Teste 2009

1 Sensores óticos

a)

Fotodiodo em silício

↳ (↓) sensibilidade

tecnologia CMOS ⇐ ↳ (↑) complexidade eletrónica

↳ tempo de resposta ≈ 1 μs

Tubo Fotomultiplicador

↳ Deve-se arrefecer para diminuir o ruído dos eletrões gerados por excitação térmica

↳ tempo de resposta ≈ 10ns

↳ sensibilidade ≈ 160dB

b) O arrefecimento dos sensores óticos tem o objetivo de eliminar o ruído produzido pela agitação térmica dos eletrões. Permite obter mais sensibilidade para os fotões

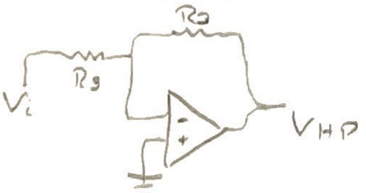
2

a) $V_{HP} = -V_i - V_{LP} + (3R_1/R_1 + R_2) \times V_{BP}$

$V_{HP} = AV_i + BV_{LP} + CV_{BP}$

$\Leftrightarrow V_{HP} = V_{HP(1)} + V_{HP(2)} + V_{HP(3)}$

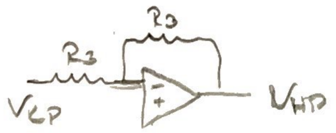
1ª iteração, considerando $V_{BP} = V_{LP} = 0\,V$



$V_{HP(1)} = -\frac{R_3}{R_3} \times V_i$

$= -V_i \quad \therefore A = -1$

2ª interação, considerando $V_i = V_{BP} = 0\,V$



$V_{HP(2)} = -\frac{R_3}{R_3} \times V_{LP}$

$= -V_{LP} \quad \therefore B = -1$

3ª iteração, considerando $V_i = V_{LP} = 0\,V$

$V^+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{BP}$

b) $Q = \frac{1}{3} \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$

$\Leftrightarrow Q = \frac{1}{3} \times \left(1 + \frac{10 \times 10^3}{1 \times 10^3}\right)$

$\Leftrightarrow Q = 3,67$

$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

$\Leftrightarrow f_c = \frac{1}{2\pi \times 1 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6}}$

$\Leftrightarrow f_c = 159,15 \text{ Hz}$

$Q = \frac{f_0}{BW}$

$\Leftrightarrow 3,67 = \frac{159,15}{BW}$

$\Leftrightarrow BW = 43,37 \text{ Hz}$

c) $V_i = 1 + \text{sen}(999,96t)$

$f = \frac{\omega}{2\pi}$

$\Leftrightarrow \omega = f \times 2\pi$

$\Leftrightarrow 999,96 = f\,2\pi$

$\Leftrightarrow f = 159,15 \text{ Hz}$

$\frac{f}{f_0} = \frac{159,15}{159,15} = 1 \text{ Hz}$

$H(jf) = \frac{V_{HP}}{V_i} = \frac{(f/f_c)^2}{1 - (f/f_c)^2 + \left(\frac{j}{Q}\right)\cdot(f/f_c)}$

