

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PETRÓPOLIS

CENTRO DE ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO

RELATÓRIO DA TERCEIRA EXPERIÊNCIA

Comparadores de Tensão

Aluno
Hiago Riba Guedes

RGU
11620104

Petrópolis
4 de Abril de 2018

Conteúdo

| | | |
|----------|----------------------------|----------|
| 1 | Resumo | 2 |
| 2 | Teoria | 3 |
| 2.1 | Circuito Padrão | 3 |
| 2.2 | Schmitt Trigger | 5 |
| 3 | Experiência prática | 7 |
| 3.1 | Circuito 1 | 7 |
| 3.2 | Circuito 2 | 8 |
| 4 | Conclusões | 9 |

1 Resumo

O presente trabalho faz parte do 3º relatório presente na ementa composta pela disciplina de Laboratório de Eletrônica II ministrada pelo professor Paulo Cesar Lopes Leite no dia 20 de Março de 2018 para a turma E-ELE-A07 na instituição Universidade Católica de Petrópolis. Seu objetivo é de estudar o comportamento dos circuitos comparadores de tensão que é mais uma das aplicações com amplificadores operacionais.

2 Teoria

Circuitos comparadores de tensão como o próprio nome diz, servem para comparar duas tensões entre dois pontos em sua entrada e poder então dar uma resposta do tipo booleana em sua saída ,muito utilizada em circuitos de controle, por poder mandar um sinal de Enable para poder ativar determinado circuito em seu sistema.

2.1 Circuito Padrão

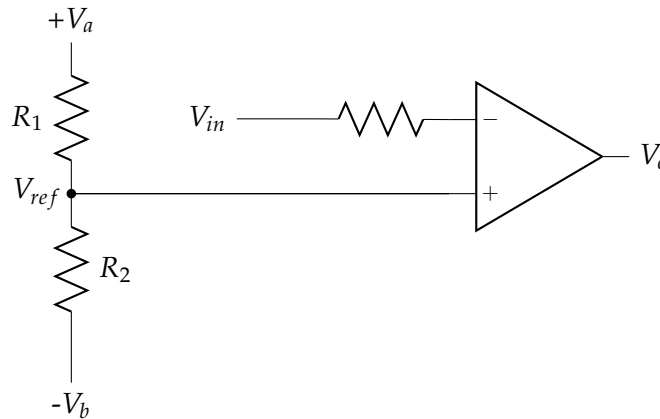


Figura 1: Exemplo de circuito comparador de tensão

Com o controle de V_{ref} devido ao divisor resistivo e sem a inclusão de uma malha de realimentação positiva o amplificador utiliza seu ganho natural,segundo a fórmula abaixo, que tende a $+\infty$.

$$V_o = A(V_{Ref} - V_{in})$$

Dessa fórmula só podemos tirar duas conclusões:

Se:

$V_{ref} > V_{in} \rightarrow V_o = +\infty$ que na prática acaba ficando igual a entrada de alimentação positiva do amplificador operacional.

Se:

$V_{ref} < V_{in} \rightarrow V_o = -\infty$ que na prática acaba ficando igual a entrada de alimentação negativa do amplificador operacional.

Caso:

$V_{ref} = V_{in} \rightarrow V_o = \text{indeterminado}$. V_o fica com valor entre as tensões de alimentação positiva e negativa . Reta essa que tem coeficiente angular que tende ao infinito, então o valor de V_o é indeterminado.

Porém esse tipo de circuito apresenta um problema, pois para o funcionamento correto do mesmo consideramos que a entrada de tensão segue uma entrada linear perfeita e sem ruídos. Acontece que grande parte das aplicações práticas em eletrônica não ocorrem dessa maneira. Imaginemos então um V_{in} como no gráfico de baixo.

Para um sinal extremamente ruidoso e problemático como o de cima o resultado final para o nosso comparador seria.

