

ក្រុងមិធី

ការងារ

នៃសេវាសំណង { ឯក 1 បិយនគរាយ អេឡិចត្រូនិកអេឡិចត្រូនិក SI
ឯក 2 តាមកិច្ចសិទ្ធិរ
តាមស៊ីលីត { ឯក 3 Flowmeter —————— រាជរាជ ចិម្លាយ នៅក្នុងការកំណត់ការ ឬ
& ឯក 4 Level Measurement ——————

របាយការ : ខ្សោយការណ៍ដែលបានរាយការណ៍



Table 1.2 Fundamental and derived SI units

(a) Fundamental units

Quantity	Standard unit	Symbol
Length	metre	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electric current	ampere	A
Temperature	kelvin	K
Luminous intensity	candela	cd
Matter	mole	mol

(b) Supplementary fundamental units

Quantity	Standard unit	Symbol
Plane angle	radian	rad
Solid angle	steradian	sr

(c) Derived units

Quantity	Standard unit	Symbol	Derivation formula
Area	square metre	m^2	
Volume	cubic metre	m^3	
Velocity	metre per second	m/s	
Acceleration	metre per second squared	m/s^2	
Angular velocity	radian per second	rad/s	
Angular acceleration	radian per second squared	rad/s^2	
Density	kilogram per cubic metre	kg/m^3	
Specific volume	cubic metre per kilogram	m^3/kg	
Mass flow rate	kilogram per second	kg/s	
Volume flow rate	cubic metre per second	m^3/s	
Force	newton	N	kg m/s^2
Pressure	newton per square metre	N/m^2	
Torque	newton metre	N m	
Momentum	kilogram metre per second	kg m/s	
Moment of inertia	kilogram metre squared	kg m^2	
Kinematic viscosity	square metre per second	m^2/s	
Dynamic viscosity	newton second per square metre	N s/m^2	
Work, energy, heat	joule	J	N m
Specific energy	joule per cubic metre	J/m^3	
Power	watt	W	J/s
Thermal conductivity	watt per metre kelvin	W/m K	
Electric charge	coulomb	C	A s
Voltage, e.m.f., pot. diff.	volt	V	W/A
Electric field strength	volt per metre	V/m	
Electric resistance	ohm	Ω	V/A
Electric capacitance	farad	F	A s/V
Electric inductance	henry	H	V s/A
Electric conductance	siemen	S	A/V
Resistivity	ohm metre	Ωm	
Permittivity	farad per metre	F/m	
Permeability	henry per metre	H/m	
Current density	ampere per square metre	A/m^2	

(continued overleaf)

The second application area of measuring instruments is in monitoring functions. These provide information that enables human beings to take some prescribed action accordingly. The gardener uses a thermometer to determine whether he should turn the heat on in his greenhouse or open the windows if it is too hot. Regular study of a barometer allows us to decide whether we should take our umbrellas if we are planning to go out for a few hours. Whilst there are thus many uses of instrumentation in our normal domestic lives, the majority of monitoring functions exist to provide the information necessary to allow a human being to control some industrial operation or process. In a chemical process for instance, the progress of chemical reactions is indicated by the measurement of temperatures and pressures at various points, and such measurements allow the operator to take correct decisions regarding the electrical supply to heaters, cooling water flows, valve positions etc. One other important use of monitoring instruments is in calibrating the instruments used in the automatic process control systems described below.

Use as part of automatic feedback control systems forms the third application area of measurement systems. Figure 1.1 shows a functional block diagram of a simple temperature control system in which the temperature T_a of a room is maintained at a reference value T_d . The value of the controlled variable T_a , as determined by a temperature-measuring device, is compared with the reference value T_d , and the difference e is applied as an error signal to the heater. The heater then modifies the room temperature until $T_a = T_d$. The characteristics of the measuring instruments used in any feedback control system are of fundamental importance to the quality of control achieved. The accuracy and resolution with which an output variable of a process is controlled can never be better than the accuracy and resolution of the measuring instruments used. This is a very important principle, but one that is often inadequately discussed in many texts on automatic control systems. Such texts explore the theoretical aspects of control system design in considerable depth, but fail to give sufficient emphasis to the fact that all gain and phase margin performance calculations etc. are entirely dependent on the quality of the process measurements obtained.

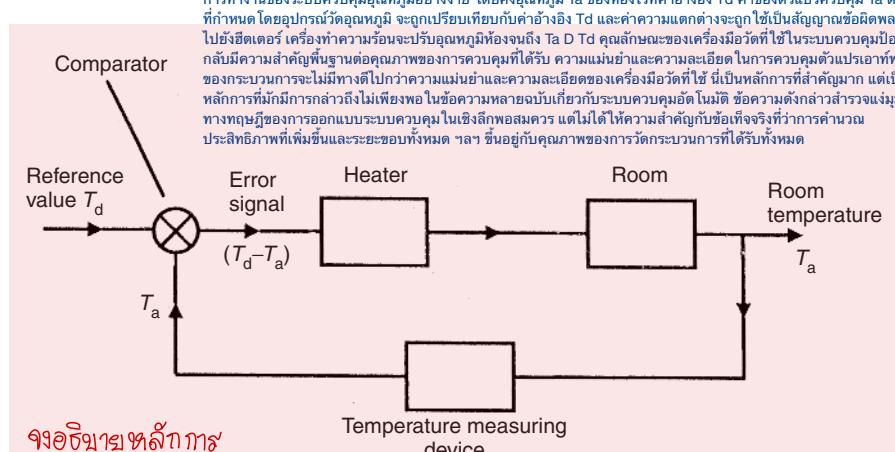


Fig. 1.1 Elements of a simple closed-loop control system.

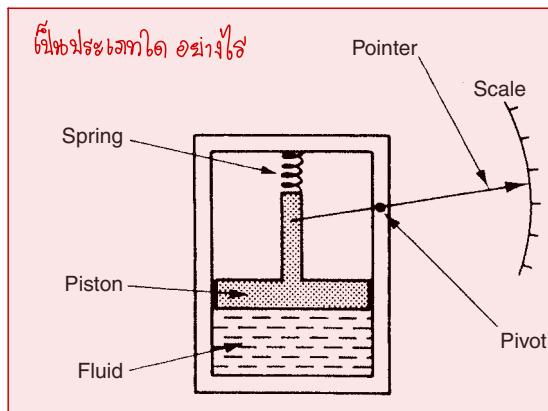
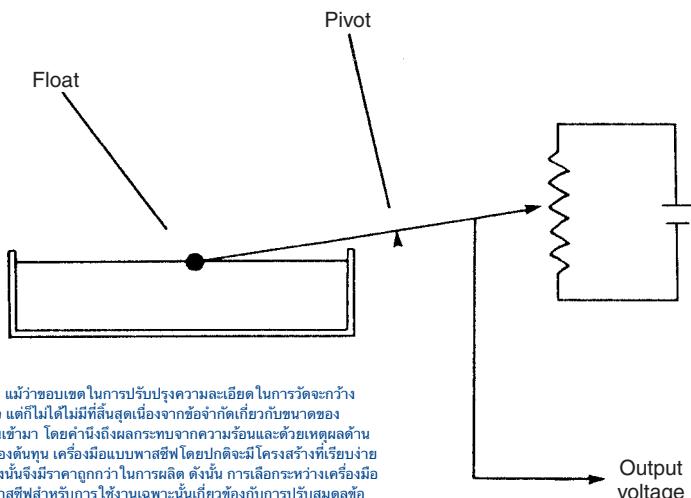


Fig. 2.1 Passive pressure gauge.



ความละเอียดในการวัด แนวโน้มของเขต ในการบันทุกความละเอียด ในการตัดจังหวัด กวนามาโดยไม่ได้รับเงิน แต่ก็ไม่ได้รับเงินที่มาจากจังหวัดที่เกี่ยวกับขนาดของ พลังงานภายนอกของตนหรือช้าน้ำ โดยที่นี่ถือว่าผลกระทบจากงานวิเคราะห์ทั้งหมดด้าน ความปลอดภัย ในเชิงของการพัฒนา เครื่องมือแบบสากล化ไปติดตาม โครงสร้างที่เริ่มน้อย กว่าแบบเดิมที่ พลังงานที่มีอยู่ในประเทศ แต่ด้วยความต้องการที่จะให้เกิดขึ้น การเลือกวิธีการวัดเครื่องมือ แบบเดิมที่ใช้และแบบที่เพิ่มเติมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ให้ใช้งานง่ายและรวดเร็ว ทำให้เกิดข้อดีที่สำคัญคือ ความแม่นยำและความรวดเร็ว ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการผลิต ดังนั้น การเลือกวิธีการวัดเครื่องมือ ที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้ผลิต จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก

Fig. 2.2 Petrol-tank level indicator.

measurement resolution. Whilst the scope for improving measurement resolution is much greater incidentally, it is not infinite because of limitations placed on the magnitude of the external energy input, in consideration of heating effects and for safety reasons.

In terms of cost, passive instruments are normally of a more simple construction than active ones and are therefore cheaper to manufacture. Therefore, choice between active and passive instruments for a particular application involves carefully balancing the measurement resolution requirements against cost.

เครื่องมือประเภท Null และประเภทโง่งตัว

2.1.2 Null-type and deflection-type instruments

The pressure gauge just mentioned is a good example of a deflection type of instrument, where the value of the quantity being measured is displayed in terms of the amount of
เจริญแรงดันที่ก่อความโน้มน้าวอย่างที่ต้องเครื่องมือชนิดโงงดัน โดยค่าของปริมาณที่วัดจะแสดงเป็นปริมาณของ

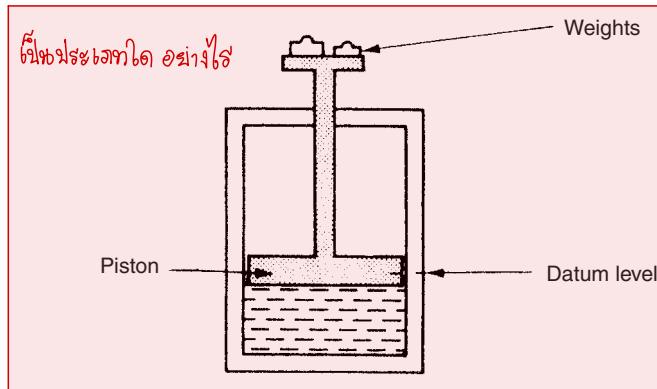


Fig. 2.3 Deadweight pressure gauge.

การเกิดอิทธิพลทางด้านชีวี เกิดความตันติอิก ประภากลางที่เราไม่สามารถต้านทานได้ 2.3 เป็นเครื่องมือชนิดไม่มีค่า ในกรณีนี้ น้ำหนักจะถูกทางใบอนุญาตเชิงร้ายทางดังกล่าวตอกบัน แสงสีของเมือง น้ำหนักจะต้องเพิ่มมากขึ้น จึงต้องรับ Datain หรือที่เรียกว่า “ว่าด้วย” การ ความพัฒนาที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้เพื่อให้ได้ถึงจุดที่妄想 ความแผนย่างของเครื่อง มีตั้งแต่ตอนนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ สร้างรั้ว อันแรกอยู่กับความเป็นเพื่อครูและสารสนับ เยี่ยมของสบริว ในขณะที่ต้นที่ขอเชื่อว่าบัณฑุ น้ำหนักนั้นยังมาหาน้ำหน้า เมื่อเริ่มการสอนที่เดินดู น้ำหนักนั้นยังจากหาน้ำหน้าที่เริ่ม หมายความว่าอุปกรณ์ประภากลางที่สอง โดยปกติจะมี ความแม่นยำมากกว่า ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ เครื่องมือประภากลูละ ช่วยในการแผนอ่านมากกว่า ประภากลาง ไม่ต้อง ให้ในเชิงของการใช้งาน อุปกรณ์ ประภากลางที่จะแสดงอย่างชัดเจน การอ่าน ตำแหน่งที่หัวเขี้ยวที่อยู่บนบันไดนั้น น้ำหนักอย่าง กว่า กว่าการพิมพ์และลบบันไดก่อนที่จะถึงจุด วาง เครื่องมือประภากลาง ต้องดึงเป็นเครื่องมือที่ ปฏิเสธได้ที่หัวเขี้ยว อย่างไรก็ตาม สำหรับ หัวเขี้ยวที่สามารถเคลื่อนไหวได้ประภากลูละ จะต้อง ก้าวไปเมื่อจากมีความแผนอ่านที่หัวเขี้ยว ความ พยายามพัฒนาที่จะเป็นใน การใช้เครื่องมือตั้ง กล่าวเป็นที่ต้องดึงให้อ่านสมบูรณ์ที่ในกรณีนี้ เป็นจุดที่ต้องมีความของภาระที่ต้องมีน้ำหนัก

movement of a pointer. An alternative type of pressure gauge is the deadweight gauge shown in Figure 2.3, which is a null-type instrument. Here, weights are put on top of the piston until the downward force balances the fluid pressure. Weights are added until the piston reaches a datum level, known as the null point. Pressure measurement is made in terms of the value of the weights needed to reach this null position.

The accuracy of these two instruments depends on different things. For the first one it depends on the linearity and calibration of the spring, whilst for the second it relies on the calibration of the weights. As calibration of weights is much easier than careful choice and calibration of a linear-characteristic spring, this means that the second type of instrument will normally be the more accurate. This is in accordance with the general rule that null-type instruments are more accurate than deflection types.

In terms of usage, the deflection type instrument is clearly more convenient. It is far simpler to read the position of a pointer against a scale than to add and subtract weights until a null point is reached. A deflection-type instrument is therefore the one that would normally be used in the workplace. However, for calibration duties, the null-type instrument is preferable because of its superior accuracy. The extra effort required to use such an instrument is perfectly acceptable in this case because of the infrequent nature of calibration operations.