$= \frac{1^2}{1 - 1 + \frac{j}{3,67} \times 1}$

$= -3,67j$

$|H(jf)| = \sqrt{0^2 + (-3,67)^2}$

$= 3,67$

$\angle H(jf) = \text{arctg}\left(\frac{-3,67}{0}\right)$

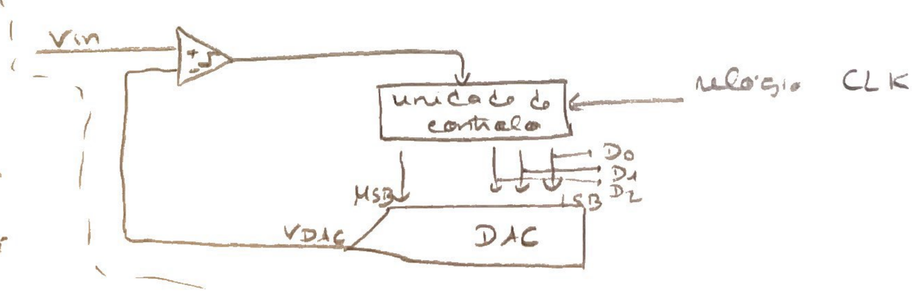
$= -\text{arctg}(\infty)$

$= \frac{\pi}{2}$

$V_{HP} = 3,67 \text{ sen}\left(999,96t + \frac{\pi}{2}\right)$

3 Conversor Analógico - Digital de Aproximações Sucessivas

a) Mal se inicia a conversão, determina-se o bit + significativo (MSB), colocando-o a "1" e mantendo os restantes a "0".
Simultaneamente, segue-se a conversão digital-analógico da palavra binária (VDAC) que é comparada com a amostra analógica na entrada (Vin).
Se VDAC > Vin, então o bit toma o valor de "0".
Se VDAC < Vin, então o bit a ser averiguado toma o valor de "1"
Isto sucede até ao bit menos significativo (LSB).
Assim, a palavra binária vai sendo atualizada de forma a que VDAC se aproxime de Vin



b) O comparador e o DAC

c) O sigma-delta (15-16 bits) enquanto este é de 12-14 bits

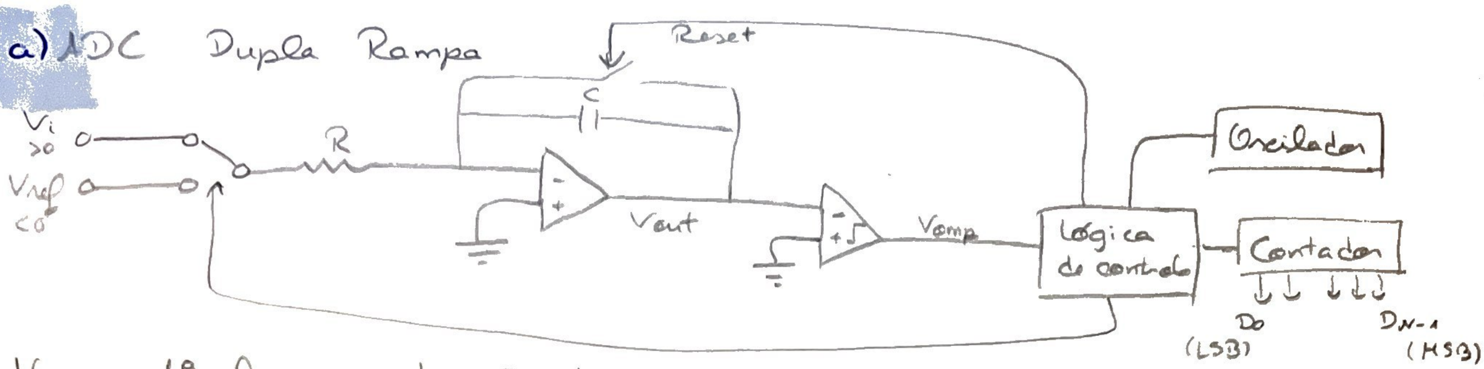
Teste 2012

① Fotodíodo em Silício
↳ dispositivo ⊕ simples de fabrico

Tubo fotomultiplicador
↳ ↑ sensibilidade
↳ c/ arrefecimento a resolução é maior
↳ ↓ tempo de resposta

②

a) ADC Dupla Rampa



Numa 1ª fase, a tensão de Vi é aplicada à entrada do conversor. O condensador carrega durante ΔT_1 tempo. Sendo $V_{in} < 0$, por ser integrado, $V_{out} > 0$, e assim $V^+ > V^-$
∴ O valor lógico à saída do comparador é "1" e a unidade de controlo comuta a tensão de entrada e faz "reset"

Numa 2ª fase, a tensão de Vref é aplicada à entrada do conversor.
O condensador descarrega no intervalo de tempo ΔT_2
Sendo $V_{ref} > 0$, $V_{out} < 0$, e assim $V^+ < V^-$
∴ O valor lógico à saída é "0"

$$V_i = V_{ref} \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

b) Comparador e tensão de referência

c) O Sigma-Delta, sendo que o de dupla rampa tem uma conversão lenta devido às 2 fases

