

LSS 2016-17

ADC DAC

Piero Vicini

A.A. 2016-2017

- La conversione digitale-analogica (*DAC, Digital to Analog Conversion*) permette di costruire una tensione V (o una corrente I) proporzionale ad un numero (binario), A , dato.

$$V = K \sum_0^{n-1} 2^i a_i$$

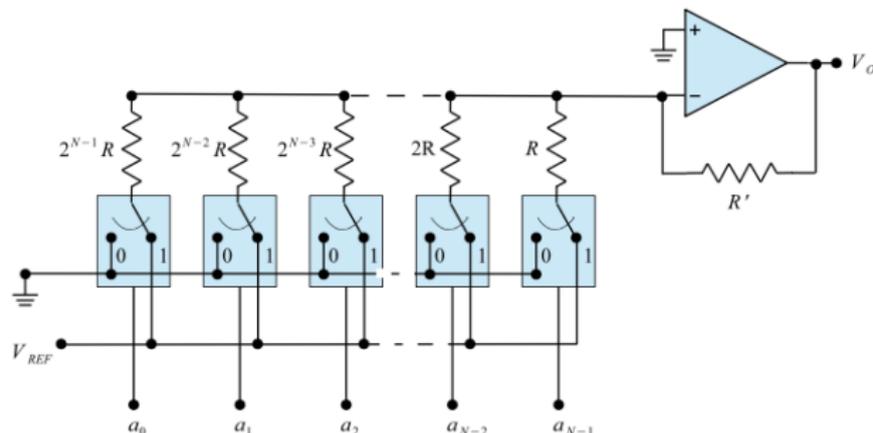
- dove a_i e' il valore (0 o 1) del bit di peso i e K e' una costante (tensione).
Di conseguenza

$$V_{min} = 0 \text{ e } V_{max} = K(2^n - 1)$$

- Parametri di un DAC reale:
 - *risoluzione*: la minima variazione possibile della tensione di uscita
 - *offset*: uscita $\neq 0$ quando ingresso = 0;
 - *errore di guadagno*: la differenza tra il valore massimo teorico e quello reale;
 - *errore di linearità*: la differenza tra la caratteristica di trasferimento ideale e quella reale;
 - *tempo di assestamento*: tempo impiegato per il completamento della conversione.

Conversione Digitale-Analogica(2)

- DAC a pesiera
- Basato su Sommatore Analogico

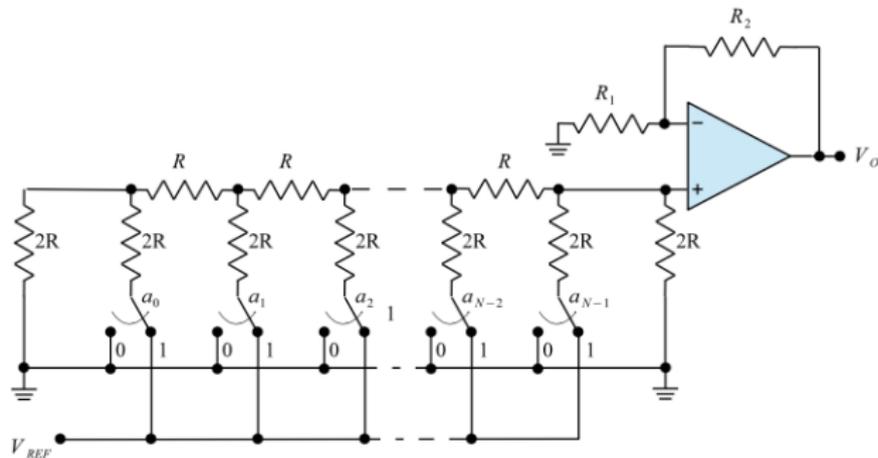


$$V_o = -\frac{R'}{R} V_{REF} \left(a_{N-1} + \frac{a_{N-2}}{2} + \dots + \frac{a_0}{2^{N-1}} \right)$$

- Linearita': legata alla precisione con cui sono scalati i valori delle resistenze;
- Dinamica: dipendente dal rapporto $-\frac{R'}{R}$

Conversione Digitale-Analogica(3)

- DAC R-2R
- Vantaggio: tutte le resistenze hanno valore R o 2R...

