

MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

Convertitori Analogico-Digitali o ADC

- Tipi di convertitori
 - Flash
 - Ad approssimazioni successive
 - Subranging
 - Integratori a singola/doppia rampa, multislope
 - Sigma delta
- Caratterizzazione degli ADC

Torino, 28-May-02

1

MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

Generalità

- Consentono la valutazione numerica dell'ampiezza di una tensione applicata al loro ingresso
- Restituiscono un numero da cui si può risalire alla tensione applicata

Torino, 28-May-02

2

MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

ADC

- Molteplici principi di funzionamento dipendenti da:
 - accuratezza
 - tempo di misurazione
 - complessità circuitale
 - automazione della misurazione
 - costo dello strumento
 - evoluzione tecnologica dei componenti elettronici

Torino, 28-May-02

3

MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

ADC

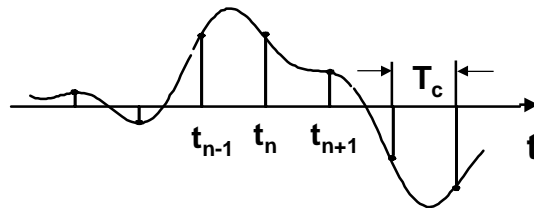
- Due grandi categorie:
 - ‘Spot’
 - Flash
 - Ad approssimazioni successive
 - Subranging
 - Ad ‘integrazione’
 - A Rampa semplice
 - A Doppia rampa
 - Sigma Delta

Torino, 28-May-02

4

Convertitori spot

- Forniscono un'uscita legata al valore dell'ingresso in uno specifico 'istante di campionamento'
- Sono caratterizzati da:
 - Intervallo di campionamento
 - Risoluzione

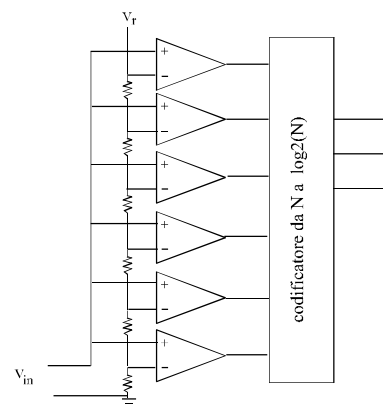


Torino, 28-May-02

5

Convertitori flash

- Si confronta la tensione da misurare con una serie di comparatori
- Un comparatore per ogni livello (non bit !) di uscita



Torino, 28-May-02

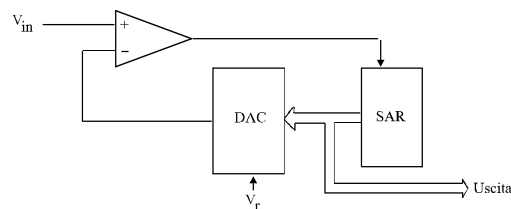
6

Convertitori flash

- Pregi:
 - Veloce: tempo di conversione pari a al tempo di un comparatore (+tempo di codifica)
- Difetti:
 - Costoso (8 bit = 256 comparatori)
 - Bassa impedenza di ingresso (8 bit = 256 ingressi in parallelo)

Convertitori ad approssimazioni successive

- Si confronta la tensione di ingresso con la tensione generata da un convertitore Digitale/Analogico (DAC) comandato per approssimare la tensione



MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

Convertitori ad approssimazioni successive

- Si inizia a metà scala
- Ogni volta si incrementa o decrementa il codice del DAC di un valore pari a metà del passo precedente

Torino, 28-May-02

9

MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

Convertitori ad approssimazioni successive

- Esempio convertitore a 4 bit (unipolare) FS=16 V
- Tensione in ingresso 11.2 V

Passo	Codice	Tensione	Confronto
1	1000	8	DAC minore
2	1100	12	DAC maggiore
3	1010	10	DAC minore
4	1011	11	(fine)

