

# TRABALHO 6

## APLICAÇÕES DO AMPLIFICADOR OPERACIONAL COMO DISPOSITIVO NÃO LINEAR

### 1 - INTRODUÇÃO

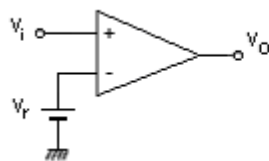
Neste trabalho os amp. op.'s surgem em montagens onde funcionam como dispositivos não lineares: comparadores, detectores de nível com histerese e geradores de onda, etc. Nos comparadores não existe realimentação bastando uma ligeira diferença nas 2 tensões de entrada para a saída aparecer saturada dado o ganho diferencial ser muito elevado

$$v_o = A_d(v^+ - v^-).$$

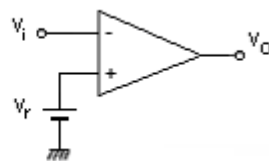
Nos detectores de nível com histerese os amp. op.'s possuem realimentação positiva. Por esse facto, além do valor da entrada também o estado da saída vai influenciar o comportamento do circuito.

### 2 - COMPARADORES

O comparador faz parte de uma classe de circuitos utilizados para converter sinais analógicos em sinais com 2 níveis bem distintos. No caso do amp. op. esses níveis são normalmente  $+V_{cc}$  e  $-V_{cc}$ . Sempre que o sinal de entrada ultrapassa determinada tensão de referência (vice-versa), a saída comuta de um nível para o outro (muda de estado). As várias configurações possíveis resumem-se na figura seguinte:



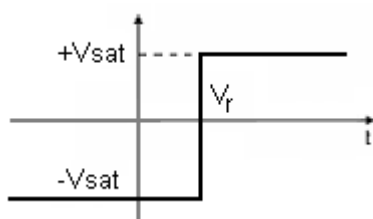
Comparador não inversor



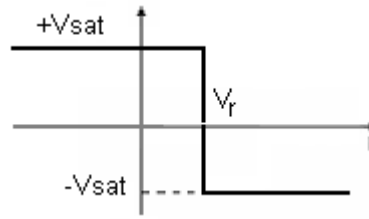
Comparador inversor

Figura 1

A característica de transferência destes comparadores (representação gráfica da relação entre a saída e a entrada) confirma o seu carácter não linear (Fig.2).



Comparador não inversor



Comparador inversor

Figura 2

Por razões óbvias estes circuitos comparadores também se costumam designar por detectores de nível ("level detectors" em terminologia inglesa). É possível combinar um comparador inversor com outro não inversor e utilizar duas tensões de referência de valor diferente para obter um circuito que permita detectar se a tensão de entrada se encontra entre dois limites  $V_s$  e  $V_i$  ("Window Comparator").

### 3 - DETECTOR DE NÍVEL COM HISTERESE.

Estes circuitos são realimentados positivamente (Fig 3) e são normalmente utilizados para converter sinais que variam lentamente no tempo, em sinais que apresentam transições rápidas entre 2 níveis.

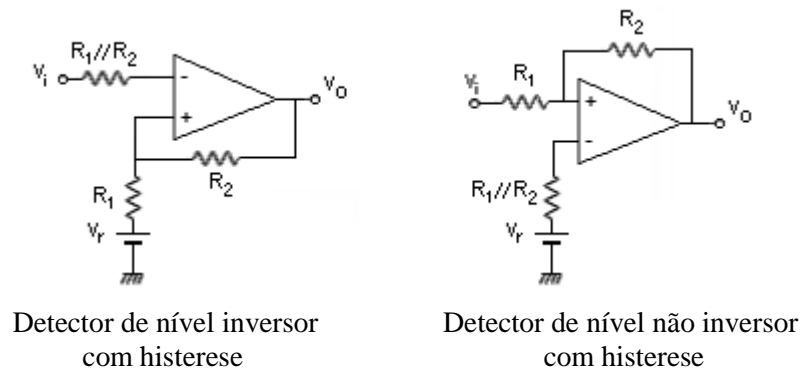


Figura 3

Relativamente aos comparadores tem a vantagem de possuírem uma margem de ruído devido à sua característica apresentar histerese (Fig.4), evitando assim comutações sucessivas, quando a tensão oscilar em torno da tensão de referência devido ao ruído. Essa margem de ruído depende do valor das resistências  $R_1$  e  $R_2$ :

$$\Delta V = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat}$$

$$\Delta V = \frac{R_1}{R_2} V_{sat}$$

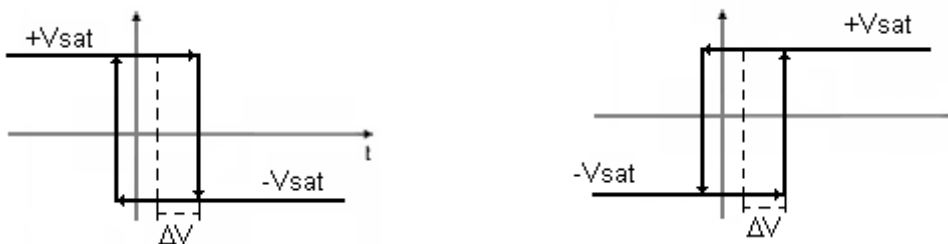


Figura 4

## OBJECTIVO DO TRABALHO

Neste trabalho realizam-se algumas montagens onde se pretende demonstrar o funcionamento do amp. op. como dispositivo não linear. O amp. op. será utilizado como comparador, detector de nível com histerese.