(3)

a) $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

$= \frac{1}{2\pi \times 1\times10^3 \times 0{,}1\times10^{-6}}$

$= 1591{,}55\ Hz$

$Q = \frac{1}{3-K}$

$= \frac{1}{3-2{,}5}$

$= 2$

$K = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

$= 1 + \frac{150\times10^3}{100\times10^3}$

$= 2{,}5$

b) $V_i(t) = 2 + sen(10000t)$

$f = \frac{\omega}{2\pi}$

$(=) f = \frac{10000}{2\pi}$

$(=) f = 1591{,}55\ Hz$

$\frac{f}{f_0} = 1$

$H(jf) = \frac{-K(f/f_c)^2}{1-(f/f_c)^2 + (j/Q)(f/f_c)}$

$= \frac{-2{,}5 \times 1^2}{1-1^2+(\frac{j}{2})\times 1}$

$= \frac{-2{,}5}{\frac{j}{2}}$

$= 5j$

$|H(jf)| = \sqrt{5^2+0^2}$

$= 5$

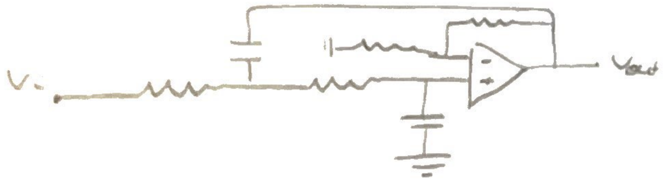
$\angle H(jf) = arctg\left(\frac{5j}{0}\right)$

$= \frac{\pi}{2}$

É um passa-alto ∴ não passa componente DC

$V_{out} = 5 sen\left(10000t + \frac{\pi}{2}\right)$

c) Passa-baixo 2ª ordem



Teste 2015

1

RTD (resistências dependentes da temperatura)	Termopar	Termístor	Termómetro radiação
↳ linear ↳ T(↑) ⟶ R(↓)	↳ ñ linear ↳ precisa de uma T de referência	↳ ñ linear ↳ material semicondutor • PCC ⇒ R(↑) T(↑) • NTC ⇒ R(↓) T(↑)	↳ usa material absorvente do IV ↳ semicondutor

2

$$H(jf) = -\frac{K(f/f_0)^2}{1-(f/f_0)^2+\left(\frac{j}{Q}\right)\times(f/f_0)} \qquad K = 1+\frac{R_2}{R_1} \qquad Q^{-1} = 3-K$$

a) Filtro de 2ª ordem:

Pode ser
- → Passa-alto
- → Passa-baixo
- → Passa-banda
- → Filtro variável de estado

É o filtro passa-alto de 2ª ordem, uma vez que o condensador se encontra à entrada do Vin, não deixando passar baixas frequências.

b)

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times \frac{1}{\pi}\times 10^3 \times 1\times 10^{-6}} = \frac{1}{2\times 10^{-3}} = 500\ Hz$$

$$\frac{1}{Q} = 3-K \Leftrightarrow \frac{1}{Q} = 3-3 \Leftrightarrow \frac{1}{Q} = 0 \Leftrightarrow Q = \infty$$

$$K = 1+\frac{R_2}{R_1} \Leftrightarrow K = 1+\frac{2\times 10^3}{1\times 10^3} \Leftrightarrow K = 3$$

c) Quanto maior o fator de qualidade, mais seletivo é o filtro ∴ o filtro é ideal devido à sua seletividade

d) $V_i(t) = 1 + sen(1000\pi t)$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \Leftrightarrow f = \frac{1000\pi}{2\pi} \Leftrightarrow f = 500\ Hz$$

$$\frac{f}{f_0} = \frac{500}{500} = 1$$

$$K = 1+\frac{R_2}{R_1} = 1+1 = 2$$

$$\frac{1}{Q} = 3-K \Leftrightarrow \frac{1}{Q} = 3-2 \Leftrightarrow Q = 1$$

$$H(jf) = -\frac{K(f/f_0)^2}{1-(f/f_0)^2+\left(\frac{j}{Q}\right)\times(f/f_0)} = \frac{-2\times 1^2}{1-1^2+\frac{j}{1}\times 1} = \frac{-2}{j} = 2j$$

$$\angle H(jf) = arctg\left(\frac{2j}{0}\right) = arctg(\infty) = \frac{\pi}{2} \qquad |H(jf)| = \sqrt{0^2+2^2} = 2$$

