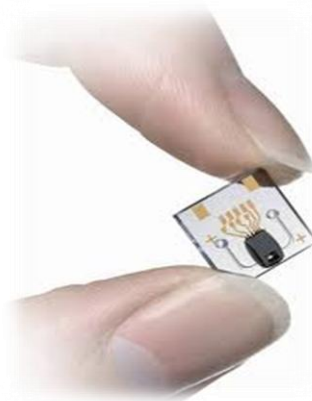


Bài giảng Kỹ Thuật Cảm Biến (sensors)

Hoang Si Hong

-----2011-----

**Faculty of Electrical Eng., Hanoi Univ. of Science and Technology (HUST),
Hanoi, VietNam**





Nguồn tham khảo

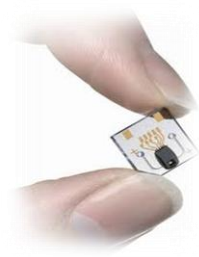
Note: Bài giảng môn học này được tham khảo, trích dẫn và lược dịch từ các nguồn sau:

✓ Sách

- Kỹ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1, 2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- Các bộ cảm biến trong đo lường-Lê Văn Doanh...
- Các bộ cảm biến-Nguyễn Tăng Phô
- Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và [Hoàng Sĩ Hồng](#)
- Sensor technology handbook (edited by JON WILSON)
- Elements of Electronic Instrumentation and Measurement (Prentice-Hall Company)
- Sách giải thích đơn vị đo lường hợp pháp của Việt Nam

✓ Bài giảng và website:

- Bài giảng kỹ thuật cảm biến-[Hoàng Sĩ Hồng-BKHN\(2005\)](#)
- Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo:P.T.N.Yến, Ng.T.L.Hương –BKHN (2010)
- Bài giảng MEMs ITIMS – BKHN
- Một số bài giảng về cảm biến và đo lường từ các trường đại học KT khác ở Việt Nam
- Website: sciendirect/sensors and actuators A and B



Nội dung môn học và mục đích

Nội dung

- Chapter 1: Khái niệm chung về Cảm biến (2b)
- Chapter 2: Cảm biến điện trở (2b)
- Chương 3: Cảm biến đo nhiệt độ (2b)
- Chương 4: **Cảm biến quang (2b) và siêu âm**
- Chương 5: Cảm biến tĩnh điện (2b)
- Chương 6: Cảm biến Hall và hoá điện
- Chương 6: Cảm biến và PLC(1b)

Mục đích: nắm được cấu tạo, nguyên lý hoạt động và ứng dụng của các loại cảm biến thông dụng trong công nghiệp và đời sống. Nắm được xu thế phát triển chung của công nghệ cảm biến trên thế giới.



Chương 3: Cảm biến quang

Nội dung

- Phát xạ quang: quang điện trở, tế bào quang điện và bộ nhân quang điện
- Laser sensor
- Ultrasonic sensor



**Nguồn sáng
hay nguồn thu
ánh sáng?**



Khái niệm và phân loại của cảm biến phát xạ quang

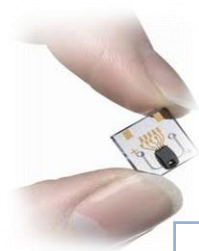
Hiệu ứng quang điện ngoài



Hiệu ứng quang điện có thể chia làm ba loại: hiệu ứng điện trở quang (*photoconductive*), hiệu ứng điện áp quang (*photovoltaic*) và hiệu ứng phát xạ quang (*photoemissive*).

Trong cảm biến điện trở quang, điện trở của cảm biến thay đổi khi được chiếu sáng; trong cảm biến điện áp quang, cảm biến tạo ra một điện áp tỉ lệ với cường độ tia bức xạ. Trong cảm biến phát xạ quang, cảm biến khi tiếp nhận nguồn sáng sẽ tạo ra tín hiệu điện do hiệu ứng phát xạ quang: số lượng các điện tử được phát xạ từ bề mặt của âm cực quang tỉ lệ với số photon chiếu vào âm cực quang, các điện tử sơ cấp này tạo nên dòng điện âm cực và:

- Tập trung ở dương cực trong đèn quang điện chân không.
- Ion hóa các phân tử khí do sự va chạm trong đèn quang điện khí hiếm.
- Tạo nên phát xạ điện tử thứ cấp trong đèn nhân quang điện.



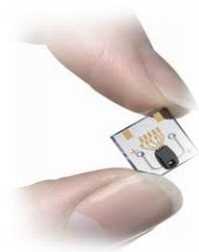
Sự phát xạ quang và vật liệu

- Sự giải phóng điện tử bên trong vật liệu khi hấp thụ phôtôn.
- Sự di chuyển đến bề mặt vật liệu của các điện tử tự do.
- Sự phát xạ điện tử ở bề mặt vật liệu.

Đối với chất bán dẫn tinh khiết, sự giải phóng điện tử bên trong vật liệu chỉ hiện hữu với năng lượng phôtôn nhỏ hơn hay bằng chiều rộng vùng cấm E_g , do vậy điện tử không đủ năng lượng để di chuyển đến bề mặt vật liệu. Sự di chuyển của điện tử tự do có tính chất ngẫu nhiên và theo mọi hướng: một tỉ lệ rất nhỏ trong số đó đi đến được bề mặt vật liệu, số còn lại khi di chuyển những đoạn ngắn sẽ có sự đụng, va chạm với các điện tử khác hoặc với các phôtôn, điều này làm giảm năng lượng của chúng.

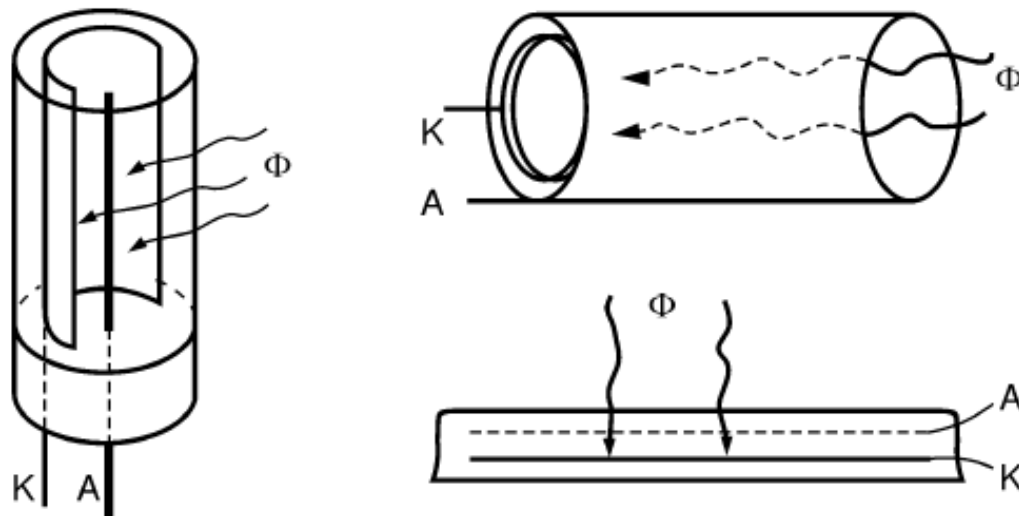
Sự phát xạ điện tử ở bề mặt vật liệu chỉ có thể xảy ra khi điện tử có thể vượt qua rào cản điện áp ngăn cách giữa chất bán dẫn và bên ngoài đó chính là ái lực điện tử E_a .

- Hợp kim alcalim: $AgOCs$ nhạy với tia hồng ngoại. Cs_3Sb , $(Cs)Na_2KSb$, K_2CsSb nhạy với vùng ánh sáng thấy được và vùng độ dài sóng ngắn hơn. Cs_2Te , Rb_2Te , CsI nhạy với tia cực tím.



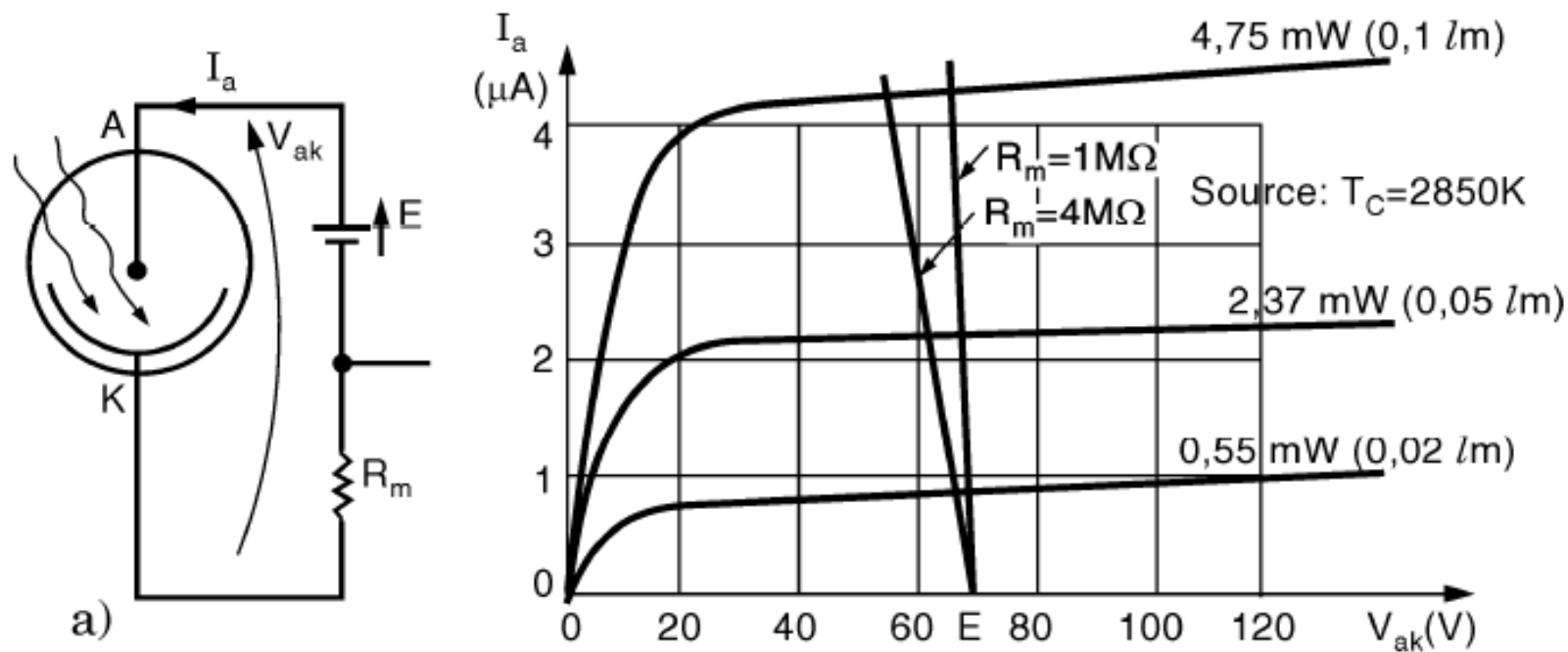
Đèn quang điện chân không

Gồm một catốt bằng vật liệu phát xạ quang và một dương cực, được đặt bên trong một lớp vỏ có cửa sổ trong suốt, áp suất bên trong đèn vào khoảng $10^{-6} \div 10^{-8} mmHg$. Hình dạng và sự bố trí vị trí tương đối giữa các điện cực đảm bảo catốt nhận được quang thông bức xạ cực đại và dương cực thu được các điện tử phát xạ từ catốt.



Hình 9.24: Ví dụ về cách thực hiện các đèn quang điện chân không

Quan hệ dòng áp



Hình 9.25: Đèn quang điện chân không
a) Cách mắc cơ bản; b) Đặc tuyến tĩnh

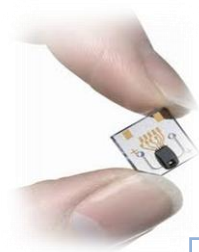


Quan hệ dòng áp

Cách mắc cơ bản của đèn quang điện như hình 9.25a. Sự thay đổi dòng điện anốt I_a theo điện áp anốt - catốt V_{ak} với độ chiếu sáng khác nhau được giới thiệu như hình 9.25b. Ta nhận thấy trên các đặc tuyến có hai vùng:

- *Vùng điện tích không gian*: tại đây dòng điện tăng theo điện áp V_{ak} , một phần các điện tử phát ra bởi catốt tạo nên điện tích không gian, đồng thời đẩy ngược các điện tử mới phát ra về hướng catốt làm giới hạn dòng điện anốt. Ảnh hưởng của điện tích không gian sẽ giảm khi gia tăng điện áp V_{ak} .

- *Vùng bão hòa*: tại đây dòng điện phụ thuộc rất ít vào điện áp V_{ak} , các điện tích phát ra bởi catốt được thu nhận bởi anốt. Dòng điện I_a trong vùng này thật sự chỉ phụ thuộc vào quang thông bức xạ. Sử dụng đặc tuyến trong vùng bão hòa, đèn quang điện được xem như một nguồn dòng có trị số chỉ phụ thuộc vào quang thông nhận được.



