

# AMPLIFICADORES OPERACIONAIS - COMPARADORES

## Relatório 07 de ELT 311

Wéríkson F. O. Alves - 96708

Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Brasil

e-mails: werikson.alves@ufv.br

### Resumo

Este relatório abordará o tema de Amp-op's buscando analisar e entender o funcionamento no modo comparador simples e o regenerativo, além de compreender o efeito de histerese. Em seguida, serão realizadas algumas simulações acerca dos modelos citados com uma comparação ao final entre os resultados teóricos e práticos obtidos.

### Introdução

Como já estudado anteriormente, o Amp-op permite diversas aplicações, e uma dessas aplicações é a configuração do comparador simples cuja a resposta é determinada pela comparação da tensão de referência. Outros modelos, semelhantes, também utilizados são o comparador com histerese (Schmitt Trigger) e o comparador regenerativo.

### Objetivos

Portanto, este relatório tem por objetivo analisar e entender o funcionamento dos Amp-op's como comparador. Além disto possui o objetivo de entender como funciona o comparador regenerativo e comprovar o efeito de histerese no comparador.

### Materiais e Métodos

- 2 Resistores de 1,0 k $\Omega$ ;
- 1 Resistor de 470 k $\Omega$ ;
- 1 Resistor de 180 k $\Omega$ ;
- 1 Resistor de 10 k $\Omega$ ;
- 2 Zeners de 5,1 V;
- 1 Amplificador Operacional 741.

### Parte teórica

#### Comparador Simples

Para esta configuração o sinal que chega na porta inversora é o "resultado" do divisor de tensão, sendo que esta tensão é a tensão de referência do circuito. Na entrada não inversora chega o sinal  $V_i$ . Neste modelo o circuito compara o sinal de  $V_i$  com o sinal de referencia, podendo, o sinal de saída  $V_o$ , assumir dois valores distintos, sendo eles  $-V_{sat}$  e  $+V_{sat}$ . Portanto, se  $V_i$  for menor que a tensão de referencia o sinal  $V_o$  é  $-V_{sat}$  e caso  $V_i$  seja maior que a tensão de referencia  $V_o$  é  $+V_{sat}$ . O circuito é apresentado na Figura 1.

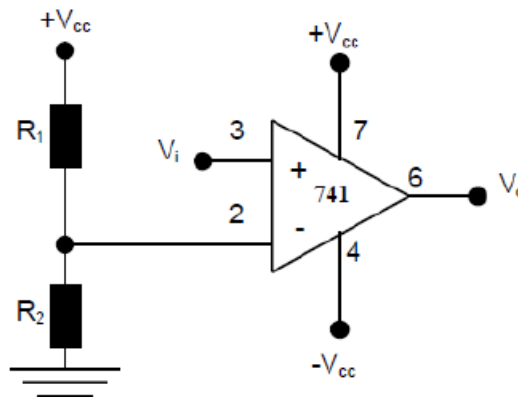


Figura 1: Comparador simples.

#### Comparador Schmitt Trigger

O circuito comparador com histerese (Schmitt Trigger) tem o objetivo de evitar o efeito indesejável causado pelo ruído. Existe neste circuito uma realimentação positiva que faz com que a tensão de referência " $V_{ref}$ " seja função da tensão de saída. Portanto, teremos ora uma tensão de referência positiva ora uma tensão de referência negativa dependendo se " $V_o$ " está em nível alto ou nível baixo, respectivamente. Como resultado deste comportamento,

a função de transferência do circuito apresenta dois níveis de comutação: um ponto de comutação para nível alto ( $V_{ref-}$ ) e um ponto de comutação para nível baixo ( $V_{ref+}$ ). A região entre " $V_{ref+}$ " e " $V_{ref-}$ " é chamada de histerese do circuito Schmitt Trigger. A largura desta região de histerese irá determinar o nível de rejeição a ruídos do circuito. O circuito é apresentado na Figura 2.

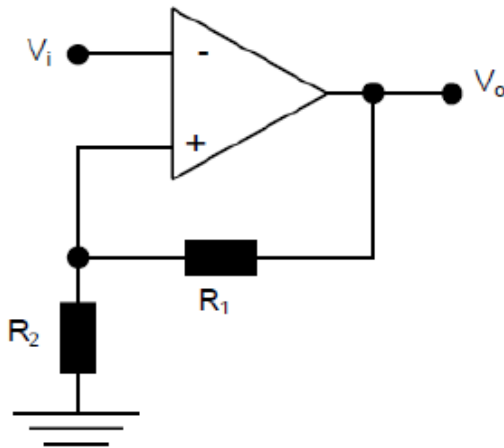


Figura 2: Comparador Schmitt Trigger.