[Filtro passa-alto ñ deixa passar componente contínua]

$$V_0 = 2\,sen\left(1000\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$$

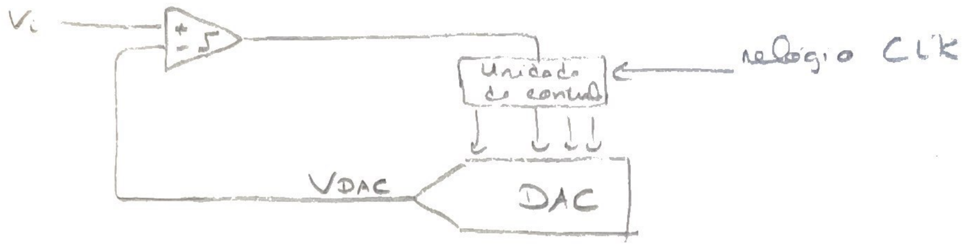
③

a) O comparador compara Vin com VDAC que é controlado pela unidade de controlo

Se $V_{DAC} > V_{in}$, então o bit a ser averiguado toma o valor de "0".

Se $V_{DAC} < V_{in}$, então o bit toma o valor de "1"

Assim sucessivamente até ao LSB resultando numa palavra binária



	D_3	D_2	D_1	D_0
V	8	4	2	1

$$\frac{FS}{2^n} = \frac{16}{2^n} = 1 \rightarrow LSB$$

D_3	D_2	D_1	D_0	
1	0	0	0	$\longrightarrow 8V$ ✓ 2^3
1	1	0	0	$\longrightarrow 2^3 + 2^2 = 12V \rightarrow > V_{in}\ (11V)$
1	0	1	0	$\longrightarrow 2^3 + 2^1 = 10V$ ✓
$\boxed{1}$	$\boxed{0}$	$\boxed{1}$	$\boxed{1}$	$\longrightarrow 2^3 + 2^1 + 2^0 = 11V$ ✓

b)
$$V_{min} = 2^{-N} \cdot FS$$
$$= 2^{-4} \times 16$$
$$= 1V$$

← Fórmula

c) Comparador e o DAC

d) Não, visto que o tempo de conversão é médio.
Usaria um ADC do tipo Flash, caracterizado por um processamento rápido e que tipicamente pode atingir até 5/6 bits.

Teste 2017

1.

LVDT	Piezoelétrico	Capacitivo	Extensómetro	FBG de FO (Fibras Óticas)
↳ boa resolução mas não a melhor ↳ $\bar{n}$ é influenciado por variações de T ↳ é linear (está no nome)	↳ é reversível ↳ não precisa de alimentação ↳ $\bar{n}$ linear	↳ condensador & tem dielétrico ↳ $\bar{n}$ linear	↳ condutância ↳ mede deslocamentos ↳ é influenciado por variações de T	↳ ↑ sensibilidade ↳ maior resolução ↳ linear ↳ fibra ótica com 1550 nm de λ

2.

$$H(jf) = -2Q^2 \frac{(j/Q) \times (f/f_c)}{1-(f/f_c)^2 + (j/Q)\times(f/f_c)} \qquad Q = \frac{1}{2}\times\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Quando podemos usar $Q = \frac{f_c}{BW}$?

a)

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C\sqrt{R_1 . R_2}} = \frac{1}{2\pi \times 1\times10^{-6}\times\sqrt{1\times10^3\times4\times10^3}} = \frac{1}{0,0126} = 79,6\ Hz$$

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi R_1 C} = \frac{1}{2\pi\times1000\times1\times10^{-6}} = 159,15\ Hz$$

