

Electronic Instrumentation
Regular exam
7 February 2011, 9-12
(Duration: 3 hours)



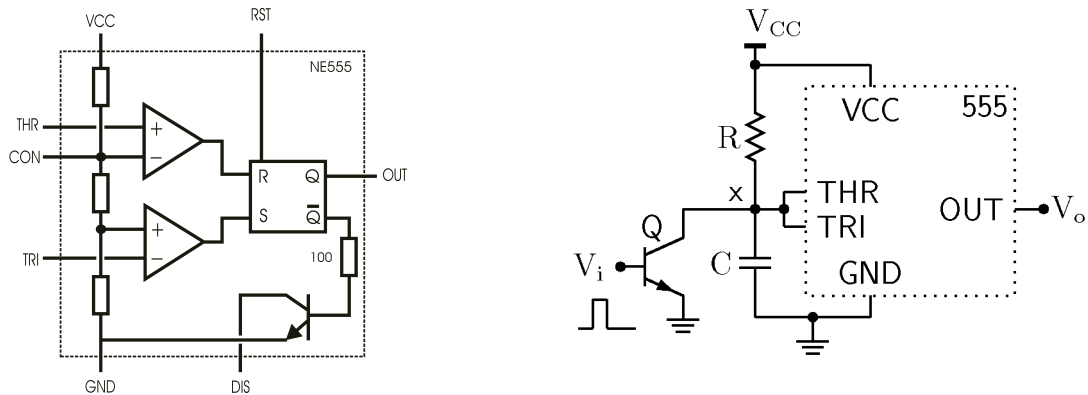
Universidade do Algarve
MIEET

- Write your name, student number and course on all sheets you hand in.
- Talking is not allowed. If you do it, your exam will be canceled. Switch off your cellular telephone.
- If you give up, write “I Desist” on the exam sheet and hand it in.
- The exam has **6** questions and the maximum score for each is written in brackets.
- Write legible.
- Good luck!

Question 1 (2)

What are parameters of a sensor (system)?

Question 2 (5)



The above figure shows the internal components of an NE555 timer circuit (left) and how it can be used in a delay mode (right). The output is delayed relative to the input. The transistor can be considered effectively a switch (connecting collector to emitter when the input voltage is high).

- a) Explain how the circuit works; draw schematically the signals at relevant points.
- b) Give values for the external components to arrive at a delay of 1 ms.

Question 3 (5)

A QCM (quartz crystal micro-balance) sensor is based on the effect depositing mass has on the mechanical resonance frequency of a quartz crystal. When mass is added to the surface of the crystal, its resonance frequency drops. It is a highly sensitive scientific mass meter.

The resonance frequency of a quartz crystal disk is given by

$$f = \frac{\sqrt{\mu \rho}}{2M}$$

with μ the shear modulus of quartz ($2.947 \times 10^{11} \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-2}$), ρ the density of quartz (2.648 g cm^{-3}) and M the mass per unit area of the crystal (g/cm^2), $M = m/A$, with m the mass and A the area. The mass that is added to the surface changes the value of M , and thus its resonance frequency.

Our quartz crystal is a disk with a diameter of 2.5 cm and a calibrated resonance frequency of $f_0 = 5.000000 \text{ MHz}$ when nothing is deposited on top.



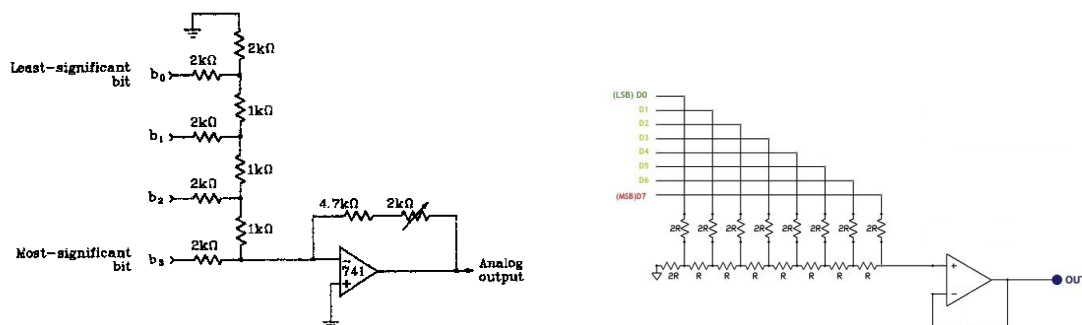
The sensor is connected to an oscillator circuit that maintains the oscillations at its resonance value, as shown in the figure above. The figure shows sensor disks, a sample holder (the 'pipe') and the resonance circuit with a frequency counter.

a) If the frequency counter gives a value once per second, what is the resolution of the system in terms of mass?