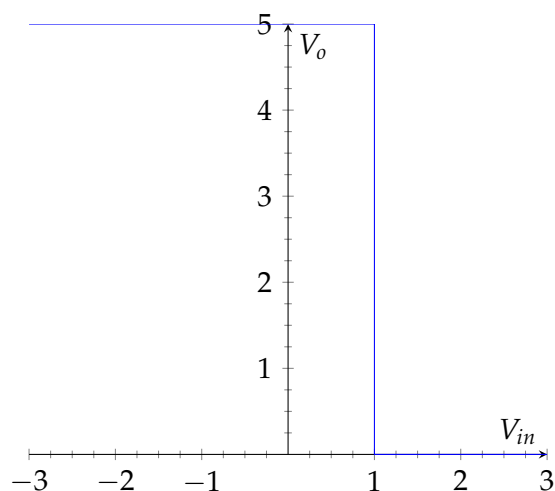


Figura 2: Comportamento da saída quando aplicada uma tensão linearizada em V_{in} da figura 1 e supondo que $V_{ref}=1$ V

Para o gráfico de V_{in} no tempo acima faremos então o gráfico de saída do nosso comparador. Fazendo a nossa referência V_{ref} a linha cinza cortando o gráfico.

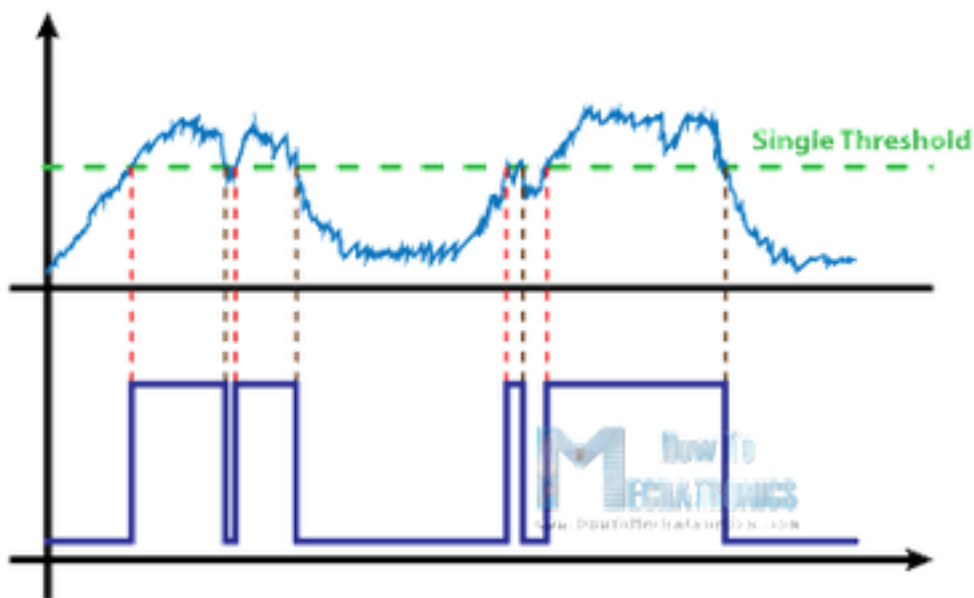


Figura 3: Saída do comparador com um entrada ruidosa; note que forma-se uma região de bouncing com um pequena variação de tensão em um de seus terminais de entrada

Aparecerá então uma região de bouncing em torno do ponto de referência, o que é altamente indesejável. Imagina um sensor de precisão que precisa ativar sua malha de controle quando o sistema começar

a acusar um pequeno erro em sua saída. Enquanto isso o sistema de enable , manda um sinal liberando, depois fechando, um momento depois abrindo de novo. Não é nem um pouco desejável um sistema que responda dessa forma.

2.2 Schmitt Trigger

Para solucionar esse problema então, o então aluno de graduação Otto H. Schmitt em 1934 propôs a ideia de simplesmente adicionar um resistor, forçando assim um retroalimentação positiva no circuito. Como na figura abaixo.

