



**BME**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

**HAUT**  
Közlekedésautomatikai Tanszék

# Járműfedélzeti rendszerek I.

5. előadás

Dr. Bécsi Tamás

# Megszakítások (Interrupts: IT)

- Megszakítás fogalma
  - Egy aszinkron jelzés (pl. gomblenyomás) a processzor felé (Interrupt Request: IRQ), hogy valamely hardver elem beavatkozást igényel
  - Hatására a processzor megszakítja a program futtatását, eltárolja az állapotát, és lefuttatja a megszakítást kezelő programrészt (interrupt handling routine), amely a megszakítás címén tárolható (interrupt vector). Végül visszatér az eltárolt állapotba és folytatja a futtatást.
  - A program aktuális állapota a veremtárban (stack) tárolódik

# Megszakítás források

- Az ATmega128 kontroller 35 megszakítási forrással rendelkezik.
- Minden forrás külön-külön engedélyezhető, valamint az egész megszakítási rendszert engedélyezni kell a SREG-ben található Global Inerrupt Enable bittel (I-bit).
- A megszakítások címei a programmemória elején találhatóak.
- A címek meghatározzák a prioritást is.  
Alacsonyabb cím -> magasabb prioritás

# Megszakítások kezelése I.

- A megszakítás bekövetkezésekor folyamatban lévő utasítás még lefut.
- A megszakítások válaszideje minimum 4 órajel periódus
  - Ezalatt a Program Counter tartalma mentésre kerül a veremtárban, majd a processzor a megszakítás címére ugrik. Amennyiben az éppen folyamatban lévő utasítás futási ideje nagyobb 1 órajel periódusnál, úgy a többlet a válaszidőhöz adódik.
- „Sleep mode” használata esetén ez további 4 órajel periódussal megnő. Továbbá hozzáadódik a feléledési idő.
- A megszakításból történő visszatérés szintén 4 órajel periódus alatt fut le

# Megszakítások kezelése II.

- A megszakításoknak két alapvető csoportja van
  - Élvezérelt: eseményszerűen következnek be, amikor a megszakítás feltétele adottá válik
  - Szintvezérelt: periodikusan bekövetkeznek, amíg a megszakítás feltétele fennáll
- A megszakításból történő kilépés után a processzor mindig visszatér a főprogramba és egy utasítást lefuttat mielőtt a következő megszakítást kiszolgálja.
- Kritikus programrész előtt (pl.: EEPROM kezelés) a megszakításokat le kell tiltani.
  - A CLI utasítás az I-bit törlésével letiltja az összes megszakítást. Az utasítás futásával párhuzamosan már nem lesznek kiszolgálva a megszakítások.

# Megszakítás vektorok I.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

Ssz.	Cím	Forrás	Leírás
1	\$0000	RESET	Reset a következő hatásokra: külső láb, tápfeszültség, tápfeszültség alacsony, „watchdog”, JTAG
2	\$0002	INT0	Külső megszakítás 0
3	\$0004	INT1	Külső megszakítás 1
4	\$0006	INT2	Külső megszakítás 2
5	\$0008	INT3	Külső megszakítás 3
6	\$000A	INT4	Külső megszakítás 4
7	\$000C	INT5	Külső megszakítás 5
8	\$000E	INT6	Külső megszakítás 6
9	\$0010	INT7	Külső megszakítás 7
10	\$0012	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 elérte az OCR értékét (Output Compare Match)

# Megszakítás vektorok II.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

Ssz.	Cím	Forrás	Leírás
11	\$0014	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 túlcsordulás
12	\$0016	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 külső esemény (Input Capture Event)
13	\$0018	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 elérte az OCRA értékét
14	\$001A	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 elérte az OCRB értékét
15	\$001C	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 túlcsordulás
16	\$001E	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 elérte az OCR értékét
17	\$0020	TIMER1 OVF	Timer/Counter0 túlcsordulás
18	\$0022	SPI, STC	SPI adatküldés kész
19	\$0024	USART0, RX	USART0 adatfogadás kész
20	\$0026	USART0, UDRE	USART0 adat regiszter üres