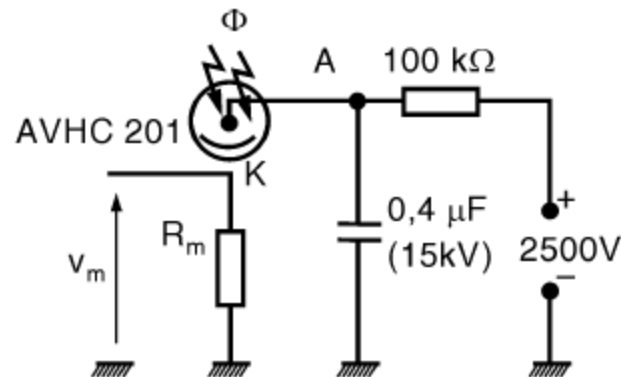
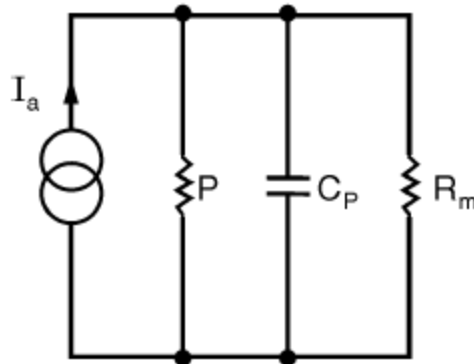
Dòng điện vùng tối

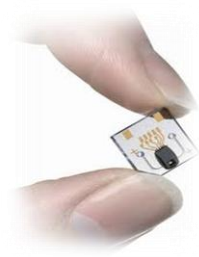
Được hình thành từ hai nguyên nhân chính:

- Sự phát xạ điện tử do hiệu ứng nhiệt ion hóa
- Dòng điện rò giữa các điện cực, điều này có thể giảm thiểu bởi công nghệ chế tạo bằng cách đặt xa các đầu ra của điện cực và tránh để đèn bị ẩm ướt. Dòng điện vùng tối khoảng $10^{-8} \div 10^{-13} A$.

Độ nhạy

Dòng điện anốt trong vùng bão hòa thật sự bằng với dòng điện catốt và biểu thức độ nhạy phổ của đèn giống như độ nhạy phổ của dòng điện catốt, kết quả là cảm biến hoạt động tuyến tính, độ nhạy phổ cực đại có giá trị trong khoảng từ $10 \div 100 mA/W$, hệ số nhiệt độ của độ nhạy thường rất bé.

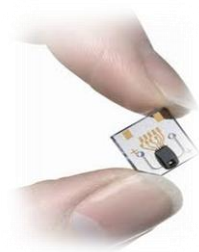




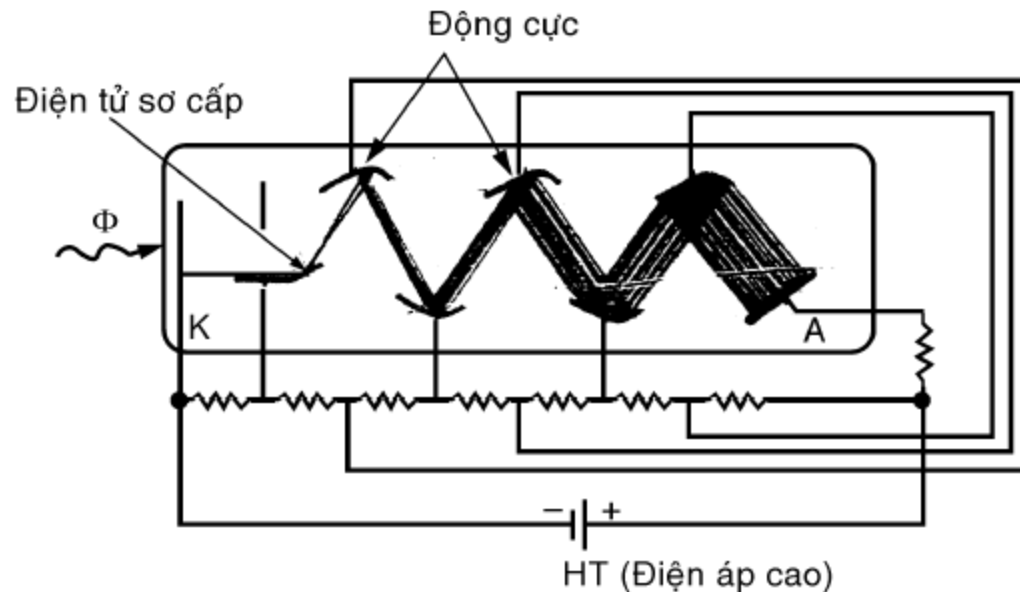
Đèn nhân quang điện (*photomultiplier tube*)

Khi bề mặt của chất rắn chịu sự va đập của các điện tử có năng lượng đủ lớn, nó sẽ phát xạ các điện tử: đó là sự phát xạ thứ cấp. Khi số điện tử phát ra lớn hơn số điện tử va đập, có thể xem như một sự khuếch đại tín hiệu sơ cấp và được ứng dụng trong đèn nhân quang điện.

Tín hiệu sơ cấp được hình thành từ các điện tử phát xạ dưới tác động của tia bức xạ hấp thu bởi catốt quang được đặt trong bầu chân không. Các điện tử sẽ hội tụ tại điện cực thứ nhất của chuỗi điện cực gọi là động cực (*dynode*), các động cực được phủ bởi vật liệu mà hiệu ứng phát xạ điện tử thứ cấp rất lớn. Điện áp cung cấp cho các động cực được cung cấp bởi một mạch phân áp có điện áp tăng dần theo các động cực làm sao cho các điện tử phát xạ thứ cấp ở động cực thứ k sẽ được hấp thu bởi động cực thứ $(k+1)$ và mỗi điện tử sẽ tạo ra nhiều điện tử thứ cấp.

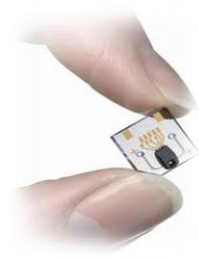


Đèn nhân quang điện (*photomultiplier tube*)



Hình 9.29: Sơ đồ nguyên tắc đèn nhân quang điện

Nếu mỗi điện tử khi đập vào động cực sẽ tạo ra trung bình δ điện tử thứ cấp, với n động cực mà hiệu điện áp giữa hai điện cực kề nhau là bằng nhau thì dẫn đến số điện tử phát xạ thứ cấp bởi n động cực gây ra bởi một điện tử là: $M = \delta^n$.



Đèn nhân quang điện (*photomultiplier tube*)

Thật ra, tất cả các điện tử phát xạ bởi catốt sẽ không đi đến động cực thứ nhất một cách đầy đủ: nếu gọi η_t là giá trị hiệu dụng di chuyển, biểu thức độ lợi M được viết lại:

$$M = \eta_c (\eta_t \delta)^n$$

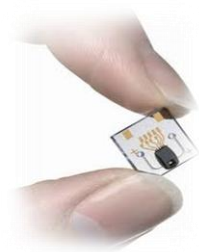
với: n - số động cực, thường từ $5 \div 15$.

δ - hệ số phát xạ thứ cấp, có trị giá từ $5 \div 10$.

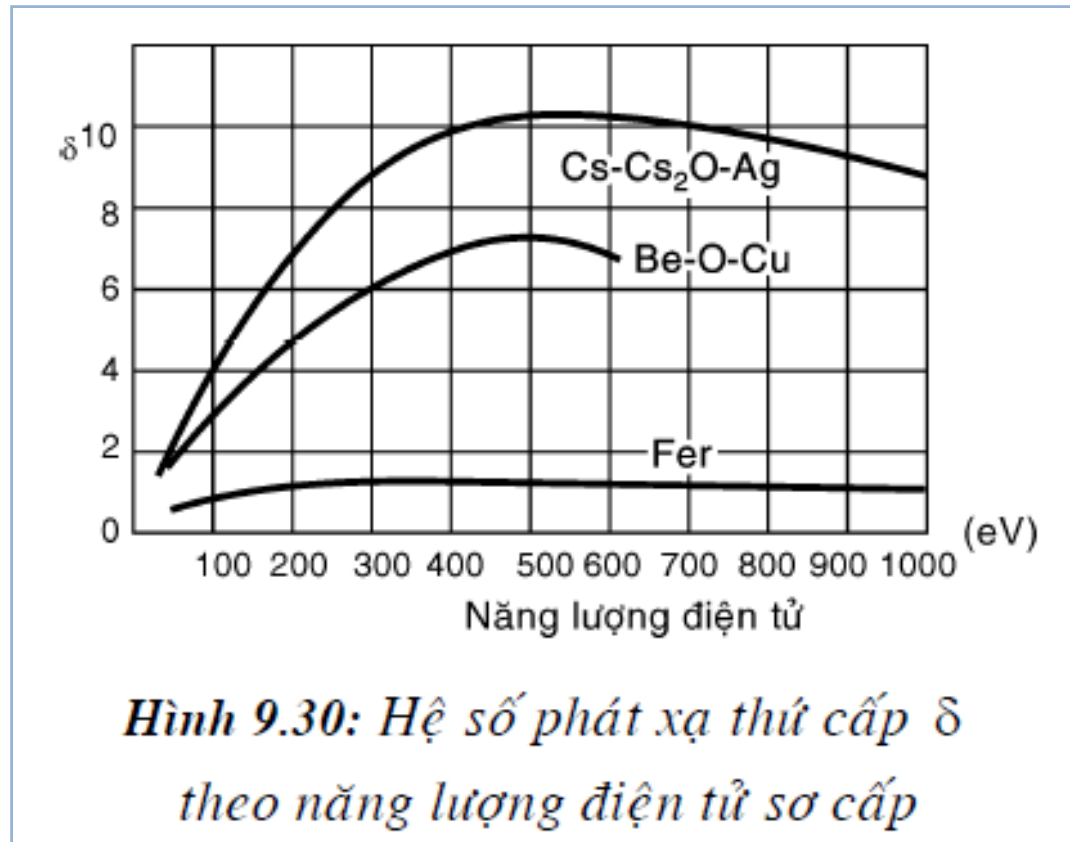
η_c, η_t - giá trị hiệu dụng tập hợp và di chuyển thường lớn hơn 90%.

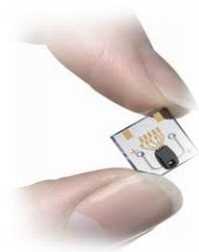
Độ lợi M của đèn nhân quang điện từ $10^6 \div 10^8$.

Độ lợi M phụ thuộc nhiều vào sự phát xạ điện tử thứ cấp, đó là lí do vì sao trong đèn nhân quang điện người ta chọn vật liệu có phát xạ thứ cấp lớn như ta đã biết: $C_{s3}Sb$, K_2C_sSb , Na_2KC_sSb , $GaP(C_s)$, $AgOMg$, $BeOCu(C_s)$.



Đặc tính

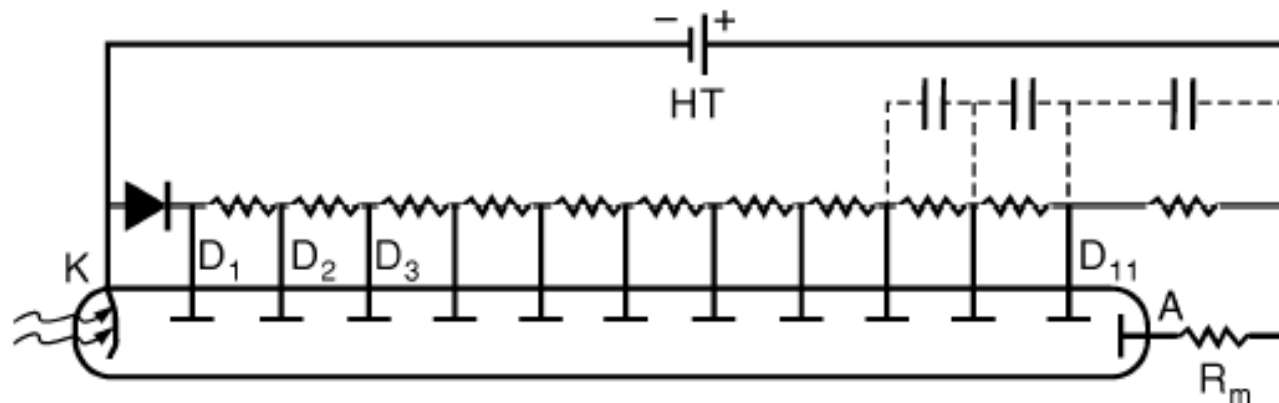




Cách mắc cơ bản

Việc thực hiện mạch đo sử dụng đèn nhân quang điện cần thiết:

- Xác định mạch điện cung cấp cho các động cực (H.9.31).
- Xác định điện trở tải R_m .



Hình 9.31: Mạch điện cung cấp cho các động cực đèn nhân quang điện



Cảm biến siêu âm (ultrasonic sensor)

- Phát sóng siêu âm -> phản xạ -> thu



- Khoảng cách bao nhiêu ?