2.1.3 Analogue and digital instruments

An analogue instrument gives an output that varies continuously as the quantity being measured changes. The output can have an infinite number of values within the range that the instrument is designed to measure. The deflection-type of pressure gauge described earlier in this chapter (Figure 2.1) is a good example of an analogue instrument. As the input value changes, the pointer moves with a smooth continuous motion. Whilst the pointer can therefore be in an infinite number of positions within its range of movement, the number of different positions that the eye can discriminate between is strictly limited, this discrimination being dependent upon how large the scale is and how finely it is divided.

A digital instrument has an output that varies in discrete steps and so can only have a finite number of values. The rev counter sketched in Figure 2.4 is an example of

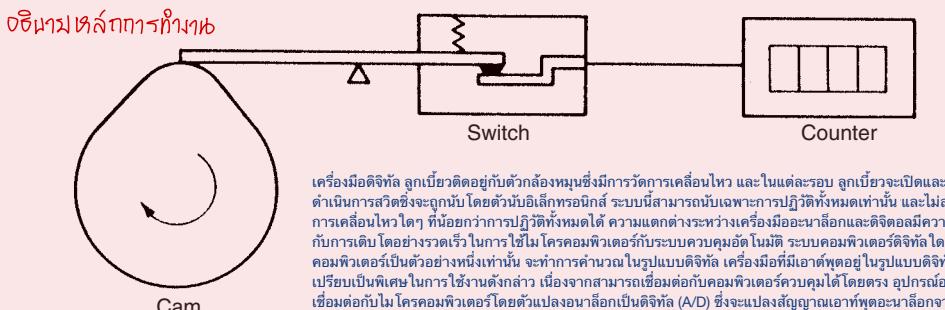


Fig. 2.4 Rey counter.

a digital instrument. A cam is attached to the revolving body whose motion is being measured, and on each revolution the cam opens and closes a switch. The switching operations are counted by an electronic counter. This system can only count whole revolutions and cannot discriminate any motion that is less than a full revolution.

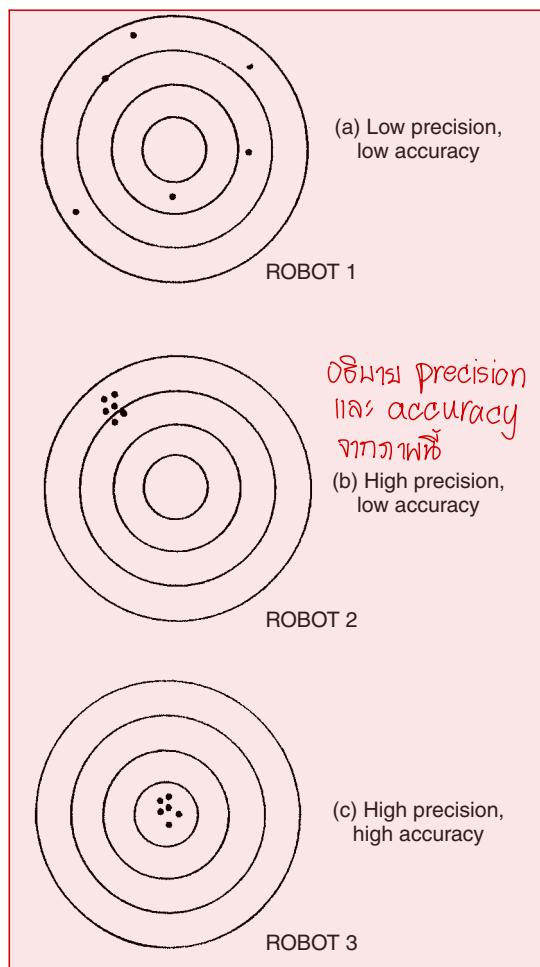
The distinction between analogue and digital instruments has become particularly important with the rapid growth in the application of microcomputers to automatic control systems. Any digital computer system, of which the microcomputer is but one example, performs its computations in digital form. An instrument whose output is in digital form is therefore particularly advantageous in such applications, as it can be interfaced directly to the control computer. Analogue instruments must be interfaced to the microcomputer by an analogue-to-digital (A/D) converter, which converts the analogue output signal from the instrument into an equivalent digital quantity that can be read into the computer. This conversion has several disadvantages. Firstly, the A/D converter adds a significant cost to the system. Secondly, a finite time is involved in the process of converting an analogue signal to a digital quantity, and this time can be critical in the control of fast processes where the accuracy of control depends on the speed of the controlling computer. Degrading the speed of operation of the control computer by imposing a requirement for A/D conversion thus impairs the accuracy by which the process is controlled.

2.1.4 Indicating instruments and instruments with a signal output

The final way in which instruments can be divided is between those that merely give an audio or visual indication of the magnitude of the physical quantity measured and those that give an output in the form of a measurement signal whose magnitude is proportional to the measured quantity.

The class of indicating instruments normally includes all null-type instruments and most passive ones. Indicators can also be further divided into those that have an analogue output and those that have a digital display. A common analogue indicator is the liquid-in-glass thermometer. Another common indicating device, which exists in both analogue and digital forms, is the bathroom scale. The older mechanical form of this is an analogue type of instrument that gives an output consisting of a rotating

Or this is an analog type of instrument that gives an output consisting of a rotating wavy stick that in its movement reflects the value of the variable being measured or the value of the variable being measured.

**Fig. 2.5** Comparison of accuracy and precision.

characteristic of measuring instruments, it is mentioned here because the accuracy of some instruments is sometimes quoted as a tolerance figure. When used correctly, tolerance describes the maximum deviation of a manufactured component from some specified value. For instance, crankshafts are machined with a diameter tolerance quoted as so many microns (10^{-6} m), and electric circuit components such as resistors have tolerances of perhaps 5%. One resistor chosen at random from a batch having a nominal value 1000 W and tolerance 5% might have an actual value anywhere between 950 W and 1050 W. คุณลักษณะของเครื่องมือวัดค่าคงที่ในที่นี้ เป็นจากขนาดความแพร่กระจายของเครื่องมือวัดที่เก็บเป็นตัวเลขที่ยอมรับได้ เพื่อใช้อย่างถูกต้อง ค่าเดียวกันกับความเบี่ยงเบนสูงต่อลงมาที่ติดเชื้อน้ำยาค้ำที่รับน้ำยา ตัวอย่างเช่น เหลาช้อนที่รับน้ำยาลิงตัวบัวค้ำความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องการในคราว (10^{-6} ม.) และวัสดุของวงจรไฟฟ้า เช่น ตัวต้านทาน จะมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 5% ตัวต้านทานหนึ่งตัวถูกสุ่มเลือกจากชุดที่มีค่ารัฐ 1,000 W และพิสูจน์ความเมื่อย 5% อาจมีค่าจริงอยู่ระหว่าง 950 W ถึง 1,050 W

2.2.4 Range or span

The *range* or *span* of an instrument defines the minimum and maximum values of a quantity that the instrument is designed to measure.

ช่วงหรือช่วงของเครื่องมือจะกำหนดค่าต่ำสุดและสูงสุดของปริมาณที่เครื่องมือได้รับการออกแบบมาเพื่อวัด

โดยปกติแล้ว เป็นที่พึงประสงค์ว่าการอ่านอุปกรณ์ที่ต้องดึงเครื่องมือจะเป็นสัดส่วนเชิงเส้นตรงกับเรามาตริก้าลังวัด Xs ที่ทำเครื่องหมายไว้ในรูปที่ 2.6 และแผนภาพการอ่านค่าอุปกรณ์ที่ต้องดึงเครื่องมือ เมื่อมีการใช้ลากบันไดร์รูปนี้ให้เกิดขึ้นตามที่ต้องการแล้ว เข้าสู่บันไดร์รูปที่ 2.6 แสดงแผนภาพการอ่านค่าอุปกรณ์ที่ต้องดึงเครื่องมือ เมื่อมีการใช้ลากบันไดร์รูปนี้ให้เกิดขึ�

2.2.5 Linearity

It is normally desirable that the output reading of an instrument is linearly proportional to the quantity being measured. The Xs marked on Figure 2.6 show a plot of the typical output readings of an instrument when a sequence of input quantities are applied to it. Normal procedure is to draw a good fit straight line through the Xs, as shown in Figure 2.6. (Whilst this can often be done with reasonable accuracy by eye, it is always preferable to apply a mathematical least-squares line-fitting technique, as described in Chapter 11.) The non-linearity is then defined as the maximum deviation of any of the output readings marked X from this straight line. Non-linearity is usually expressed as a percentage of full-scale reading.

ความไวของการวัดคือการเปลี่ยนแปลงในเอาต์พุตของเครื่องมือที่เกิดขึ้นเมื่อบริมาณที่วัดเปลี่ยนแปลงตามจำนวนที่กำหนด ดังนั้นความไว คืออัตราส่วน:

2.2.6 Sensitivity of measurement

The sensitivity of measurement is a measure of the change in instrument output that occurs when the quantity being measured changes by a given amount. Thus, sensitivity is the ratio:

$$\frac{\text{scale deflection}}{\text{value of measurand producing deflection}}$$

The sensitivity of measurement is therefore the slope of the straight line drawn on Figure 2.6. If, for example, a pressure of 2 bar produces a deflection of 10 degrees in a pressure transducer, the sensitivity of the instrument is 5 degrees/bar (assuming that the deflection is zero with zero pressure applied).

ความไวในการวัดจะเป็น
ความซัมของลีนดูร์ที่
วัดในรูปที่ 2.6 ตัวอย่าง
เช่น หากความดัน 2 บาร์
ทำให้เกิดการโง่งตัว 10
องศาในทวนสิ่งเชื้อร์
ความดัน ความไม่แน่น
เครื่องมือจะอยู่ที่ 5
องศา/บาร์ (สมมติว่าการ
โง่งตัวเป็นสูญญโดยใช้
แรงดันเป็นศูนย์)

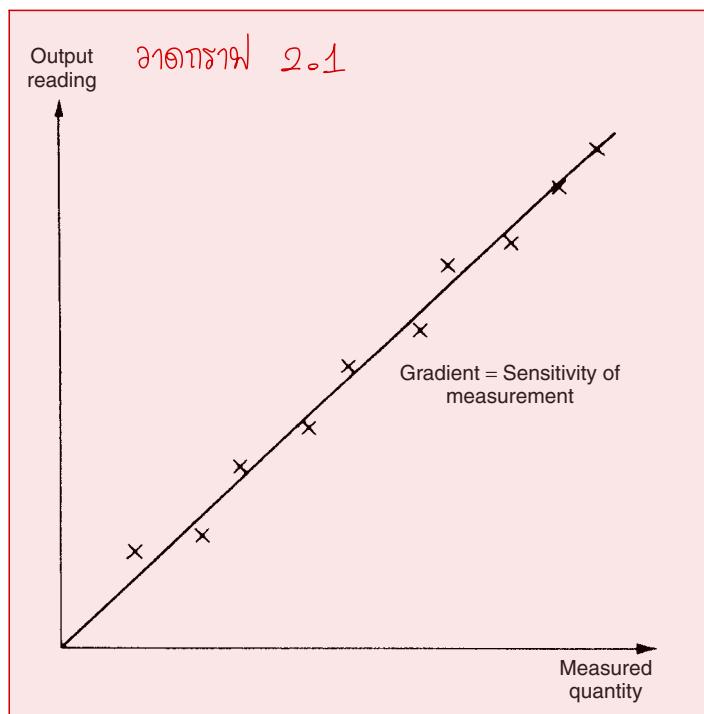


Fig. 2.6 Instrument output characteristic.

Example 2.1 କଥା

The following resistance values of a platinum resistance thermometer were measured at a range of temperatures. Determine the measurement sensitivity of the instrument in ohms/°C.

ตัวอย่างที่ 2.1 ค่าความต้านทานของเทอร์โมมิเตอร์ด้านทันที	Resistance (Ω)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	สาระสำคัญ หากค่าเหล่านี้ถูกปลื้มบนกราฟ ความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างการเปลี่ยนแปลงความต้านทานและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะชัดเจน สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 30°C การเปลี่ยนแปลงความต้านทานคือ 7 โอม ดังนั้นความต้านทานในการวัด = $328 + 0.002 \times 30 = 330.6 \Omega$
	307	200	
	314	230	
	321	260	
	328	290	

Solution

If these values are plotted on a graph, the straight-line relationship between resistance change and temperature change is obvious.

For a change in temperature of 30°C , the change in resistance is 7Ω . Hence the measurement sensitivity = $7/30 = 0.233\Omega/\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.2.7 Threshold

If the input to an instrument is gradually increased from zero, the input will have to reach a certain minimum level before the change in the instrument output reading is of a large enough magnitude to be detectable. This minimum level of input is known as the *threshold* of the instrument. Manufacturers vary in the way that they specify threshold for instruments. Some quote absolute values, whereas others quote threshold as a percentage of full-scale readings. As an illustration, a car speedometer typically has a threshold of about 15 km/h. This means that, if the vehicle starts from rest and accelerates, no output reading is observed on the speedometer until the speed reaches 15 km/h.

2.2.8 Resolution

When an instrument is showing a particular output reading, there is a lower limit on the magnitude of the change in the input measured quantity that produces an observable change in the instrument output. Like threshold, *resolution* is sometimes specified as an absolute value and sometimes as a percentage of f.s. deflection. One of the major factors influencing the resolution of an instrument is how finely its output scale is divided into subdivisions. Using a car speedometer as an example again, this has subdivisions of typically 20 km/h. This means that when the needle is between the scale markings, we cannot estimate speed more accurately than to the nearest 5 km/h. This figure of 5 km/h thus represents the resolution of the instrument.