# Megszakítás vektorok III.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

Ssz.	Cím	Forrás	Leírás
21	\$0028	USART0, TX	USART0 adatküldés kész
22	\$002A	ADC	Analóg-Digitál konverzió kész
23	\$002C	EE READY	EEPROM készen áll
24	\$002E	ANALOG COMP	Analóg Komparátor esemény
25	\$0030	TIMER1 COMPC	Timer/Counter1 elérte az OCRC értékét
26	\$0032	TIMER3 CAPT	Timer/Counter3 külső esemény (Input Capture Event)
27	\$0034	TIMER3 COMPA	Timer/Counter3 elérte az OCRA értékét
28	\$0036	TIMER3 COMPB	Timer/Counter3 elérte az OCRB értékét
29	\$0038	TIMER3 COMPC	Timer/Counter3 elérte az OCRC értékét
30	\$003A	TIMER3 OVF	Timer/Counter3 túlcsoordulás



# Megszakítás vektorok IV.

Ssz.	Cím	Forrás	Leírás
31	\$003C	USART1, RX	USART1 adatfogadás kész
32	\$003E	USART1, UDRE	USART1 adat regiszter üres
33	\$0040	USART1, TX	USART1 adatküldés kész
34	\$0042	TWI	Two-Wire Serial Interface
35	\$0044	SPM READY	Program memória készen áll

## Tipikus program kezdés

```
$0000 jmp INIT ; Reset cím, program elejére ugrás  
$0002 jmp EXT_INT0 ; Külső megszakítás 0 szubrutinja  
... ; További megszakításkezelő rutinok
```

```
$0046 INIT: ldi R16, high(RAMEND) ; Főprogram indul a veremtár beállításával !!!  
out SPH, R16 ; A veremtárat a RAM végén helyezzzük el,  
ldi R16, low(RAMEND) ; a veremtár mutató (SP) értékének beállításával  
out SPL, R16  
sei ; Globális megszakítás engedélyezés
```

# Külső megszakítások I.

- A külső megszakítás egy adott portláb (INT0:7) állapotának megváltozását képes jelezni.
  - Alkalmas például gombok kezelésére.
- Működhet élvezérelten és szintvezérelten is
  - Az ATmega128 külső megszakításai aktiválódhatnak lefutó élre, felfutó élre, vagy alacsony jelszintre is.
- Képes felébreszteni a kontrollert az alvó módokból

# Külső megszakítások II.

- External Interrupt Control Register A (EICRA)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ISC31	ISC30	ISC21	ISC20	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	EICRA
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	

- Külső megszakítás 0 – 3 vezérlési módok

ISCn1	ISCn0	Description
0	0	The low level of INTn generates an interrupt request.
0	1	Reserved
1	0	The falling edge of INTn generates asynchronously an interrupt request.
1	1	The rising edge of INTn generates asynchronously an interrupt request.

- Minimum impulzus szélesség élvezérlés esetén: 50 ns

# Külső megszakítások III.

- External Interrupt Control Register B (EICRB)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ISC71	ISC70	ISC61	ISC60	ISC51	ISC50	ISC41	ISC40	EICRB
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	

- Külső megszakítás 4 – 7 vezérlési módok

ISCn1	ISCn0	Description
0	0	The low level of INTn generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INTn generates an interrupt request
1	0	The falling edge between two samples of INTn generates an interrupt request.
1	1	The rising edge between two samples of INTn generates an interrupt request.