Torino, 28-May-02

10

Convertitori ad approssimazioni successive

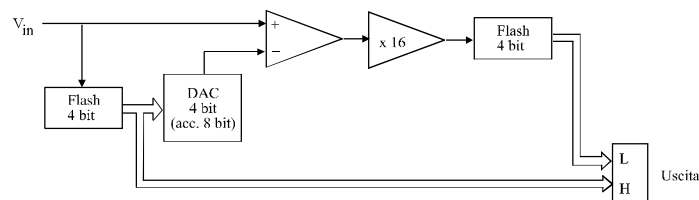
- **Pregi**
 - Poco costoso: un comparatore un circuito SAR
 - Converte N bit in N colpi di clock
- **Difetti**
 - Meno veloce del convertitore flash
 - Richiede una tensione in ingresso stabile per tutto il periodo di conversione (sample&hold)

Torino, 28-May-02

11

Convertitori subbrancing

- ‘Piccoli’ convertitori flash in cascata
- Il codice del primo convertitore viene riconvertito in tensione e si converte la differenza tra ingresso e segnale rigenerato



Torino, 28-May-02

12

Convertitori subranging

- Pregi
 - Flash semplici e meno costosi (per 8 bit servono 2 convertitori da 4 bit cioè 32 comparatori)
 - Le specifiche di incertezza del primo comparatore sono ridotte
- Difetti
 - Più lento del convertitore Flash

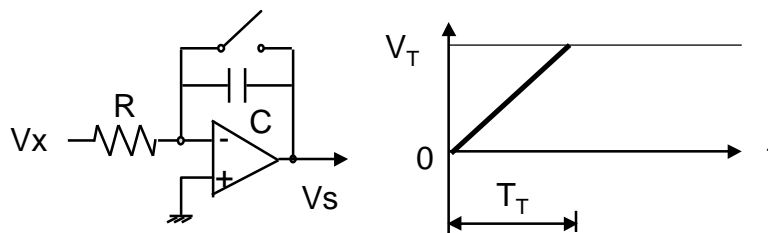
Convertitori ad 'integrazione'

- Forniscono un'uscita legata al valore 'medio' dell'ingresso in un certo intervallo di tempo
- Sono caratterizzati da
 - Tempo di integrazione
 - Tempo di conversione
 - Risoluzione

A rampa semplice

- Si effettua l'integrale del segnale di ingresso
- Il risultato si ottiene dal tempo impiegato per raggiungere un valore di tensione prefissato

A rampa semplice



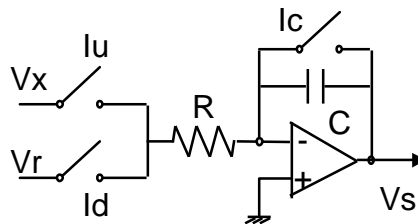
Se la tensione in ingresso è costante:

$$V_u(t) = -\frac{1}{RC}V_x t \Rightarrow V_x = -\frac{V_T}{T_T}RC$$

A doppia rampa

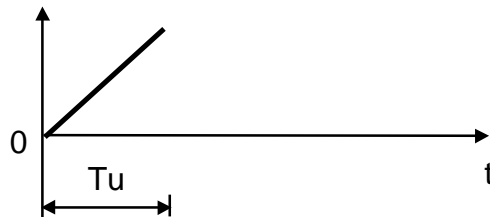
- due fasi:
 - carica di un condensatore tramite la tensione incognita V_x
 - scarica del condensatore tramite una tensione di riferimento V_r
- si misurano i tempi di carica e di scarica

Doppia rampa



- fase di “run-up”: si chiude l'interruttore I_u e si carica il condensatore
- uscita integratore: tensione a rampa

