

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Eletrônica
Dispositivos e Circuitos Eletrônicos Básicos

Trabalho I

Controle on-off de temperatura.

Aluno: João Pedro Samarino
Matrícula: 2013048933

1. Introdução

Este trabalho consiste em calcular alguns parâmetros de dois circuitos citados na documentação apresentada pelo professor. O primeiro circuito deste trabalho é referente a um controlador de temperatura on-of sem histerese, com vários parâmetros já definidos que podemos ver abaixo:

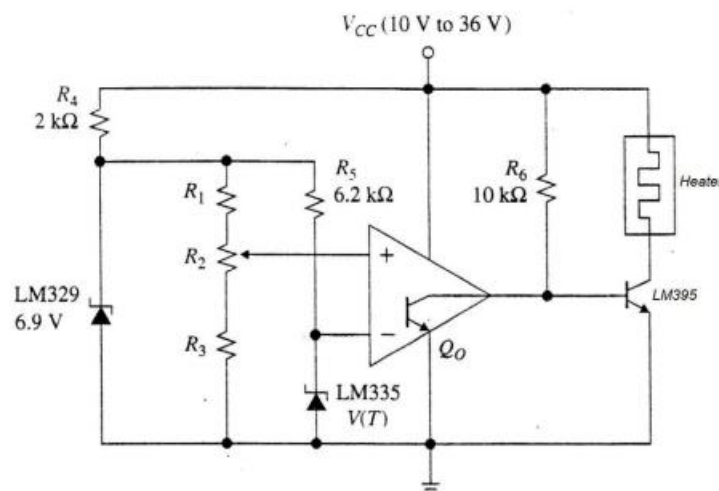


Figura 1 - Esquemático do controlador on-off de temperatura.

Como podemos ver acima na (figura 1), existe um sensor de temperatura no sistema (LM335) que quando tem uma saída menor que a tensão da entrada não inversora o amplificador abre (Q_0) o que satura o transistor (LM395), ou seja, quando a temperatura está abaixo da desejada o mesmo liga um “aquecedor”.

A segunda parte deste trabalho consiste também em determinar os parâmetros do circuito abaixo (figura 2) configurado com histerese, este circuito tem a mesma finalidade do circuito acima, porem evita que ruídos possam gerar operações incorretas.

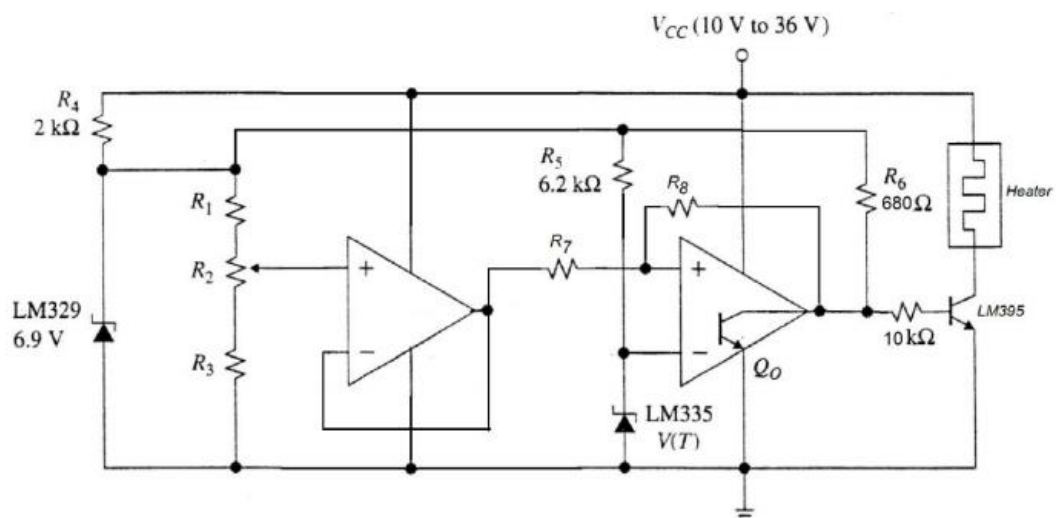


Figura 2. Esquemático do controlador on-off de temperatura com comparador de histerese.