Cảm biến siêu âm (ultrasonic sensor)

- Cảm biến siêu âm hoặc bộ chuyển đổi siêu âm thường là một thiết bị bao gồm một bộ phát và thu sóng âm với tần số lớn hơn 20 kHz.
- Các đặc trưng cơ bản của sóng âm là vận tốc, tần số và bước sóng
- Sóng siêu âm phát ra dựa trên cơ sở của phần tử áp điện. Hiệu ứng áp điện (Piezoelectricity) được phát minh ra bởi nhà bác học Curies vào năm 1880 sử dụng phần tử quartz tự nhiên
- Tiếp theo SONAR đã được sử dụng lần đầu trong chiến tranh thế giới năm 1940
- Các chẩn đoán y tế bằng siêu âm được sử dụng vào cuối những năm 1950
- Phạm vi tần số sử dụng cho y tế từ khoảng 1 MHz-20MHz
- Tần số của âm thanh mà con người có thể nghe được cỡ từ 20 Hz đến 20 KHz



Lịch sử phát triển của ứng dụng siêu âm

History of Ultrasonics

Prior to World War II, sonar, the technique of sending sound waves through water and observing the returning echoes to characterize submerged objects, inspired early ultrasound investigators to explore ways to apply the concept to medical diagnosis. In 1929 and 1935, Sokolov studied the use of ultrasonic waves in detecting metal objects. Mulhauser, in 1931, obtained a patent for using ultrasonic waves, using two transducers to detect flaws in solids. Firestone (1940) and Simons (1945) developed pulsed ultrasonic testing using a pulse-echo technique.

Shortly after the close of World War II, researchers in Japan began to explore the medical diagnostic capabilities of ultrasound. The first ultrasonic instruments used an A-mode presentation with blips on an oscilloscope screen. That was followed by a B-mode presentation with a two dimensional, gray scale image.

Japan's work in ultrasound was relatively unknown in the United States and Europe until the 1950s. Researchers then presented their findings on the use of ultrasound to detect gallstones, breast masses, and tumors to the international medical community. Japan was also the first country to apply Doppler ultrasound, an application of ultrasound that detects internal moving objects such as blood coursing through the heart for cardiovascular investigation

Nguyên lý và cấu tạo chung

- Cảm biến siêu âm là một cảm biến hoạt động trên nguyên tắc phản xạ của sóng âm thanh và được sử dụng để phát hiện sự hiện diện của một đối tượng cụ thể ở phía trước của nó, nó hoạt động trên các khu vực với tần số của sóng âm thanh từ 40 KHz đến 400 KHz.
- Nhìn chung một bộ cảm biến siêu âm thông minh có cấu trúc như hình dưới:

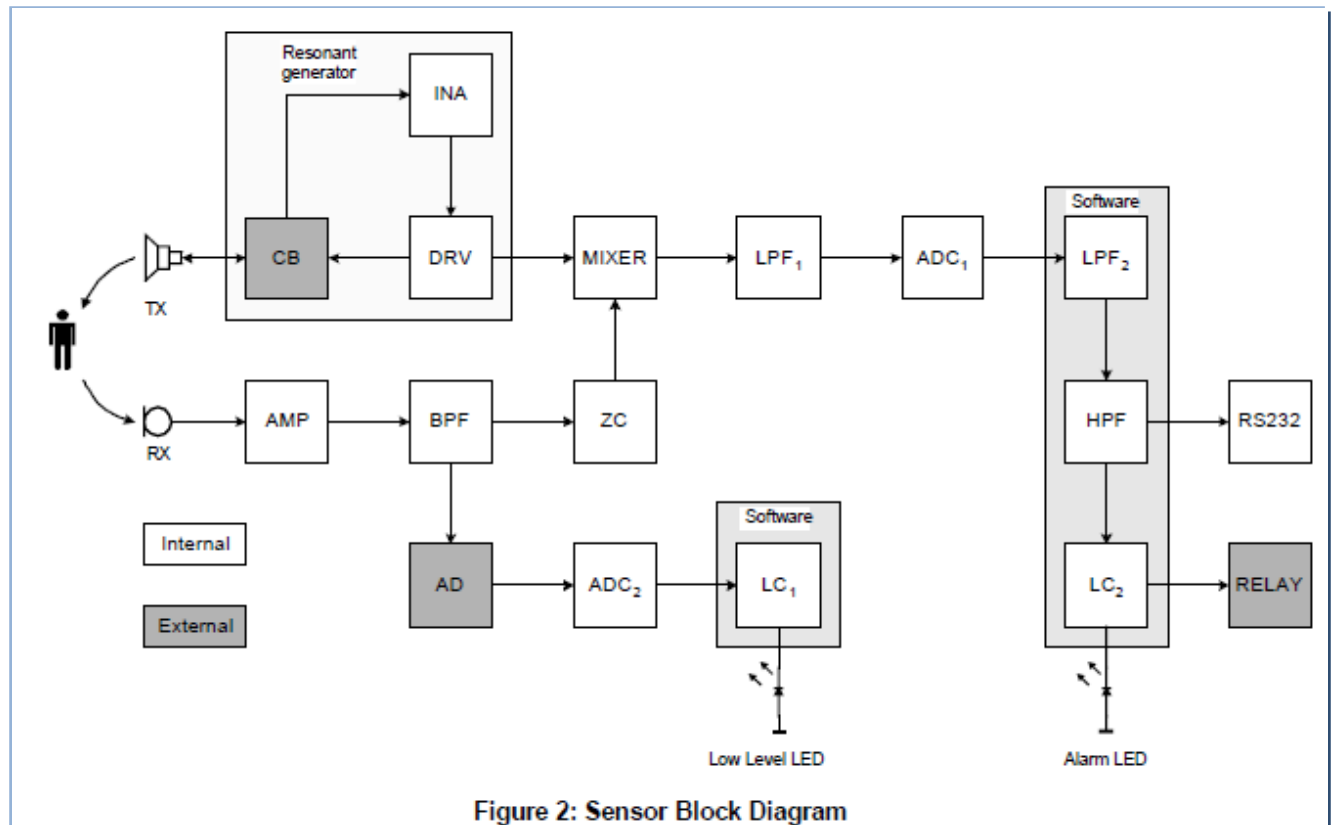


Figure 2: Sensor Block Diagram

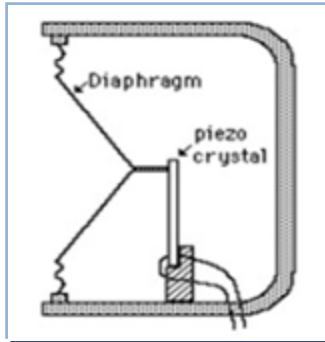


Nguyên lý và cấu tạo chung

- Các bộ phận chính bao gồm:
 - + Bộ phát và bộ thu là các phần tử gốm áp điện (piezoelectric ceramic)
 - + Khối tạo dao động cao tần
 - + Khối xử lý tín hiệu như : khuếch đại (AMP-amplifier), band-pass filter BPF, Zero-crossing detector ZC, low-pass filter LPF1, sigma-delta ADC1, digital low-pass filter LPF2, Digital high-pass filter HPF limits the lower frequency in the Doppler spectrum, level comparator LC2.
- Lưu ý: vận tốc sóng âm của cảm biến bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ do vậy cần thiết có sự bù nhiệt.
- Bộ chuyển đổi áp điện được kích thích bởi khối tạo dao động cao tần và phát ra một xung sóng siêu âm ($> 20 \text{ KHz}$) và xung này di chuyển với vận tốc xác định tùy theo môi trường đo. Sóng âm này sẽ phản xạ lại với vận tốc tương tự khi gặp một môi trường cản trở nhưng có thể khác về cường độ và bộ thu cũng là một phần tử áp điện khác có cấu tạo như một microphone. Tín hiệu này được chuyển đổi thành tín hiệu điện và được xử lý như khuếch đại, lọc trước khi so sánh với tín hiệu được phát đi. Như vậy thông qua khối vi xử lý để xác định thời gian thu và phát kết hợp với vận tốc xác định để xác định được khoảng cách của đối tượng trong phạm vi của phương truyền sóng.

Nguyên lý và cấu tạo chung

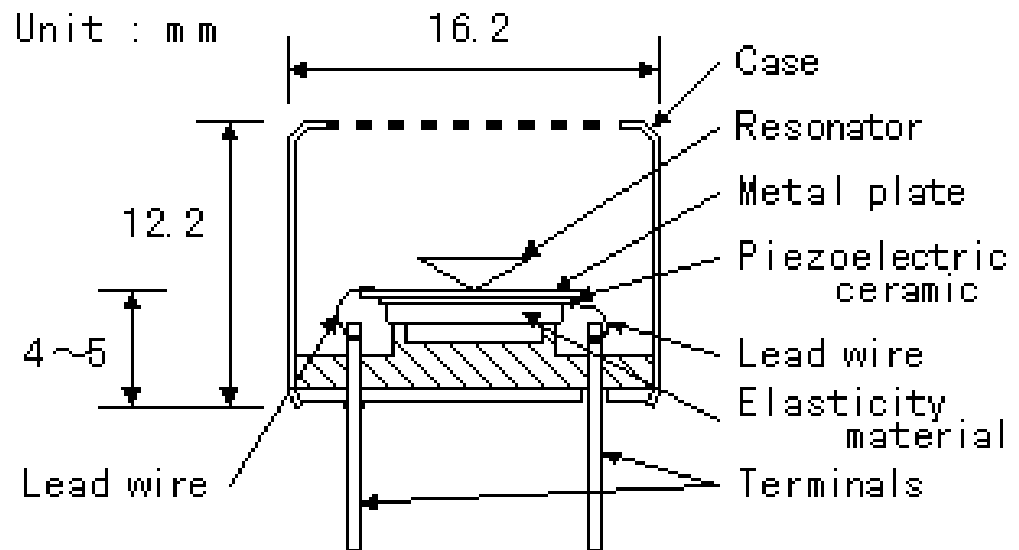
- Ví dụ cấu tạo của một microphone trên cơ sở áp điện



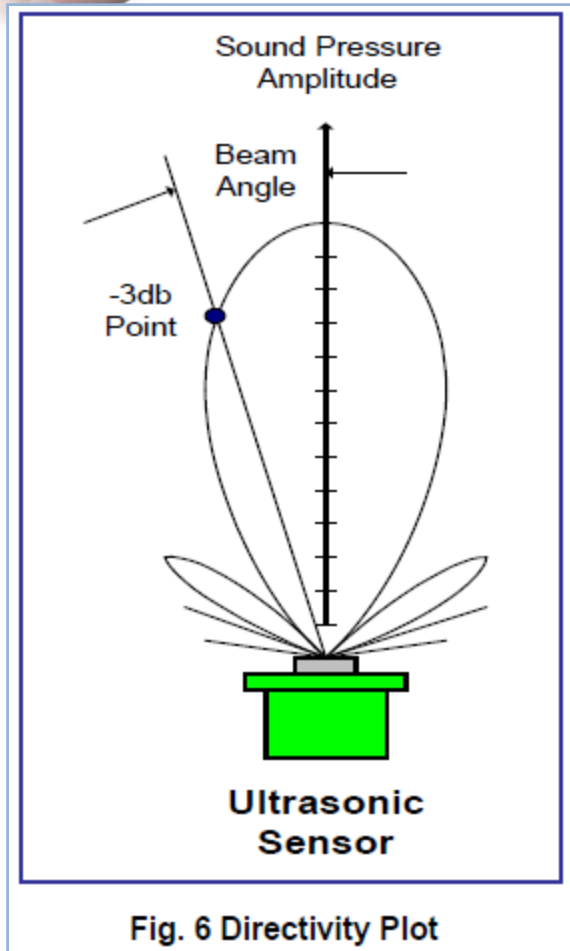
Principle : The crystal microphone uses a thin strip of piezoelectric material attached to a diaphragm. The two sides of the crystal acquire opposite charges when the diaphragm deflects the crystal. The charges are proportional to the amount of deformation and disappear when the stress on the crystal disappears.

- Cấu tạo của một cảm biến siêu âm truyền thống

Item		Spec
Resonant frequency (KHz)		40
Sound pressure level (dB)		115 <
Sensitivity (dB)		-64 <
Size (mm)	Diameter	16.2
	Height	12.2
	Terminal interval	10.0



Đặc điểm của sóng âm thanh



- Như vậy tùy theo môi trường khí hoặc chất lỏng và kiểu môi trường khác nhau vận tốc sóng âm thay đổi cỡ từ 145 m/s đến 1284 m/s tại nhiệt độ 0 độ C.
- Mỗi cảm biến sóng âm có một phương truyền và độ định hướng truyền xác định. Cảm biến chỉ phát hiện vật ở trong giới hạn nón không gian

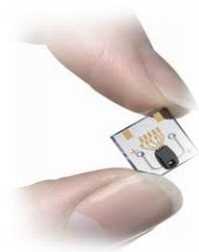
Gases @ 0°C	Speed of Sound in m/sec
Air, Dry	331.45
Ammonia	415
Carbon monoxide	338
Carbon dioxide	259
Chlorine	206
Ethane	308
Ethylene	317
Helium	965
Hydrogen	1284
Hydrogen chloride	296
Methane	430
Nitrogen	334
Nitrous oxide	263
Oxygen	316
Sulfur dioxide	213

Table 1 Speed of Sound in Gases

Vapors at 97.1°C	Speed of Sound in m/sec
Acetone	239
Benzene	202
Carbon Tetrachloride	145
Chloroform	171
Ethanol	269
Ethyl Ether	206
Methanol	335
Water Vapor	494

Table 2 Speed of Sound in Vapors

The speed of sound "C" in air is $C \approx 331.5 + 0.61 \theta$ (m/s), where θ is the air temperature (°C).