2.2.9 Sensitivity to disturbance

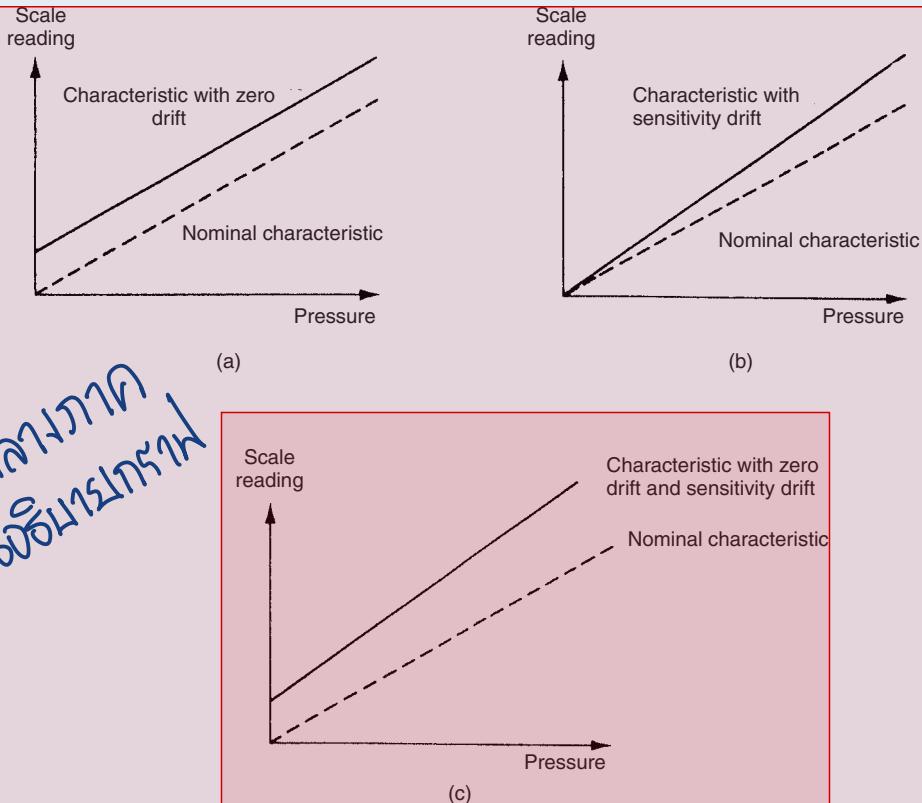


Fig. 2.7 Effects of disturbance: (a) zero drift; (b) sensitivity drift; (c) zero drift plus sensitivity drift.

Solution

At 20°C , deflection/load characteristic is a straight line. Sensitivity = 20 mm/kg .

At 30°C , deflection/load characteristic is still a straight line. Sensitivity = 22 mm/kg .

Bias (zero drift) = 5 mm (the no-load deflection)

Sensitivity drift = 2 mm/kg

Zero drift ${}^\circ\text{C} = 5/10 = 0.5 \text{ mm} {}^\circ\text{C}$

Sensitivity drift ${}^\circ\text{C} = 2/10 = 0.2 \text{ (mm per kg)} {}^\circ\text{C}$

สาระสำคัญ ที่อุณหภูมิ 20°C ลักษณะการให้ผลลัพธ์/โหลดเดียบเน้นเส้นตรง ค่าไฟ = 20 mm/kg .

ที่อุณหภูมิ 30°C ลักษณะการให้ผลลัพธ์/โหลดเดียบเน้นเส้นตรง ค่าไฟ = 22 mm/kg .

คาด (สูญเสียรีฟฟ์) = 5 mm . (การให้ผลลัพธ์เมื่อโหลด)

ค่าความไวของรีฟฟ์ = 2 mm/kg

ค่าความไวที่เปลี่ยนแปลง ${}^\circ\text{C} = 5/10 = 0.5 \text{ mm} {}^\circ\text{C}$

ค่าความไวของรีฟฟ์ที่เปลี่ยนแปลง ${}^\circ\text{C} = 2/10 = 0.2 \text{ (mm per kg)} {}^\circ\text{C}$

2.2.10 Hysteresis effects

Figure 2.8 illustrates the output characteristic of an instrument that exhibits *hysteresis*. If the input measured quantity to the instrument is steadily increased from a negative value, the output reading varies in the manner shown in curve (a). If the input variable is then steadily decreased, the output varies in the manner shown in curve (b). The non-coincidence between these loading and unloading curves is known as *hysteresis*. Two quantities are defined, *maximum input hysteresis* and *maximum output hysteresis*, as shown in Figure 2.8. These are normally expressed as a percentage of the full-scale input or output reading respectively.

รูปที่ 2.8 แสดงคุณลักษณะของเครื่องวัดของเครื่องมือที่แสดงอิสเทอร์ลิส หากเราปรับแต่งค่าอุปทานให้เป็นเชิงเดียวต่อเนื่องจากค่าอุปทาน ทำการอ่านอุณหภูมิจะแตกต่างกันไปในทักษะนี้ แสดงในรูปได้ (a) หากตัววัดเป็นอินดิกेटเตอร์ล็อกอ่านค่าเดียวต่อเนื่อง เอก้าทุกครั้งที่ปรับแต่งค่าอุปทานในลักษณะที่แสดงในรูปได้ (b) การอ่านมีความคลาดเคลื่อนได้จากการรบกวนและภาระค่าอุปทานที่เรียกว่า “อิสเทอร์ลิส” มีการกำหนดปริมาณสองตัว คือ อิสเทอร์ลิสอินพุตสูงสุด และอิสเทอร์ลิสอาต์พุตสูงสุด ตัวแสดงในรูปที่ 2.8 โดยปกติจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของการอ่านค่าอุปทานหรือเอกสารที่มีผลลัพธ์ตามด้านบน

กานานกาน

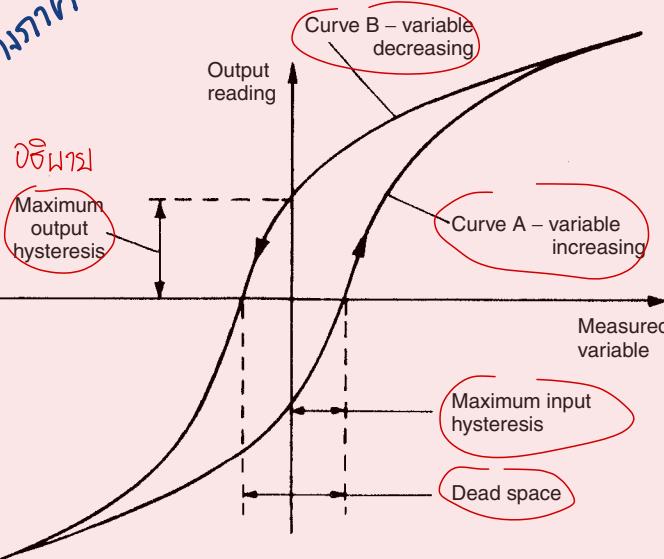


Fig. 2.8 Instrument characteristic with hysteresis.

อิสต์วาร์ชีส์มัฟกานใน เครื่องมือที่ใช้เพื่อเรียน เทคนิคการติดตามแบบ ซีฟ (งูที่ 2.1) และเบรก แบบ Prony (ใช้ลากหัวรับ วัสดุชนิดนึง) ของจากานนี้จะ เท่ที่ได้ตั้งใจเนื่องจาก เป็นเครื่องติดตามที่มี ขนาดตัวถังที่เล็กอยู่กัน คิดทางการค้าเพื่อที่ เช่น ในปัจจุบันที่เราต้อง ขนาดต่ำๆ อุปกรณ์ ต่างๆ เช่น พลังงานผล เชิงกล (อุปกรณ์สำหรับ ติดตามการก่อสร้าง) ประสมเป็นทุกสิ่งที่ใช้ส จำกันที่ส่องแสงเจิดจรัส ยื่นจากามนิรันดร์เสื้อ ทานให้เข็มส่วนที่ เลื่อนไวนและเข็ม สมรรถนะ ของจากานนี้ สามารถเกิดขึ้นได้ใน เครื่องมือที่ใช้คลอด ไฟฟ้าเกิดด้วยความแกน เหล็ก (เช่นจากาเตอร์ชี แม่เหล็กในเหล็ก สิ่นนี้ ก็เด็ดชื่นในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ทราบสิ่งที่ใช้ส ใจและสมบัติส แหล่งพลังงาน LVDT และเซ็นเซอร์ แบบเบรนช์ แบบฟลีฟเวนช์และ โรคาเร)

Hysteresis is most commonly found in instruments that contain springs, such as the passive pressure gauge (Figure 2.1) and the Prony brake (used for measuring torque). It is also evident when friction forces in a system have different magnitudes depending on the direction of movement, such as in the pendulum-scale mass-measuring device. Devices like the mechanical flyball (a device for measuring rotational velocity) suffer hysteresis from both of the above sources because they have friction in moving parts and also contain a spring. Hysteresis can also occur in instruments that contain electrical windings formed round an iron core, due to magnetic hysteresis in the iron. This occurs in devices like the variable inductance displacement transducer, the LVDT and the rotary differential transformer.

Dead space หมายถึงช่วงของค่าอินพุตที่แสดงค่าออกซึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอาวท์พุต เครื่องมือที่แสดงค่าอินพุตที่ไม่ได้อิสต์วาร์ชีส์แต่ช่วงเวลาที่ต้องการ ดังที่ได้มาศึกษาไว้ในรูปที่ 2.8 อย่างไรก็ตามค่าอินพุตที่ไม่ได้อิสต์วาร์ชีส์ที่มีนัยสำคัญใหญ่ ชัดแผลงของช่วงเวลาในลักษณะอย่างที่คุณดูจะนั่น พื้นที่จะไม่เกิดขึ้นก็เป็นไปได้ ที่ไปประกอบที่ร่วง และส่งผลให้เกิดลักษณะเฉพาะอย่างที่พูดของอุปกรณ์ตั้งแต่สองในรูปที่ 2.9 โดยทั่วไปแล้วจะ พบพื้นที่ของชุดเกียร์ที่ใช้ในการแปลงระหว่างการเคลื่อนที่แบบแบนและแบบหมุน (ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำไปใช้ในภารกิจความเร็วการแปลง)

2.2.11 Dead space

Dead space is defined as the range of different input values over which there is no change in output value. Any instrument that exhibits hysteresis also displays dead space, as marked on Figure 2.8. Some instruments that do not suffer from any significant hysteresis can still exhibit a dead space in their output characteristics, however. Backlash in gears is a typical cause of dead space, and results in the sort of instrument output characteristic shown in Figure 2.9. Backlash is commonly experienced in gear-sets used to convert between translational and rotational motion (which is a common technique used to measure translational velocity).

2.3 Dynamic characteristics of instruments

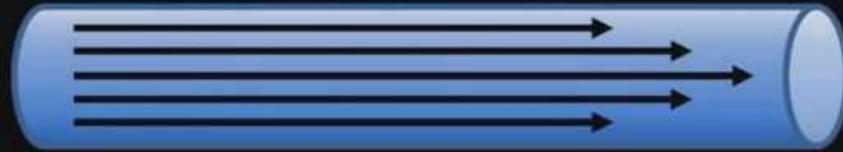
The static characteristics of measuring instruments are concerned only with the steady-state reading that the instrument settles down to, such as the accuracy of the reading etc.

คุณลักษณะคงที่ของเครื่องมือวัดจะเกี่ยวข้องเฉพาะกับการอ่านค่าในสถานะคงตัวที่เครื่องมือกำหนดไว้เท่านั้น เช่น ความแม่นยำของการอ่าน เป็นต้น

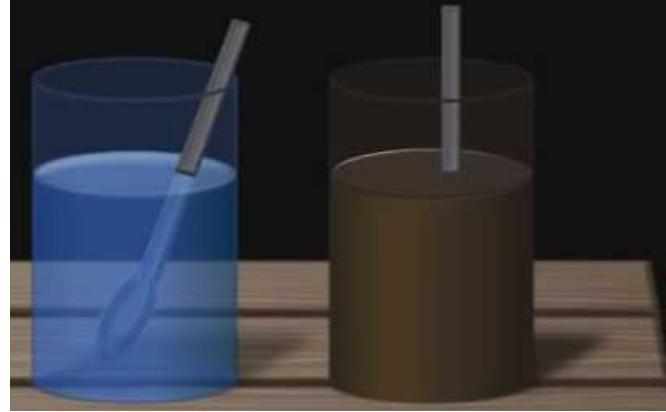


ลักษณะของการ ไหล

Laminar flow



Turbulent flow



Reynolds Number – Single best predictor of the type of flow.

$$Re = \frac{\text{Inertia force}}{\text{Viscous force}}$$

Promotes turbulent flow
Promotes laminar flow

ลักษณะของการ ไฟล์

- Laminar flow : ของไอลม มีรูปแบบการไอลที่สม่ำเสมอ มีความหนืดมาก → อัตราการไอลน้อย
 - Turbulent flow : ของไอลม มีรูปแบบการไอลที่ปั่นป่วน มีความหนืดต่ำ → อัตราการไอลมาก

$$Re = \frac{\text{Inertia force}}{\text{Viscous force}} \quad \begin{array}{l} \xrightarrow{\hspace{1cm}} \text{Promotes turbulent flow} \\ \xrightarrow{\hspace{1cm}} \text{Promotes laminar flow} \end{array}$$



laminar when $Re < 2300$ **transient** when $2300 < Re < 4000$ **turbulent** when $Re > 4000$

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่มีผลต่ออัตราการไหล

- Viscosity ; ความต้านทานการไหล (ความหนืด)
(SI: Pascal-Second → Pas-S)
- Temperature ; Gas → T,P,Vis,1/Q @Tref 60 F
Liquid → T,1/Vis,Q
- Pressure
- Density = m/V

ปัจจัยในการเลือกใช้งานเครื่องมือวัดอัตราการไหล

- ชนิดของของไหล : Liquid, Gas, Powder and Solid.
- ลักษณะการไหล : Laminar and Turbulent.
- ปริมาณการไหล : เต็มท่อ ? .
- สิ่งเจือปน : สารเวนloy นำไฟฟ้า การกัดกร่อน