To mechanically excite the crystal, use is made of the Piëzo effect.

b) Explain what is the Piëzo effect.

Question 4 (3)

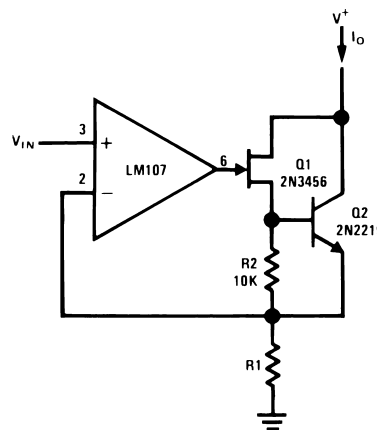


The figure above show examples of so-called 'R2R-ladder DACs', named after the fact that the resistances have a ratio R:2R and are placed in a ladder configuration. The above figure shows an example for a 4 bit DAC (left) and an alternative circuit of a 8-bit DAC (right). The entrance voltages are 0 and -1 V for logic 0 and logic 1 respectively (left) and 0 and +1 volt (right). These voltages are ideal voltage sources.

- a) Show for a two-bit R2R-ladder DAC (either left or right configuration) how the output voltage depends on the input bit pattern. (Determine the relation between bit pattern and output voltage).
- b) Explain how by the use of oversampling the resolution can be increased.

Question 5 (3)

The circuit below shows a precision current sink based on an opamp. It further consists of a MOS-FET and a bipolar transistor and two resistances. Note that the gate 'input' resistance of a MOS-FET is infinite. (Circuit taken from the Application Note: National Semiconductor Op Amp Circuit Collection).



Consider the opamp ideal.

- a) Explain what an 'ideal opamp' means.
- b) What is the relation of the output current I_o and the parameters of the circuit?

Question 6 (2)

What is a voltage follower and why is it used? Give an example.

----- end -----

Instrumentação Electrónica
Exame época normal
7 de Fevereiro de 2011, 9-12
(Duração: 3 horas)



UNIVERSIDADE DO ALGARVE



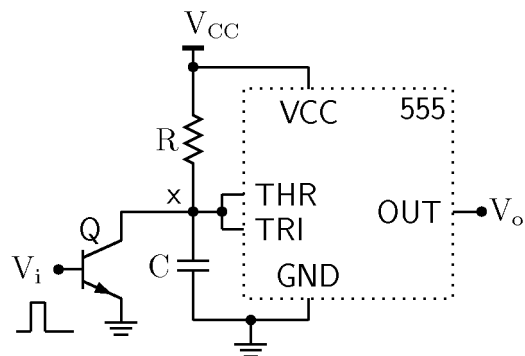
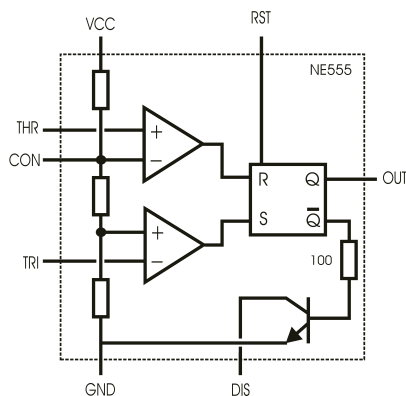
Universidade do Algarve
MIEET

- Escreva o seu nome, nº de aluno e curso em todas as folhas que entregar.
- Não é permitido falar com os colegas durante o exame. Se o fizer, terá a prova anulada. Desligue o telemóvel.
- Caso opte por desistir, escreva “Desisto”, assine e entregue a prova.
- O exame tem 6 perguntas e a cotação de cada aparece entre parêntesis.
- Faça letra legível.
- Boa sorte!

Pergunta 1 (2)

Quais são os parâmetros de um (sistema) de um sensor?

Pergunta 2 (5)



A figura acima mostra os componentes internos de um circuito integrado NE555 'timer' (esquerdo) e a maneira como pode ser usado no modo 'atraso' (direito). A saída V_o está atrasado relativo à entrada V_i . O transístor pode ser visto como um interruptor (ligar o colector ao emissor quando a tensão de entrada é alta).

- Explique o funcionamento do circuito; faça esboços dos sinais em pontos relevantes.
- Dê valores para os componentes externos de forma a chegar a um atraso de 1 ms.

