



# Universidade Estadual de Campinas

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE  
COMPUTAÇÃO

EE531 (Laboratório de Eletrônica Básica I)

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Turma: \_\_

Prof. Fabiano Fruett

## Experimento VII – Termostato com histerese ajustável

### 1 Objetivo:

Neste experimento você estudará um termostato com histerese ajustável. Com pequenas modificações, este termostato poderá ser usado para regular a temperatura do seu aquário!

### 2 Componentes:

1 CI LM324

1 Soquete de 14 pinos, terminal curto

1 Potenciômetro de 1 k, 20 voltas

Resistores:  $1 \times 1 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \times 2 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \times 15 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \times 10 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \times 510 \text{ k}\Omega$ ,  $1 \times 1 \text{ M}\Omega$  e  $1 \times 300 \text{ k}\Omega$

1 Diodo 1N4148 (termostato), preparado com terminais em silicone

1 LED vermelho

### 3 Parte Experimental:

3.1 A Figura 1 mostra um comparador Schmitt Trigger com característica não inversora.

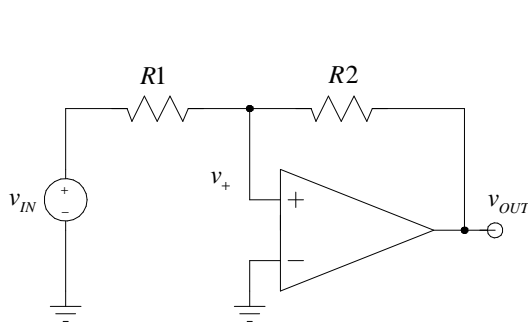


Fig. 1: Schmitt Trigger não-inversor

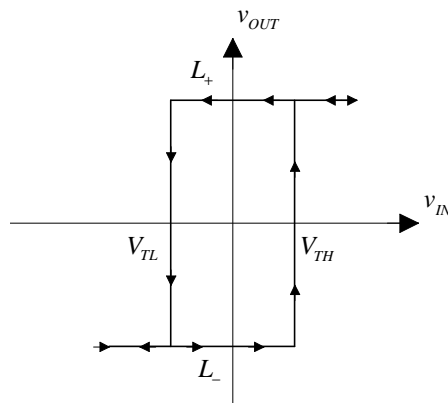


Fig. 2: Característica de transferência

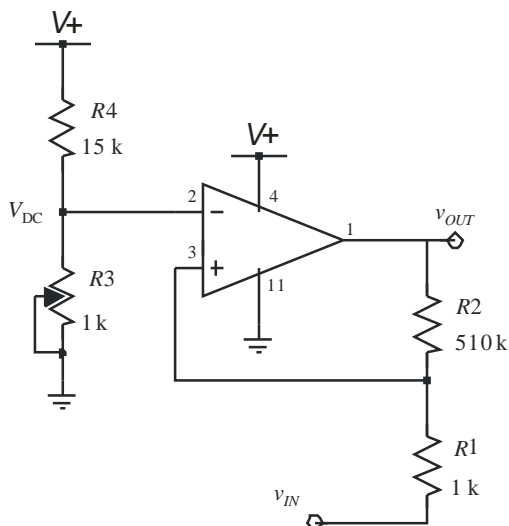
Empregamos o teorema da superposição para obter a característica de transferência, e como resultado expressamos  $v_+$  em termos de  $v_{IN}$  e  $v_{OUT}$ :

$$v_+ = v_{IN} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + v_{OUT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

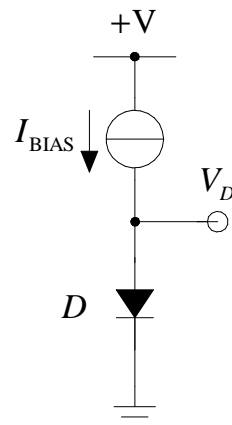
A sua característica de transferência é mostrada na Figura 2.

**Calcule literalmente as tensões de limiar  $V_{TL}$  e  $V_{TH}$ .**

- 3.2 Monte o circuito mostrado na Figura 3. Inicialmente ajuste  $V_{DC} \cong 0.6$  V através do potenciômetro R3. Aplique um sinal senoidal  $v_{IN}$ , com as seguintes características: frequência 100 Hz,  $V_{offset}=0.5$  V e 1 Vpp. Use o modo x-y para obter a função de transferência ( $v_{IN} \times v_{OUT}$ ) deste circuito. Imprima e comente. Observe qual a relação da função de transferência com  $V_{DC}$ . OBS: Ajuste  $V_+$  para obter  $L_+ = 12$  V. Atente para o fato de que este amplificador funciona com fonte única, portanto  $L_- \cong 0$  V.