物理力学概要 . จอมเกล้าเจ้าคุณการลาดกร: บั๊บ

Institute of Technology Ladkrabang

Energy per unit volume before = Energy per unit volume after

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Pressure
Energy

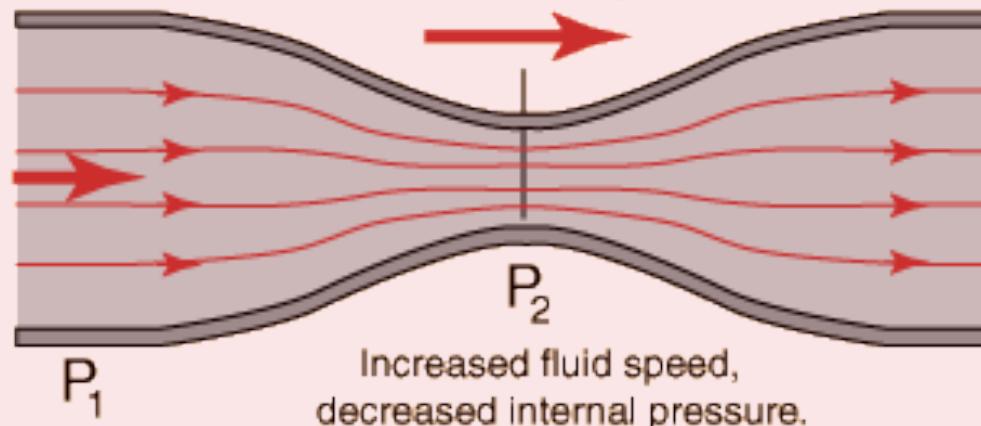
Kinetic
Energy
per unit
volume

Potential
Energy
per unit
volume

Flow velocity
 v_1

Flow velocity
 v_2

The often cited example of the Bernoulli Equation or "Bernoulli Effect" is the reduction in pressure which occurs when the fluid speed increases.



$$A_2 < A_1$$

$$v_2 > v_1$$

$$P_2 < P_1 !$$

Resource:

http://www.anesthesia2000.com/physics/Chemistry_Physics/physics19.htm

Dr.Bhanupol Klongratog



Differential Pressure : Venturi tube

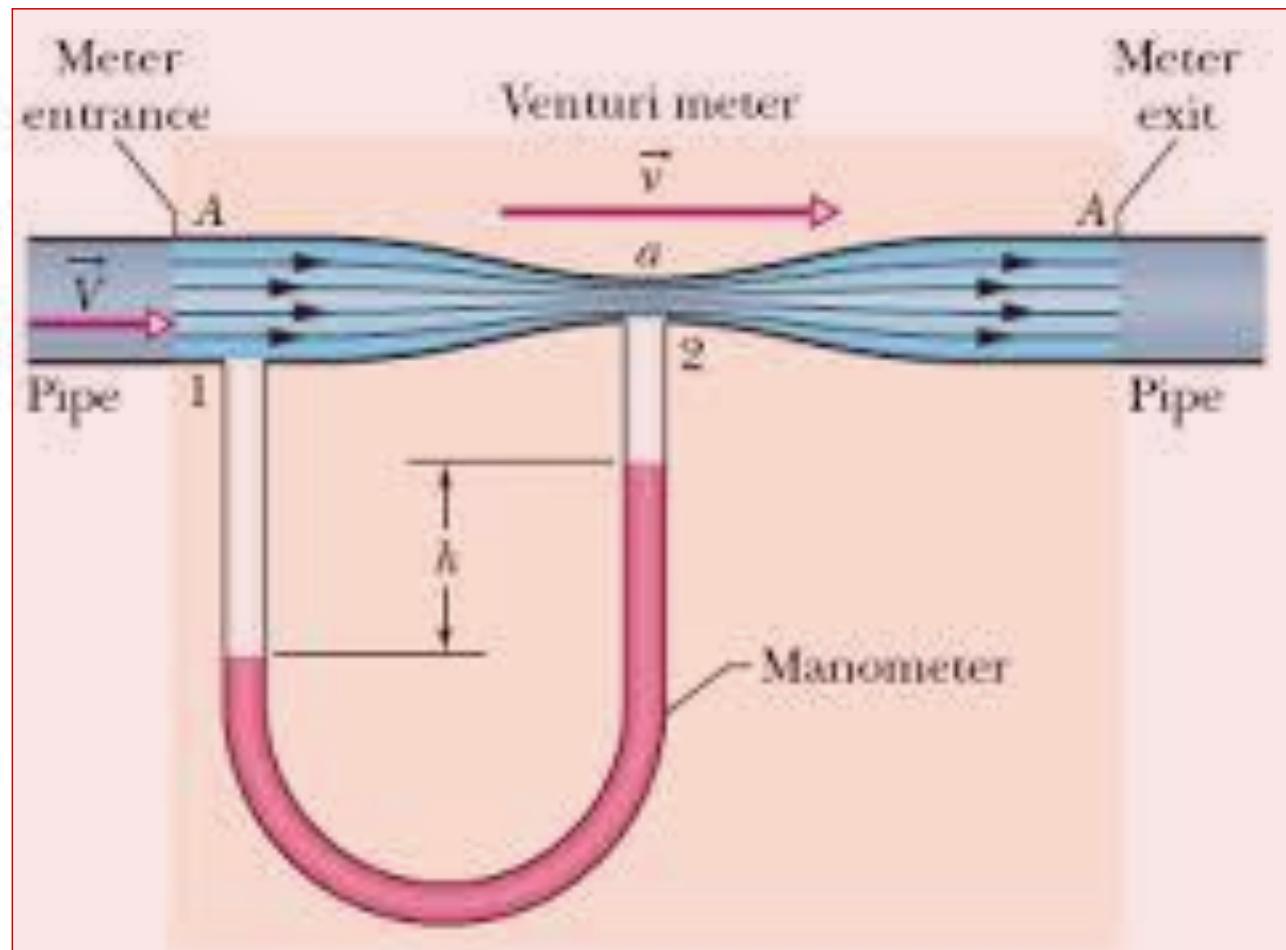
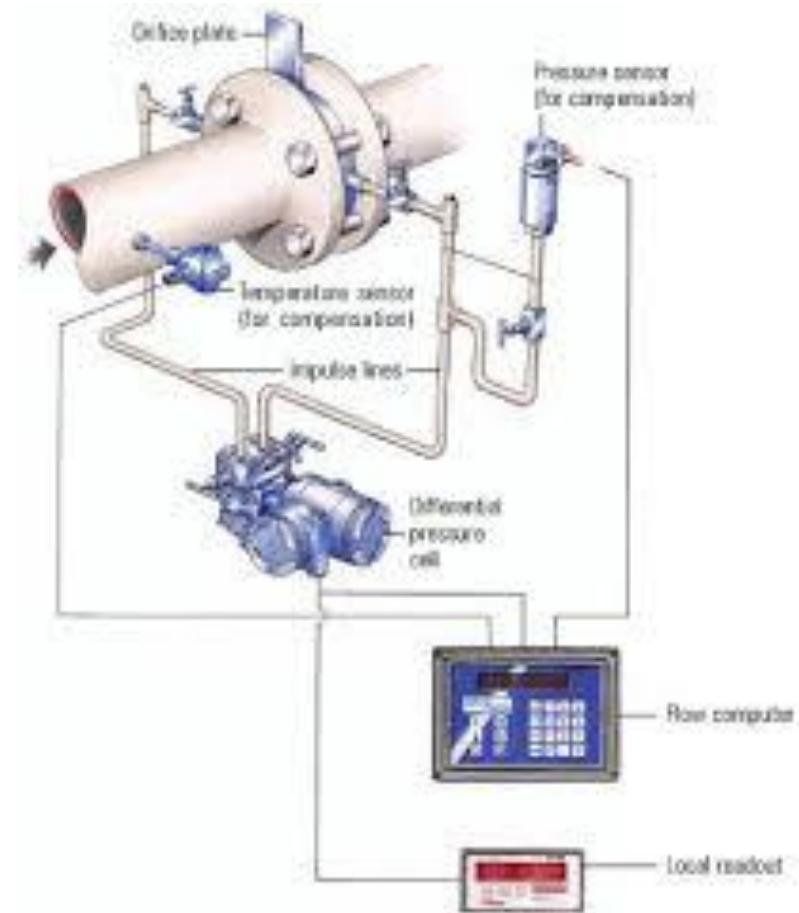
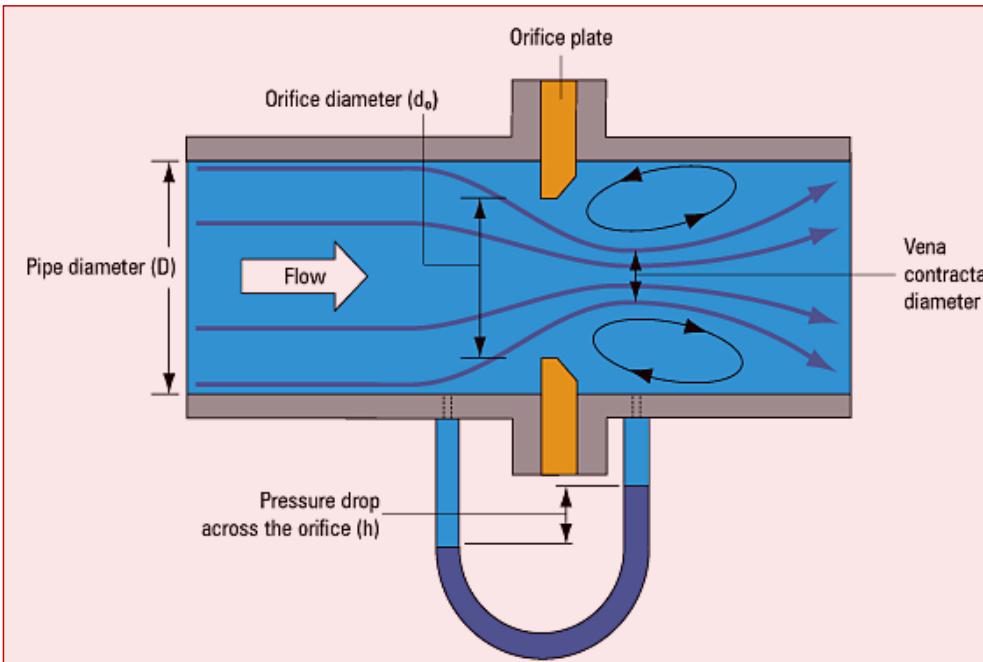


FIG. 14-55
Problems
67 and 68.



Differential Pressure :Orifice plate



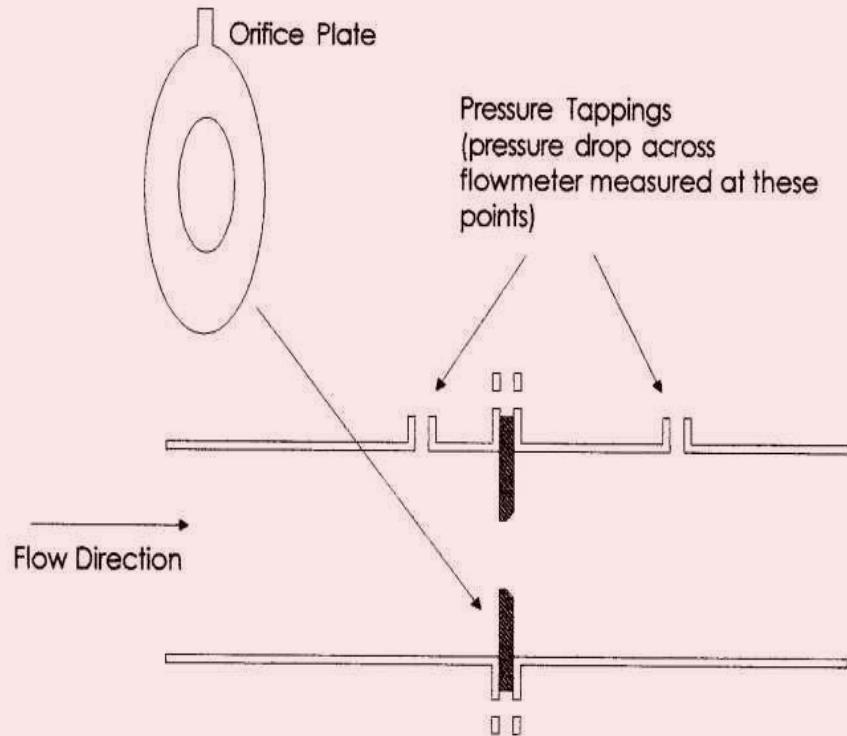
Resource:

<http://pointing.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/flowmetering/principles-of-flowmetering.asp>