# Külső megszakítások IV.

- External Interrupt Mask Register (EIMSK)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	IINT0	EIMSK
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	

- Külső megszakítás engedélyező bitek

- External Interrupt Flag Register (EIFR)

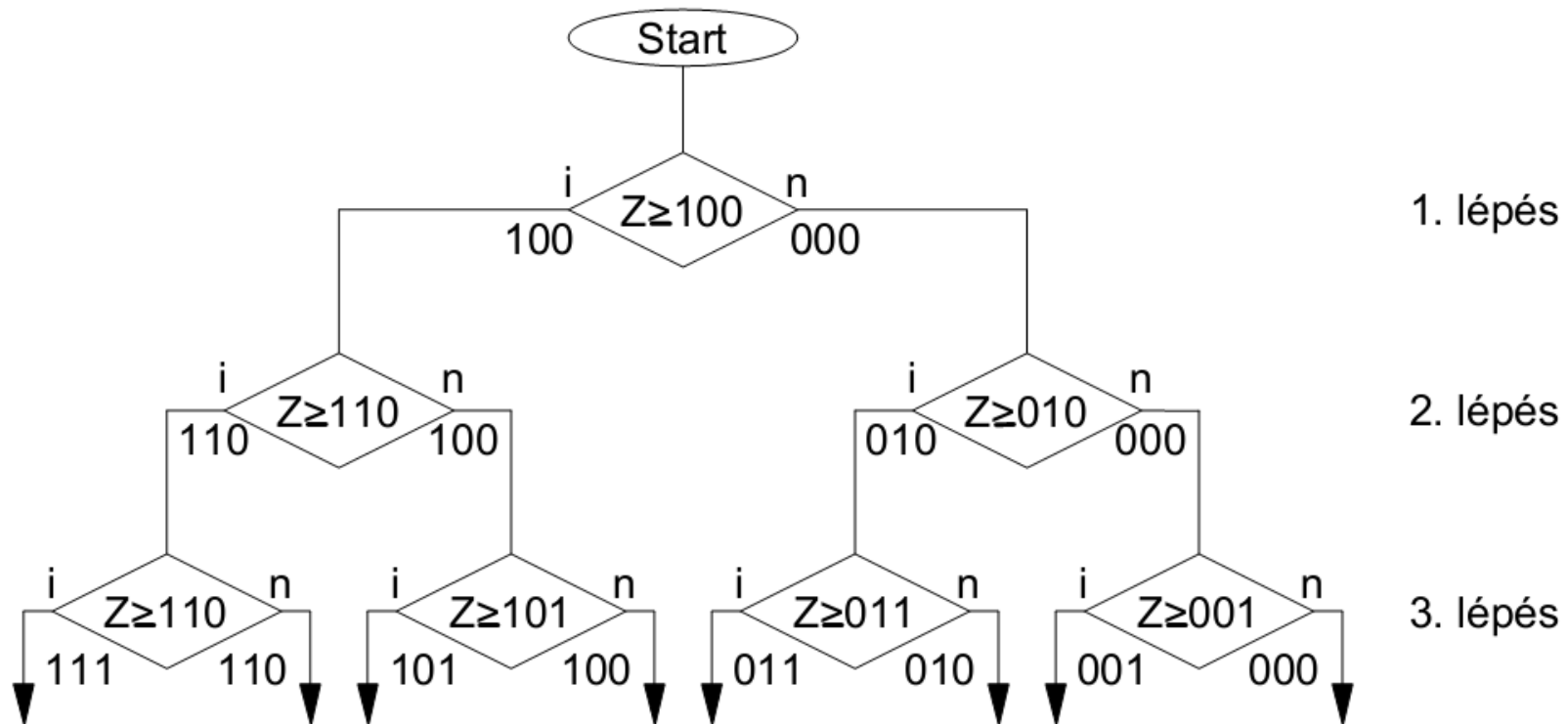
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	INTF7	INTF6	INTF5	INTF4	INTF3	INTF2	INTF1	IINTF0	EIFR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Külső megszakítás jelzőbitek