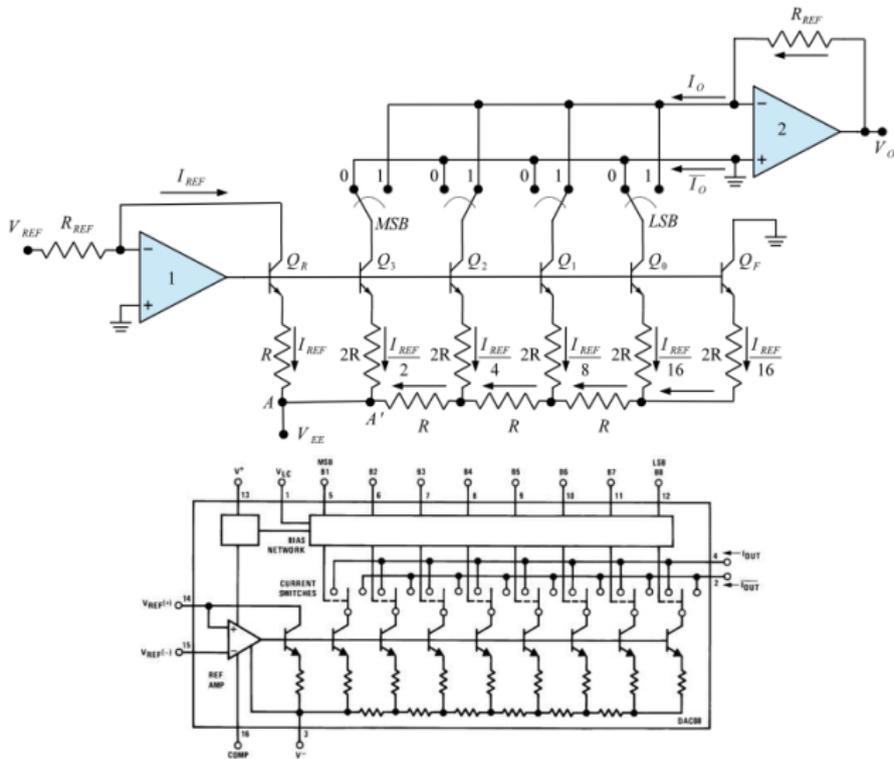


$$V_o = -\frac{R_1 + R_2}{R_1} V_i$$

$$V_i = \frac{V_{REF}}{3} \left(a_{N-1} + \frac{a_{N-2}}{2} + \dots + \frac{a_0}{2^{N-1}} \right)$$

Conversione Digitale-Analogica(4)

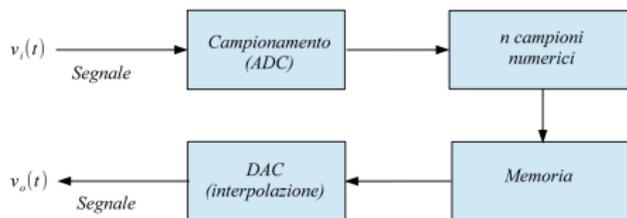
- DAC a somma correnti



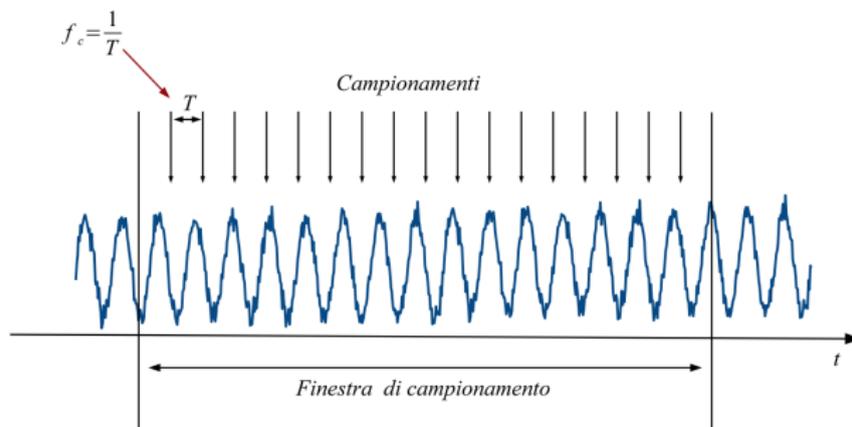
- La conversione analogico-digitale (*ADC, Analog to Digital Conversion*) permette di convertire una grandezza elettrica continua (tipicamente una tensione, V) in un numero (binario) ad essa proporzionale.
- Parametri di un ADC reale:
 - *risoluzione*: numero di valori discreti prodotti (ADC con risoluzione a 8bit \rightarrow 256 numeri)
 - *intervallo di conversione*: range di tensione convertibile in numero
 - *tempo di conversione*: tempo impiegato dal dispositivo per generare la risposta in uscita
 - *errore di quantizzazione*: dipendente dalla risoluzione del dispositivo;
 - *errore di linearità*: la differenza tra la caratteristica di trasferimento ideale e quella reale;