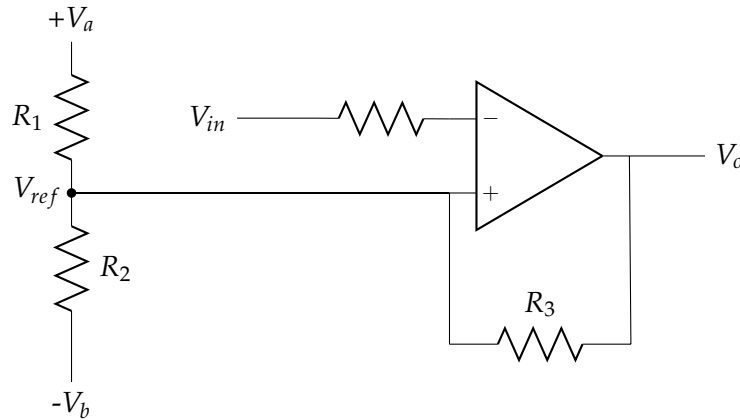


Figura 4: Circuito Schmitt Trigger

Onde V_o só poderá assumir dois valores que são $+V_{ss}$ e $-V_{ss}$ que são arbitrários. E para o funcionamento do circuito $V_b=0$ V.

Temos então as seguintes equações aplicando-se a lei dos nós

$$V_a - V_{ref} = R_1 i_1$$

$$+V_{ref} = R_2 i_2$$

$$V_{ref} - V_o = R_3 i_3$$

Como V_o pode assumir dois valores dois casos são possíveis ,um que $V_o > V_{ref}$ ou que $V_o < V_{ref}$ fazendo com i_3 ou saia do nó que é V_{ref} ou entre no mesmo. Isso é

$$i_1 = i_2 + i_3$$

ou

$$i_1 + i_3 = i_2$$

Explicitando o valor da corrente no primeiro caso temos:

$$\frac{V_a - V_{ref}}{R_1} = \frac{V_{ref} - V_b}{R_2} + \frac{V_{ref} - V_o}{R_3}$$

$$\frac{V_a}{R_1} + \frac{V_b}{R_2} + \frac{V_o}{R_3} = V_{ref} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\frac{\frac{R_2 R_3 3V_a + R_1 R_3 V_b + R_1 R_2 V_o}{R_1 R_2 R_3}}{\frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1 R_2 R_3}} = V_{ref}$$

$$V_{ref} = \frac{R_2 R_3 3V_a + R_1 R_3 V_b + R_1 R_2 V_o}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Onde normalmente a tensão V_a ou V_b é aterrada, para um aproveitamento melhor do circuito e o valor de V_o pode ter somente dois valores $+V_{ss}$ ou $-V_{ss}$, logo por consequência V_{ref} podem ter dois valores.

Para o caso $i_1 + i_3 = i_2$ se atentar que $V_o - V_{ref} = R_3 i_3$

Logo:

$$\frac{V_a - V_{ref}}{R_1} + \frac{V_o - V_{ref}}{R_3} = \frac{V_{ref} - V_b}{R_2}$$

O que dá o mesmo resultado...

Então aplicando esse mesmo sinal de entrada no circuito Schmitt Trigger temos o seguinte gráfico.