# A/D konverter I.

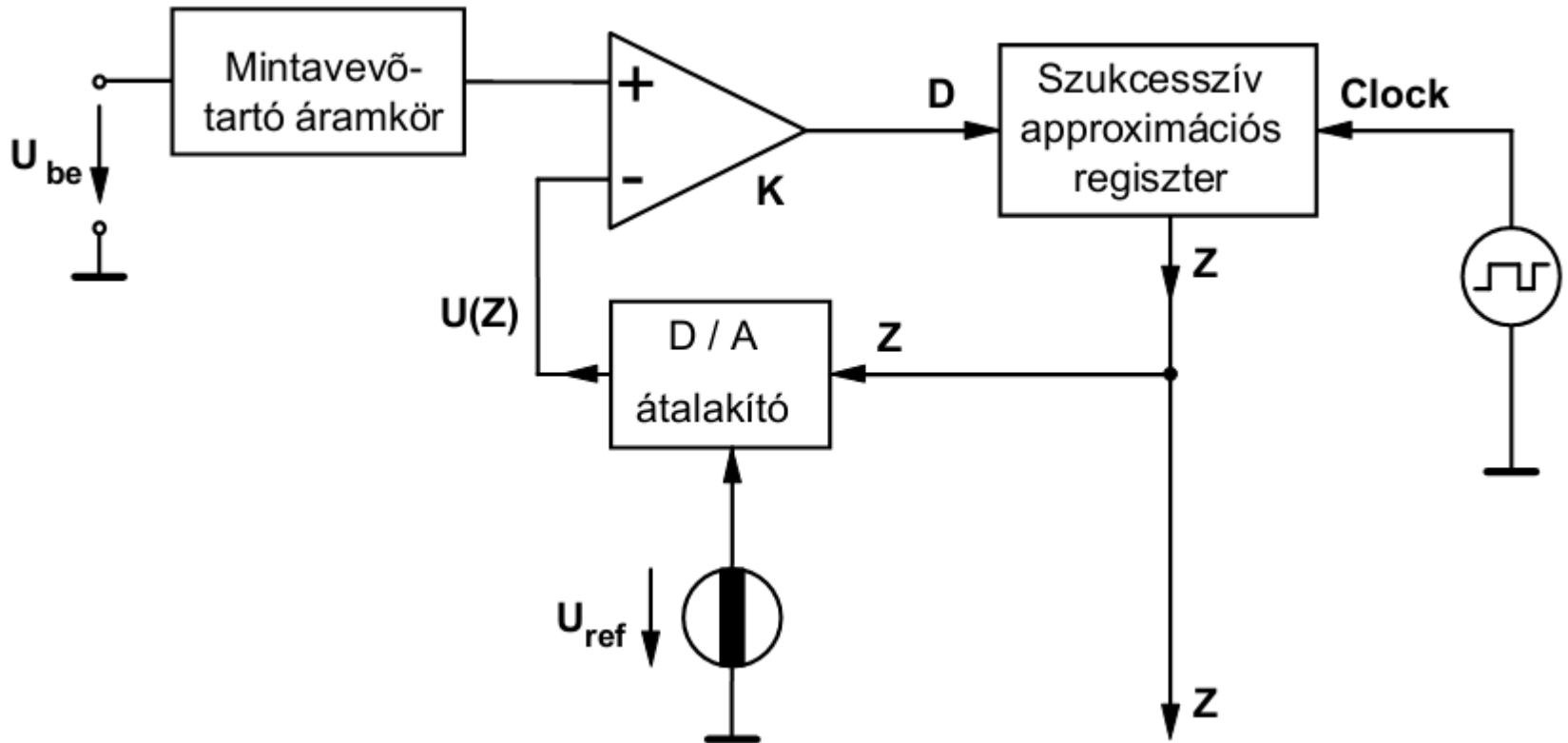
- Fő tulajdonságok
  - 10-bites, szukcesszív approximációs A/D
  - 13-260  $\mu$ s konverziós idő
  - Max. 76.9 kS/s (max. felbontással 15 kS/s)
  - 8 multiplexált „single-ended” csatorna
  - Max. 7 differenciális csatorna (közös negatívval)
  - 2 erősített differenciális csatorna (10x, 200x)
  - Független tápfeszültség bemenet (AVCC)  
0 – AVCC bemeneti feszültségtartomány
  - 2.56V vagy AVCC belső referenciafeszültség  
külső ref. lehetőség

