Versione N° 1.0

LaurTec

ATmega 2560

Corso di programmazione per microcontrollori Atmel

Autore : *Marcello Pinna*

ID: UT0005-IT

Copyright © 2020 Mauro Laurenti

INFORMATIVA

Come prescritto dall'art. 1, comma 1, della legge 21 maggio 2004 n.128, l'autore avvisa di aver assolto, per la seguente opera dell'ingegno, a tutti gli obblighi della legge 22 Aprile del 1941 n. 633, sulla tutela del diritto d'autore.
Tutti i diritti di questa opera sono riservati. Ogni riproduzione ed ogni altra forma di diffusione al pubblico dell'opera, o parte di essa, senza un'autorizzazione scritta dell'autore, rappresenta una violazione della legge che tutela il diritto d'autore, in particolare non ne è consentito un utilizzo per trarne profitto.
La mancata osservanza della legge 22 Aprile del 1941 n. 633 è perseguibile con la reclusione o sanzione pecuniaria, come descritto al Titolo III, Capo III, Sezione II.
A norma dell'art. 70 è comunque consentito, per scopi di critica o discussione, il riassunto e la citazione, accompagnati dalla menzione del titolo dell'opera e dal nome dell'autore.

AVVERTENZE

I progetti presentati non hanno la marcatura CE, quindi non possono essere utilizzati per scopi commerciali nella Comunità Economica Europea.

Chiunque decida di far uso delle nozioni riportate nella seguente opera o decida di realizzare i circuiti proposti, è tenuto pertanto a prestare la massima attenzione in osservanza alle normative in vigore sulla sicurezza.
L'autore declina ogni responsabilità per eventuali danni causati a persone, animali o cose derivante dall'utilizzo diretto o indiretto del materiale, dei dispositivi o del software presentati nella seguente opera.
Si fa inoltre presente che quanto riportato viene fornito così com'è, a solo scopo didattico e formativo, senza garanzia alcuna della sua correttezza.

L'autore ringrazia anticipatamente per la segnalazione di ogni errore.

Tutti i marchi citati in quest'opera sono dei rispettivi proprietari.

Indice

Capitolo X....4
Il comparatore analogico....4
Ingressi del comparatore analogico....4
Registri....6
Programma di esempio....8
History....11

Capitolo X

Il comparatore analogico

Il comparatore analogico è un amplificatore operazionale senza compensazione, che imposta la sua uscita a livello logico alto quando la tensione presente sull'ingresso non invertente supera quella presente sull'ingresso invertente. Nel caso specifico dell'Atmega2560, il comparatore analogico confronta i valori di ingresso sul pin positivo AIN0 (PE2) e il pin negativo AIN1 (PE3). Quando la tensione del pin AIN0 (+) è superiore alla tensione del pin AIN1(-), l'uscita del comparatore vale 1. Questa uscita può essere utilizzata per attivare la funzione *Input Capture* del *Timer/Counter* 1 o per attivare un interrupt. Questo interrupt, esclusivo per il comparatore, può essere attivato con varie opzioni. In Figura 1 si riporta il relativo diagramma a blocchi del comparatore analogico.