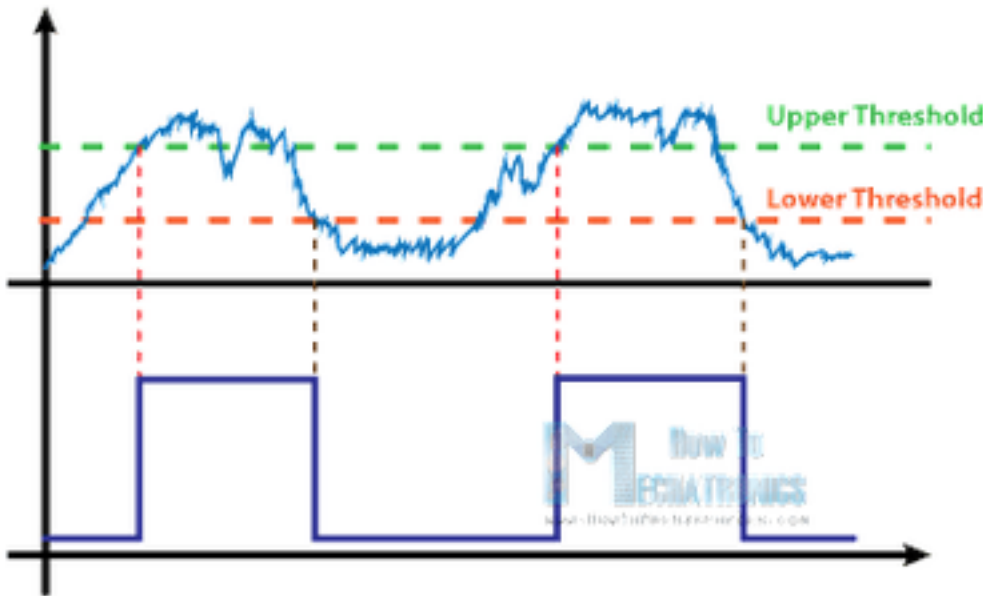


Figura 5: Saída do Schmitt Trigger com a mesma entrada ruidosa; note que nessa configuração temos dois valores de comparação .

Onde agora temos dois pontos de V_{ref} e uma vez que o sinal rompa a primeira barreira o ponto de referência muda para a segunda barreira, fazendo com que o comparador assuma um dos lados da saturação. Se o sinal romper a segunda barreira a referência volta para a primeira barreira, voltando para o nível inicial de saturação.

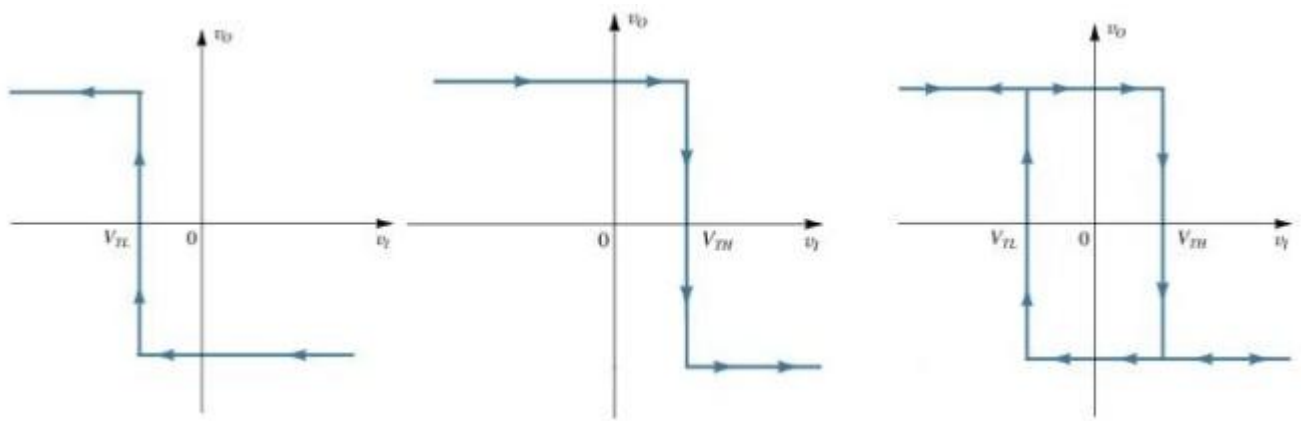


Figura 6: Gráfico que representa melhor o comportamento da histerese existente em um schmitt trigger

3 Experiência prática

Foram montados então dois circuitos na bancada

Onde variava-se os valores de P_1 (potênciometro),com isso mudava-se V_{ref} e por fim anotava-se os valores obtidos na saída V_o .Era pedido que fizesse uma tabela associando o valor de V_{in} e de V_o .

3.1 Circuito 1

Os resultados para o circuito 1 foram:

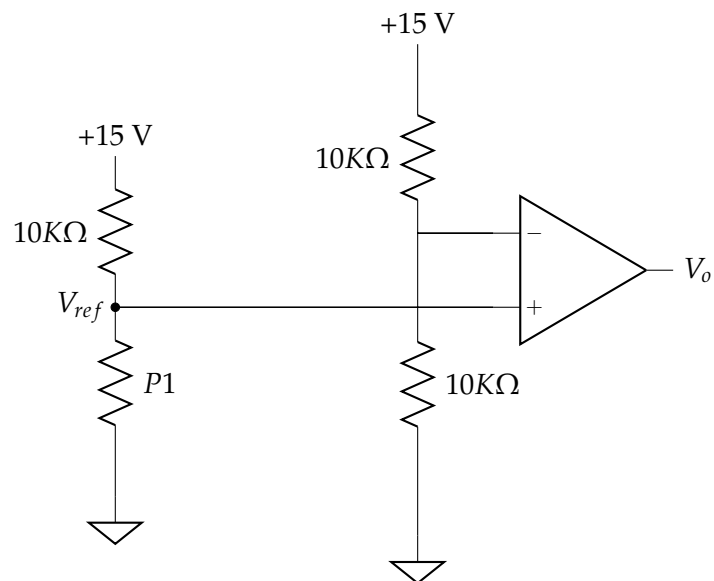


Figura 7: Circuito 1 da experiência

| $V_{ref}[\text{V}]$ | $V_{out}[\text{V}]$ |
|---------------------|---------------------|
| 0 | 11.36 |
| 0.5 | 11.36 |
| 1 | 11.36 |
| 1.5 | 11.36 |
| 2 | 11.36 |
| 2.51 | 8.20 |
| 3 | -9.64 |
| 4.5 | -9.64 |
| 4 | -9.64 |
| 4.5 | -9.64 |
| 5 | -9.65 |

3.2 Circuito 2

Já o circuito 2 era o Schmitt Trigger abaixo:

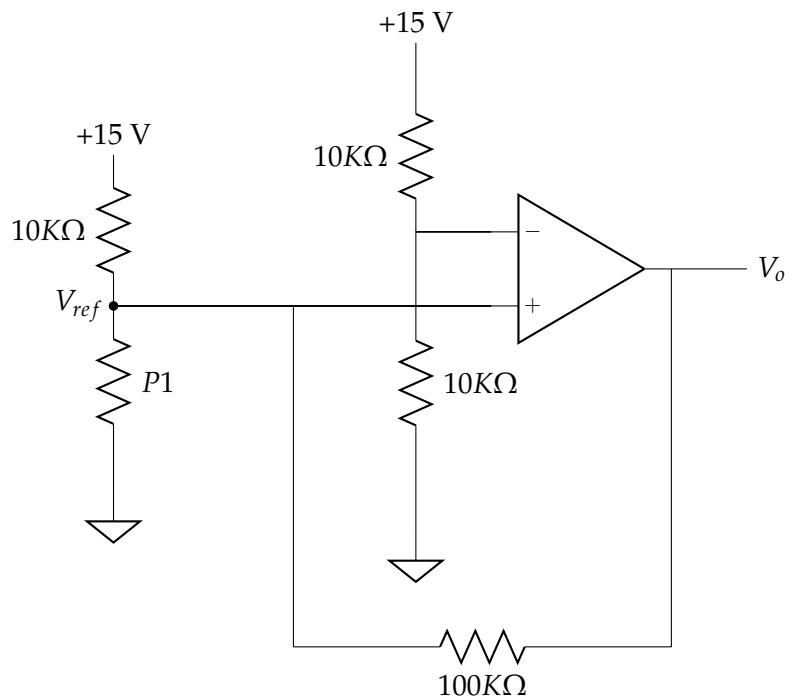


Figura 8: Circuito 2 da experiência

O circuito apresentou os seguintes resultados:

| V_{ref} [V] | V_{out} [V] |
|---------------|---------------|
| 0 | 11.25 |
| 0.5 | 11.25 |
| 1 | 11.25 |
| 1.5 | 11.25 |
| 2 | 11.25 |
| 2.5 | 11.25 |
| 3 | 11.25 |
| 3.2 | -9.62 |
| 1.6 | 11.25 |
| 3.14 | -9.64 |

Sendo 1.6 V e 3.14 V os valores de comparação para esse circuito.

4 Conclusões

Os comparadores de tensão com amplificadores operacionais são circuitos bastante precisos e atendem muito bem ao que é projetado. E mesmo para circuitos onde se há uma entrada ruidosa existem formas de se converter o problema que é o circuito Schmitt Trigger onde o projetista poderá um circuito bastante fino para o tipo de projeto em que está desenvolvendo.