Dr.Bhanupol Klongratog



Differential Pressure :Orifice plate

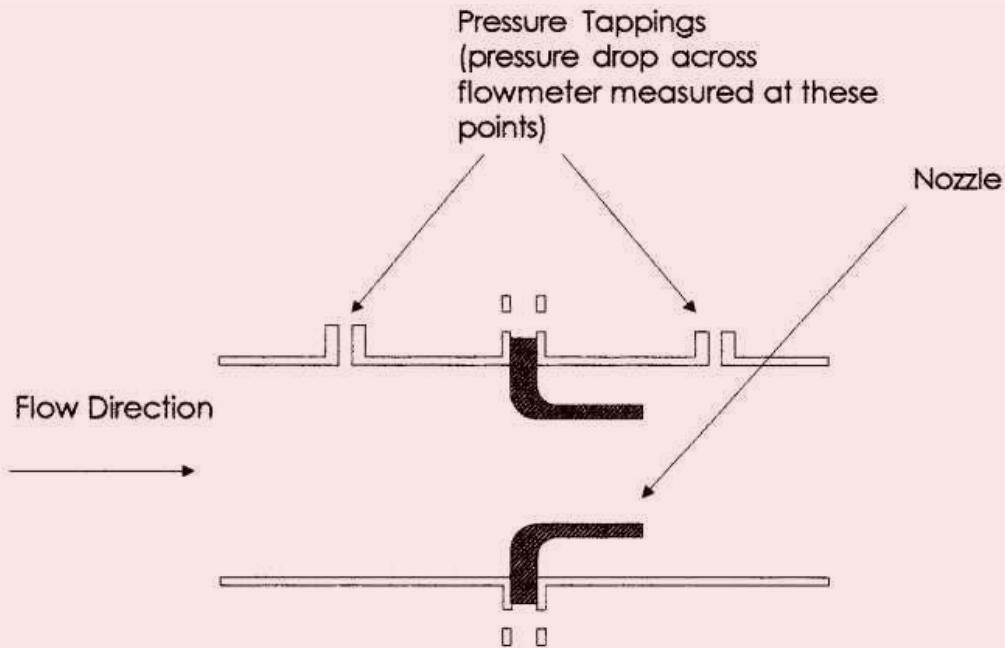


- ติดตั้งง่าย
- ทนทาน
- บำรุงรักษาง่าย
- ราคาถูก
- มีความแม่นยำปานกลาง

$$Q = K \cdot \text{SQR}(\Delta P)$$



Differential Pressure : Nozzle



The Differential Pressure Flow Measuring Principle (Orifice-Nozzle-Venturi)

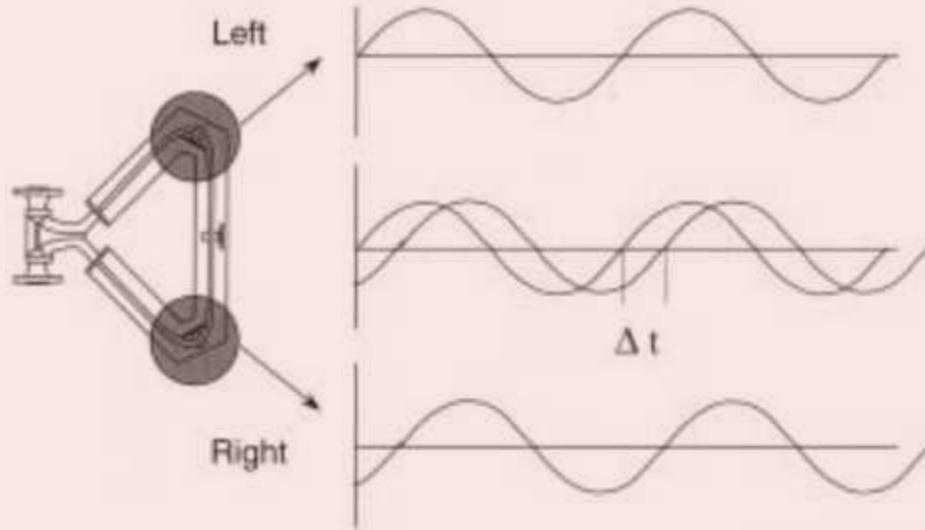
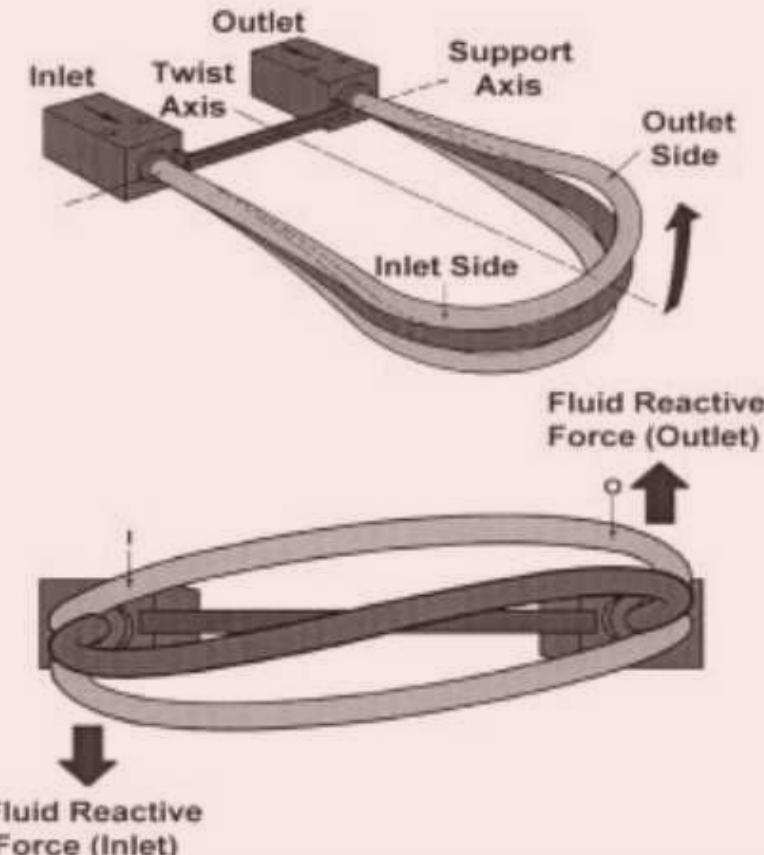
Resource:

<https://www.youtube.com/watch?v=oUd4WxjoHKY>

Dr.Bhanupol Klongratog



Coriolis Flowmeter



Coriolis Effect

Siemens FC430 Coriolis Meter - How it Works

Coriolis Flow Meter (Principle of Operation)

Resource :

https://www.youtube.com/watch?v=dt_XJp77-mk

<https://www.youtube.com/watch?v=D7nRK25lugA>

<https://www.youtube.com/watch?v=PvXgaDoZr1E>



Ultrasonic flowmeter

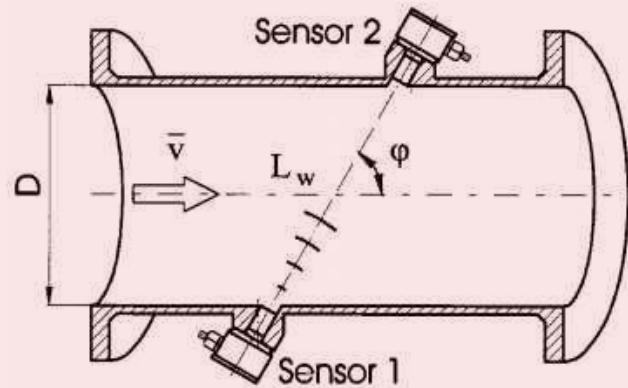
$$t_{12} = \frac{L_w}{c + \bar{v}_a \cos \varphi} \quad \text{and} \quad t_{21} = \frac{L_w}{c - \bar{v}_a \cos \varphi}$$

where L_w = Distance in the fluid between the two transducers

c = Speed of sound at the operating conditions

φ = Angle between the axis of the conduit and the acoustic path

\bar{v}_a = Axial low velocity averaged along the distance L_w



Measuring Principle of Ultrasonic Flowmeters (from KROHNE)

The Ultrasonic Flow Measuring Principle

Resource:

<https://www.youtube.com/watch?v=vopAJLuHwJY>



Level Measurement

- : Liquid / Solid
- : Corrosive material
- : Environmental sensing systems
- : Output signal

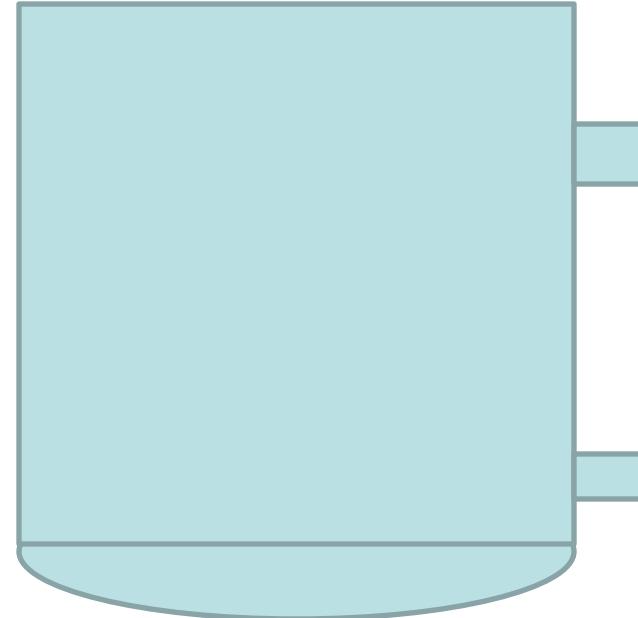


Output signal

→ ON-OFF signal
→ Continuous signal

ON-OFF signal

- Water tank
- Ex-
- Conductive cell
- Optical sensor
- Float switch
- Ultrasonic
- Nuclear Radiation
- Capacitive sensor

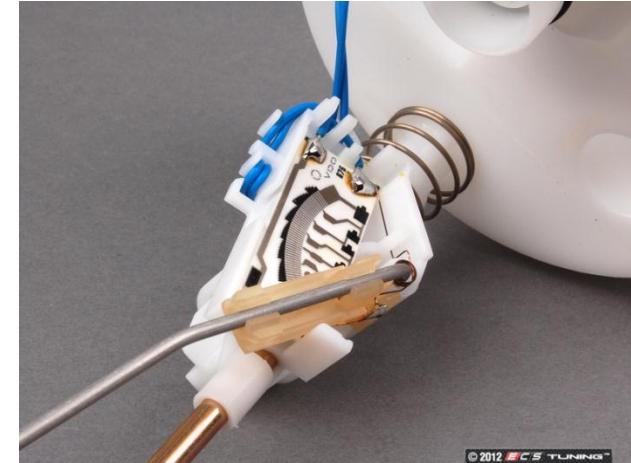




Continuous signal

Fuel pump

- Float switch
- Ultrasonic
- Nuclear Radiation
- Capacitive sensor





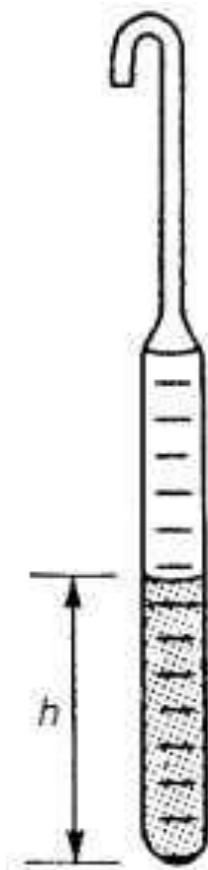
Fuel pump sensing signal

Freelander 1 v6
In Tank Fuel Pump
Resistance

HippoPhoto @ www.youtube.com

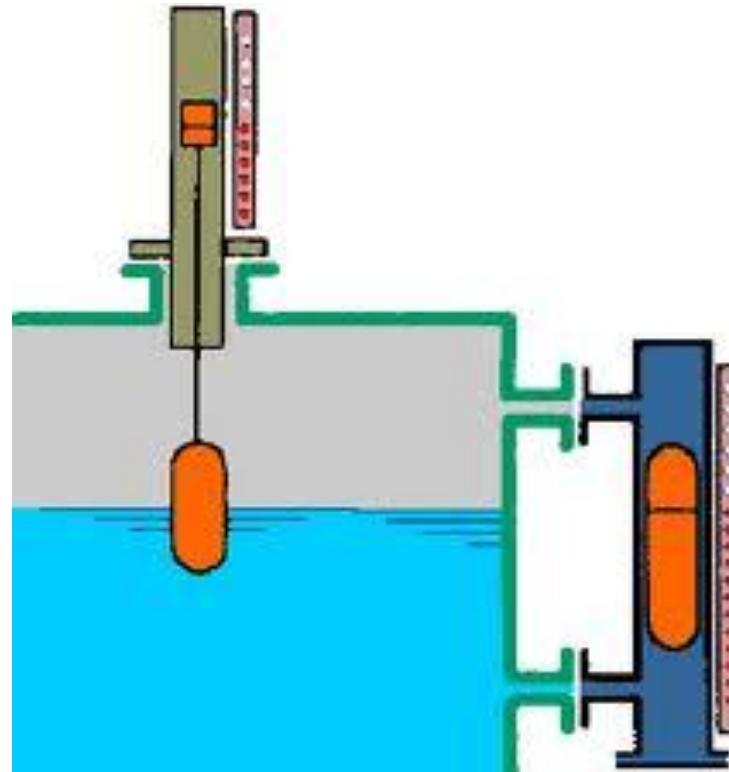
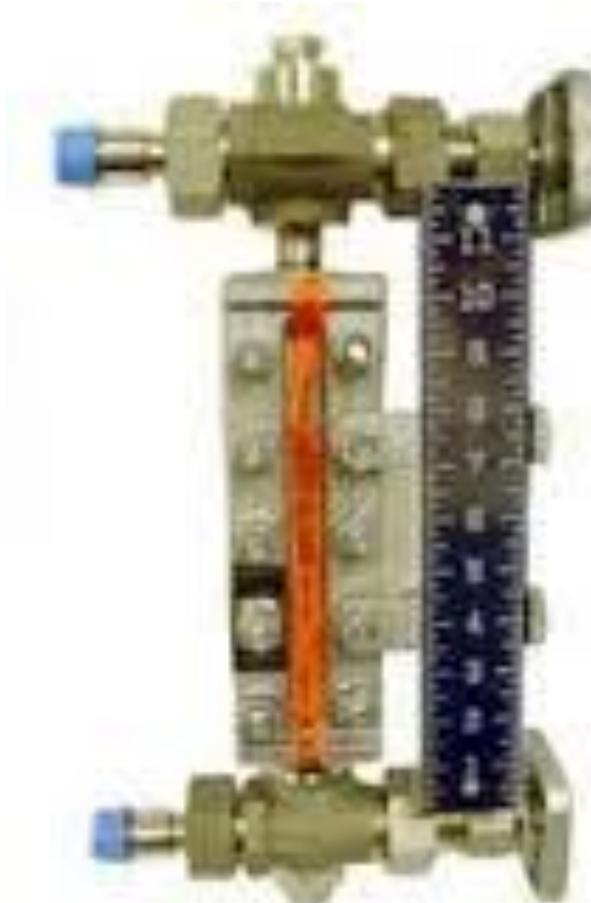