Conversione Analogico-Digitale: campionamento

- Uso tipico di ADC e DAC per analisi di segnali continui (e variabili nel tempo)



- Il segnale viene *campionato* e digitalizzato (convertito) ad intervalli di tempo regolari (i.e. ad una data frequenza di campionamento, f_c)



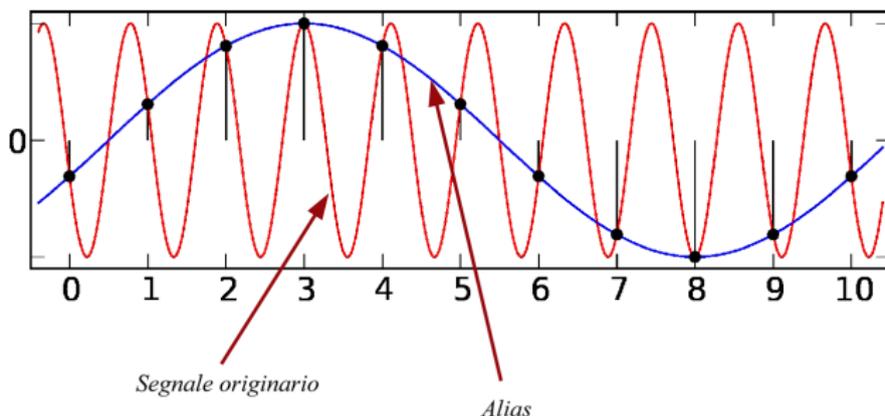
Conversione Analogico-Digitale: campionamento(2)

- La frequenza di campionamento necessaria per NON perdere informazioni e' legata allo spettro di frequenza del segnale d'ingresso secondo il *teorema di Nyquist-Shannon*

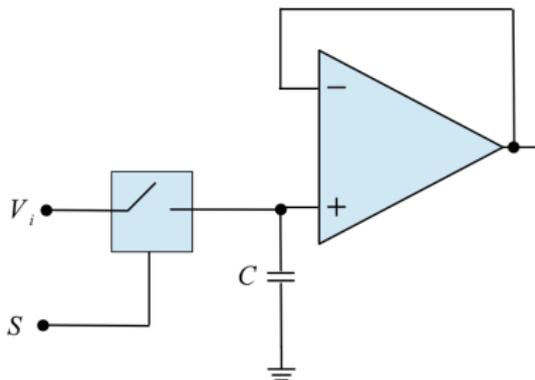
$$f_s^{MAX} \leq f_N = f_c/2$$

dove f_s^{MAX} e' la massima frequenza contenuta nello spettro del segnale da campionare, f_N e' la frequenza di Nyquist pari alla meta' della frequenza di campionamento.