Đặc điểm của sóng âm thanh

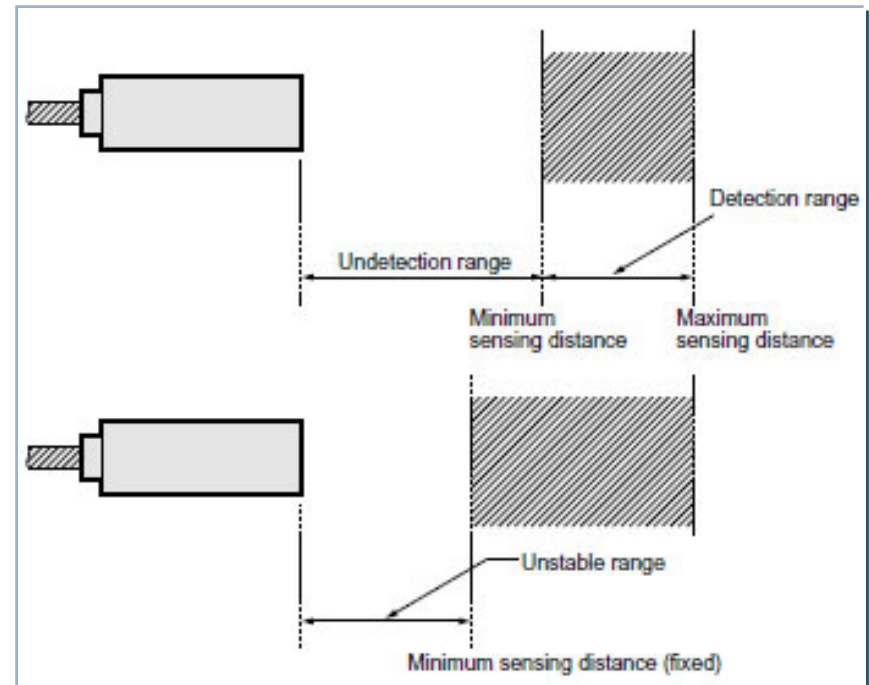
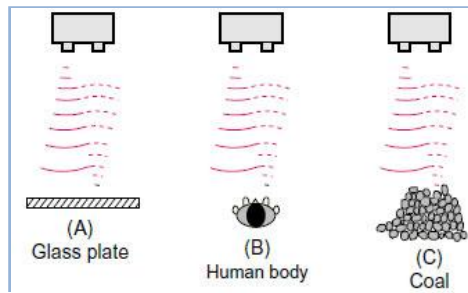
- Các kiểu vật liệu sóng âm có thể phát hiện bao gồm: gỗ, kim loại, nhựa..., màu sắc, trạng thái rắn, lỏng, xốp, mềm và cơ thể con người...
- Mỗi cảm biến đều có vùng giới hạn về khoảng cách phát hiện

Detected objects can be classified as follows:

(A) Flat-surface objects such as fluids, boxes, plastic sheets, paper, and glass.

(B) Cylindrical objects such as cans, bottles, and human bodies.

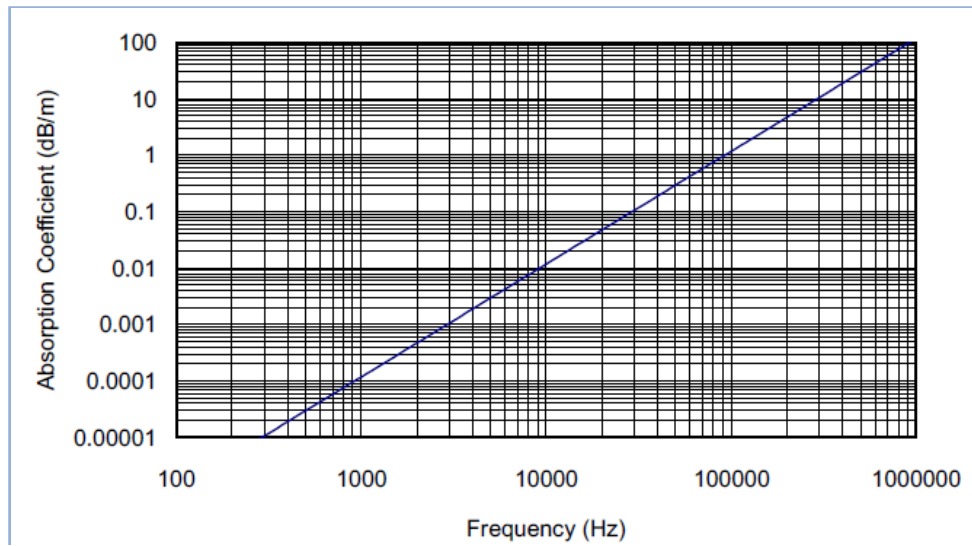
(C) Powders and chunk-like objects such as minerals, rocks, coal, coke, and plastic.





Đặc điểm của sóng âm thanh

- Lưu ý rằng độ bụi và độ ẩm trong không khí sẽ ảnh hưởng đến độ suy hao của cường độ sóng âm. Tỷ lệ suy hao trong không khí của sóng âm có liên quan đến vận tốc hoặc tần số của sóng âm thanh như hình dưới

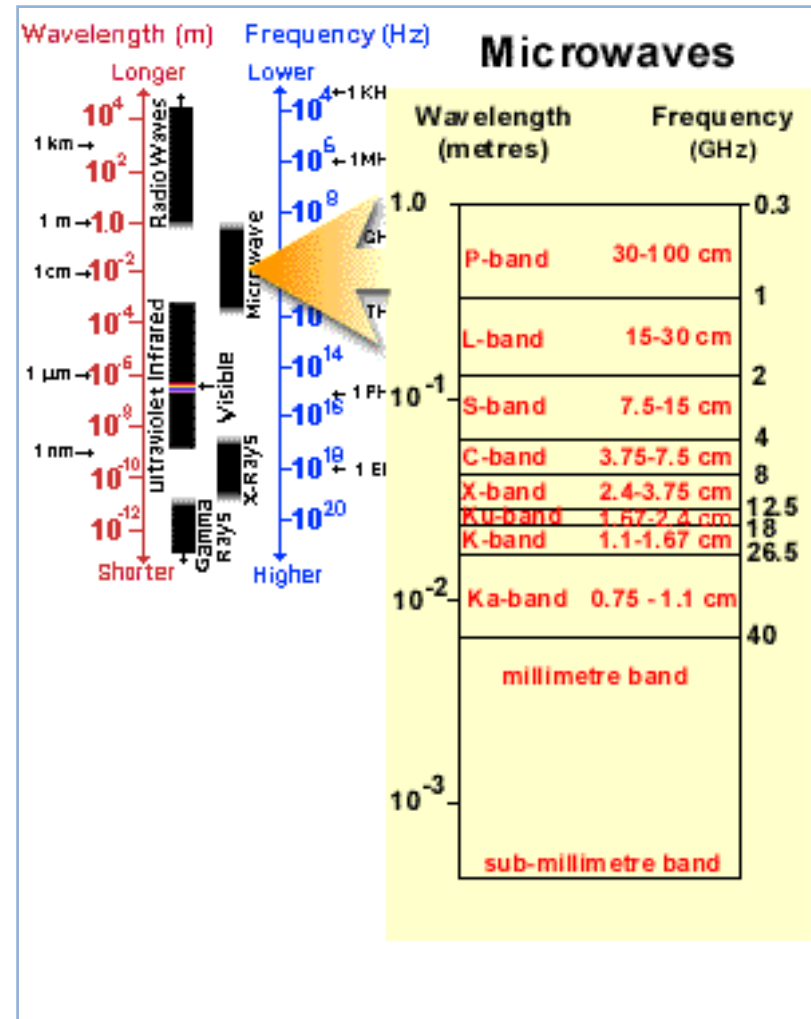


- Như vậy với khoảng cách xa thì các sóng âm có tần số thấp sẽ phù hợp hơn, tuy nhiên độ đỉnh hướng sẽ giảm.



Đặc điểm của sóng âm thanh

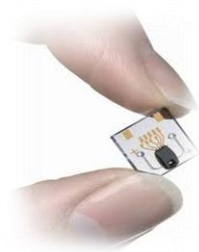
- Trong quá trình chuyển đổi sóng âm người ta quy định như sau:
 - Electricity into sound = pulse
 - Sound into electricity = echo
- Phân biệt SONAR và RADAR với siêu âm
- Sound Navigation And Ranging (SONAR)
- Radio Dection And Ranging (RADAR)
ELECTROMAGNETIC WAVES !!
- **Radar uses microwaves** to find the target parameters. **Ultrasonic uses sound waves** to find the target.





Ưu điểm ?

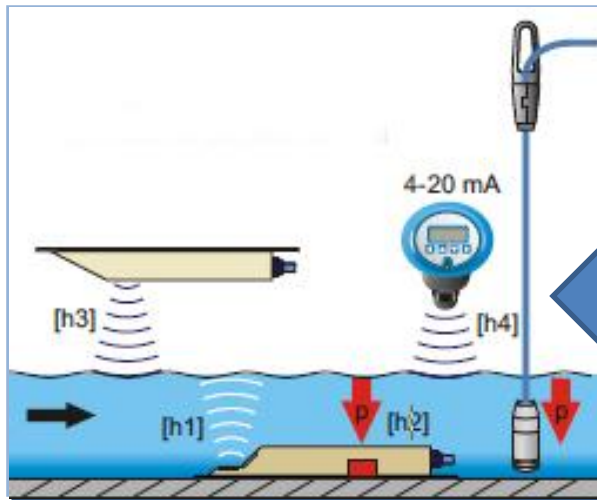
- Measures and detects distances to moving objects.
- Impervious to target materials, surface and color.
- Solid-state units have virtually unlimited, maintenance-free lifespan.
- Detects small objects over long operating distances.
- Resistant to external disturbances such as vibration, infrared radiation, ambient noise and EMI radiation.
- Ultrasonic sensors are not affected by dust, dirt or high-moisture environments.



Ứng dụng của cảm biến siêu âm

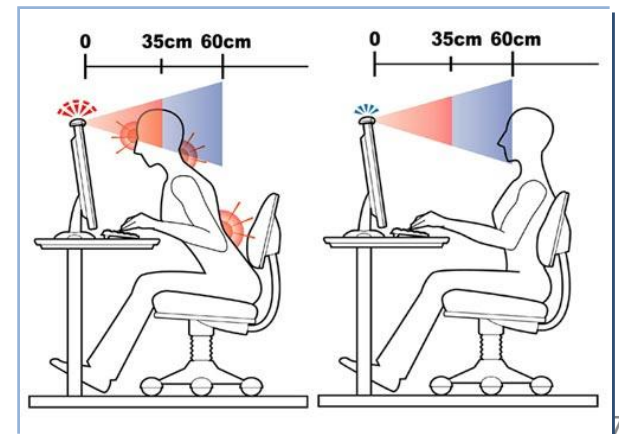
Đo mức (level) và lưu lượng (flow)

ULTRASONIC WIND SENSOR



Chẩn đoán y tế (Ultrasound Medicine)

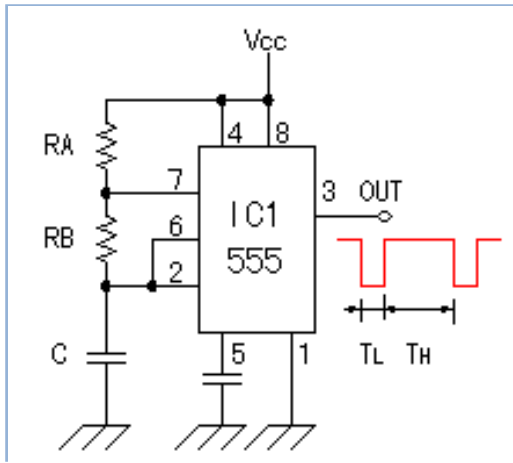
Đo khoảng cách



Hoang Si Hong-HUST

Thiết kế mạch đo cho cảm biến siêu âm với phạm vi đo meter

● Ultrasonic pulse oscillator



The condition : $RA = 1M\text{-ohm}$, $RB = 15K\text{-ohm}$, $C = 0.1\mu F$

$$T_L = 0.69 \times RB \times C$$

$$= 0.69 \times 15 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}$$

$$= 1 \times 10^{-3}$$

$$= \mathbf{1 \text{ msec}}$$

$$T_H = 0.69 \times (RA + RB) \times C$$

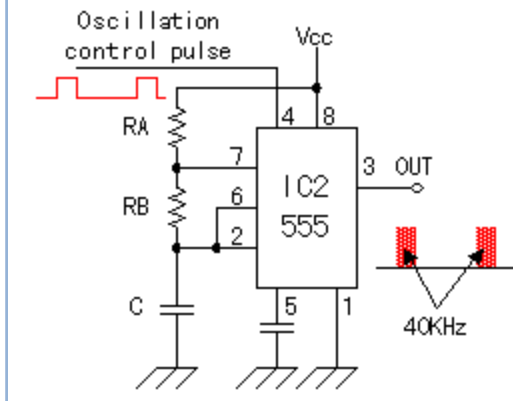
$$= 0.69 \times 1015 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}$$

$$= 70.0 \times 10^{-3}$$

$$= \mathbf{70 \text{ msec}}$$

IC2 is the circuit to make oscillate the ultrasonic frequency of 40KHz. Oscillation's operation is same as IC1 and makes oscillate at the frequency of about 40 KHz. It makes $RB > RA$ to bring the duty(Ratio of ON/OFF) of the oscillation wave close to 50%.