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi R_2 C} = \frac{1}{2\pi\times4000\times1\times10^{-6}} = 39,79\ Hz$$

$$BW = 159,15 - 39,79 = 119,366\ Hz$$

b) $V_i = 1 + sen(1000\pi t)$

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$f = \frac{1000\pi}{2\pi}$$

$$f = 500\ Hz$$

$$\frac{f}{f_c} = \frac{500}{79,6} = 6,28$$

$$Q = \frac{1}{2}\times\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2}\times4^{\frac{1}{2}} = 1$$

$$H(jf) = -2Q^2\frac{(j/Q)\times(f/f_c)}{1-(f/f_c)^2+(j/Q)\times(f/f_c)}$$

$$= -2\times1^2\times\frac{(j/1)\times6,28}{1-6,28^2+j\times6,28}$$

$$= \frac{-12,56j}{-38,43+6,28j}$$

$$= \frac{2j\quad(6,12+j)}{(6,12-j)(6,12+j)}$$

$$= \frac{12,56j-1}{37,45+1}$$

$$= 0,327j - 0,026$$

$$|H(jf)| = \sqrt{0,327^2+0,026^2} = 0,328$$

$$\angle H(jf) = arctg\left(\frac{0,327j}{-0,026}\right)$$

$$= -arctg(12,57j)$$

??

Teste 2019

???

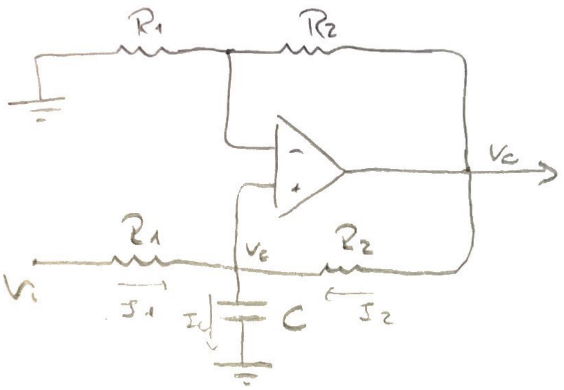
1

LVDT	Piezoelétrico	Extensómetro	Capacitivo	FBG em Fo
↳ linear ↳ eletrónica complexa ?	↳ sem alimentação ↳ tem dielétrico ? ↑ acho que sim	↳ é influenciado pela temp. ↳ linear	↳ tem dielétrico	↳ maior resolução ↳ eletrónica complexa ↳ linear ↳ fibra ótica de $\lambda = 1550nm$

? ↗

2 Para reduzir o ruído térmico arrefece-se os sensores óticos, devido à excitação térmica dos fotões

3



a) $V_C = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0$

Para ñ inversores, $K = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

$V_C = \frac{1}{K} \cdot V_0$

$I_1 + I_2 = I_C$

$\Leftrightarrow \frac{V_i - V_C}{R_1} + \frac{V_0 - V_C}{R_2} = \frac{V_C - 0}{Z_C}$

$\Leftrightarrow \frac{V_i}{R_1} - \frac{V_C}{R_1} + \frac{V_0}{R_2} - \frac{V_C}{R_2} = \frac{V_C}{\frac{1}{j2\pi f C}}$

$\Leftrightarrow \frac{V_i}{R_1} - \frac{\frac{1}{K}V_0}{R_1} + \frac{V_0}{R_2} - \frac{\frac{1}{K}V_0}{R_2} = \frac{1}{K} V_0 j2\pi f C$

$\Leftrightarrow \frac{V_i}{R_1} = V_0 \left(\frac{1}{KR_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{KR_2} + \frac{j2\pi f C}{K} \right)$

$\Leftrightarrow \frac{V_i}{V_0} = \frac{1}{K} - \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{KR_2} + \frac{j2\pi f C R_1}{K}$

$\Leftrightarrow \frac{V_i}{V_0} = \frac{1}{K} \left[1 - \frac{R_1 K}{R_2} + \frac{R_1}{R_2} + j(f/f_0) \right]$

$\Leftrightarrow \frac{V_0}{V_i} = \frac{K}{1 + \frac{-R_1 K + R_1}{R_2} + j(f/f_0)}$

$\Leftrightarrow \frac{V_0}{V_i} = \frac{K}{1 - 1 + j(f/f_0)}$ ↳ $H(jf) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{K}{j(f/f_0)}$

$\angle H(jf) = \text{arctg}\left(\frac{Im(H(jf))}{Re(H(jf))} \right)$

$= \text{arctg}\left(\frac{\frac{K}{j(f/f_0)}}{0} \right)$

$= \text{arctg}(-\infty)$

$= -\frac{\pi}{2}$

???