2. Objetivo

O objetivo da primeira parte deste trabalho é especificar as resistências (R1) e (R3), de um comparador, de modo que o setpoint esteja entre 50°C a 100°C através de um potenciômetro de (5kΩ), conforme figura1.

Na segunda parte o objetivo é calcular o valor de (R8), para que o comparador possa operar com uma janela aproximada de histerese de $\pm 5^\circ \text{C}$, para isso o valor de (R7) já foi especificado em (1,82 kΩ). Neste problema é necessário o uso de valores comerciais de resistência de 1%.

3. Comparador sem histerese

Para calcular os valores de (R1) e (R2), primeiro temos que saber os valores de tensão de saída do sensor quando o mesmo está medindo 50°C e 100°C.

A expressão utilizada foi a informada na descrição do problema, e os resultados obtidos são:

$$\begin{aligned}V_t(50^\circ\text{C}) &= (0,01) * (273,15 + (50)) = 3,2315\text{V} \\V_t(100^\circ\text{C}) &= (0,01) * (273,15 + (100)) = 3,7315\text{V}\end{aligned}$$

No comparador sem histerese, temos que a saída satura se a entrada não inversora for maior que inversora se o caso oposto ele corta, então para achar os parâmetros basta que quando o potenciômetro tiver todo para um lado a malha gere a tensão correspondente a 50°C, e se estiver completamente para o outro gere a tensão correspondente a 100°C. Então abaixo podemos ver os valores obtidos:

Primeiro achamos a corrente do ramo de (R1 , R2, Pot), Podemos reparar que o mesmo está sobre uma tensão de 6,9V devido o Zener do circuito, considerando o mesmo ideal.

$$I_{\text{pot}} = 6,9 / (R1 + 5k + R2)$$

Agora podemos montar um sistema para determinar (R1) e (R2), abaixo podemos ver este:

$$\begin{cases} (R1 + 5K) \times (6,9 / (R1 + 5K + R2)) = 3,7315 \\ (R1 + 0K) \times (6,9 / (R1 + 5K + R2)) = 3,2315 \end{cases}$$

Resolvendo esse sistema na calculadora temos:

$$R1 = 32315\Omega$$

$$R2 = 31685\Omega$$

Estes são os valores exatos que foram gerados a partir do sistema acima, Como se deve especificar em valores comerciais, tem-se que o valor mais próximo destes de maneira direta, ou seja, sem associação serão:

$$R1 = 32,4k\ \Omega \text{ com } 1\% \text{ de erro, serie E96 (5 faixas).}$$

$$R2 = 32,4k\ \Omega \text{ com } 1\% \text{ de erro, serie E96 (5 faixas).}$$

4. Comparador com histerese

Nessa parte do trabalho o objetivo como já foi dito é calcular o valor de (R_8), porem para calcular este temos primeiro que fazer algumas considerações para que fique claro como este valor foi obtido.

Abaixo podemos a figura do circuito que estamos lidando, está e uma simplificação da figura 2, postada acima.

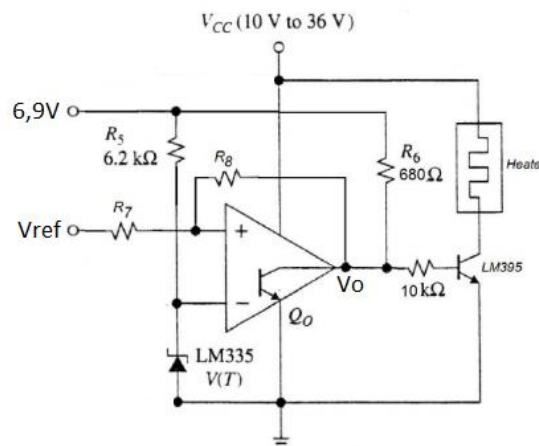


Figura 3 - circuito simplificado

Nesse circuito podemos notar que o buffer e o circuito atrás deste foi escondido, e a saída deste buffer foi chamada de (V_{ref}), isto foi feito, pois neste momento estamos preocupados somente com o calculo de R_8 , então tratar a saída do buffer como (V_{ref}) é interessante.

Primeiro estudaremos o valor de (V_o) quando (Q_o) está saturado e logo depois quando o mesmo está em corte.