● Ultrasonic oscillator



The calculation example of the frequency is shown below.
The condition : $RA = 1.5K\text{-ohm}$, $RB = 15K\text{-ohm}$, $C = 1000pF$

$$T_L = 0.69 \times RB \times C$$

$$= 0.69 \times 15 \times 10^3 \times 1000 \times 10^{-12}$$

$$= 10.35 \times 10^{-6}$$

$$= \mathbf{10 \mu sec}$$

$$T_H = 0.69 \times (RA + RB) \times C$$

$$= 0.69 \times 16.5 \times 10^3 \times 1000 \times 10^{-12}$$

$$= 11.39 \times 10^{-6}$$

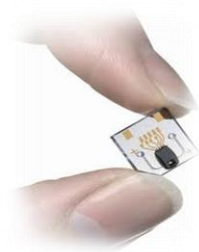
$$= \mathbf{11 \mu sec}$$

$$f = 1 / (T_L + T_H)$$

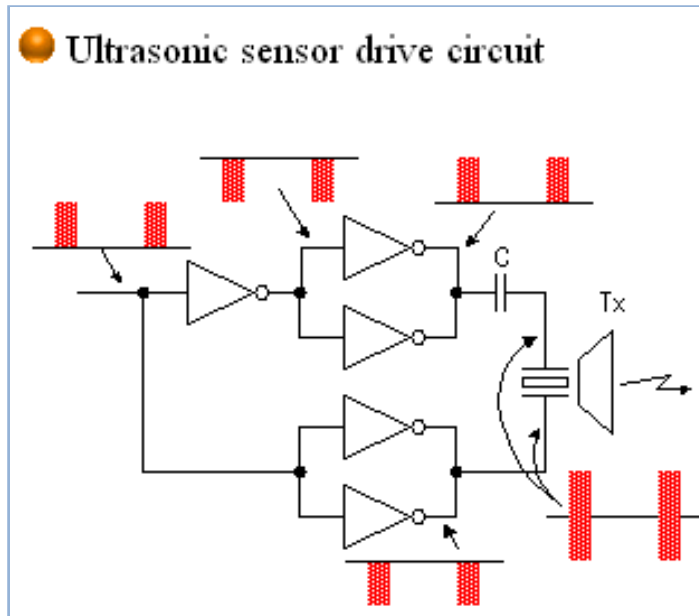
$$= 1 / ((10.35 + 11.39) \times 10^{-6})$$

$$= 46.0 \times 10^3$$

$$= \mathbf{46.0 \text{ KHz}}$$



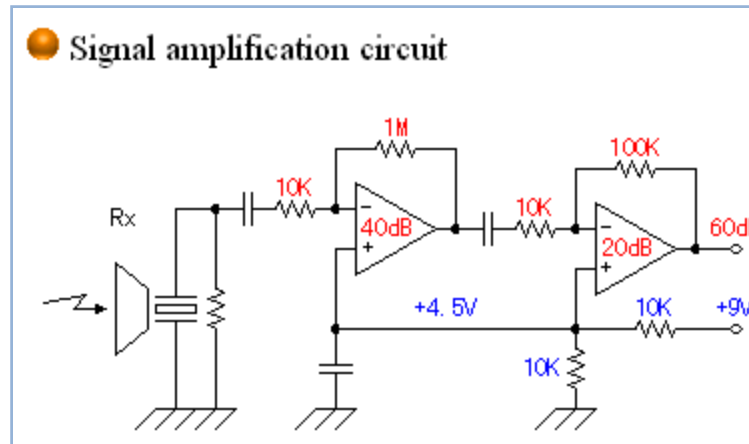
Thiết kế mạch đo cho cảm biến siêu âm với phạm vi đo meter



The inverter is used for the drive of the ultrasonic sensor. The two inverters are connected in parallel because of the transmission electric power increase.

The phase with the voltage to apply to the positive terminal and the negative terminal of the sensor has been 180 degrees shifted. Because it is cutting the direct current with the capacitor, about twice of voltage of the inverter output are applied to the sensor.

Thiết kế mạch đo cho cảm biến siêu âm với phạm vi đo meter



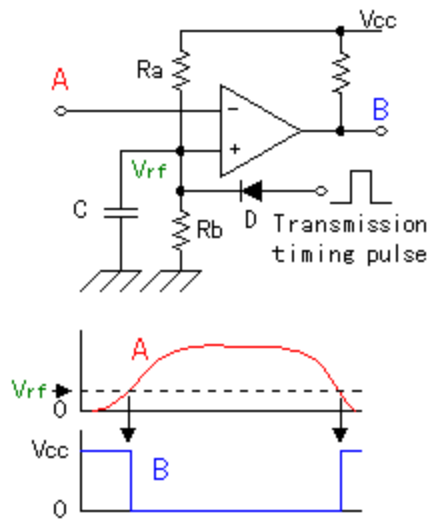
The ultrasonic signal which was received with the reception sensor is amplified by 1000 times (60dB) of voltage with the operational amplifier with two stages. It is 100 times at the first stage (40dB) and 10 times (20dB) at the next stage.

As for the dB (decibel), refer to "[Logarithm Table](#)".

Generally, the positive and the negative power supply are used for the operational amplifier. The circuit this time works with the single power supply of +9 V. Therefore, for the positive input of the operational amplifiers, the half of the power supply voltage is applied as the bias voltage and it is made 4.5 V in the central voltage of the amplified alternating current signal. When using the operational amplifier with the negative feedback, the voltage of the positive input terminal and the voltage of the negative input terminal become equal approximately. So, by this bias voltage, the side of the positive and the side of the negative of the alternating current signal can be equally amplified.

Thiết kế mạch đo cho cảm biến siêu âm với phạm vi meter

Signal detector



This circuit is the circuit which detects the ultrasonic which returned from the object. The output of the detection circuit is detected using the comparator. At the circuit this time, the operational amplifier of the single power supply is used instead of the comparator. The operational amplifier amplifies and outputs the difference between the positive input and the negative input. In case of the operational amplifier which doesn't have the negative feedback, at a little input voltage, the output becomes the saturation state. Generally, the operational amplifier has tens of thousands of times of mu factors. So, when the positive input becomes higher a little than the negative input, the difference is tens of thousands of times amplified and the output becomes the same as the power supply almost. (It is the saturation state) Oppositely, when the positive input becomes lower a little than the negative input, the difference is tens of thousands of times amplified and the output becomes 0 V almost. (It is in the OFF condition) This operation is the same as the operation of the comparator. However, because the inner circuit is different about the comparator and the operational amplifier, the comparator can not be used as the operational amplifier.

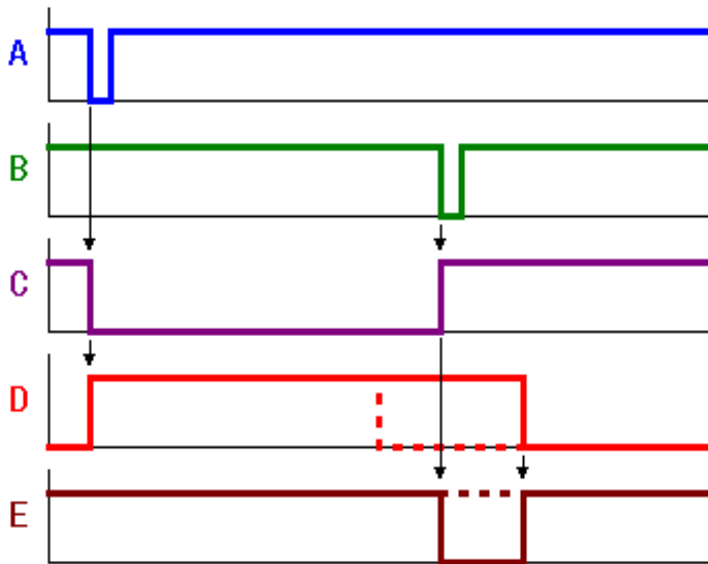
At the circuit this time, it connects the output of the detection circuit with the negative input of the signal detector and it makes the voltage of the positive input constant.

$$\begin{aligned} V_{rf} &= (R_b \times V_{cc}) / (R_a + R_b) \\ &= (47K\text{-ohm} \times 9V) / (1M\text{-ohm} + 47K\text{-ohm}) \\ &= 0.4V \end{aligned}$$

So, when the rectified ultrasonic signal becomes more than 0.4 V, the output of the signal detector becomes the L level (Approximately 0 V).



The circuit diagram shows a 555 timer configured as a pulse width detector. The inputs are a 'Reflected wave detection pulse' (B) and a 'Transmission pulse' (A). The output is a pulse (E). The circuit includes a 555 timer, two 5V logic inverters, and various passive components: VR2 (50K), R15 (2K), C15 (1 μF), and a 5V supply. Waveforms for A, B, and the output E are shown.



If the **D** point becomes the H level before the **C** point becomes the L level, the wrong pulse with the alarm output (the **E** point) is output. In the actual operation, because that the **C** point becomes the L level is earlier than the operation beginning of the timer, I don't put the delay circuit.



Thiết kế mạch đo cho cảm biến siêu âm với phạm vi meter

It made the range of the alarm from about 40 cm to 10 m. The most short distance is limited by the transmission pulse mis-detection prevention circuit. The most long distance is limited by the transmission level of the ultrasonic, receiver sensitivity and then the interval of the transmission of the transmission pulse.

● The time that the sound wave goes and returns in the 40-cm distance

When the ambient temperature is 20°C, the propagation speed of the sound wave is 343.5 m/second.

In the time to be propagated by 80 cm (the going and returning), it is as follows.

$$T_s = 0.8/343.5$$

$$= 0.00233$$

$$= \mathbf{2.33 \text{ milliseconds}}$$



● The time that the sound wave goes and returns in the 10-m distance

In the time to be propagated by 20 m (the going and returning), it is as follows.

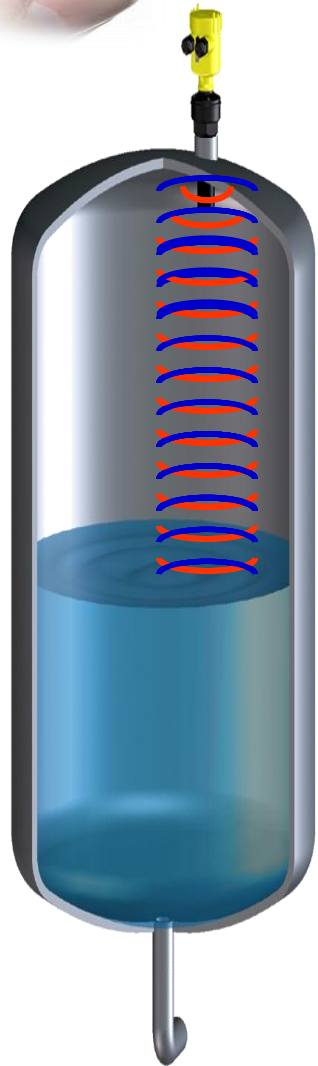
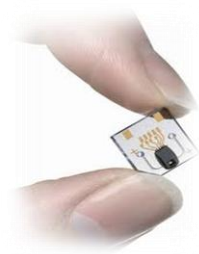
$$T_L = 20/343.5$$

$$= 0.05822$$

$$= \mathbf{58.2 \text{ milliseconds}}$$



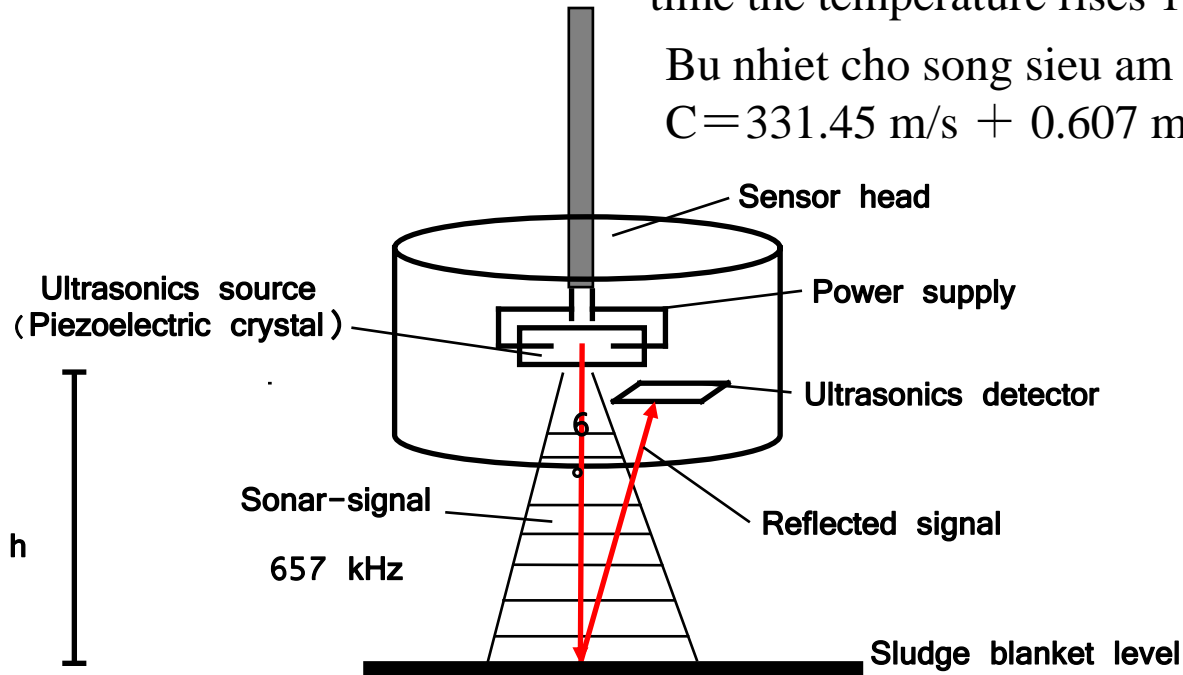
Cảm biến siêu âm đo mức



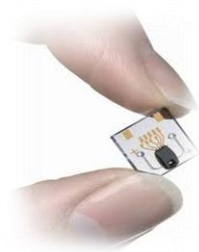
Sound velocity increases by 0.607 m/s every time the temperature rises 1°C.