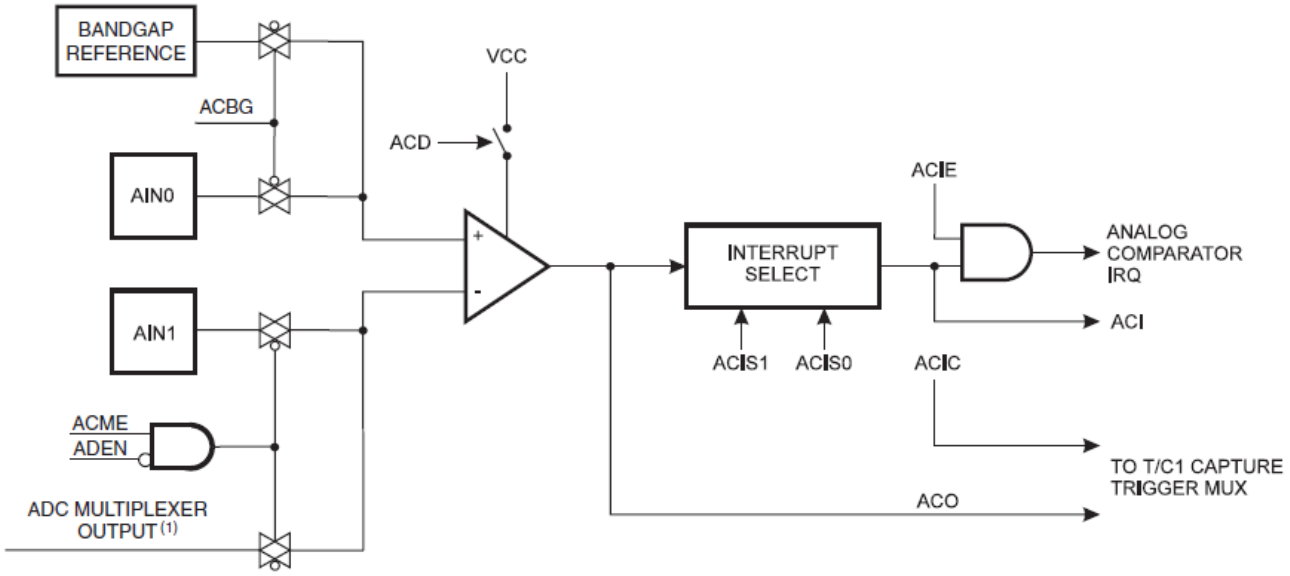

Figura 1: *Diagramma a blocchi del comparatore analogico (estratto dal datasheet ATmega2560).*

Ingressi del comparatore analogico

Nel Capitolo sull'ADC si è detto che il convertitore Analogico-Digitale è collegato ad un multiplexer analogico che gestisce 16 canali, ovvero pin, distribuiti in due porte, la PORTF (PF0-PF7) e la PORTK (PK0-PK7). Questo collegamento rende possibile la selezione di ognuno di questi canali al posto dell'ingresso negativo AIN1 del comparatore, previa disabilitazione del modulo ADC. Come si può vedere in Figura 2, la selezione dei canali ADC, come alternativa al pin AIN1 è effettuata dai bit MUX5 e MUX2 – MUX0 solo quando il bit ACME (*Analog Comparator Multiplexer Enable*) nel registro ADCSRB (ADC *Status Register B*) è impostato ad 1 ed il bit di abilitazione dell'ADC ADEN (ADC *Enable*) nel registro ADCSRA (ADC *Status Register* A) è impostato a 0. Viceversa, se il bit ACME è impostato a 0 e ADEN è impostato ad 1, i bit MUX sono ignorati perchè viene

selezionato l'ingresso negativo AIN1.

Analog Comparator Mulitiplexed Input

ACME	ADEN	MUX5	MUX2:0	Analog Comparator Negative Input
0	x	x	xxx	AIN1
1	1	x	xxx	AIN1
1	0	0	000	ADC0
1	0	0	001	ADC1
1	0	0	010	ADC2
1	0	0	011	ADC3

Analog Comparator Mulitiplexed Input (Continued)

ACME	ADEN	MUX5	MUX2:0	Analog Comparator Negative Input
1	0	0	100	ADC4
1	0	0	101	ADC5
1	0	0	110	ADC6
1	0	0	111	ADC7
1	0	1	000	ADC8
1	0	1	001	ADC9
1	0	1	010	ADC10
1	0	1	011	ADC11
1	0	1	100	ADC12
1	0	1	101	ADC13
1	0	1	110	ADC14
1	0	1	111	ADC15

Figura 2: *Ingressi multiplexer del comparatore analogico.*

Registri

ADCSRB: ADC Control and Status Register B

La Figura 3 mostra i bit del registro ADCSRB:

ADCSRB – ADC Control and Status Register B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7B)	–	ACME	–	–	MUX5	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADCSRB
Read/Write	R	R/W	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 3: *ADCSRB - ADC Status Register B.*

Il bit 6 **ACME** (*Analog Comparator Multiplexer Enable*), se impostato ad 1 insieme al bit ADEN impostato a 0, abilita il multiplexer alla selezione dei canali ADC come alternativa all'ingresso negativo AIN1.