1. Dipstick



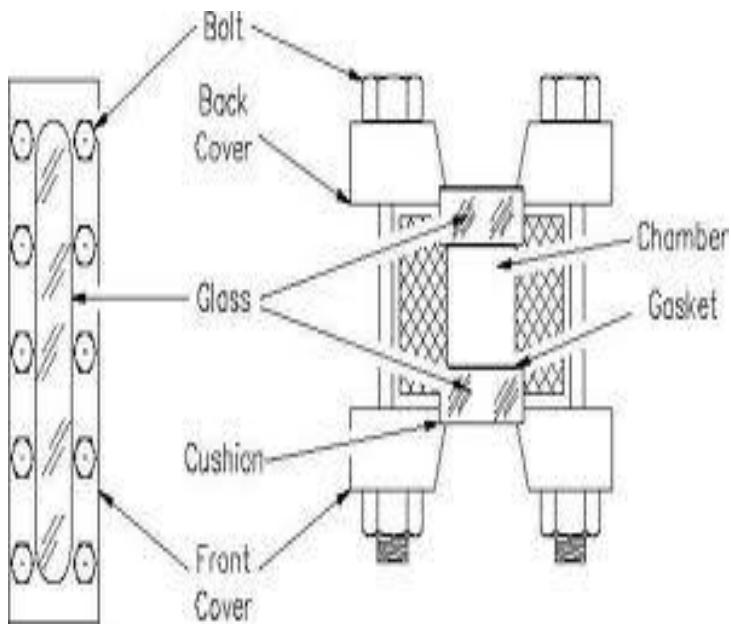


2.Glass gauge : Tubular glass





2. Glass gauge : Flat glass



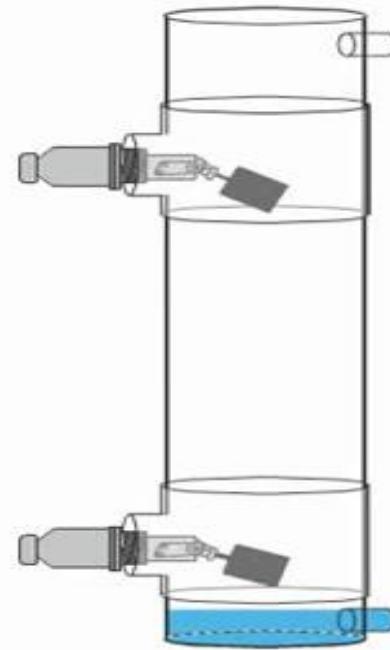


3. Float :



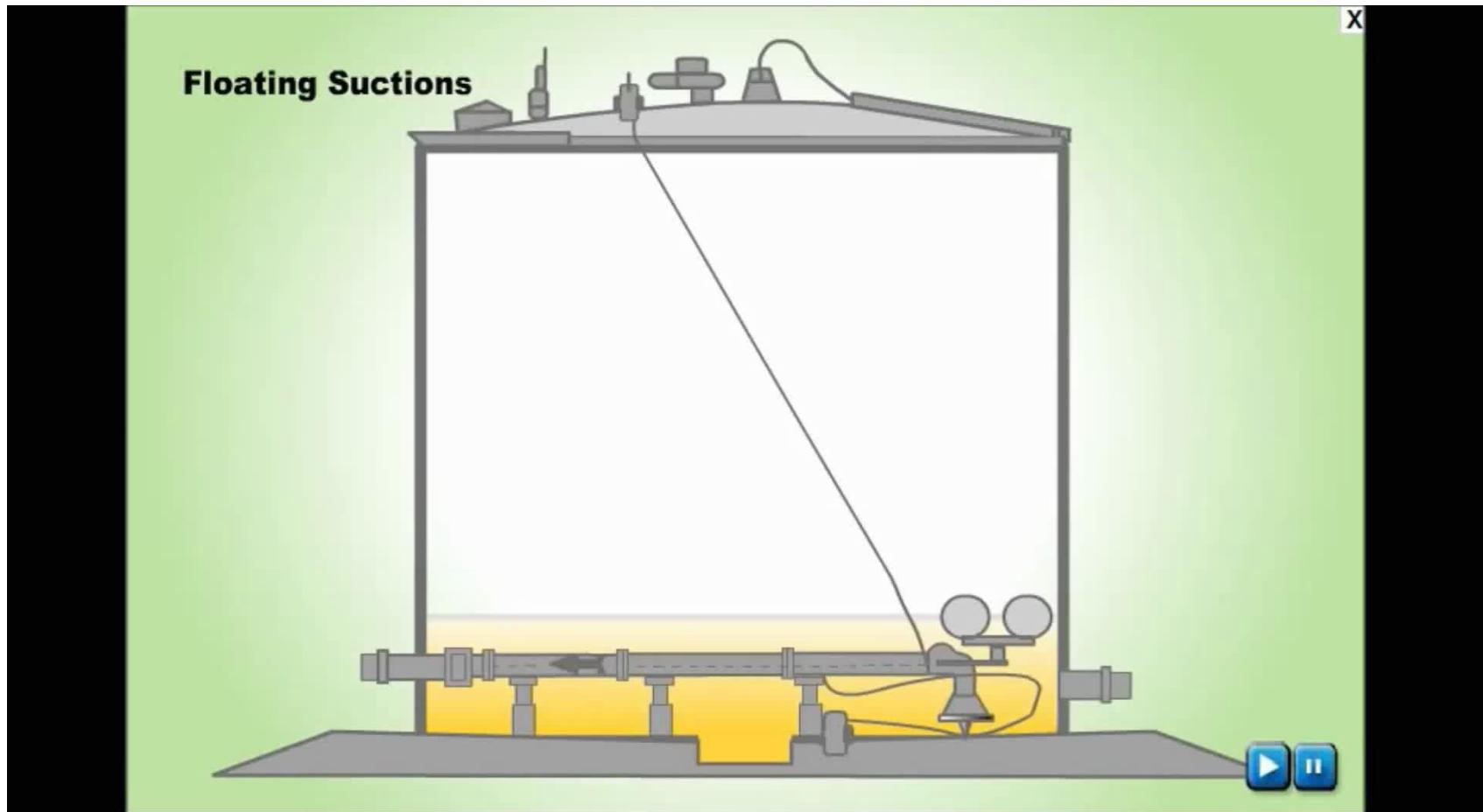


3. Float : Switch



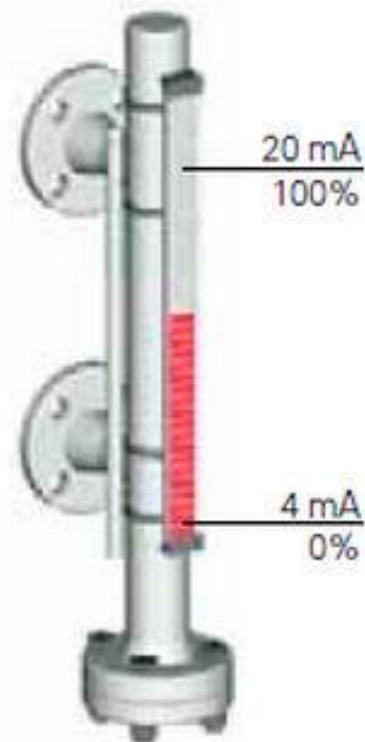
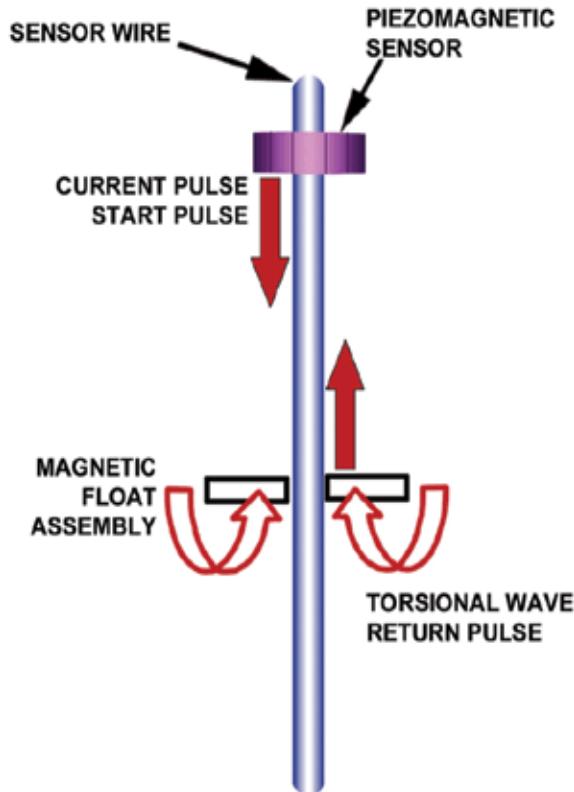


3. Float : Switch





3. Float : Continuous(Magnetostrictive)





3. Float : Continuous(Magnetostrictive)





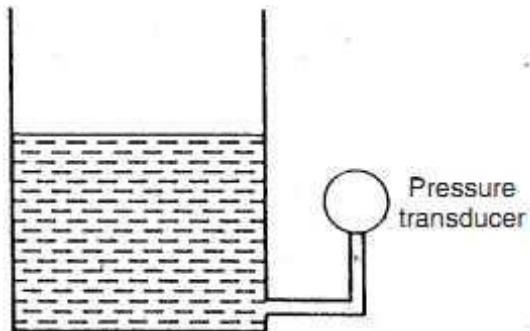
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

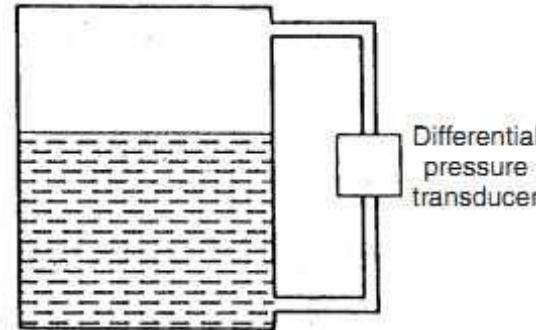
4.Pressure : Hydrostatics



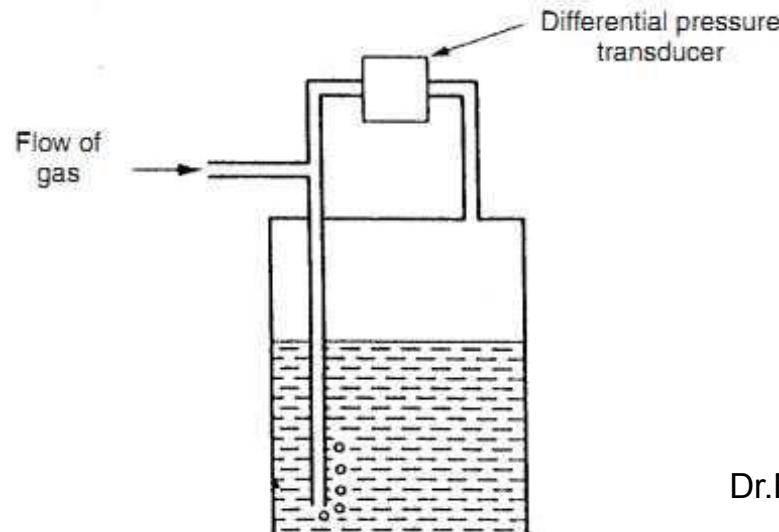
4. Pressure : Differential pressure



(a)

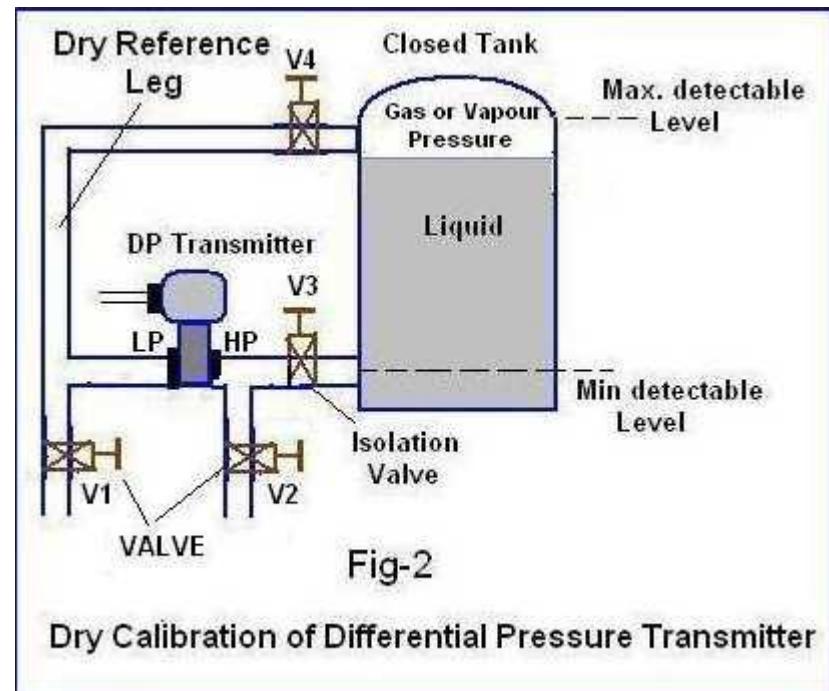
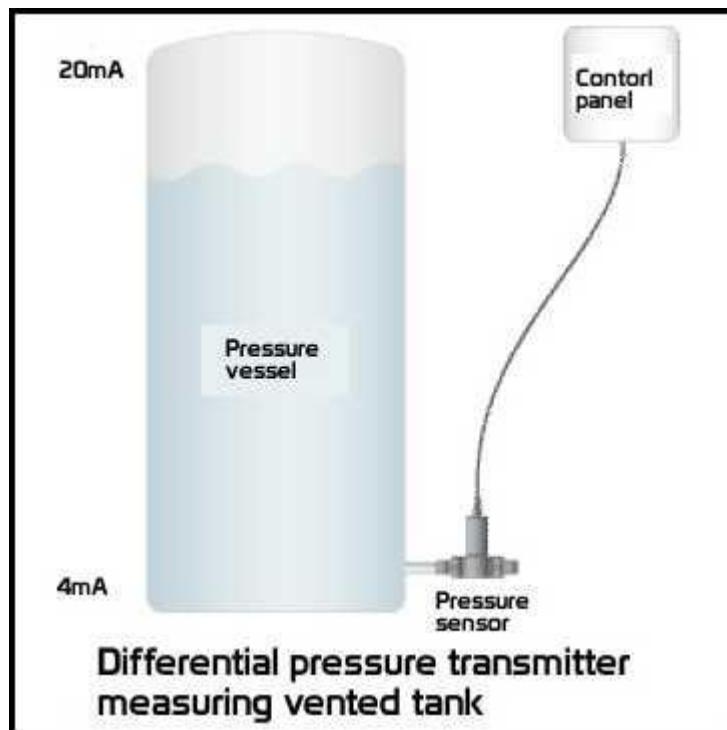


(b)





4. Pressure : Differential pressure





4. Pressure : Differential pressure

Process Instrumentation and Analytics

Level with Differential Pressure Measurement

The diagram illustrates a tank containing blue liquid. Two pressure transmitters, labeled P₁ and P₂, are connected to the tank. P₁ is located at the top of the tank, connected to an air hydrogen injection system. P₂ is located at the bottom of the tank. A color scale indicates the pressure difference ΔP = P₂ - P₁. Below the tank, the formula P₂ = H * ρ * g + P₁ is shown. The Siemens logo is visible at the bottom right.