### Comparador Regenerativo

Neste modelo, ao limitar a tensão de saída com o diodo zener faz com que a tensão de saída seja cada vez mais próxima de uma onda quadrada perfeita. O circuito é apresentado na Figura 3.

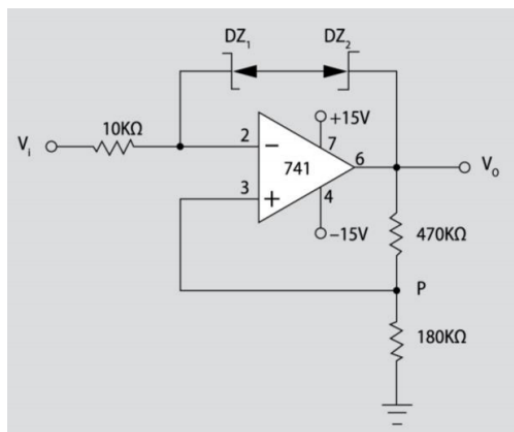


Figura 3: Comparador Regenerativo.

## Parte Prática

### Comparador Simples

Inicialmente foi montado o circuito da Figura 4, a qual possui  $R_1$  e  $R_2$  iguais a 1 kΩ,  $V_{CC} = \pm 12$  V, frequência

de 1 KHz e 1  $V_{pp}$  de amplitude. Após simular foi obtido a Figura 5. Depois, o sinal de entrada foi alterado para 20  $V_{pp}$ , como pode ser visto na Figura 6, gerando a resposta vista na Figura 7.

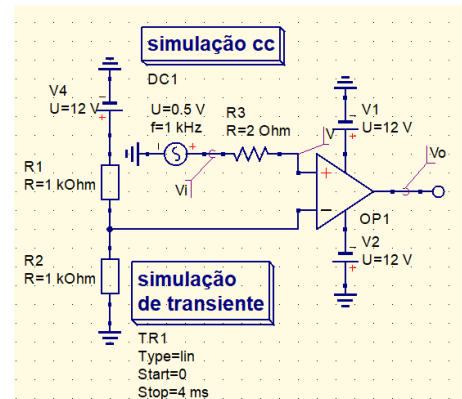


Figura 4: Simulação: Comparador Simples (0,5 Vp).

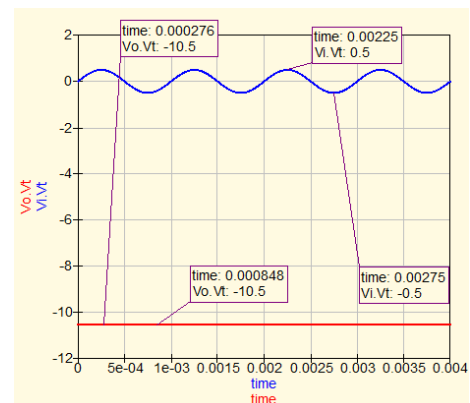


Figura 5: Resposta: Comparador simples para 0,5 Vp.

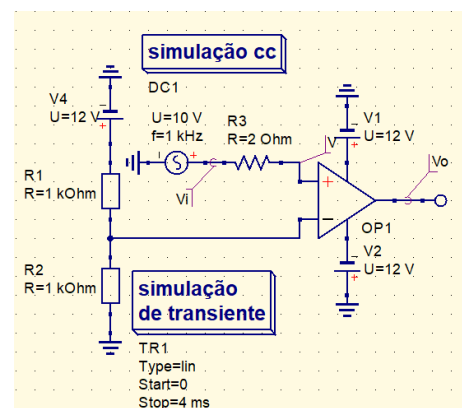


Figura 6: Simulação: Comparador Simples (10 Vp).

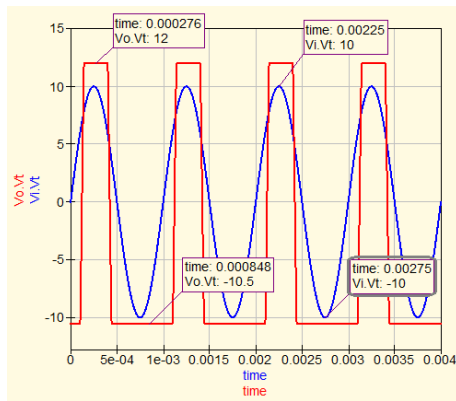
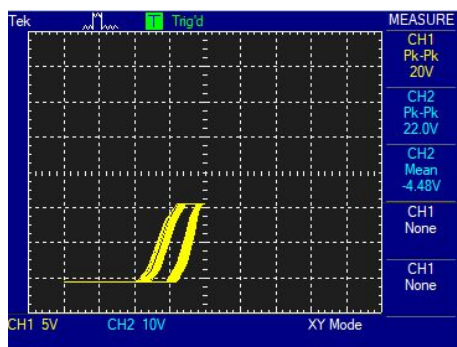


Figura 7: Resposta: Comparador simples para 10 Vp.