Bu nhiệt cho sóng siêu âm

$$C = 331.45 \text{ m/s} + 0.607 \text{ m/s} \times T^{\circ}\text{C}$$

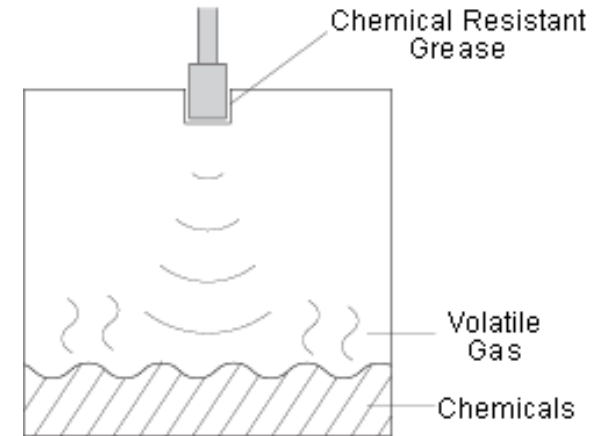
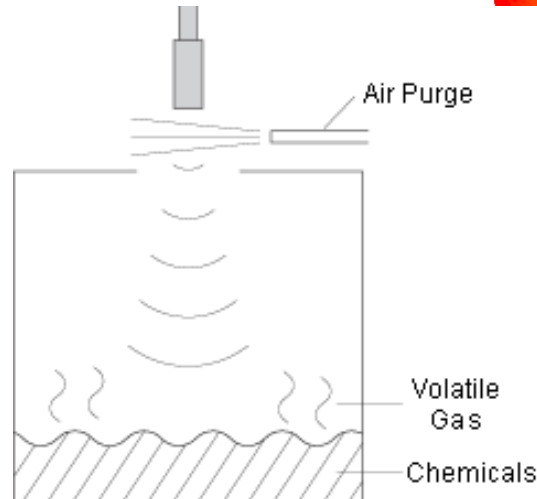
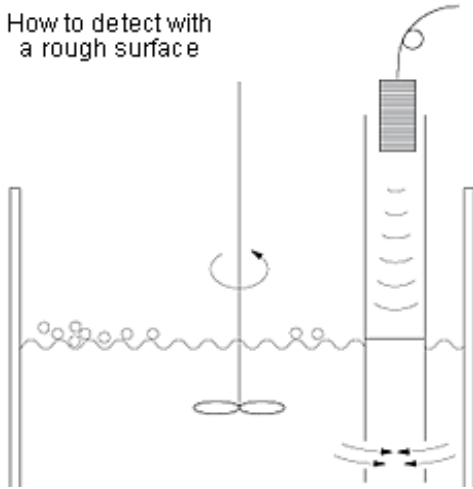


$$\text{Distance} = (\text{Velocity of Sound} \times \text{Time}) / 2.$$

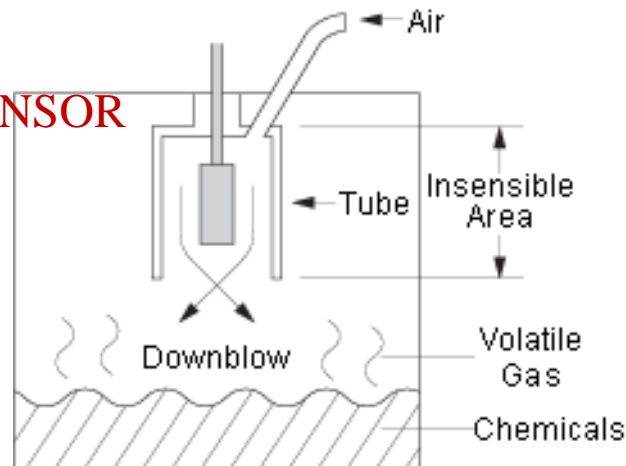


Bao ve khi do muc Acid, Alkali, and Organic Solvent Level

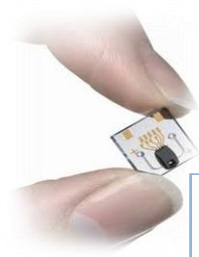
How to detect with a rough surface



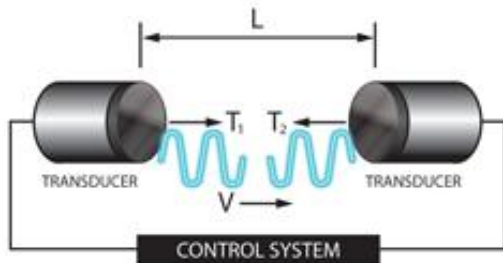
ULTRASONIC WIND SENSOR



ULTRASONIC WIND SENSOR (đo gió)



Time of Flight Theory



$$T_2 = \frac{L}{C - V} \quad \text{and} \quad T_1 = \frac{L}{C + V}$$

therefore

$$V = \frac{L}{2} \left\{ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right\} \quad C = \frac{L}{2} \left\{ \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \right\}$$

KEY

L = Distance between transducer faces
C = Speed of sound
V = Velocity of gas flow
T1 = Transit time of ultrasound
T2 = Transit time of ultrasound

Thiết bị gồm có 4 cảm biến siêu âm đặt thẳng góc với nhau theo từng cặp đông-tây và nam-bắc. Mỗi bộ cảm biến gồm một cặp thu-phát có chức năng phát 2 chiều theo chu kì nhất định. Thời gian truyền của xung âm thanh sẽ tăng hoặc giảm tùy theo cùng chiều hoặc ngược chiều với hướng gió. Tổng hợp thời gian thu và phát giữa các cặp tương ứng sẽ tính ra được hướng gió và vận tốc gió.

If, for example, a North wind is blowing, then the time taken for the pulse to travel from N to S will be less than from S to N, whereas the W to E, and E to W times will be the same. The wind speed and direction can then be calculated from the differences in the times of flight on each axis. This calculation is independent of factors such as temperature.

• Wind Speed:

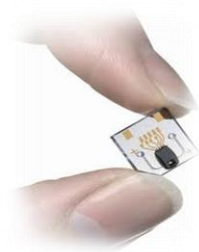
Range: 0 – 60 m/s

Accuracy: $\pm 2\%$ (1.2 m/s)

• Wind Direction:

Range: 0°-359°

Accuracy: $\pm 3^\circ$



Cảm biến siêu âm đo lưu lượng

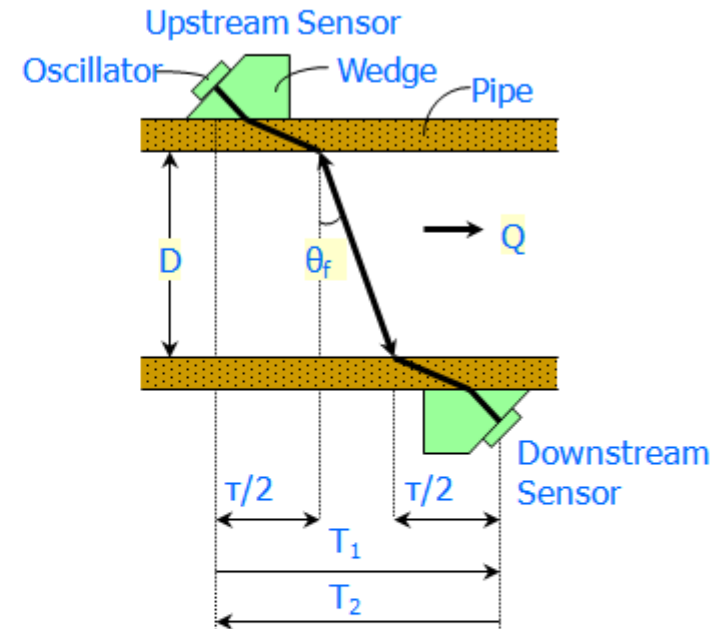
Basic Principle = Transit Time Difference Type

- Clamp-on sensors
- Transit Time Difference Method
- Principle Expression

Cross-sectional area **Average velocity on cross section**

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times \frac{1}{K} \times \frac{D}{\sin 2\theta_f} \times \frac{\Delta T}{(T_0 - \tau)^2}$$

Average velocity on propagation path



- Q : Flowrate
- D : Inner pipe diameter
- K : Conversion factor of average velocity
- θ_f : Incident angle into liquid

- T_1, T_2 : Transit time
- T_0 : Transit time between sensors when flow is at rest ($\hat{=}(T_1 + T_2)/2$)
- τ : Transit time in pipe walls & sensors

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

(Note)
Ultrasonic waves are carried with the motion of fluid.

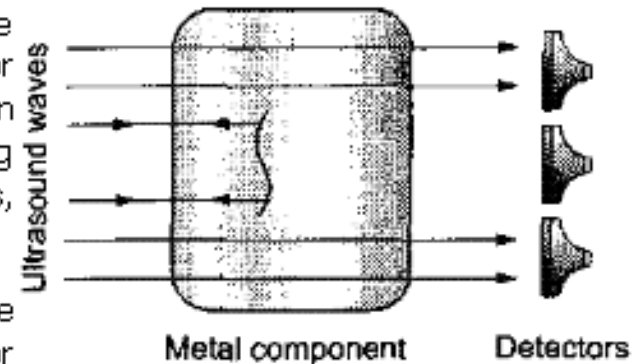
Phát hiện lỗi bên trong của vật liệu

Ultrasonic detection of defects in metals

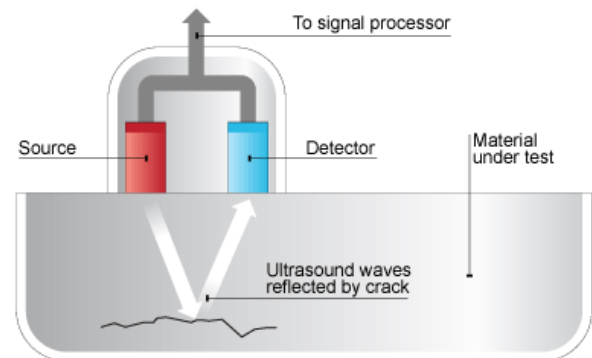
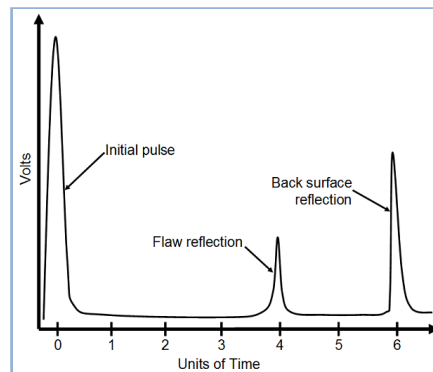
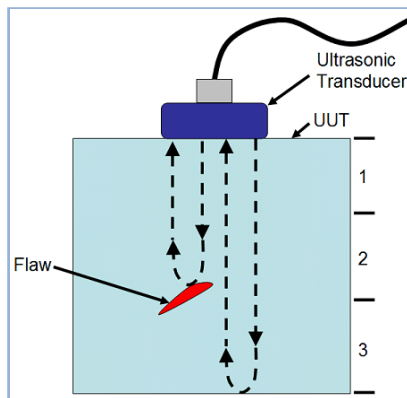
Metallic components are used in buildings, bridges, machines, scientific equipment, and so on. If there are cracks or holes inside the metal used, the strength of the structure or component is reduced and it can fail. Such defects are not visible from the outside. Ultrasonic waves can be used to detect such defects.

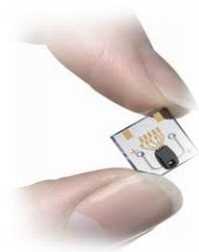
Ultrasonic waves are sent through the metallic object under study. If there is no crack or cavity in its path, it goes through the object. A detector placed on the other side detects the transmitted wave. A defect present in the path of the wave reflects the wave. Thus, the intensity of the emerging waves falls in the region that is in line with the defect. When this happens, we know that the object has a defect inside.