P₁ = Air Hydrogen injection

$\Delta P = P_2 - P_1$

$P_2 = H \cdot \rho \cdot g + P_1$

SIEMENS

Back to Overview

SIEMENS

Pressure Keyboard English version

Brought to you by Ernie Graves Company. Please contact us with questions:: www.ErnieGraves.com



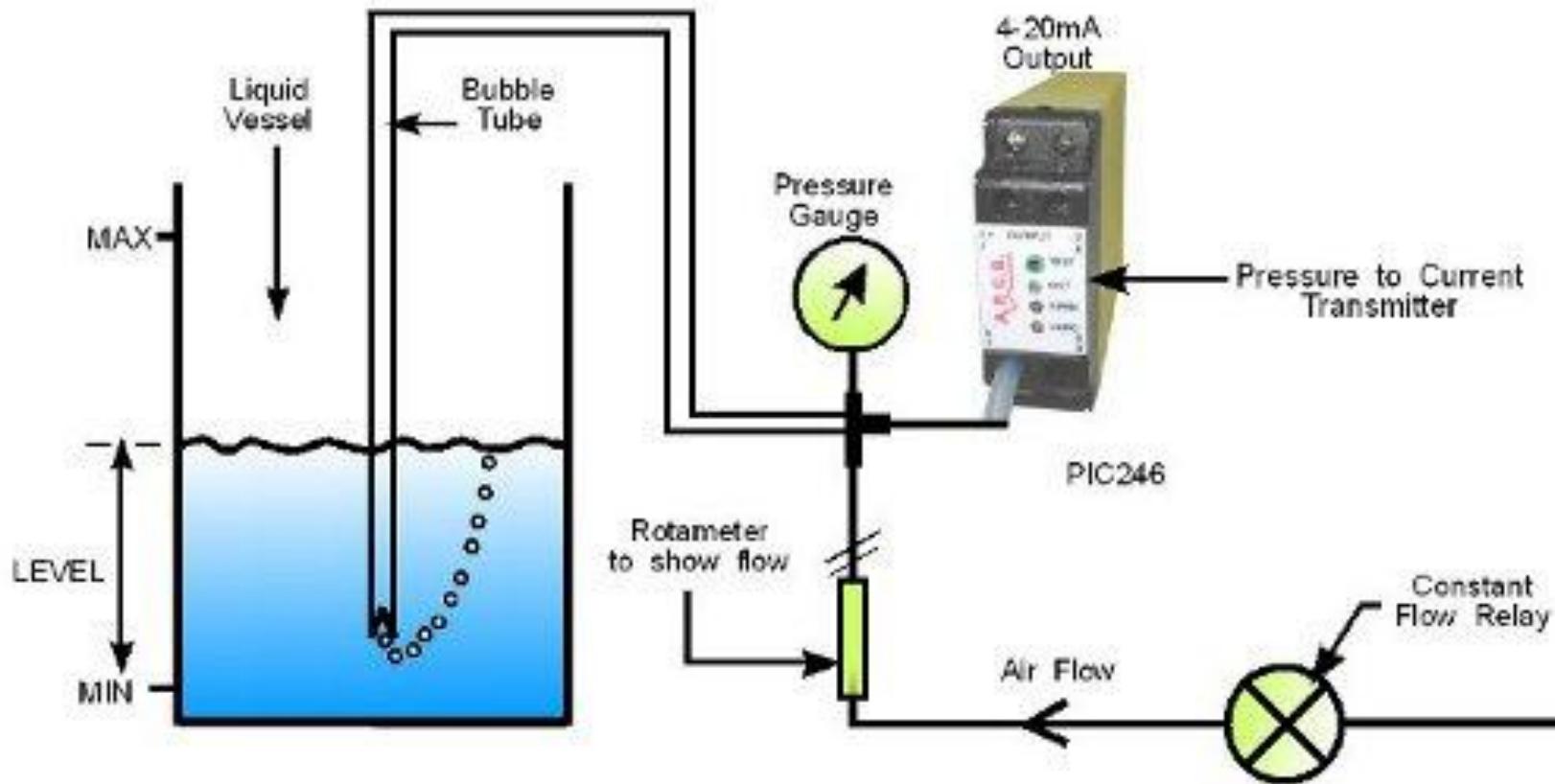
4.Pressure : Air bubbler



Tutorial: Measuring liquid level using a bubbler

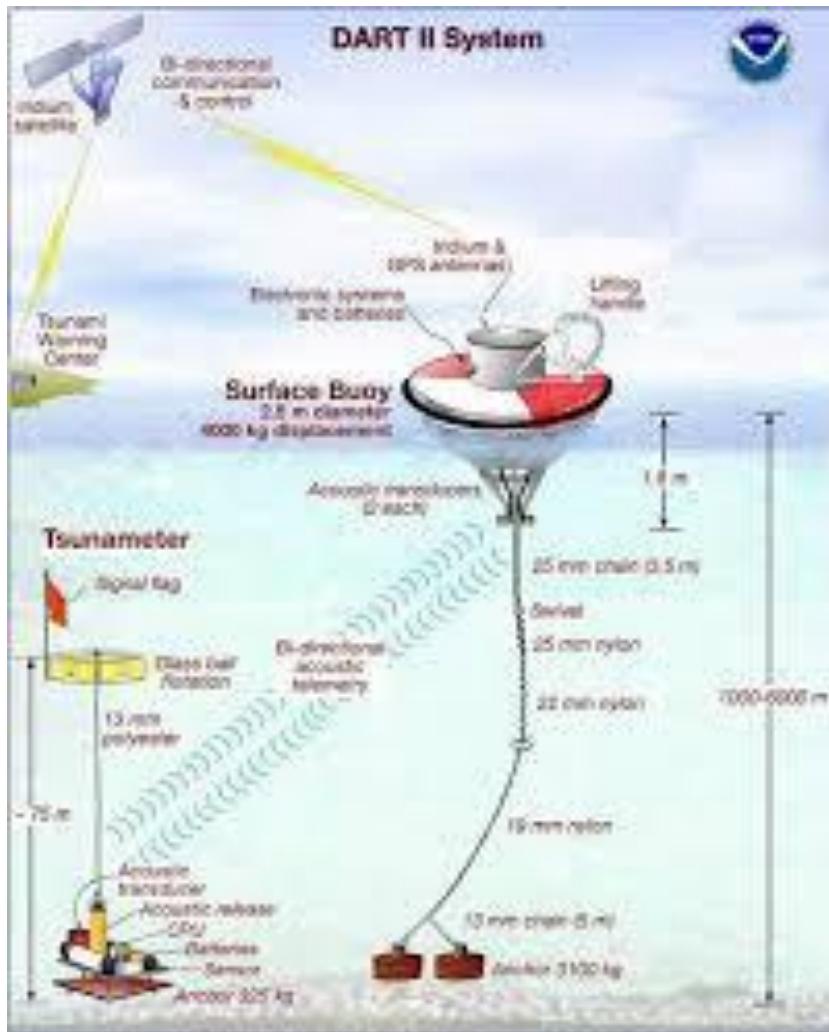


4. Pressure : Air bubbler



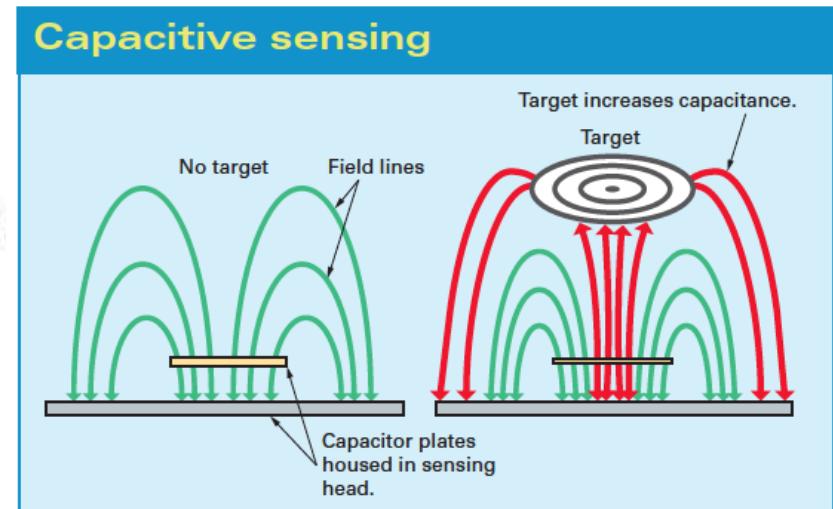
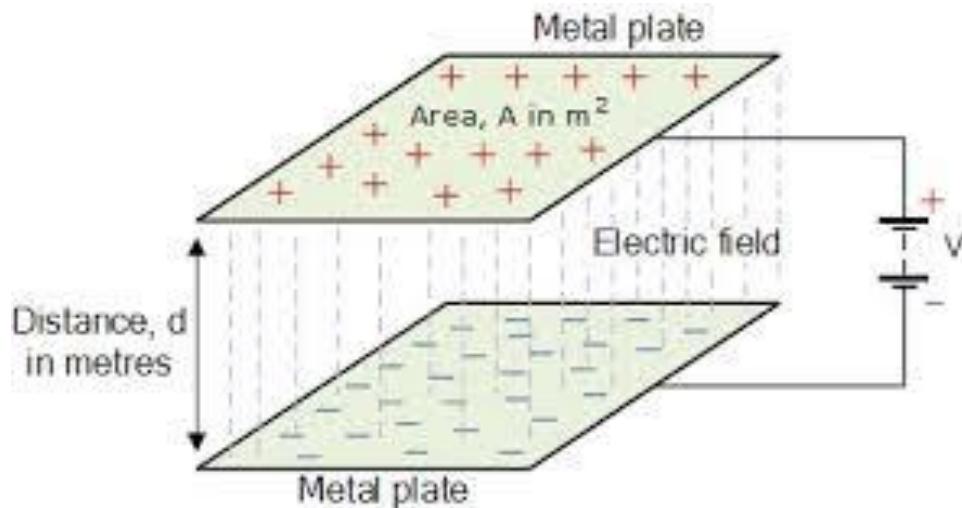


4. Pressure

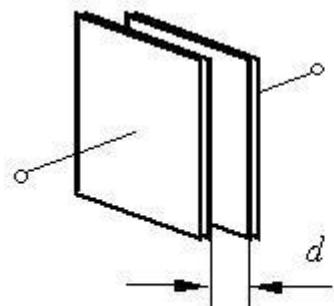




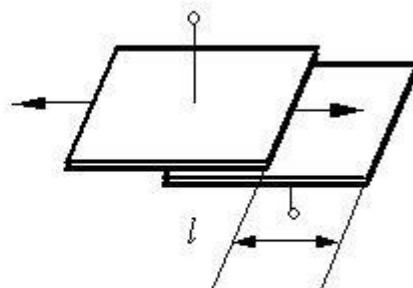
5. Capacitive sensing



As a ferrous or nonferrous target enters the sensing zone, capacitance increases; circuit natural frequency shifts towards the oscillation frequency, causing amplitude gain.