# Szukcesszív approximáció I

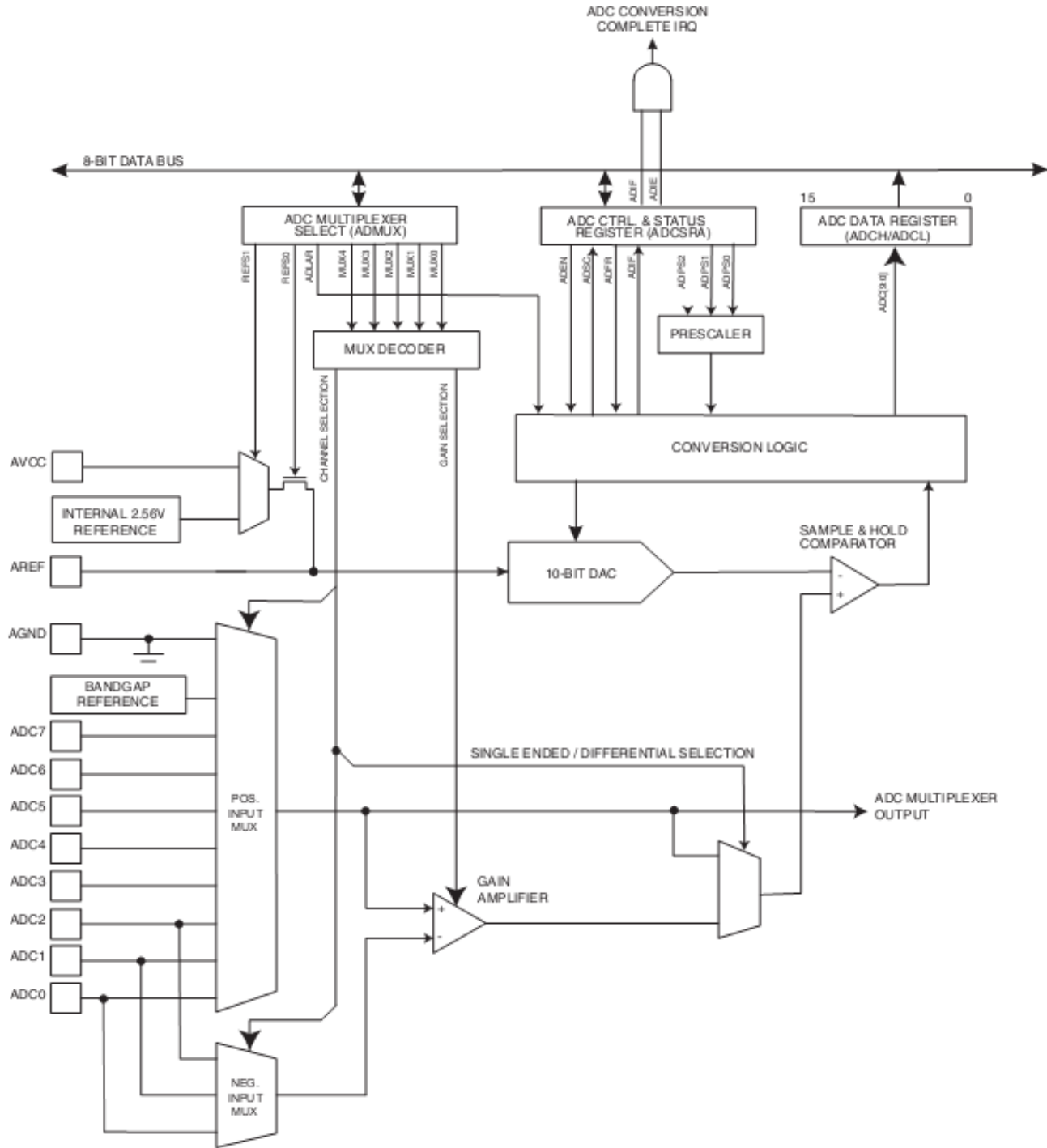


# Szukcesszív approximáció II blokkdiagram

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék







# A/D konverter III.

- ADC Multiplexer Selection Register (ADMUX)