## MATERIAL A UTILIZAR

- 2 Fontes de tensão
- 1 Gerador de sinal
- 1 Multímetro
- 1 Osciloscópio
- 1 Placa de montagem
- 2 Amp. op.  $\mu A$  741
- 1 Potenciômetro de  $5\text{ K}\Omega$
- 2 Resistências de  $10\text{ K}\Omega$
- 2 Resistências de  $1\text{ K}\Omega$
- 2 Resistência de  $47\text{ K}\Omega$
- 1 condensador de  $0.47\text{ }\mu\text{F}$

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### CUIDADOS ESPECIAIS DE PROCEDIMENTO

Deve recordar a forma de utilização do material de laboratório de forma a estar perfeitamente ciente do seu uso. Ligue as 2 fontes de alimentação do modo indicado na Fig.5.

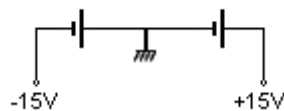


Figura 5

Deve ter o máximo cuidado em observar o seguinte:

- ao alimentar o amp. op., ligue o terminal massa, ou de referência de tensões, em último lugar. Ao desligar a alimentação o terminal massa é o primeiro a ser desligado.
- o gerador de sinal só deve ser ligado após o amp. op. estar devidamente alimentado, e deve ser desligado antes de se retirar a alimentação ao amp. op.

A não observância destas regras conduz invariavelmente à destruição do amp. op..

#### 1- Comparador não inversor

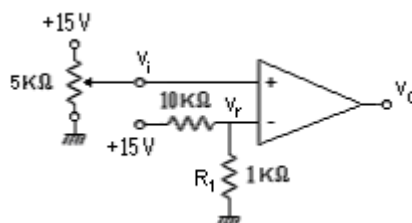


Figura 6

Monte o circuito indicado na Fig.6. Utilizando o multímetro meça o valor de  $V_r$ , tensão de referência do comparador. Actue no potenciômetro até que, no canal 2 do osciloscópio observe a tensão de saída comutar. Fazendo uso do multímetro, meça então  $v_i$ . Proceda do mesmo modo para diferentes valores de  $R_1$ :  $1K\Omega$ ,  $10K\Omega$  e  $47K\Omega$ . Explique o funcionamento do comparador.

$R_1$	$V_r$	$v_i$ ( $v_o$ comuta)
$1K\Omega$		
$10K\Omega$		
$47K\Omega$		

2- O circuito da Fig.7 é um caso particular de um comparador inversor onde  $V_r = 0V$ , conhecido como detector de passagem por zero.

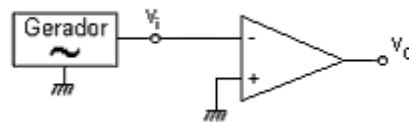
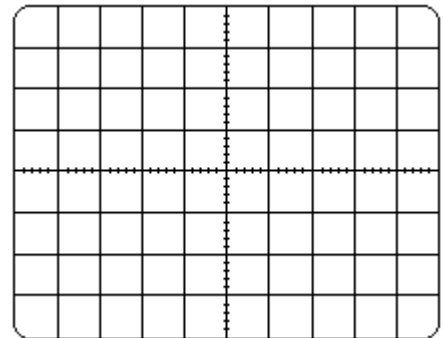


Figura 7

2.1- Aplique à entrada do circuito um sinal sinusoidal com cerca de  $1 V_{pp}$  e  $1 KHz$  de frequência. Registre as formas de onda relativas à entrada e à saída. Justifique o comportamento do circuito.

2.2- Inverta agora as ligações nas entradas do amp. op. (tenha cuidado de proceder a esta operação com a alimentação desligada!). Dispõe agora de um comparador não inversor. Visualize as saídas do circuito para o mesmo sinal de entrada que utilizou em 2.1. Qual a diferença em relação ao ponto 2.1.



3- Comparador de janela.