Pergunta 3 (5)

Um sensor QCM (*quartz crystal micro-balance*; micro-balança de cristal de quartzo) é baseado no efeito que depositar massa em cima do seu superfície tem na frequência de ressonância mecânica. Quando massa é adicionada ao superfície do cristal a sua frequência de ressonância baixa. É um instrumento científico de altíssima resolução.

A frequência de ressonância de um disco cristal de quartzo é dada por

$$f = \frac{\sqrt{\mu \rho}}{2M}$$

onde μ é o *shear modulus* de quartzo ($2.947 \times 10^{11} \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-2}$), ρ a densidade de quartzo (2.648 g cm^{-3}) e M a massa por área do cristal (g/cm^2), $M = m/A$, com m a massa e A a área. A massa adicionada ao superfície muda o valor de M , e assim muda a frequência de ressonância.

O nosso cristal de quartzo é um disco com diâmetro de 2.5 cm e uma frequência de ressonância calibrada igual a $f_0 = 5.000000 \text{ MHz}$ sem nada depositado em cima.



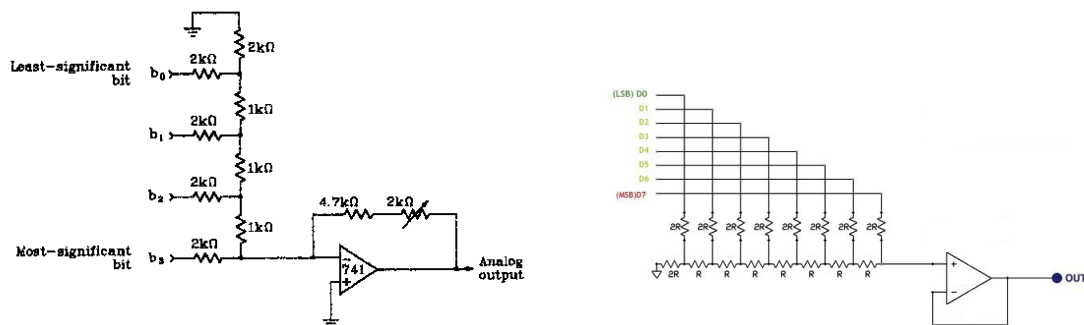
O sensor está ligado a um circuito oscilador que mantenha as oscilações ao valor da ressonância, tal como mostrado na figura acima. A figura mostra alguns discos (não usados), o contendor do disco activo (o 'cachimbo'), o circuito oscilador e um contador de frequências.

a) Se o contador de frequências retorna um (1) valor por segundo, qual será a resolução do sistema em termos de massa?

Para excitar o cristal, mecanicamente, o sistema usa o efeito Piëzo.

b) Explique o efeito Piëzo.

Pergunta 4 (3)



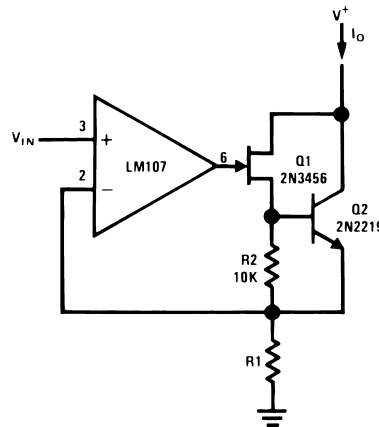
A figura acima mostra dois exemplos do tal '*R2R-ladder DAC*'. O nome vem do facto de as resistências têm um rácio R:2R e estão ligados numa configuração escada. A figura acima mostra um exemplo de um DAC de 4 bit (esquerdo) e um circuito alternativo de um DAC de 8 bit (direito). As tensões de entrada são 0 e -1 V para valor binário 0 e binário 1 respectivamente (esquerdo) e 0 e +1 V (direito). Estas tensões vem de fontes de tensão ideais.

a) Demonstra para um *R2R-ladder DAC* de 2 bit (de um dos tipos acima) como a saída depende da padrão de bit de entrada. (Determine a relação entre a padrão de entrada e a tensão de saída).

b) Explique como *over-sampling* pode aumentar a resolução de um DAC.

Pergunta 5 (3)

O circuito abaixo mostra um dreno de corrente de precisão baseado num ampop. Além do ampop consiste de um transistor MOS-FET, um transistor bipolar e duas resistências. Toma nota do facto que a resistência da 'entrada' (a *gate*, a porta) de um transistor MOS-FET é infinita.



Considere o ampop ideal.

- Explique o que significa um 'ampop ideal'.
- Qual é a relação entre a corrente de saída I_o e os parâmetros do circuito?

Pergunta 6 (2)

O que é um seguidor de tensão e qual é a sua função? Dê um exemplo.

----- fim -----