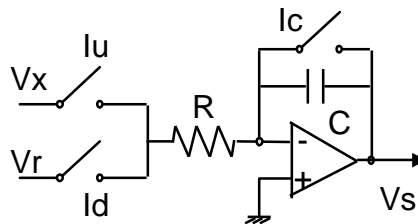
Doppia rampa



- dopo un tempo T_u **fisso**, la tensione della rampa raggiunge il valore:

$$V_u(T_u) = -\frac{1}{RC} V_x T_u$$

Doppia rampa

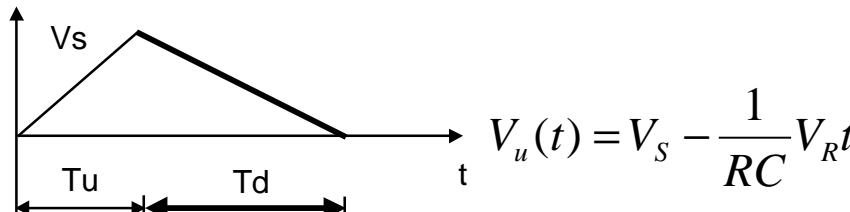


- istante T_u
 - apertura interruttore l_u
 - chiusura interruttore I_d

MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

Doppia rampa


$$V_u(t) = V_s - \frac{1}{RC}V_R t$$

- fase di “run-down”: scarica C
- tensione di riferimento V_r di polarità opposta a V_x

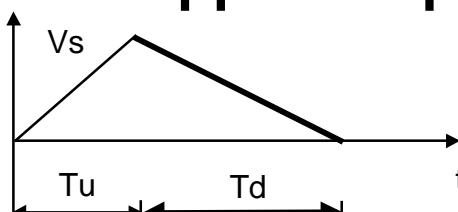
Torino, 28-May-02

21

MISELN-DIP-ADC

Marco Parvis

Doppia rampa



- dopo un tempo T_d C è scarico

$$V_s(T_u) - \frac{1}{RC}V_r T_d = 0 \Rightarrow V_x = V_r \frac{T_d}{T_u}$$

Torino, 28-May-02

22

Confronto Semplice/Doppia rampa

- Rampa semplice:
devono essere
misurati V_T, T_T, R, C
- Doppia rampa devono
essere misurati: V_r ed
il rapporto T_d/T_u

$$V_x = \frac{V_T}{T_T} RC$$

$$V_x = V_r \frac{T_d}{T_u}$$

Doppia rampa: non contano le derivate di R, C e della base tempi

Evoluzioni: ADC Multirampa (multislope)

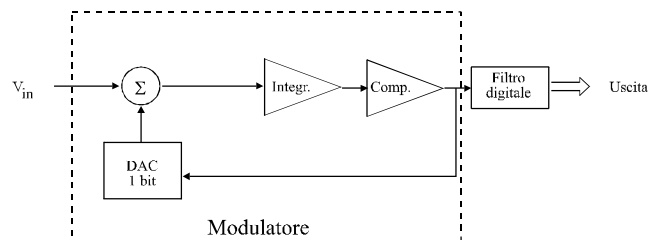
- Si impiegano rampe di scarica con diversa pendenza in sequenza
- Maggiore risoluzione con tempo di scarica inferiore
- In altri casi si inizia la scarica durante il periodo di integrazione (che rimane costante !)

Convertitori Sigma-Delta

- Struttura recente che consente di avere risoluzioni (e accuratezze) molto elevate (24 bit o più)
- Convertitori semplici da costruire ed economici
- Velocità di conversione bassa (decine di kilohertz)

Convertitori Sigma-Delta

- Si basano su
 - un integratore reazionato ed un comparatore
 - un filtro digitale



Convertitori Sigma-Delta

- Il modulatore opera ad 1 bit ma ad una frequenza molto alta (100-1000 volte la frequenza di campionamento all'uscita)
- Il rumore di quantizzazione all'ingresso del filtro digitale è
 - molto elevato (convertitore ad un bit)
 - a spettro esteso su una banda molto ampia (legata alla frequenza del modulatore) con poco rumore alle basse frequenze (grazie all'integratore nella catena diretta)
- Il filtro digitale opera
 - come una sorta di contatore up-down (aumentando il numero di bit)
 - come filtro passa-basso (eliminando il rumore ad alta frequenza)
 - come decimatore (riducendo la frequenza di campionamento)