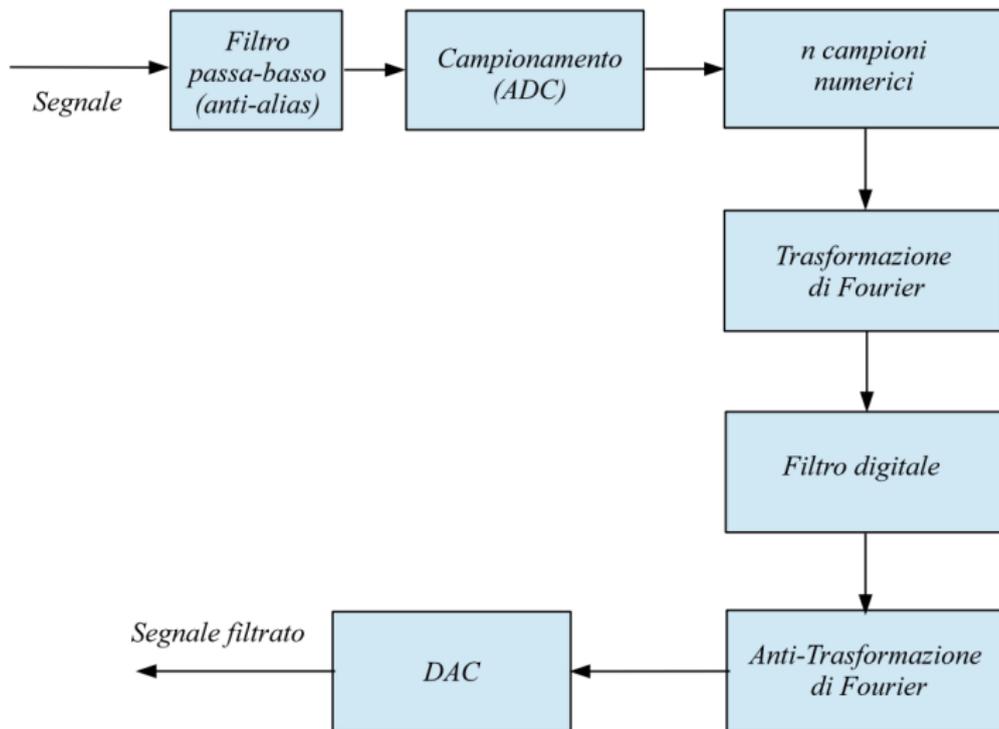
- Nel caso $f_s^{MAX} > f_N$ si ha fenomeno di *aliasing*



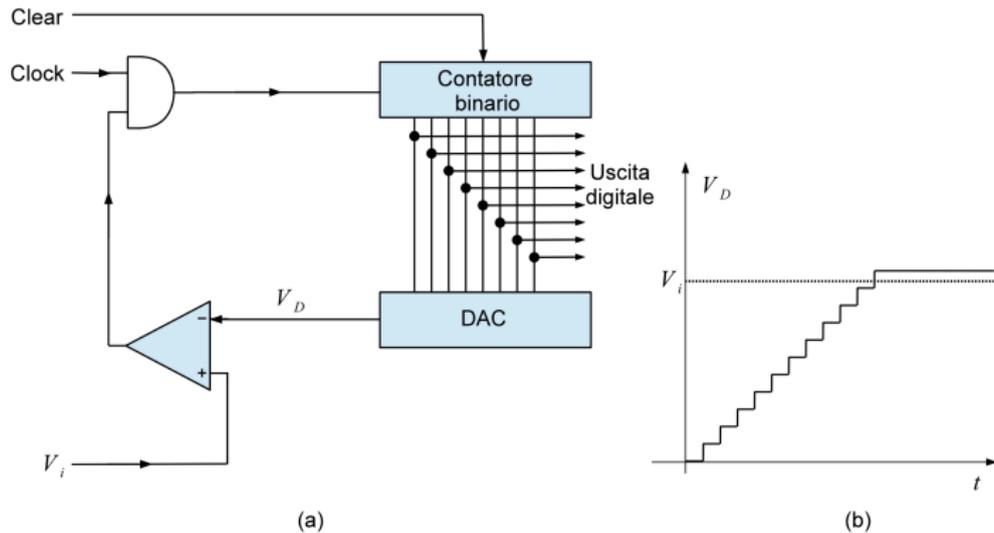
- Evitare aliasing:
 - Introduco un filtro passa-basso con una f_T adeguata per eliminare tutte le frequenze superiori a f_N .
 - Attenzione: perdo informazione sulla struttura originale del segnale convertito
- Stabilizzare il segnale d'ingresso per tutto il tempo di conversione del dispositivo:
 - circuito *Sample and Hold* dove la capacita' viene caricata al valore della tensione d'ingresso e la frequenza di S e' f_c



