

## LAB. 02 (<http://diana.uceh.ualg.pt/Inst/lab02.pdf>)

Sensores de temperatura com base em junções pn - condicionamento do sinal proveniente do LM35DZ

---

### Material

Sensor de temperatura LM35DZ ( <a href="http://diana.uceh.ualg.pt/Inst/lm35.pdf">http://diana.uceh.ualg.pt/Inst/lm35.pdf</a> ) Amplificador operacional 741 (ou similar) Resistências diversas
--

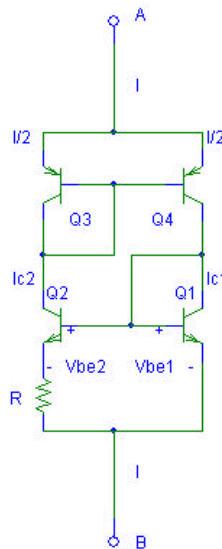
### Objectivos

Familiarizar-se com sensores de temperatura  
Introdução ao condicionamento de sinal: conceitos de ganho e offset

### Introdução

Circuitos integrados com base em transistores de silício podem ser usados para medir a temperatura. Este tipo de sensores opera geralmente num intervalo de temperatura que vai desde  $-55^{\circ}\text{C}$  até mais  $150^{\circ}\text{C}$ . Uma vantagem destes sensores é que incluem já algum processamento de sinal, o que simplifica a sua aplicação prática. Ao contrário dos termopares não necessitam de uma temperatura de referência, nem de circuitos de linearização como nos RTDs.

Apresenta-se na figura o esquema básico de um sensor de temperatura em circuito integrado.



Segue-se uma explicação breve do princípio de funcionamento do circuito.

Assumindo que os transistores (Q1, Q2) e (Q3, Q4) são idênticos, o que é possível em circuito integrado com uma precisão de 0.1%,

sendo a diferença de tensão nos terminais base-emissor de Q3 e Q4 igual,

$$V_{BE3} = V_{BE4}$$

então a corrente nos terminais do circuito I divide-se igualmente por Q3 e Q4, logo a corrente nos colectores de Q2 e Q1 é

$$I_{C1} = I_{C2} = I/2$$

Sabendo a equação característica da junção semicondutora pode-se escrever

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = \frac{I_s \exp\left(\frac{qV_{BE1}}{K_B T}\right)}{I_s \exp\left(\frac{qV_{BE2}}{K_B T}\right)}$$

logo

$$V_{BE1} - V_{BE2} = (K_B T/q) \ln(I_{C1}/I_{C2})$$

mas

$$V_{BE1} - V_{BE2} = R I/2$$

logo

$$I = \frac{2K_B T}{qR} \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right)$$

Isto é, a corrente I que entra e sai pelos terminais A, B do circuito é proporcional à temperatura T.

Alguns sensores de temperatura integrados têm efectivamente saída em corrente—é o caso do AD590. Outros convertem internamente esta tensão em corrente fazendo-a passar por uma resistência (o mais simples é fazer os terminais de saída do circuito coincidir com os terminais da resistência R,  $V = R I/2$ ).

O LM35DZ é um destes sensores que produz uma tensão de saída de 10mV por cada grau centigrado de variação da temperatura (10mV/C) e tem uma precisão de  $\pm 1C$  no intervalo de temperaturas [-55C, +150C]

## Montagem Experimental

Pretende-se neste trabalho, além de familiarizar o aluno com o sensor, *condicionar* a saída deste de forma a produzir um sinal de tensão entre 0 V e 5 V, num intervalo de temperatura entre a temperatura ambiente ( $\pm 18 C$  na primavera...) e a temperatura do corpo humano ( $\pm 37 C$ ).

*Assim é necessário eliminar a tensão de offset que o sensor produz à temperatura ambiente, de forma a que esta seja*

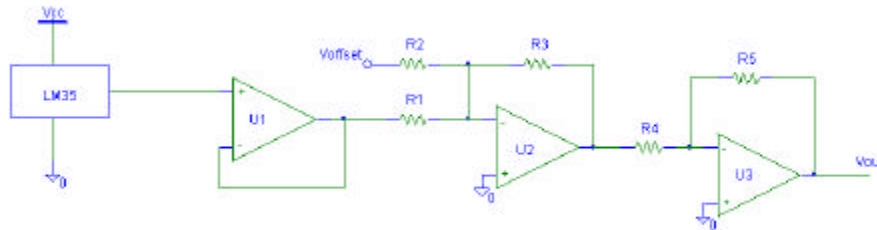
$$V_{out1} = V_{out}(18 C) = 0 V,$$

*e calcular o ganho do circuito condicionador de forma que*

$$V_{out2} = V_{out}(37 C) = +5 V.$$

Como sempre na síntese de um circuito existem várias soluções possíveis. Sugere-se que se realize um circuito simples (utilizando OPAMPs), *mas que tenha uma impedância de entrada elevada*, para que o sinal proveniente do sensor não seja atenuado.

Apresenta-se uma solução possível—simples de analisar, mas não a mais compacta—utilizando três OPAMPs



O primeiro OPAMP funciona como buffer (impedância de entrada elevada, ganho 1), o segundo OPAMP funciona como subtrator/somador, e o terceiro OPAMP funciona como amplificador.

De preferência, *idealize um circuito mais simples (menos OPAMPs) que realize a mesma função*.

## Bibliografia

- [1] D. Wobschall, Circuit Design for Electronic Instrumentation - Analog and Digital Devices from Sensor to Display, McGraw-Hill 1987
- [2] J. Bastos, Instrumentação - apontamentos manuscritos (<http://diana.uceh.ualg.pt/Inst/chap01.pdf>)