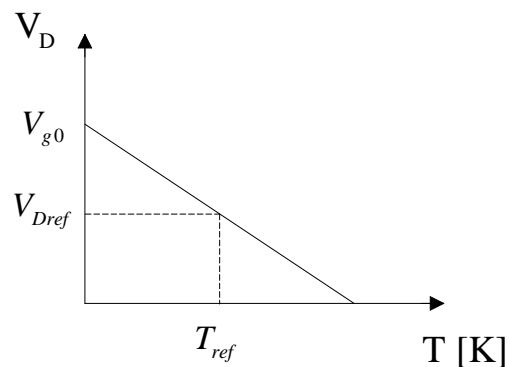
**Fig. 3: Schmitt Trigger não inversor com ajuste DC**



**Fig. 4: Diodo polarizado diretamente**

- 3.3 A queda de potencial em um diodo diretamente polarizado, pode ser expressa da seguinte forma:

$$V_D \approx V_{g0} - \left( \frac{V_{g0} - V_{Dref}}{T_{ref}} \right) T \approx V_{g0} - \lambda T$$



sendo que:

$V_{g0}$  é a tensão de bandgap do silício extrapolada para 0 K ( $V_{g0} = 1.2$  V).

$T_{ref}$  é a temperatura de referência (neste caso, temp. ambiente  $T_{ref} \cong 300$  K).

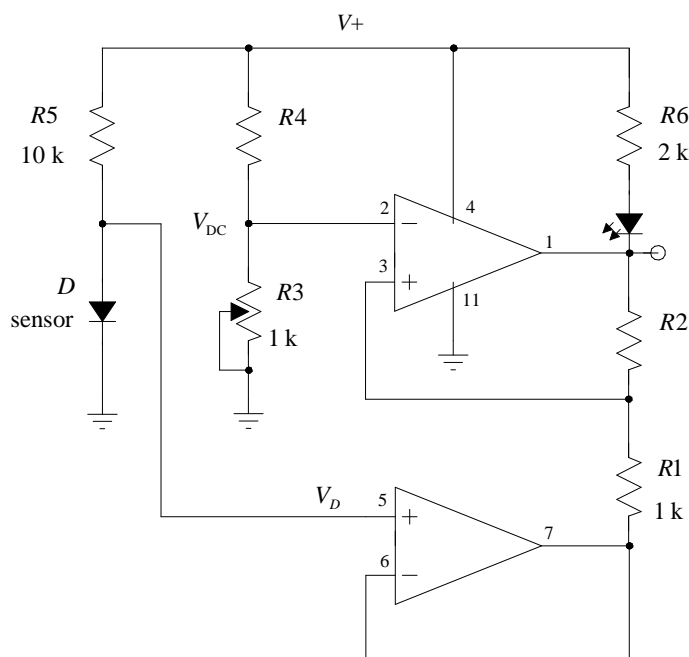
$V_{Dref}$  é a tensão no diodo a temperatura de referência.

$\lambda$  coeficiente linear (consideraremos  $\lambda = 2$  mV/K)

Polarize o diodo diretamente, como mostrado na Figura 5. Meça a temperatura da sala, usando um termômetro de mercúrio). Meça  $V_{Dref}$  nestas condições. **Calcule**  $V_D(0^\circ\text{C})$ ,  $V_D(40^\circ\text{C})$  e  $V_D(60^\circ\text{C})$ .

### 3.4 Termostato:

Monte o circuito mostrado a seguir:



**Figura 5: Termostato**

Explique seu funcionamento. Calcule R2 e R4 para que o alarme luminoso (LED) acenda na temperatura de 60°C e apague em 40°C. Comente o resultado.

**4. Bibliografia**

- 4.1 A. S. Sedra, K.C.Smith, Microeletrônica, Makron Books Ltda
- 4.2 R. Boylestad e L. Nashelsky, Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos, Prentice-Hall.
- 4.3 F. Fruett, Notas de aula, EE530, <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~fabiano/EE530/EE530.htm>