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

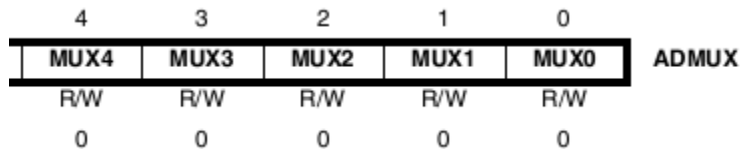
- Feszültség referencia választás (REFS 1:0)

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

- Eredmény balra rendezve: ADC Left Adjust Result (ADLAR)

# A/D konverter IV.

- ADMUX



- Csatorna és erősítés választás (MUX 4:0)

MUX4..0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain
11101		ADC5	ADC2	1x
11110	1.23V (V <sub>BG</sub> )	N/A		
11111	0V (GND)			

MUX4..0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain
00000	ADC0	N/A		
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3			
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000 <sup>(1)</sup>		ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	10x
01010 <sup>(1)</sup>		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	N/A	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

# A/D konverter V.

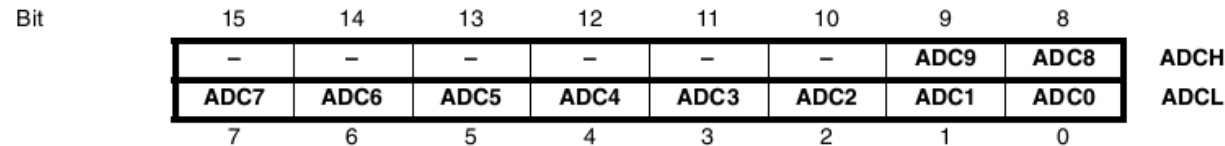
- ADC Control and Status Register A (ADCSRA)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADCSRA								
	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	
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	

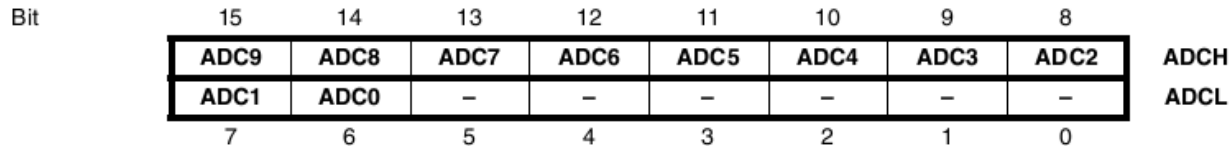
- A/D konverter engedélyezés: ADC Enable (ADEN)
- A/D konverzió indítása: ADC Start Conversion (ADSC)
- Folyamatos konverzió: ADC Free Running Select (ADFR)
- ADC konverzió kész: ADC Interrupt Flag (ADIF)
- ADC megszakítás engedélyezés: ADC Interrupt Enable (ADIE)
- ADC órajel előosztó: ADC Prescaler Bits (ADPS 2:0)
  - 1-128,  $2^{\text{ADPS}}$

# A/D konverter VI.

- ADC eredmény tárolása: ADC Data Register (ADCL, ADCH)
  - $ADLAR = 0$ , jobbra rendezett