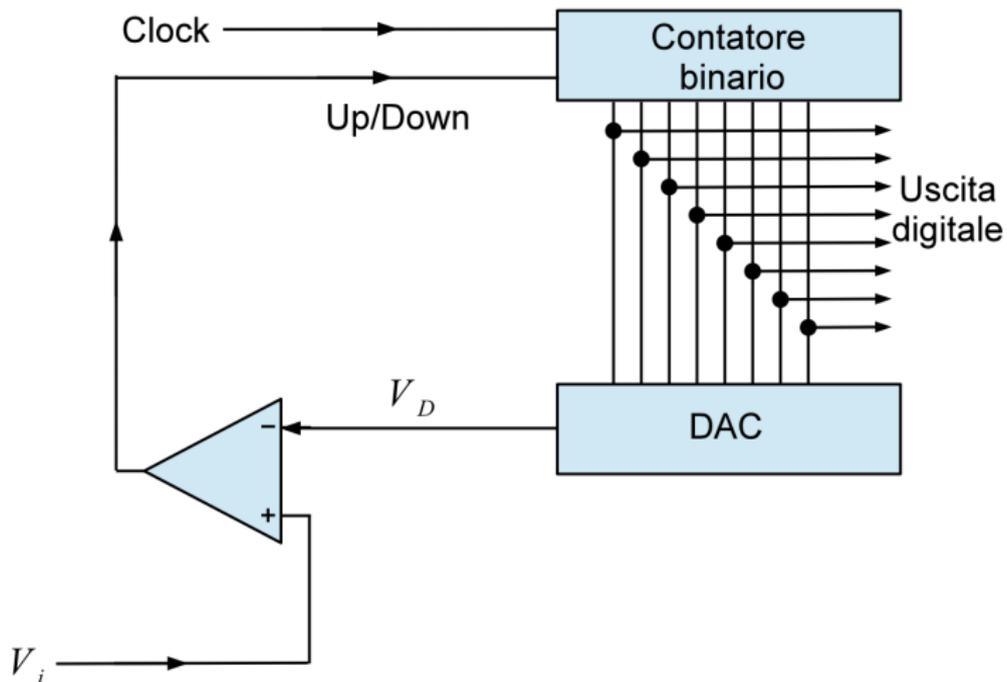
Conversione Analogico-Digitale: filtraggio digitale



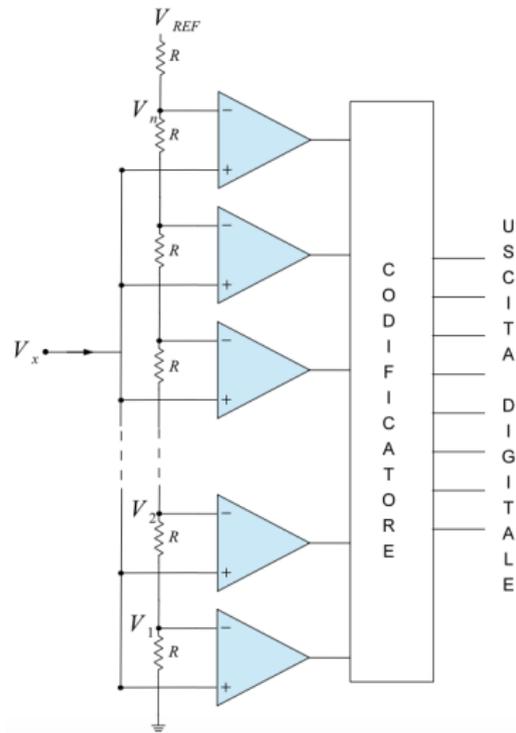
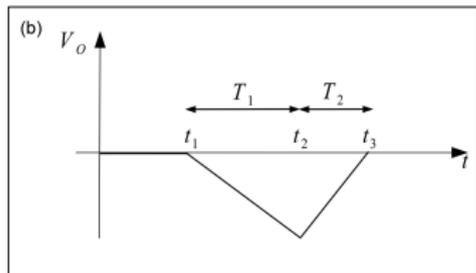
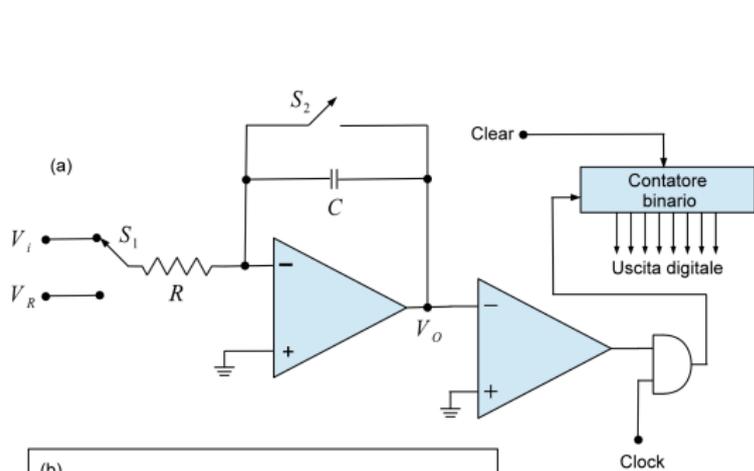
Esempi: ADC a conteggio