ACSR: Analogic Comparator Status Register

La Figura 4 mostra i bit del registro ACSR:

ACSR – Analog Comparator Control and Status Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x30 (0x50)	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	ACSR
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	

Figura 4: *ACSR - Analogic Comparator Status Register.*

Il bit 7 **ACD** (*Analogic Comparator Disable*), se impostato ad 1, disabilita il comparatore. Per evitare un eventuale interrupt è necessario effettuare la pulizia del bit ACIE (*Analogic Comparator Interrupt Enable*).

Il bit 6 **ACBG** (*Analogic Comparator Band Gap*), se impostato ad 1, fa in modo che la tensione di riferimento interna (*bandgap*) prenda il posto dell'ingresso positivo AIN0.

Il bit 5 **ACO** (*Analogic Comparator Output*) è un bit di sola lettura, sincronizzato con l'uscita del comparatore (AC0).

Il bit 4 **ACIF** (*Analogic Comparator Interrupt Flag*) è un bit che viene impostato dall'hardware quando viene generato un interrupt sull'uscita del comparatore. L'interrupt deve essere impostato tramite i bit ACIS1 - ACIS0 (*Analog Comparator Interrupt Mode Select*). La routine di interrupt viene eseguita se il bit ACIE ed il bit di interrupt globale I-bit (SREG) sono entrambi impostati ad 1. Questo flag viene automaticamente resettato dall'hardware quando viene eseguita la routine corrispondente, oppure manualmente scrivendo un 1 logico nella sua locazione di memoria.

Il bit 3 **ACIE** (*Analogic Comparator Interrupt Enable*), se impostato ad 1, abilita l'interrupt sul comparatore. L'evento viene innescato quando viene abilitato anche l'interrupt globale.

Il bit 2 **ACIC** (*Analog Comparator Input Capture Enable*), se impostato ad 1, abilita la funzione di *Input Capture* nel *Timer/Counter* 1. L'uscita del comparatore è in questo caso direttamente collegata alla logica del front-end di *Input Capture*, rendendo il comparatore utilizzabile per la cancellazione del rumore e per la selezione della soglia di intercettamento dell'interrupt. Quando questo bit è impostato a 0 non esiste alcuna connessione tra il comparatore analogico e la funzione *Capture*. Per fare in modo che il comparatore inneschi un interrupt sull'evento Input *Capture* è necessario impostare ad 1 il bit ICIE1 nel registro TIMSK1.

I bit 1 - 0 **ACIS1 - ACIS0** (*Analog Comparator Interrupt Mode Select*) selezionano la modalità di generazione dell'interrupt, come riportato in Figura 5.

ACIS1/ACIS0 Settings

ACIS1	ACIS0	Interrupt Mode
0	0	Comparator Interrupt on Output Toggle
0	1	Reserved
1	0	Comparator Interrupt on Falling Output Edge
1	1	Comparator Interrupt on Rising Output Edge

Figura 5: *Interrupt mode select.*

DIDR1: Digital Input Disable Register 1

La Figura 6 mostra i bit del registro DIDR1.

DIDR1 – Digital Input Disable Register 1

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7F)	–	–	–	–	–	–	AIN1D	AIN0D	DIDR1
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 6: *DIDR1 - Digital Input Disable Register 1.*

I bit 1 - 0 **AIN1D - AIN0D** (AIN1 - AIN0 *Digital Input Disable*) svolgono, indipendentemente l'uno dall'altro, la stessa funzione: ognuno di essi, se impostato ad 1, disabilita il buffer di input digitale sul suo pin corrispondente, ovvero AIN1 e AIN0. Tale impostazione dovrebbe essere fatta quando si prevede di applicare al pin un segnale analogico, allo scopo di ridurre il consumo energetico.