A varredura X-Y é apresentado a seguir:



Portanto, percebe-se que para pequenos valores ou valores abaixo da tensão de referência a componente CA, do sinal de saída, é aproximadamente zero, contudo a componente CC do sinal de saída possui um valor fixo de -10,5. Já para valores acima da tensão de referência o amplificador permite a passagem da componente CA fazendo com que o sinal de saída fique alternado, variando de 12 à -10,5 V.

### Comparador Schmitt Trigger

Em seguida, foi montado o circuito da Figura 9, a qual possui  $R_1$  e  $R_2$  iguais a 10 k $\Omega$  e 1 k $\Omega$ , respectivamente, alimentada por  $V_{CC} = \pm 12$  V, sendo aplicado um sinal de entrada com frequência de 1 KHz e 1  $V_{pp}$  de amplitude. Após simular foi obtido a Figura 10 e ???. Depois o sinal de entrada foi alterado para cerca de 20  $V_{pp}$ , como pode ser visto na Figura 11, gerando a resposta vista na Figura 12.

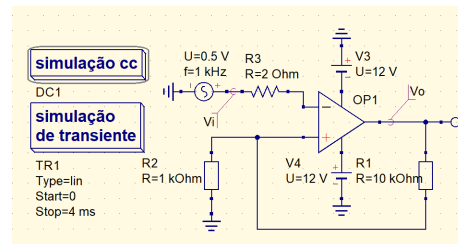


Figura 9: Simulação: Comparador Schmitt Trigger (0,5 Vp).

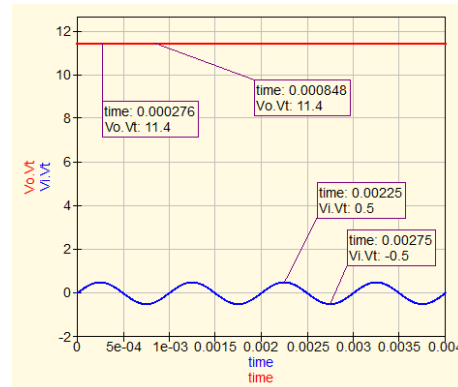


Figura 10: Resposta: Comparador Schmitt Trigger para 0,5 Vp.

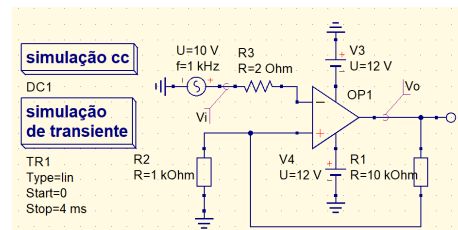


Figura 11: Simulação: Comparador Schmitt Trigger (10 Vp).

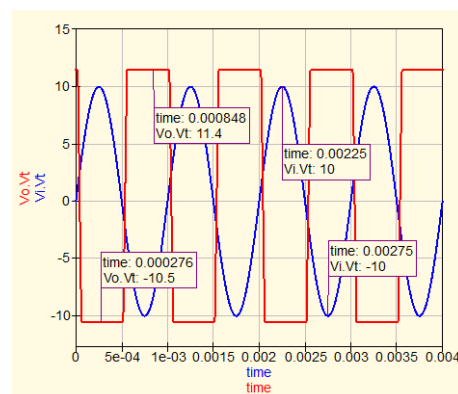


Figura 12: Resposta: Comparador Schmitt Trigger para 10 Vp.

A varredura X-Y é apresentado a seguir:

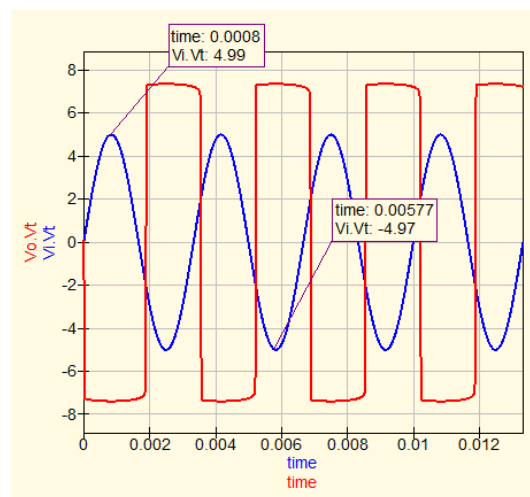
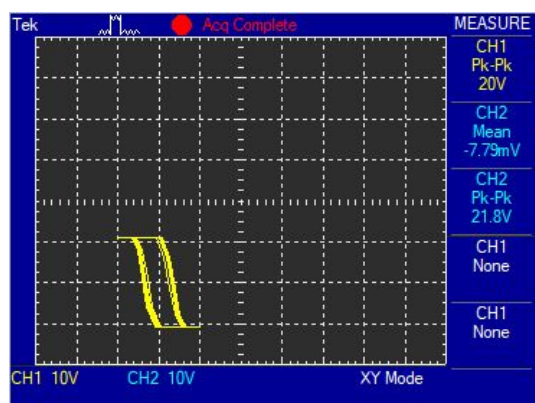


Figura 15: Resposta: Comparador Regenerativo 5 Vp.

Semelhantemente ao comparador simples para sinais abaixo da tensão de referencia a componente CA é nula restando apenas a componente CC. Logo, ao elevar o sinal de entrada, passa a existir esta componente, contudo, ela possui uma diferença de fase de  $180^\circ$ , sendo assim, invertida em relação a entrada. Além disto, os limites do sinal de saída são bem parecidos com o comparador simples.

### Comparador Regenerativo

Em uma nova simulação foi montado o circuito comparador regenerativo, Figura 14. Para isto, foram considerados DZ1 e DZ2 tendo valores iguais a 5,1 V e um valor de alimentação igual a  $\pm 15$  V. Em seguida, foi aplicado um sinal senoidal a entrada do circuito de 300 Hz e  $10V_{pp}$ , medindo assim o sinal de entrada e saída, como pode ser visto na Figura 15.

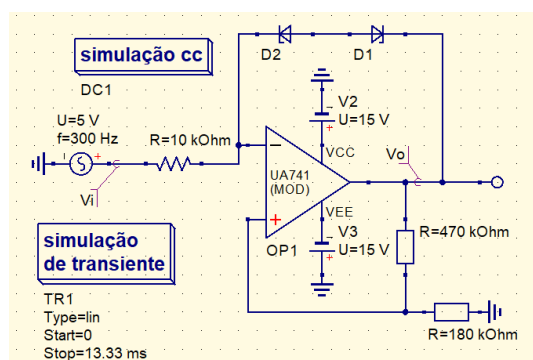


Figura 14: Simulação: Comparador Regenerativo para 5 Vp.

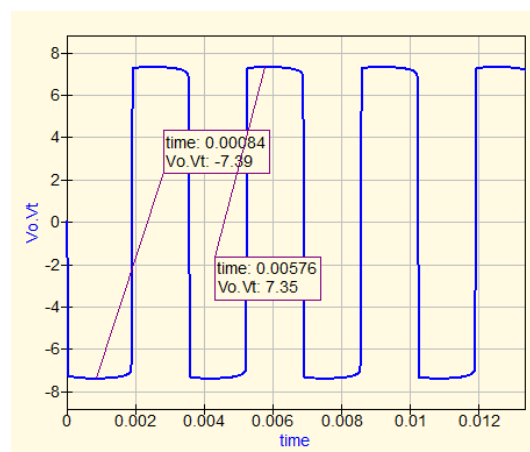


Figura 16: Saída Vo.

A varredura X-Y é apresentado a seguir:

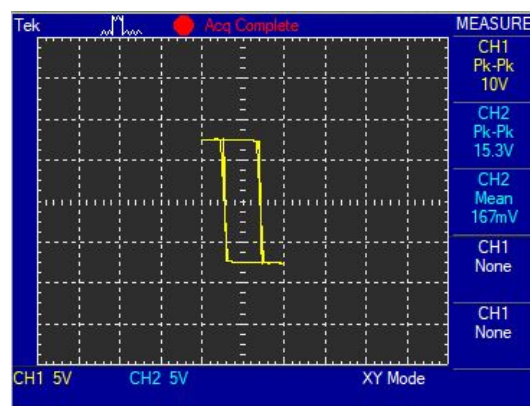


Figura 17: Varredura X-Y: Comparador Regenerativo.

## Conclusão

Portanto, pode-se afirmar que objetivo foi cumprido, de forma que foi possível analisar e entender os efeitos do comparador simples, Schmitt Trigger e Regenerativo em circuitos amplificadores.

## Referências

- [1] R. L. Boylestad and L. Nashelsky, *Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos*, vol. 6. Prentice-Hall do Brasil, 1984.