Esempi: Tracking ADC



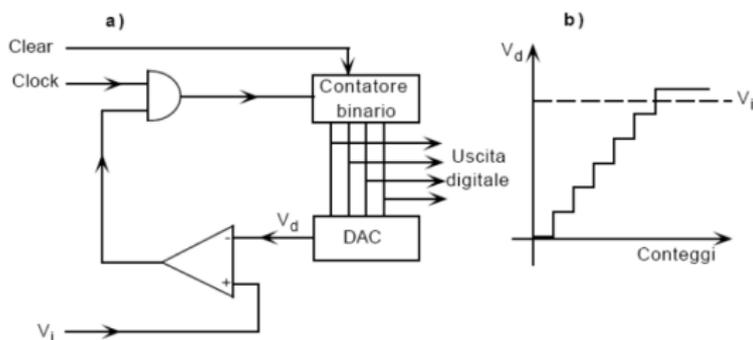
Esempi: ADC a doppia rampa e Flash ADC



Esperienza 6: Conversione digitale-analogica

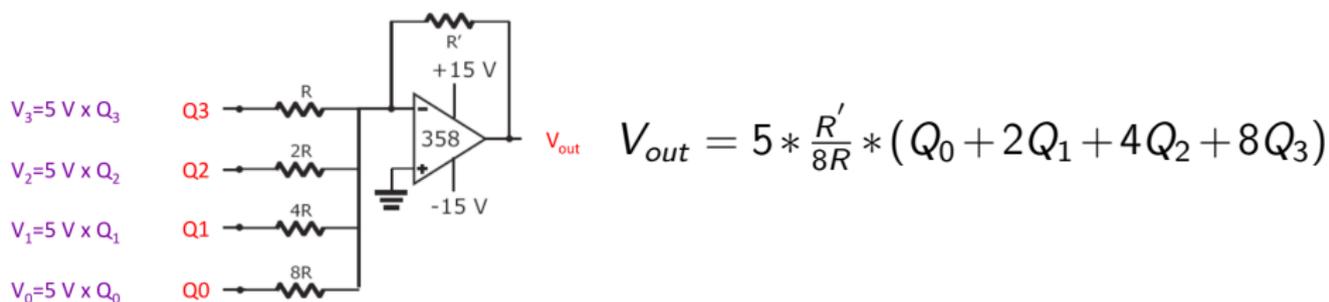
Esperienza 6: ADC

- Costruiremo un ADC per realizzare una conversione *digitale-analogica*



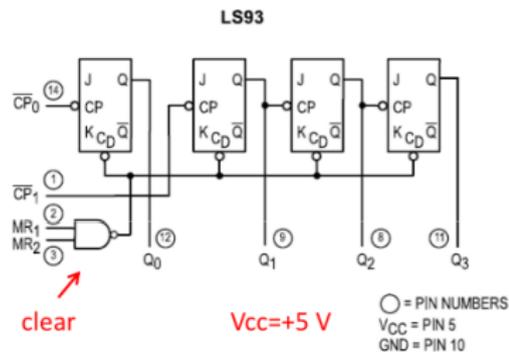
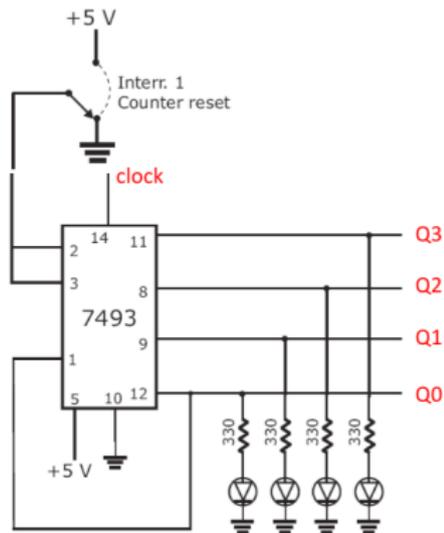
- Il circuito e' realizzato con una serie di blocchi circuitali appositamente connessi:
 - DAC (*Digital to Analog Converter*) a pesiera
 - Contatore a 4 bit per pilotare il DAC
 - Comparatore tensione d'ingresso incognita $V_x < 0$
- Data la complessita' del circuito si raccomanda un montaggio incrementale
 - 1 DAC
 - 2 Contatore + generatore del segnale di clock
 - 3 Comparatore + adattatore di livello