Caratterizzazione degli ADC

- L'accuratezza di un convertitore viene espressa dai costruttori, talvolta in modo implicito, con una serie di numeri sotto forma di: non-linearità differenziale, non-linearità integrale, accuratezza assoluta, accuratezza relativa, ecc.
- Il costruttore normalmente preferisce indicare il valore a lui più favorevole, cosa che generalmente si ottiene:
 - in condizioni statiche,
 - riferendosi al "full-range"
 - in condizioni ambientali ottimali

Numero di bit e risoluzione

Se il convertitore è unipolare il valore dell'LSB è definito come:

$$LSB_U = \frac{FS}{2^N}$$

Se il convertitore è bipolare il valore dell'LSB è definito come:

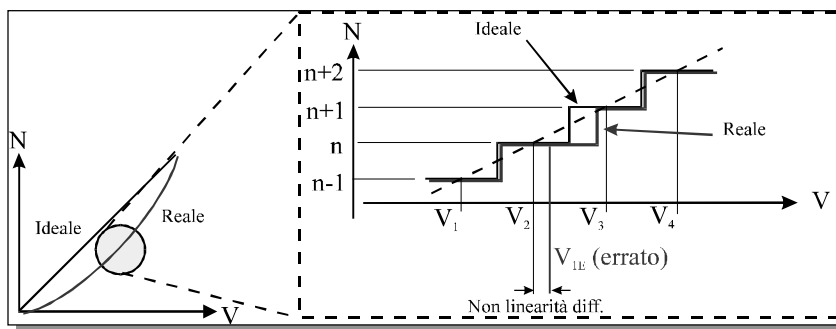
$$LSB_B = \frac{FS}{2^{N-1}}$$

Una formula unica si ottiene facendo riferimento all "full range", definito come differenza tra la massima tensione misurabile e la minima tensione misurabile

$$LSB = \frac{FR}{2^N}$$

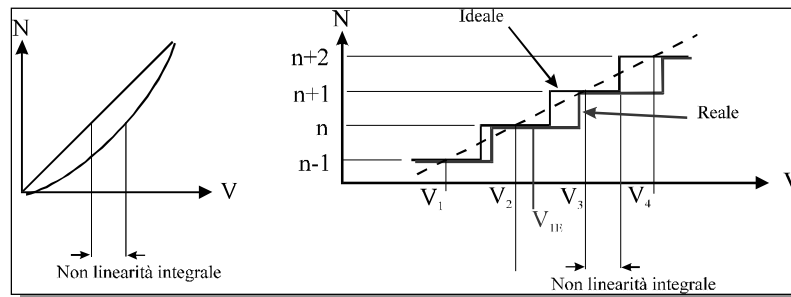
Caratteristiche degli ADC

- **(Errore di) Quantizzazione:** metà dell'intervallo di quantizzazione (ovvero dell'LSB).
- **Non-linearità differenziale (DNL):** scostamento dalla risposta di un convertitore ideale di un singolo gradino



Caratteristiche degli ADC

- **Non linearità integrale (INL):** scostamento massimo della caratteristica di un ADC dal valore di un ADC ideale



Caratteristiche degli ADC

- **Accuratezza (statica) assoluta:** massimo scarto tra valore presente all'ingresso del convertitore e valore "ideale", ottenuto dalla funzione di trasduzione inversa
- **Accuratezza (statica) ridotta:** grandezza adimensionata calcolata come rapporto tra il massimo scarto tra valore presente all'ingresso del convertitore e valore "ideale", ottenuto dalla funzione di trasduzione inversa, ed il "full range"

Caratteristiche degli ADC

Confronto tra un ADC ideale e uno con accuratezza 1/4 LSB