Programma di esempio

Questo programma mette in pratica, nella sua semplicità, il funzionamento del comparatore analogico. Non riporto lo schema di collegamento in quanto l'hardware si riduce ad un LED collegato al pin PB7 (verso massa), un potenziometro collegato al pin PE2 (AIN0 +) ed un alimentatore esterno con tensione variabile collegato, tramite il polo positivo, al pin PE3 (AIN1 -). Entrambe le masse della demoboard e dell'alimentatore devono essere messe in comune e l'alimentazione esterna non deve superare i 5V durante la prova, al fine di evitare danneggiamenti al microcontrollore. Il potenziometro deve essere regolato a circa metà corsa, in modo da erogare una tensione di riferimento di circa 2,5V. Ricordo che in questo caso si sta operando con segnali analogici. La prima cosa che si deve fare, prima di avviare il programma, è portare l'alimentazione esterna a 0V. Una volta avviato il programma, il LED deve essere acceso. A questo punto si deve regolare gradualmente l'alimentatore esterno in modo da applicare una tensione leggermente superiore a quella di riferimento (circa 2,6V). In queste condizioni il LED si deve spegnere per accendersi nuovamente quando la tensione applicata è nuovamente inferiore a 2,5V. Dunque l'esempio permette in maniera semplice di monitorare una tensione e confrontarla con una di riferimento. Diversamente da un ADC che fornisce il valore convertito della tensione applicata in ingresso, il comparatore ci permette solo di sapere se si ha una tensione maggiore o meno di quella di riferimento. In un certo qual modo il comparatore può essere definito un ADC ad un solo bit.

Riporto di seguito il listato del programma:

```
#pragma config BODLEVEL = BODLEVEL_2V7
#pragma config OCDEN = CLEAR
#pragma config JTAGEN = SET
#pragma config SPIEN = SET
#pragma config WDTON = CLEAR
#pragma config EESAVE = CLEAR
#pragma config BOOTSZ = BOOTSZ_4096W_1F000
#pragma config BOOTRST = SET
#pragma config CKDIV8 = CLEAR
#pragma config CKOUT = CLEAR
#pragma config SUT_CKSEL = SUT_CKSEL_EXTXOSC_8MHZ_XX_16KCK_65MS


// Definisco la frequenza della CPU
#define F_CPU   16000000UL

// Definisco le funzioni per accendere e spegnere il led
#define LED_ON  PORTB |=  (1<<PORTB7)
#define LED_OFF PORTB &= ~(1<<PORTB7)

// File di testata
#include <avr/io.h>

// Variabile per contenere la lettura del registro ACSR
unsigned char data;

// Variabile per leggere lo stato del bit AC0
unsigned char AC0_bit;
```

```
int main(void){

    // Imposto PB7 come uscita
    // DIGITAL PIN 13
    DDRB |= (1<<PB7);

    // Azzero ACSR ed inizializzo il comparatore
    ACSR = 0x00;

    while(1){

    // Leggo il registro ACSR
    data = ACSR;

    // Leggo lo stato del solo bit AC0
    // (0x20 è la posizione occupata dal bit nel registro ACSR)
    AC0_bit = (data &= 0x20);

     // verifico se AC0 sia 0 o 1, ovvero che la tensione
     // in ingresso al pin AIN0 (PE2) sia superiore alla tensione in
     // ingresso al pin AIN1 (PE3)

   if (AC0_bit == 0)

    // Se AIN0 è inferiore a AIN1 spengo il LED
    LED_OFF;

    else

    // Se AIN0 è maggiore di AIN1 accendo il LED
    LED_ON;

    }
}
```

Indice Alfabetico

A
ACBG....6
ACD....6
ACIC....7
ACIE....6 e seg.
ACIF....6
ACIS0....6 e seg.
ACIS1....6 e seg.
ACME....4, 6
ACO....6
ADC....4
ADC Status Register A....4
ADC Status Register B....4
ADCSRA....4
ADCSRB....6
ADEN....4
AIN0....4
AIN0 +....8
AIN0D....7
AIN1 -....8
AIN1D....7
Analog Comparator Input Capture Enable....7
Analog Comparator Interrupt Mode Select....6 e seg.
Analog Comparator Multiplexer Enable....4, 6
Analogic Comparator Band Gap....6
Analogic Comparator Disable....6
Analogic Comparator Interrupt Enable....6 e seg.
Analogic Comparator Interrupt Flag....6
Analogic Comparator Output....6
C
Counter 1....4
D
DIDR1....7
Digital Input Disable....7
I
ICIE1....7
Input Capture del Timer....4
P
PE2....4, 8
PE3....4, 8
PORTF....4
PORTK....4
S
SREG....6
T
TIMSK1....7

History

Data	Versione	Autore	Revisione	Descrizione Cambiamento
31/10/20	1.0	Marcello Pinna	Mauro Laurenti	Versione Originale.