

# Applicazioni non lineari dell'Op-Amp

**Obiettivo:** l'Op-Amp come comparatore e multivibratore astabile;

**Requisiti:** teoria delle reti, principi dell'Op-Amp.

**Note:** necessita di oscilloscopio hardware o software (tipo Osc 251).

**Per una maggiore efficacia nello svolgimento dell'esercitazione è consigliato attenersi scrupolosamente alle indicazioni date qui di seguito.**

## 1. COMPARATORE CON OP-AMP AD ANELLO APERTO

Il comparatore è il più semplice degli esempi di circuito con Op-Amp non lineare.

Tale circuito ha la finalità di confrontare un segnale con un riferimento, presentando in uscita un livello di tensione esprime il risultato del confronto.

Non essendovi reazione negativa è necessario sottolineare che non valgono le proprietà messe in luce nell'esercitazione precedente: in particolare, non è più valido il principio di corto circuito virtuale all'ingresso dell'Op-Amp.

Una soluzione circuitale estremamente semplice per la realizzazione di un comparatore prevede l'uso di un Op-Amp non reazionato (ad anello aperto), con gli ingressi collegati al segnale ed al riferimento da confrontare.

La configurazione può essere del tipo invertente (vedi Figura 1) o non invertente (vedi Figura 2), in base al pin dell'Op-Amp cui colleghiamo il segnale d'ingresso. All'altro pin, ovviamente, dobbiamo collegare la tensione di riferimento (massa nel caso di figura).

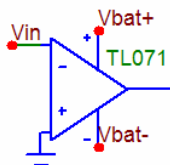


Figura 1 - comparatore invertente

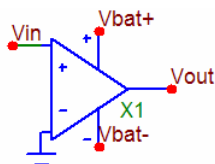


Figura 2 - comparatore non invertente

Il funzionamento dell'Op-Amp ad anello aperto è dettato dall'enorme guadagno di tensione presentato dal dispositivo reale (tipicamente superiore a  $10^5$ ). Tale guadagno causa, anche con una piccolissima d.d.p. ai pin d'ingresso, tensioni in uscita che facilmente raggiungono i massimi valori consentiti per l'integrato (di solito qualche volt al di sotto della tensione di alimentazione). Nel caso dell'Op-Amp utilizzato (il TL071) una rapida verifica del datasheet (vedi Figura 3) ci informa che con alimentazione a  $\pm 9V$  è possibile ottenere una tensione massima d'uscita pari a circa  $\pm 7.5V$ . Osservando ancora il datasheet, notiamo che il guadagno in continua del dispositivo è intorno  $2 \cdot 10^5$  (vedi di Figura 4 la curva "Differential Voltage Amplification"). Da tali valori possiamo dedurre che con una d.d.p. in ingresso pari a:

$$V_{In-Sat} = \frac{V_{Sat}}{A_v} = \frac{7.5}{2 \cdot 10^5} = 37.5 \mu V$$

raggiungiamo la saturazione dello stadio di uscita dell'amplificatore.

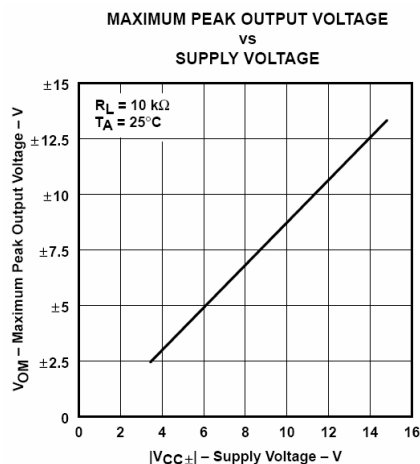


Figura 3 - dinamica di uscita del TL071

Quindi, nel caso in cui il riferimento di tensione sia posto a massa ( $V_{ref} = 0V$ ), otteniamo in uscita una tensione che va a  $\pm V_{sat}$  non appena il segnale d'ingresso supera in valore assoluto i  $37.5 \mu V$ . In tal modo abbiamo realizzato un comparatore con riferimento a zero. Se montato in configurazione invertente (vedi Figura 1) l'uscita  $V_{sat}$  ha segno opposto all'ingresso, se non invertente (vedi Figura 2) ha lo stesso segno.

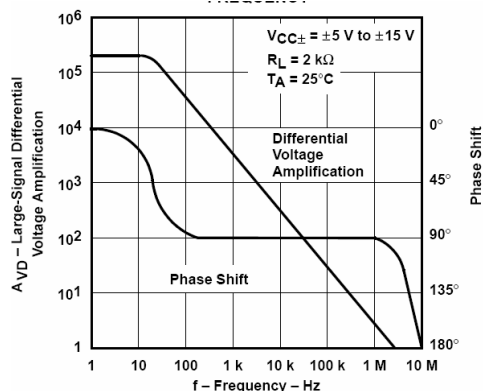


Figura 4 - Amplificazione del TL071

Predisponiamo a questo punto la breadboard per la verifica sperimentale di quanto detto, scegliendo la configurazione di comparatore invertente. Lo schema elettrico è presentato in Figura 5; il corrispondente piano di montaggio è rappresentato in Figura 6. Il trimmer multigiro da  $50k\Omega$ , inserito tra due resistenze  $R_1 = R_2 = 10k\Omega$ , è utilizzato come generatore di tensione regolabile con il seguente intervallo di variazione:

$$V_{bat-} + R_2 \frac{V_{bat+} - V_{bat-}}{R_1 + Trim + R_2} \leq V_{in} \leq V_{bat+} - R_1 \frac{V_{bat+} - V_{bat-}}{R_1 + Trim + R_2}$$

che, con i valori nominali dei componenti, consente di variare  $V_{in}$  tra  $-6.4 V$  e  $+6.4 V$  circa.