Quando este está saturado é fácil notarmos que o valor de (V_o) nesse momento é igual a $|V_{ce}|$ do transistor interno (Q_0), como nas especificações não existe o nome amplificador utilizado, então consideramos (V_{ce}) igual a zero, pois se espera que o mesmo tenha um $|V_{ce}|$ baixo nesse caso.

Logo temos que:

$$V_{(o-)} = 0V$$

Agora quando o mesmo está em corte, ocorre que parte da tensão é perdida em (R_6), essa perda está associada também ao (V_{BE}) do LM395, procurando no datasheet do componente vimos que (V_{BE}) nesse transistor tem o valor de (0,9V) para configurações típicas. Então a perda em (R_6) desconsiderando a corrente de (R_8) pode ser aproximado por:

$$V_{R6} = ((6,9 - 0,9) / (10K + 680)) * 680 = 0,382V$$

Uma observação importante é que nesse caso consideramos uma corrente tendendo a zero em (R_8), se essa corrente fosse expressiva teríamos mais perda em (R_6).

Dessa maneira o calculo de (V_o) nessa situação se torna muito simples, o mesmo é dado por:

$$V_{(o+)} = 6,9 - 0,382 = 6,5179V$$

O próximo passo consiste em determinar a banda de histerese para o circuito, está faixa foi determinada como sendo ($\pm 5^\circ C$) sobre a temperatura de referencia, ou seja, temos que:

$$\begin{cases} T_{vth} = T_{vref} + 5^\circ C \\ T_{vtl} = T_{vref} - 5^\circ C \end{cases}$$

Como a relação é de temperatura e tensão é dada pela expressão informada da documentação se tem que:

$$\begin{aligned} v_{th} - v_{ref} &= +0,05V \\ v_{tl} - v_{ref} &= -0,05V \end{aligned}$$

Para o circuito dado na figura 3 temos a seguintes expressões que representam o que expressão a histerese do sistema:

$$\begin{aligned} V_{th} &= (R_7 / (R_8 + R_7)) * (V_{(o+)} - V_{ref}) + V_{ref} \\ V_{tl} &= (R_7 / (R_8 + R_7)) * (V_{(o-)} - V_{ref}) + V_{ref} \end{aligned}$$

A partir das expressões acima podemos determinar que o tamanho da banda de histerese pudesse ser dado por:

$$H = V_{th} - V_{tl}$$

Sabemos também que o tamanho da banda de histerese foi especificado como sendo:

$$H = 0,1V$$

Dessa maneira podemos determinar um (R8) que garanta sempre um tamanho fixo da banda e tenha um valor aproximado de $\pm 0,05V$ em relação a referencia, para isso fazemos:

$$\begin{aligned} H &= (R7/(R8+R7)) * (V_{(o+)} - V_{(o-)}) \\ 0,1 &= (1,82k/(1,82k+R8)) * (6,51 - 0) \\ R8 &= 116,66k\Omega \end{aligned}$$

O valor comercial mais próximo para o mesmo é:

$$R8 = 118K \Omega \text{ com } 1\% \text{ de erro, serie E96 (5 faixas).}$$

Obs: também poderíamos ter calculado (R8) a partir de (Vref) médio, porem a banda de histerese não teria tamanho constante em toda faixa de valor utilizado. Por meio dessa solução (R8) tem valor aproximado de 110k Ω . Porem a solução apresentada tem um desvio padrão menor na faixa utilizada.

5. Comparações entre comparadores

No caso do comparador sem histerese, este é muito sensível a ruídos próximos ao limite de transições, ou seja, pode gerar uma saída errada devido a um pequeno ruído na entrada, desde que esse aconteça próximo ao limite de transição.

O comparador com histerese tem como objetivo contornar este problema, pois esse só ira comutar de estado caso a entrada ultrapasse (V_{th}) no sentido descendente, ou se ultrapassa (V_{tl}) no sentido oposto, ou seja, ajustando esses limites é possível criar uma resistência a ruído de modulo ($V_{th} - V_{tl}$), porem deve-se lembrar que quanto maior essa banda de histerese maior o tempo de atraso para a comutação em caso de um sinal periódico, então em cada caso se deve estudar o valor que terá uma melhor eficiência em relação ao tamanho desta banda.