Why cannot ordinary sound be used for this application? This is because ordinary sound will bend considerably round the corners of cracks or cavities, and will emerge on the other side at almost full intensity.



6.23





Medical Applications of Ultrasound

Imaging of organs

Ultrasonic waves have given doctors powerful and safe tools for imaging human organs. Echocardiography is a technique in which ultrasonic waves, reflected from various parts of the heart, form an image of the heart. Ultrasonography is routinely used to show doctors images of a patient's organs such as the liver, gall bladder, uterus, etc. It helps doctors detect abnormalities such as stones in the gall bladder, tumours, etc. It is also used to monitor the growth of a foetus inside the mother's womb.

These applications are based on the high directionality of ultrasound waves and their capability to reflect from the boundaries between different kinds of material. Ultrasonic waves of low

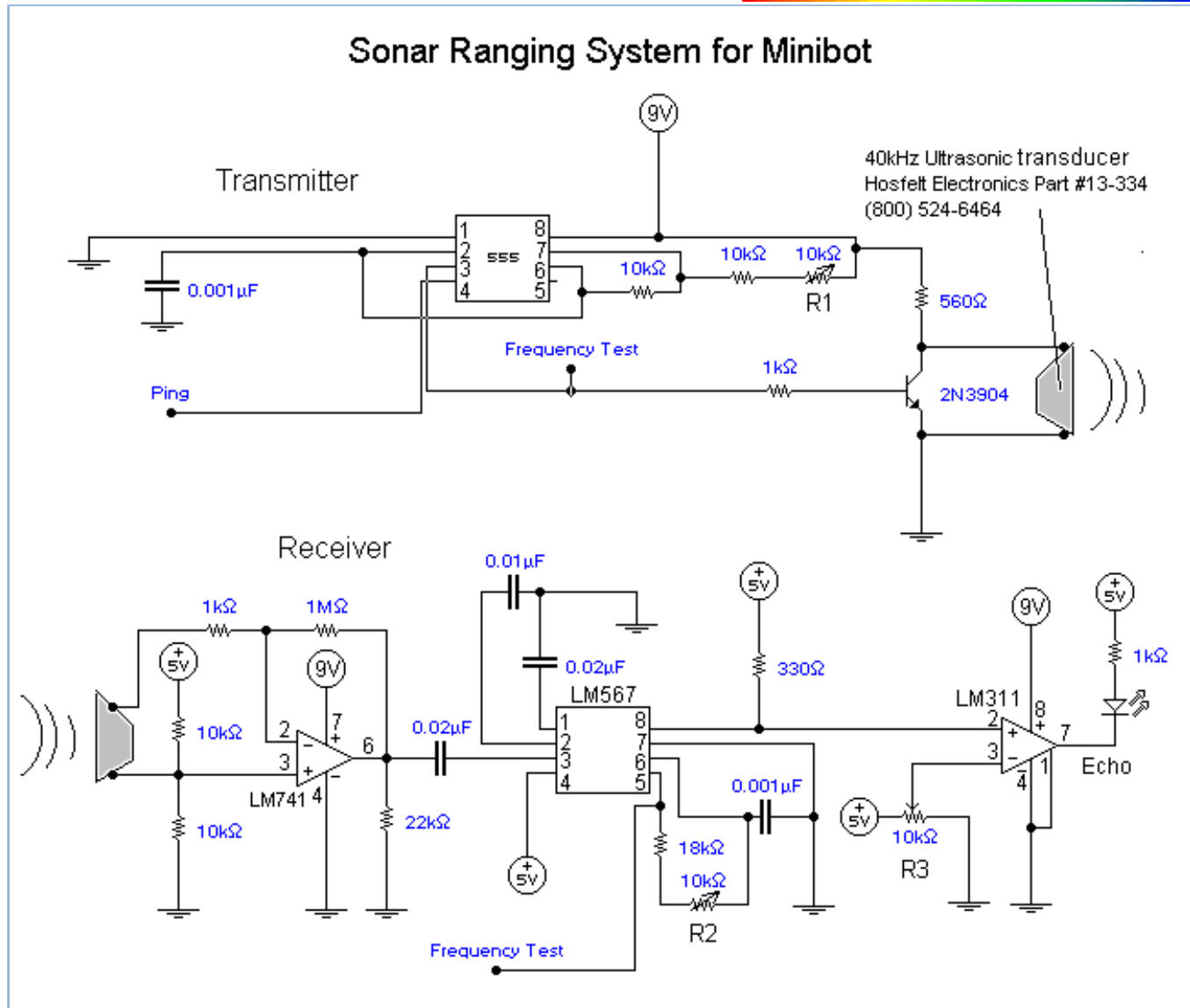
intensity are sent to the desired area of the body. The waves travel along straight lines till they hit an internal structure. A part of the wave is reflected from here, and the rest is transmitted to the next structure. It is again reflected at the next boundary, and so on. Waves are sent from different angles, and all the reflected waves are gathered by a receiver. These waves are then converted into electrical signals that are used to generate images of an organ. These images are then displayed on a monitor, and if required printed on film.

Ultrasonography is safer than the older X-ray imaging technique. Repeated X-rays can harm tissues, especially those of a foetus.



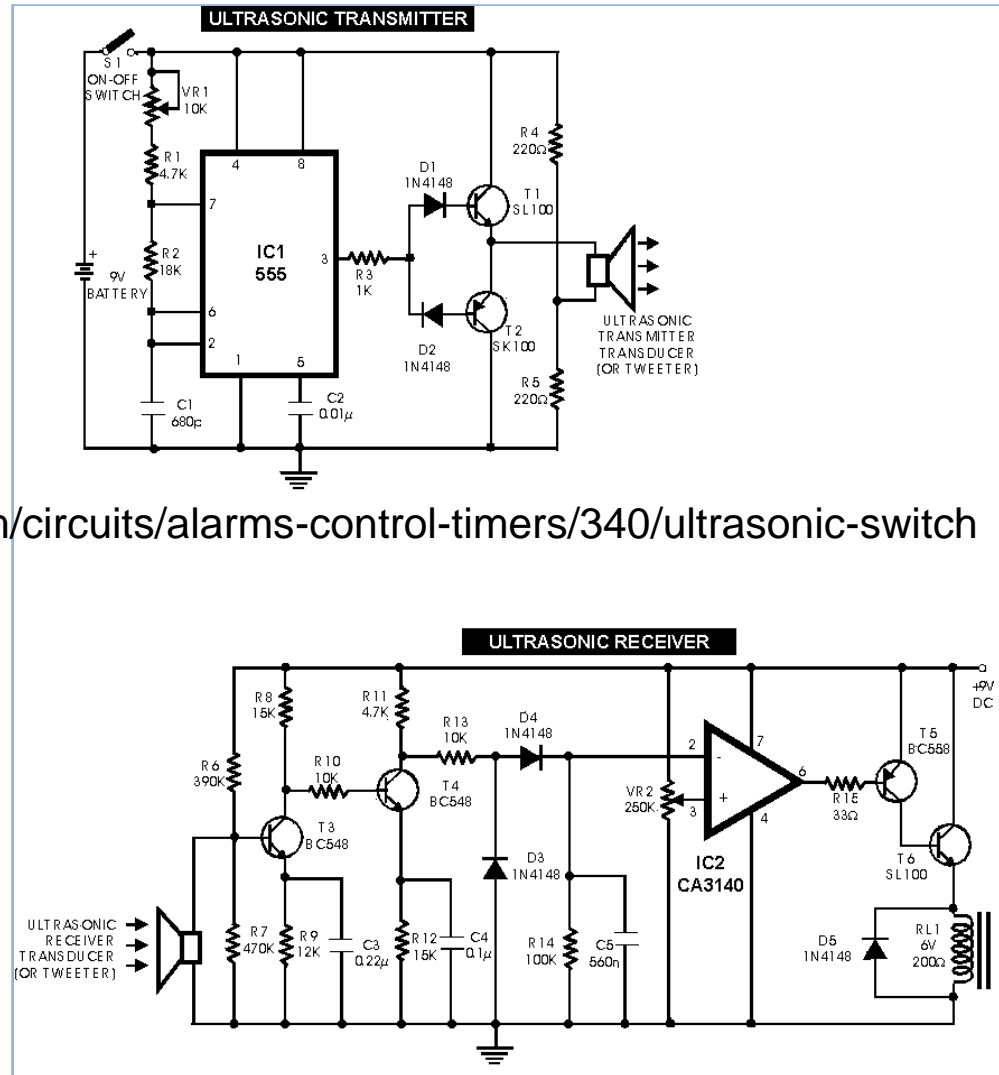
Fig. 6.24 Ultrasound image showing twins (F1 and F2)

Một vài mạch đo khác

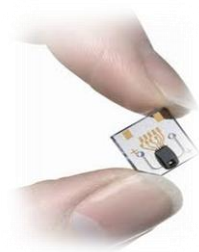




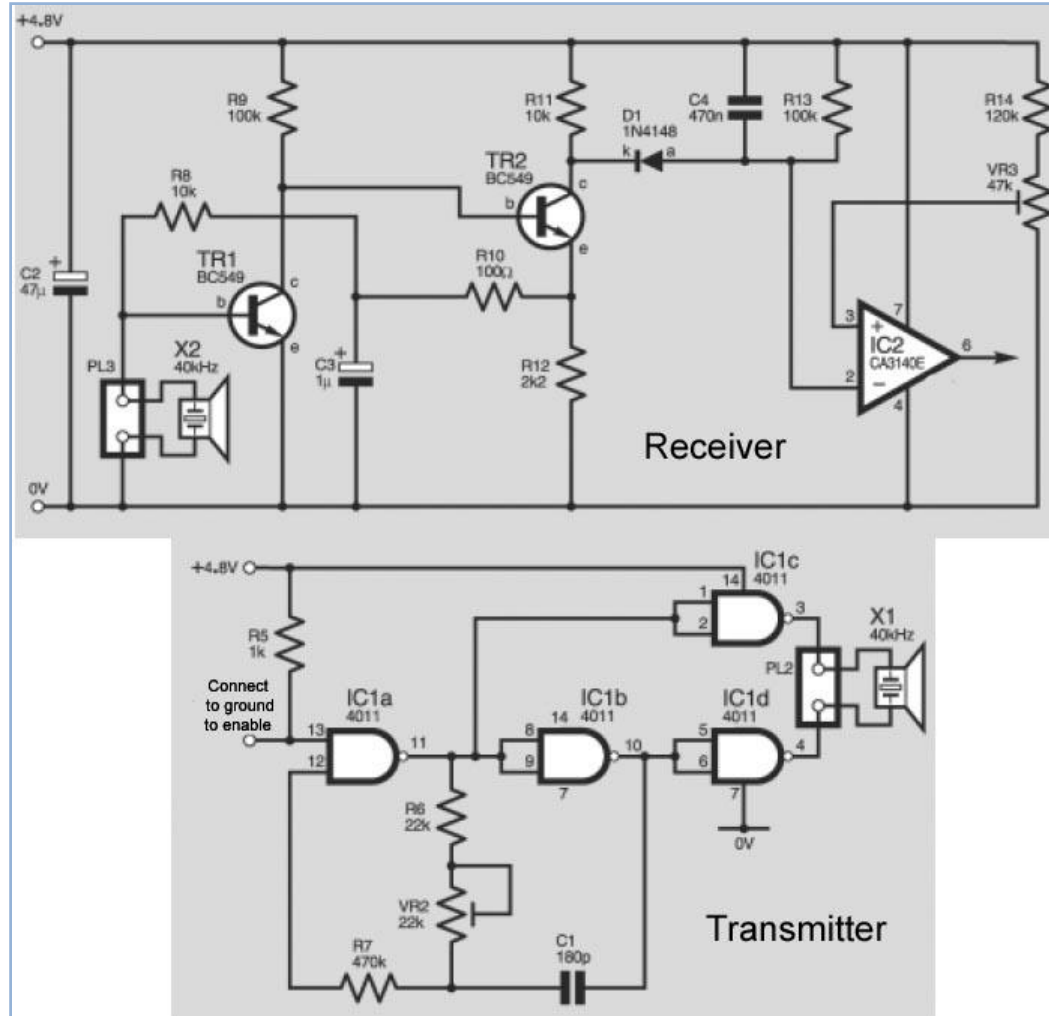
Một vài mạch đo khác



<http://www.free-circuits.com/circuits/alarms-control-timers/340/ultrasonic-switch>

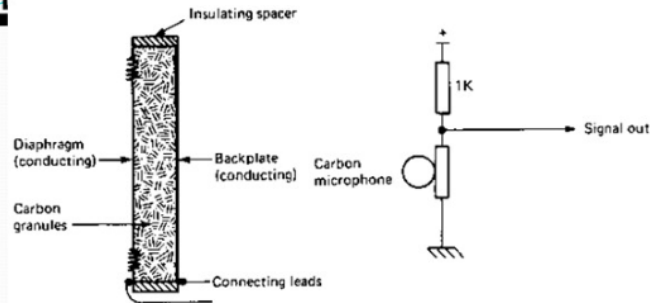


Một vài mạch đo khác



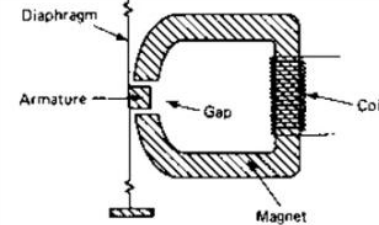
Một vài microphone

THE CARBON MICROPHONE



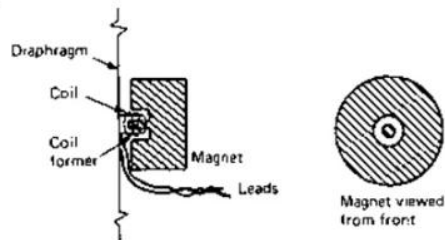
Principle : uses loosely packed granules of carbon held between a diaphragm and a backplate . When the granules are compressed the resistance between diaphragm and backplate drops and the vibration in diaphragm converted into variation in granules resistance

THE MOVING IRON (VARIABLE RELUCTANCE) MICROPHONE



The principle : the magnetic reluctance of the circuit changes as the armature moved where the diaphragm attached, and so changes with the magnetic flux in the magnetic circuit ,then this produce emf in the coil proportional to the magnetic flux and the diaphragm movement .