 - 4 Circuito completo

- DAC a *pesiera* realizzato con un sommatore analogico ed una scala opportuna di resistenze



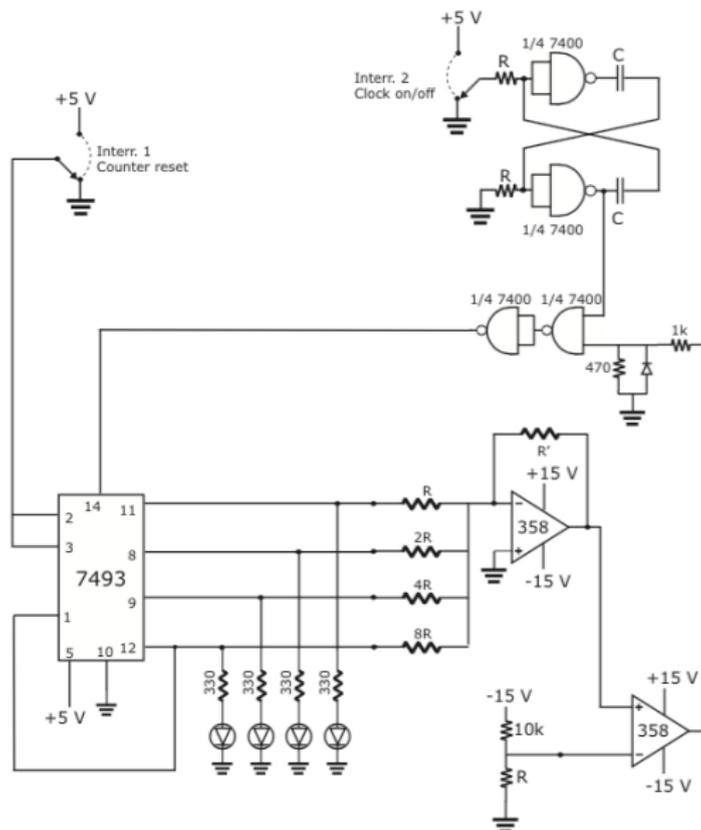
- L'ampiezza del singolo gradino: $V_{out} = 5 * \frac{R'}{8R}$
- Per evitare la saturazione bisogna scegliere correttamente le resistenze tenendo conto che la dinamica massima e' 15 V
 $\implies V_{out}^{max} = 5 * \frac{R'}{8R} * 15 < 15$

Esperienza 6: contatore



- Generare il clock con singoli impulsi e misurare la tensione corrispondente allo zero logico e uno logico per ogni uscita
- Verificare il funzionamento complessivo con un clock a bassa frequenza

Esperienza 6: ADC completo



- Calibrare il circuito, misurando e discutendo la linearita' del circuito
- Verificarne il funzionamento con alcuni valori di tensione V_x