$f_0 =$

O filtro é um passa-baixo de 1ª ordem sendo que na entrada do Vi está uma resistência e o circuito só apresenta 1 condensador (1ª ordem)

(3)

b) $V_i = 1 + sen(2\pi t)$, $R_1 = R_2 = \frac{1}{\pi}\Omega$ e $C = 1F$

$f = \frac{\omega}{2\pi}$

$\Leftrightarrow f = \frac{2\pi}{2\pi}$

$\Leftrightarrow f = 1\ Hz$

$f/f_0 = 2$

$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

$= \frac{1}{2\pi \times \frac{1}{\pi} \times 1}$

$\Leftrightarrow \frac{1}{2}\ Hz$

$H(jf) = \frac{K}{j(f/f_0)}$

$= \frac{1{,}32}{2j}$

$= -0{,}66j$

$\angle H(f) = arctg\left(\frac{-0{,}66j}{0}\right)$

$= -\frac{\pi}{2}$

$K = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

$= 1 + \frac{1}{\pi}$

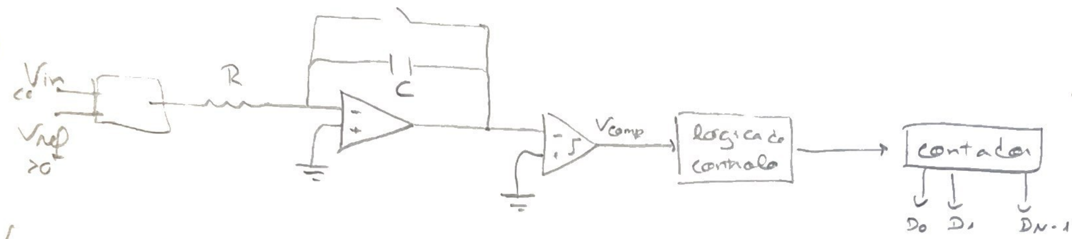
$= 1{,}32$

Um passa-baixo deixa passar a componente contínua

$V_0 = 1 + sen\left(2\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$

(4)

a)



Numa 1ª fase,

a tensão Vin é aplicada à entrada do conversor.
O condensador carrega durante um certo intervalo de tempo fixo (ΔT_1). Sendo $V_{in} < 0$, ao ser integrado, o seu sinal troca, pelo que $V_{out} > 0$, e, por isso, $V^+ > V^-$
∴ O valor lógico à saída do comparador é "1" e a unidade de controlo comuta a tensão de entrada e faz "reset"

Numa 2ª fase,

Vref é aplicada à entrada e, devido ao reset feito pela unidade de controlo, dá-se o descarregamento do condensador num intervalo de tempo variável (ΔT_2). Sendo $V_{ref} > 0$, ao ser integrado V_{out} será ⊖ ∴ $V^+ < V^-$.
∴ O valor lógico à saída é "0"

Na 1ª fase.

$$V_{out\,1} = -\frac{1}{RC}\int_{t_1}^{t_2} V_{in}\,dt = -\frac{1}{RC}V_{in}(\Delta T_1)$$

Na 2ª fase:

$$V_{out\,2} = -\frac{1}{RC}\int_{t_2}^{t_3} V_{ref}\,dt = -\frac{1}{RC}V_{ref}(\Delta T_2)$$

$V_{out} = V_{out1} + V_{out2}$, $V_{out} = 0$ ∴

$V_{out1} = V_{out2}$

$-\frac{1}{RC}V_i\Delta T_1 = -\frac{1}{RC}V_{ref}\Delta T_2$

$\Leftrightarrow V_i = V_{ref}\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$

b) O comparador e o Vref, devido às tensões de offset

c) Não, sendo que, apesar de ter uma resolução de 15 bits é lento. Poderia usar o ADC tipo Flash, no entanto, este apresenta uma baixa resolução (5-6 bits).
Assim, a melhor opção é o conversor ΣΔ de 1ª ordem pois tem uma resolução de 15-16 bits e o seu tempo de conversão é medio.