MOVING COIL MICROPHONE

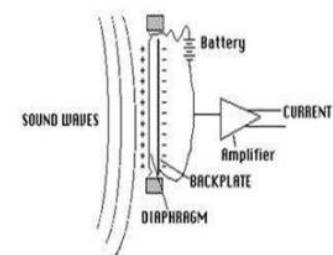


Principle : use constant flux magnetic circuit where by moving a small coil of wire in the magnetic circuit the electrical o/p is generated (coil attached to a diaphragm)

CAPACITOR MICROPHONES

Principle :

the diaphragm is mounted close to, but not touching, a rigid backplate. A battery is connected to both pieces of metal, which produces an electrical potential, or charge, between them. As the distance changes, the diaphragm moves in response to sound and the current flows in the wire. The amount of current is proportional to the displacement of the diaphragm.



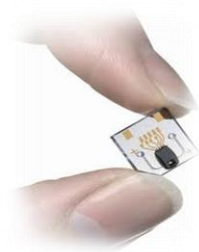


Cảm biến radar

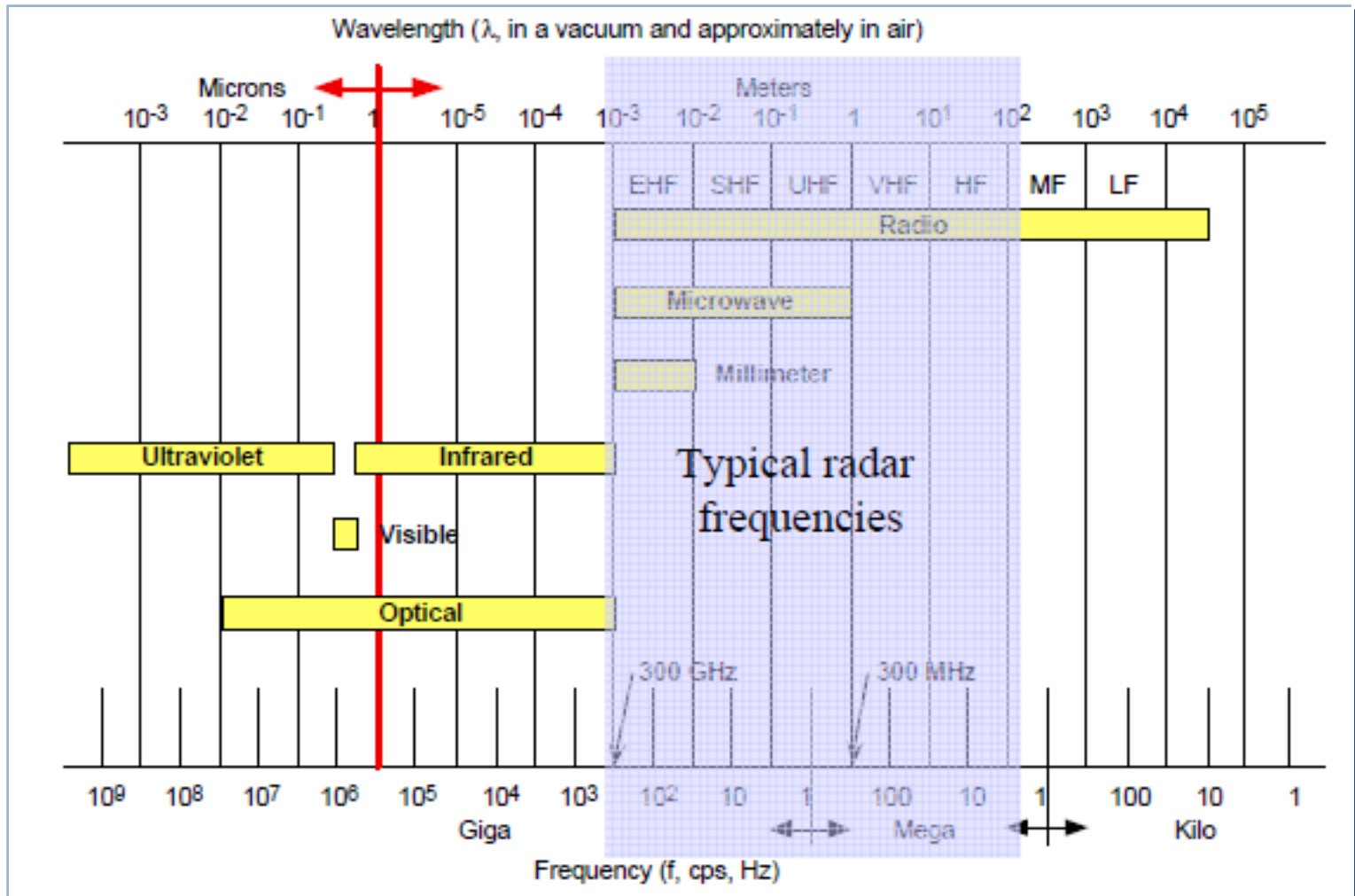
- Sóng điện từ hay sóng khác?

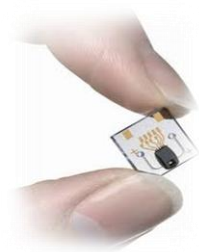


- Có cần antena không ?



Electromagnetic Spectrum





Electromagnetic Spectrum



Band Designation	Frequency Range	Usage
HF	3–30 MHz	OTH surveillance
VHF	30–300 MHz	Very-long-range surveillance
UHF	300–1,000 MHz	Very-long-range surveillance
L	1–2 GHz	Long-range surveillance En route traffic control
S	2–4 GHz	Moderate-range surveillance Terminal traffic control
C	4–8 GHz	Long-range weather Long-range tracking
X	–12 GHz	Airborne weather detection Short-range tracking Missile guidance Mapping, marine radar Airborne intercept
K _u	12–18 GHz	High-resolution mapping Satellite altimetry
K	18–27 GHz	Little use (water vapor)
K _a	27–40 GHz	Very-high-resolution mapping Airport surveillance
millimeter	40–100+ GHz	Experimental



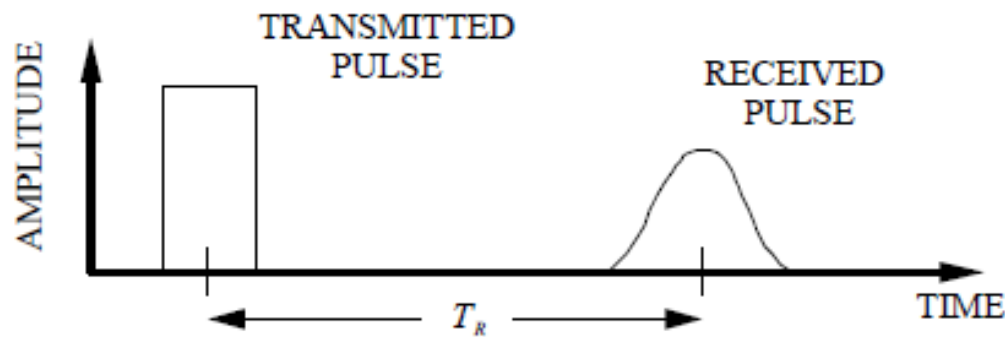
Nguyên lý cơ bản

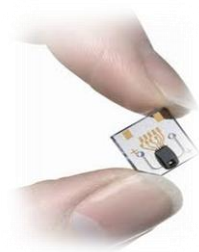
- Target range is the fundamental quantity measured by most radars. It is obtained by recording the round trip travel time of a pulse, T_R , and computing range from:

$$\text{Bistatic: } R_t + R_r = cT_R$$

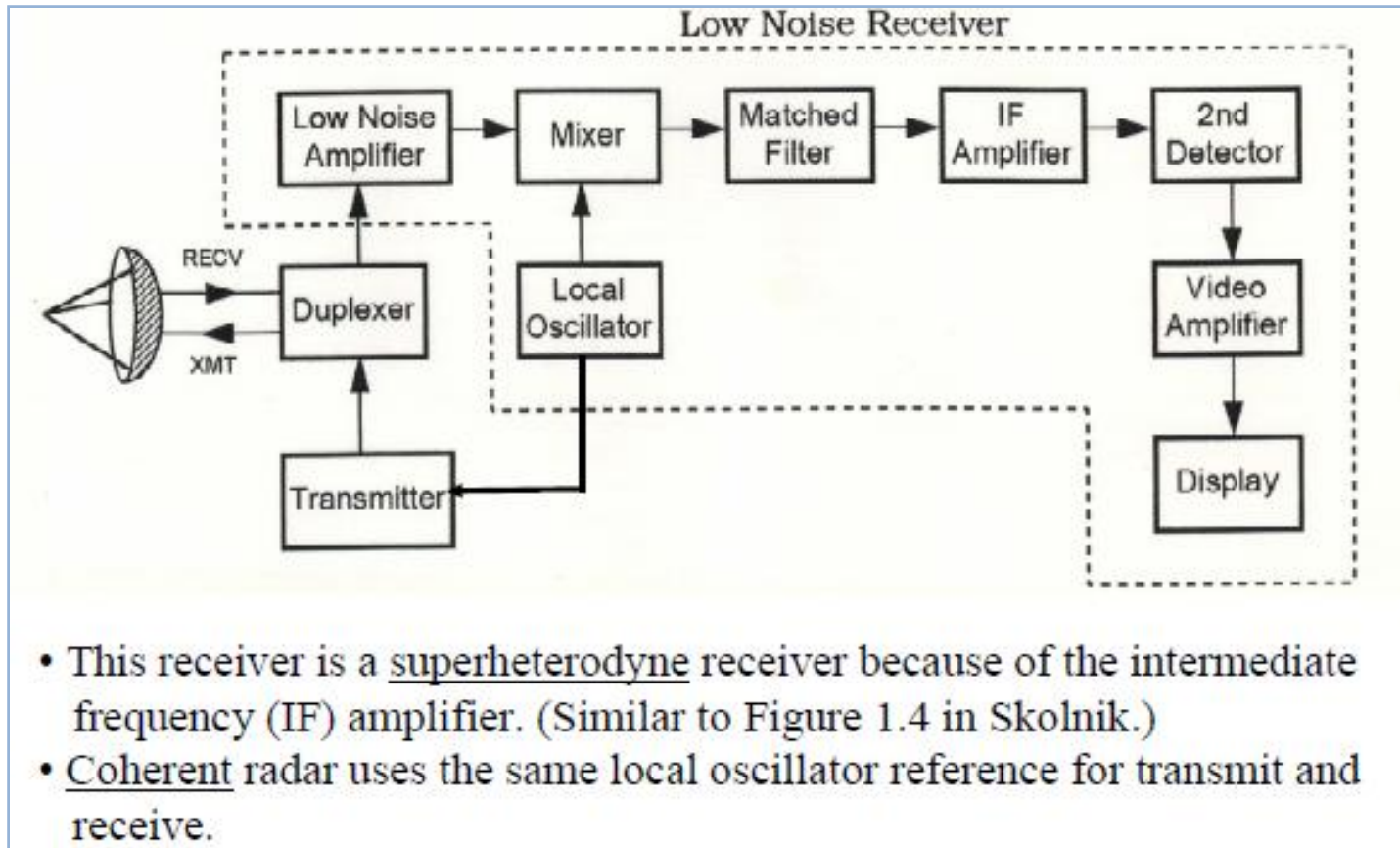
$$\text{Monostatic: } R = \frac{cT_R}{2} \quad (R_t = R_r = R)$$

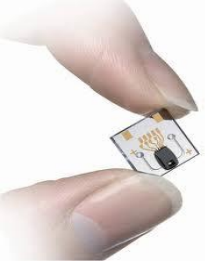
where $c = 3 \times 10^8$ m/s is the velocity of light in free space.





Sơ đồ nguyên lý tổng thể





Lưu ý và câu hỏi

- Phân biệt giữa cảm biến siêu âm và radar
- Ứng dụng của siêu âm