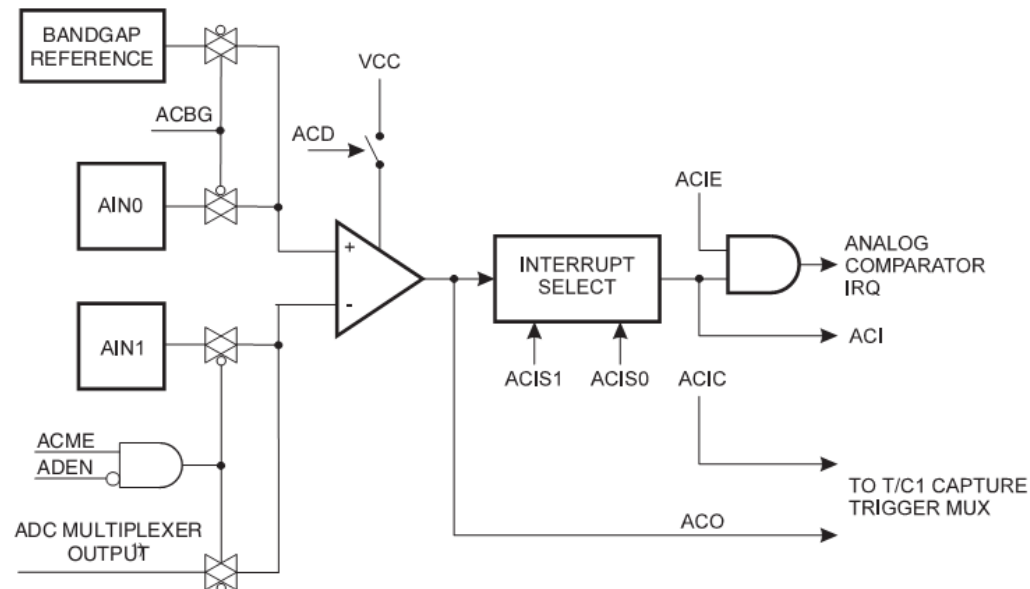
- $ADLAR = 1$ , balra rendezett



- Differenciális módban kettes komplement az eredmény
- Kiolvasási sorrend: ADCL, ADCH

# Analóg komparátor I.

- Analóg komparátor funkció az AIN0 és AIN1 lábak között
  - Ha az AIN0 lábon lévő feszültség nagyobb, mint az AIN1-en lévő, akkor az eredmény 1
  - Bemenete lehet a Timer1 Input Capt. funkciójának
  - Rendelkezik saját megszakítással



# Analóg komparátor II.

- Multiplexer engedélyezés: Analog Comparator Multiplexer Enable (ACME) bit (SFIOR 3-as bitje)
  - Ha 0, akkor a negatív bemenet AIN1.  
Ha 1, és az ADC ki van kapcsolva (ADEN=0), akkor a negatív bemenet az ADC multiplexere.

ACME	ADEN	MUX2..0	Analog Comparator Negative Input
0	x	xxx	AIN1
1	1	xxx	AIN1
1	0	000	ADC0
1	0	001	ADC1
1	0	010	ADC2
1	0	011	ADC3
1	0	100	ADC4
1	0	101	ADC5
1	0	110	ADC6
1	0	111	ADC7

# Analóg komparátor III.

- Analog Comparator Control and Status Register (ACSR)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	<b>ACD</b>	<b>ACBG</b>	<b>ACO</b>	<b>ACI</b>	<b>ACIE</b>	<b>ACIC</b>	<b>ACIS1</b>	<b>ACIS0</b>	<b>ACSR</b>
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	N/A	0	0	0	0	0	

- Komparátor kikapcsolás: Analog Comparator Disable (ACD)
- Belső referencia feszültség ( $V_{BG}=1,23V$ ): Analog Comparator Bandgap Select (ACBG)
- Komparátor kimenet: Analog Comparator Output (ACO)
- Komparátor jelzőbit: Analog Comparator Interrupt Flag (ACI)
- Komparátor megszakítás engedélyezés: Analog Comparator Interrupt Enable (ACIE)
- Komparátor „Input Capture” engedélyezés: Analog Comparator Input Capture Enable (ACIC)
- Komparátor megszakítás vezérlés: Analog Comparator Interrupt Mode Select (ACIS 1:0)
  - 00: kimenet állapotot vált, 01: foglalt, 10: lefutó él, 11: felfutó él



# Vége

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék

Köszönöm a figyelmet!