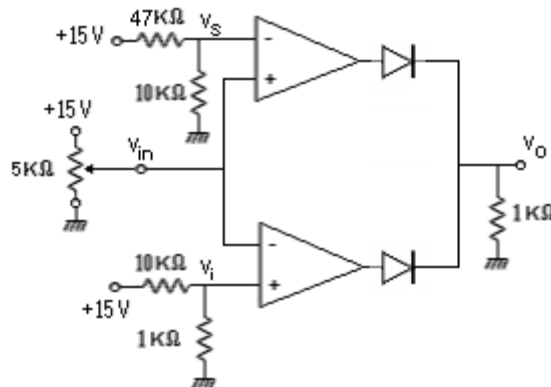


Figura 8

Monte o circuito da Fig 8. Meça os valores de  $V_s$  e  $V_i$  com o multímetro. Faça variar a tensão  $v_{in}$  entre 0V e 15V. Utilize o osciloscópio para detectar a comutação na saída. Com auxílio do multímetro digital registre os valores de  $v_{in}$  nessas situações.

$$V_s = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_i = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$v_i(\text{quando } v_o \text{ passa de } +V_{sat} \text{ para } 0V) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$v_i(\text{quando } v_o \text{ passa de } 0V \text{ para } +V_{sat}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Como pode alterar os níveis de comutação?

4- Monte o circuito indicado na Fig 9.

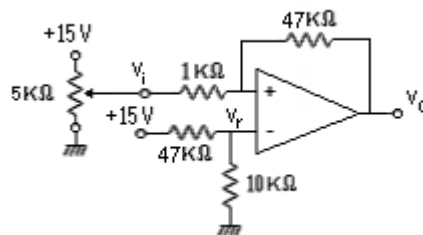


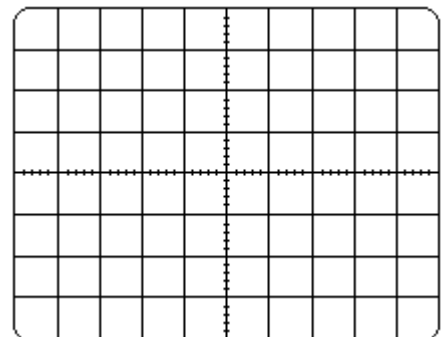
Figura 9

4.1- Fazendo uso do multímetro meça  $V_r$ . Actuando no potenciômetro faça variar  $v_i$  a partir de 0V e registre o seu valor quando a tensão na saída comuta. Note que se continuar a aumentar o valor de  $v_i$  a tensão na saída não se altera. Faça agora diminuir  $v_i$  anotando o seu valor quando observar nova comutação na tensão de saída. Se continuar a diminuir  $v_i$  a tensão de saída deve manter-se constante.

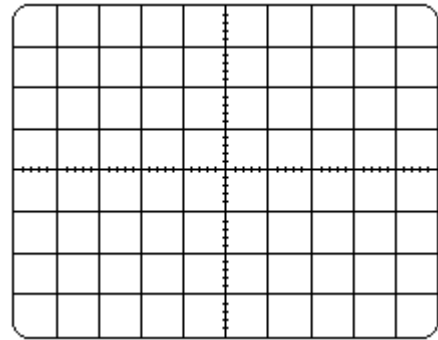
$$v_i(\text{quando } v_o \text{ passa de } -V_{sat} \text{ para } +V_{sat}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$v_i(\text{quando } v_o \text{ passa de } +V_{sat} \text{ para } -V_{sat}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

4.2- Visualize directamente no osciloscópio a característica de transferência do detector de nível. Proceda do seguinte modo: comute a base de tempo do osciloscópio para a posição CH2. A tensão aplicada às placas de deflexão horizontal é agora uma imagem linear da tensão lida pelo canal 2. Ligue a este canal a entrada do seu circuito e aplique à entrada um sinal triangular de  $10V_{pp}$  e cerca de 500Hz. Ligue a saída do seu circuito ao canal 1 do osciloscópio. A figura observada deve traduzir então a relação  $v_o = f(v_i)$ . Explique a característica registada tendo em conta os valores registados em 4.1.



4.3- Aplique à entrada do detector nível um sinal sinusoidal com cerca de  $10V_{pp}$  e 0.5 KHz de frequência. Registe as formas de que observa simultaneamente nos 2 canais. Compare o sinal de saída com o registrado para o comparador sem histerese.



5- O circuito da figura 10 representa um gerador de onda quadrada.

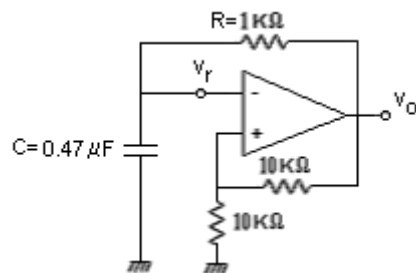
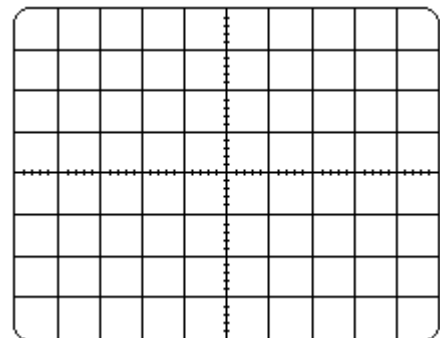


Figura 10

5.1- Visualize simultaneamente o sinal  $V_r$  e o sinal  $v_o$ . Registe as formas de onda observadas. Explique o funcionamento do circuito.



5.2 Mostre que o período da onda quadrada é  $T = 2RC \ln 3$ .