÷200 kHz). Dělicí poměr nastavíme bity ADPS2:0 dle následující tabulky:

**Table 86.** ADC Prescaler Selections

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

**Figure 100.** ADC Prescaler







## 1.7 Nastavení registrů pro jednotlivé módy

ADC Multiplexer Selection  
Register – ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
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	

**Bit 7:6 – REFS1:0** – Reference Selection Bits – bity pro výběr zdroje referenčního napětí.

**Bit 5 – ADLAR** – ADC Left Adjut – bit pro volbu tvaru výsledku.

**Bit 4:0 – MUX4:0** – bity pro volbu měřeného kanálu.

ADC Control and Status  
Register A – ADCSRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	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	

**Bit 7 – ADEN** – ADC Enable – bit pro zapnutí převodníku

**Bit 6 – ADSC** – ADC Start Conversion – zápis log.1 zahájí převod

**Bit 5 – ADATE** – ADC Auto Trigger Enable – zápis log.1 povolí automatické startování převodu zvolenou událostí.

**Bit 4 – ADIF** – ADC Interrupt Flag – je nastaven do log.1 po ukončení převodu

**Bit 3 – ADIE** – ADC Interrupt Enable – povolení přerušení od převodníku

**Bit 2:0 – ADPS2:0** – ADC Prescaler Select Bits – nastaví dělicí poměr mezi frekvencí oscilátoru a vstupní frekvencí převodníku.

Special Function IO Register –  
SFIO

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSR2	PSR10	SFIO
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	

**Bit 7:5 – ADTS2:0** – Auto Trigger Source – výběr zdroje události pro automatické spouštění převodníku.

Nastavení registrů pro mód Single Conversion ( jeden převod ), vnitřní ref. zdroj 2.56V, měřený kanál 0, standardní tvar výsledku (ADCL – dolních osm bitů, ADCH – horní dva

bity), povolení funkce převodníku, zakázání nerušení, nastavení dělicího poměru mezi frekvencí oscilátoru a vstupní frekvencí převodníku 128 ( frekvence oscilátoru 8 MHz ).

V programu potom nastavením bitu ADSC do log.1 spustíme převod a čekáme na nastavení příznaku, potom přečteme výsledek.

ADMUX     - 11000000  
ADCSRA    - 10000111

```
LDI       R16,0B11000000 ;vnitřní ref.zdroj,stand.formát výstupu,kanál 0
OUT       ADMUX,R16
LDI       R16,0B10000111 ;povolení přev., zak. přer., děl.poměr frekv. 128
OUT       ADCSRA,R16

;*****hlavní program *****

LOOP:     SBI       ADCSRA,ADSC     ;zahájení převodu
LOOP1:    SBIS      ADCSRA,ADIF     ;test příznaku přer
          RJMP      LOOP1
          CBI       ADCSRA,ADIF     ; nulování příznaku

          IN        R16,ADCL        ;čteme výsledek            převodu
          STS       OP0,R16
          IN        R16,ADCH
          STS       OP1,R16

          RCALL     BINBCD2         ; převod do BCD pro zobrazení
          RCALL     ZOBRAZ         ; zobrazení na displeji
          RJMP      LOOP
```

## 2. Nastavení ATMEGA 8535 pomocí programovatelných propojek.

Při programování procesoru můžeme nastavit některé funkce procesoru pomocí 16 bitů, které jsou ve dvou registrech **Fuse High Byte**, **Fuse Low Byte**. Programovací propojky ATMEGA 8535 se ale liší od [propojek ATMEGA 162](#).

### 1. Fuse Low Byte

Table 99. Fuse Low Byte

Fuse Low Byte	Bit no	Description	Default Value
BODLEVEL	7	Brown out detector trigger level	1 (unprogrammed)
BODEN	6	Brown out detector enable	1 (unprogrammed, BOD disabled)
SUT1	5	Select start-up time	1 (unprogrammed) <sup>(1)</sup>
SUT0	4	Select start-up time	0 (programmed) <sup>(1)</sup>
CKSEL3	3	Select Clock source	0 (programmed) <sup>(2)</sup>
CKSEL2	2	Select Clock source	0 (programmed) <sup>(2)</sup>
CKSEL1	1	Select Clock source	0 (programmed) <sup>(2)</sup>
CKSEL0	0	Select Clock source	1 (unprogrammed) <sup>(2)</sup>

Bity CKSEL3÷0 slouží k nastavení zdroje hodinového signálu k časování procesoru. Podle následující tabulky můžeme zvolit vnitřní kalibrovaný oscilátor s frekvencí 8MHz (původní nastavení), vnější krystal, vnější nízkofrekvenční krystal, vnější oscilátor.

Table 2. Device Clocking Options Select<sup>(1)</sup>

Device Clocking Option	CKSEL3..0
External Crystal/Ceramic Resonator	1111 - 1010
External Low-frequency Crystal	1001
External RC Oscillator	1000 - 0101
Calibrated Internal RC Oscillator	0100 - 0001
External Clock	0000

Při použití vnitřního oscilátoru můžeme nastavit jeho frekvenci podle následující tabulky:

**Table 9. Internal Calibrated RC Oscillator Operating Modes**

CKSEL3..0	Nominal Frequency (MHz)
0001 <sup>(1)</sup>	1.0
0010	2.0
0011	4.0
0100	8.0

Bity SUT1,0 slouží k nastavení startovacího času po resetu, režimech snížené spotřeby apod.  
 Bity 6 a 7 slouží k nastavení povolení a nastavení funkce Brown-out – reset při poklesu napájení.

**Table 98. Fuse High Byte**

Fuse High Byte	Bit No	Description	Default Value
S8535C	7	Select AT90S8535 compatibility mode	1 (unprogrammed)
WDTON	6	WDT always on	1 (unprogrammed, WDT enabled by WDTCR)
SPIEN <sup>(1)</sup>	5	Enable Serial Program and Data Downloading	0 (programmed, SPI prog. enabled)
CKOPT <sup>(2)</sup>	4	Oscillator options	1 (unprogrammed)
EESAVE	3	EEPROM memory is preserved through the Chip Erase	1 (unprogrammed, EEPROM not preserved)
BOOTSZ1	2	Select Boot Size (see Table 93 for details)	0 (programmed) <sup>(3)</sup>
BOOTSZ0	1	Select Boot Size (see Table 93 for details)	0 (programmed) <sup>(3)</sup>
BOOTRST	0	Select Reset Vector	1 (unprogrammed)

Bit SPIEN zakáže sériové programování – SPI (původní nastavení povoleno). Po zakázání je možno povolit pouze v paralelním programátoru.

Bit WDTON nastaví Watchdog timer vždy zapnutý (původní nastavení vypnuto).

Bit EESAVE nastaví zachovávání obsahu datové EEPROM při programování (původní nastavení nezachovávat obsah).

Bity BOOTSZ1,0 nastaví prostor paměti programu pro samoprogramování.

Bit BOOTRST nastaví resetovací vektor.

Bit CKOPT – při použití vnějšího krystalu umožňuje snížit vliv rušení.

Doporučené nastavení propojek:

- LOFUSE - 11100001

- HIFUSE - 11011001

Tímto je připojen a nastaven vnitřní oscilátor na 8 MHz, povoleno SPI, zakázán Watch-dog.