Spacing variation



Area variation



5. Capacitive sensing





5.Capacitive sensing

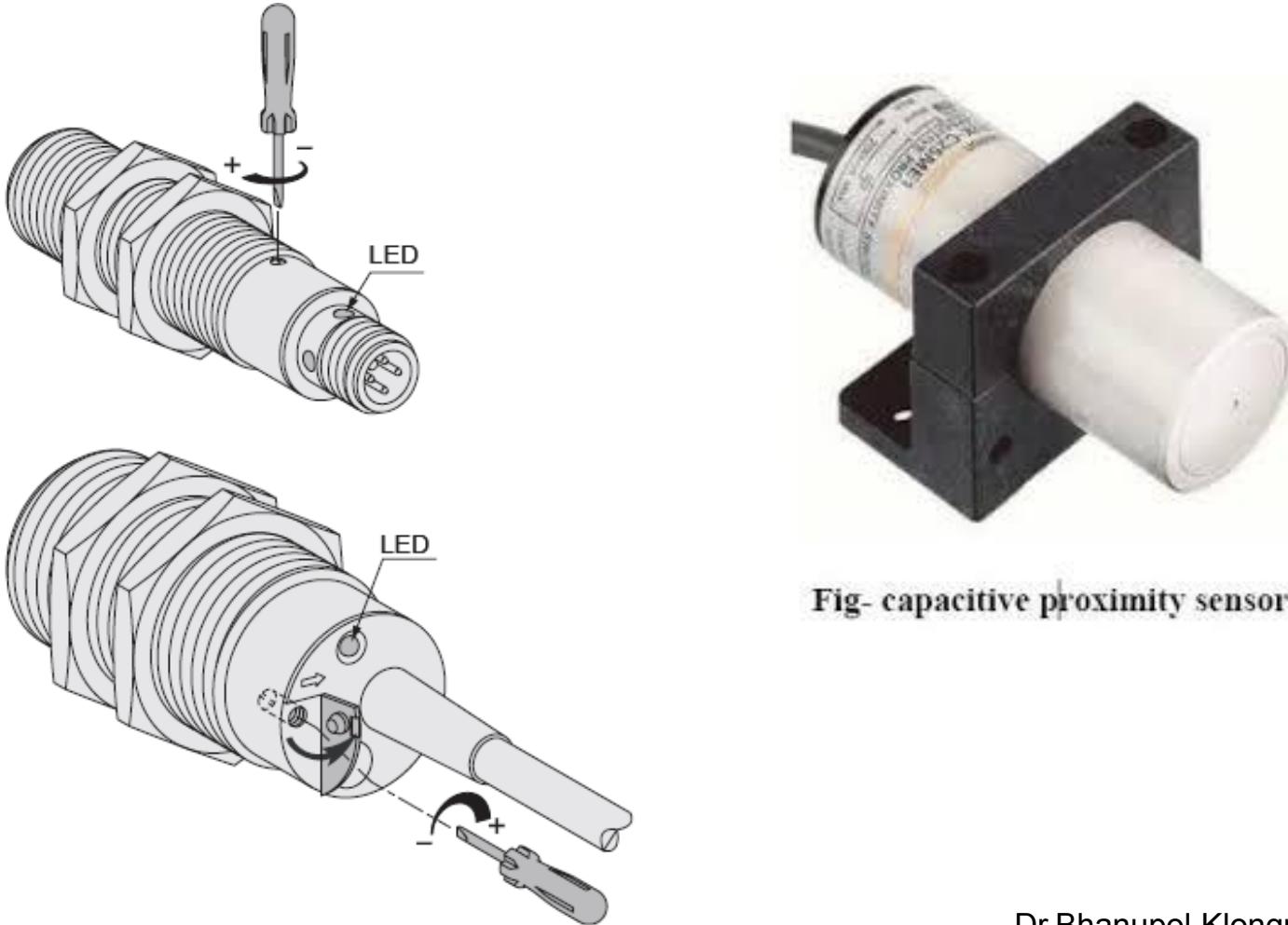
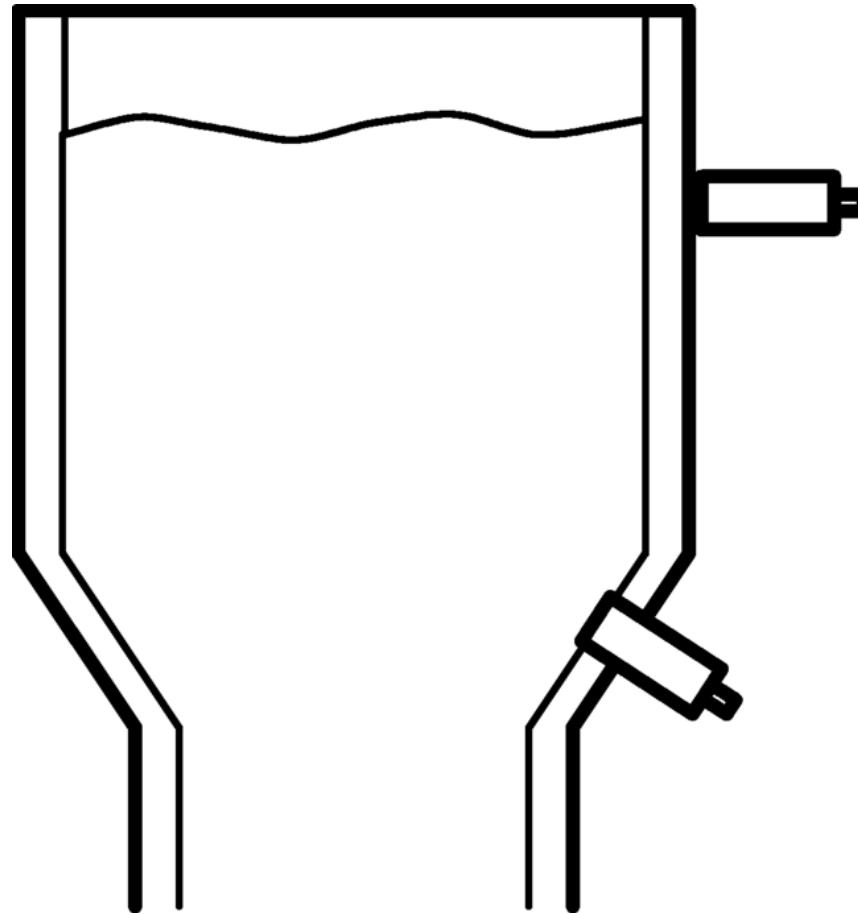


Fig- capacitive proximity sensor

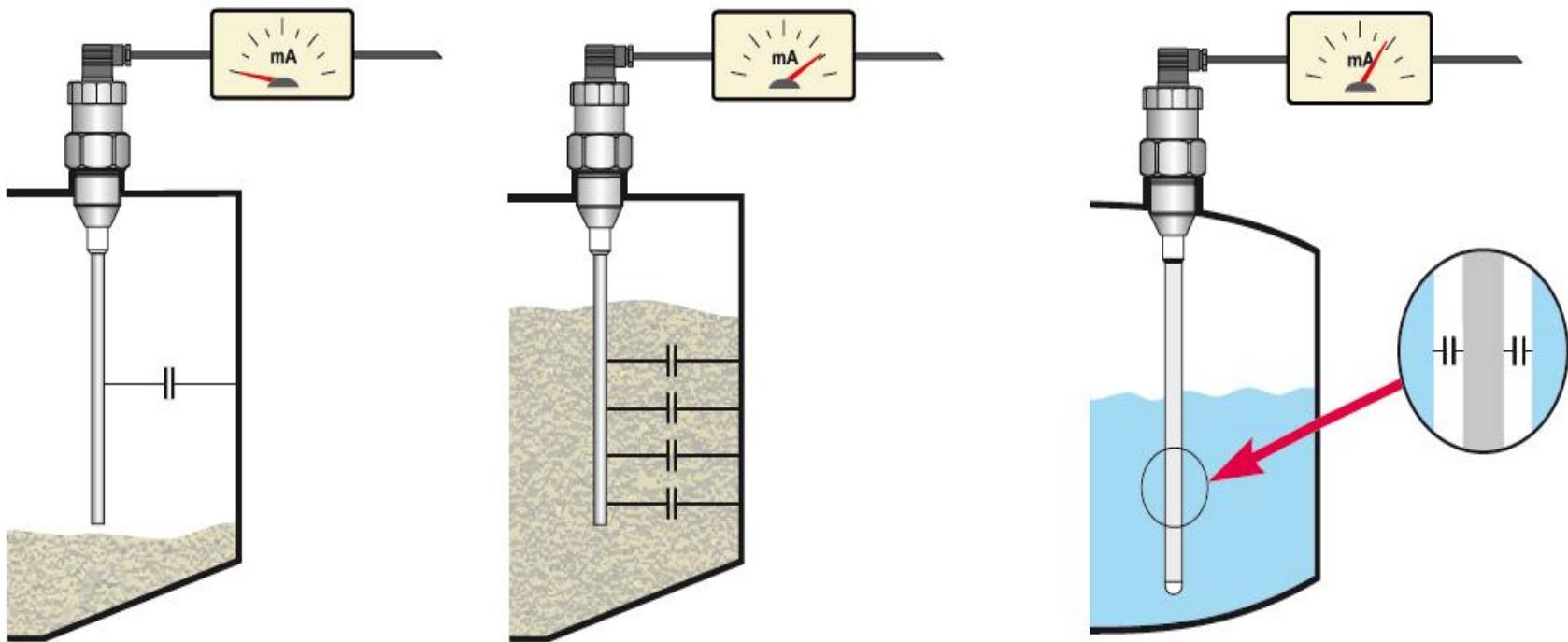


5. Capacitive sensing



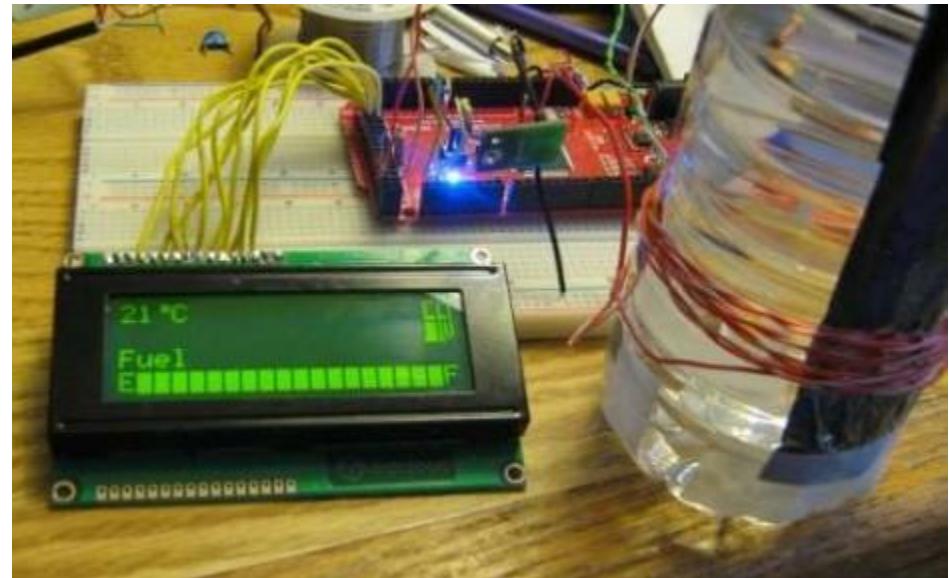


5. Capacitive sensing



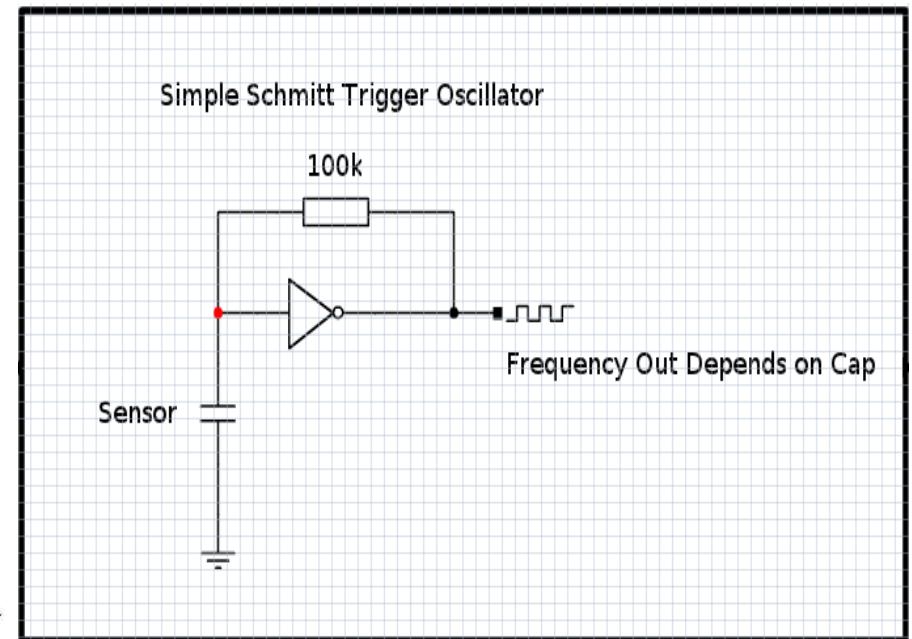
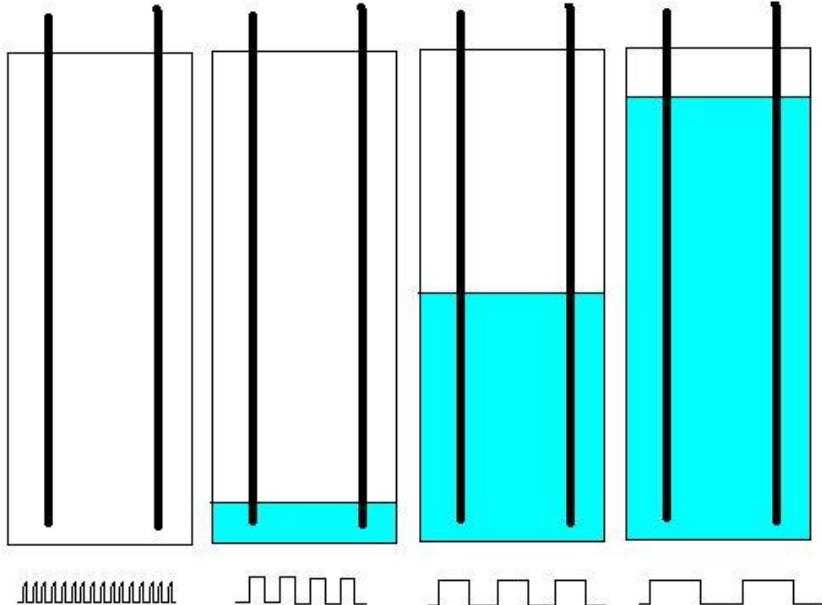


5. Capacitive : DIY





5. Capacitive : DIY



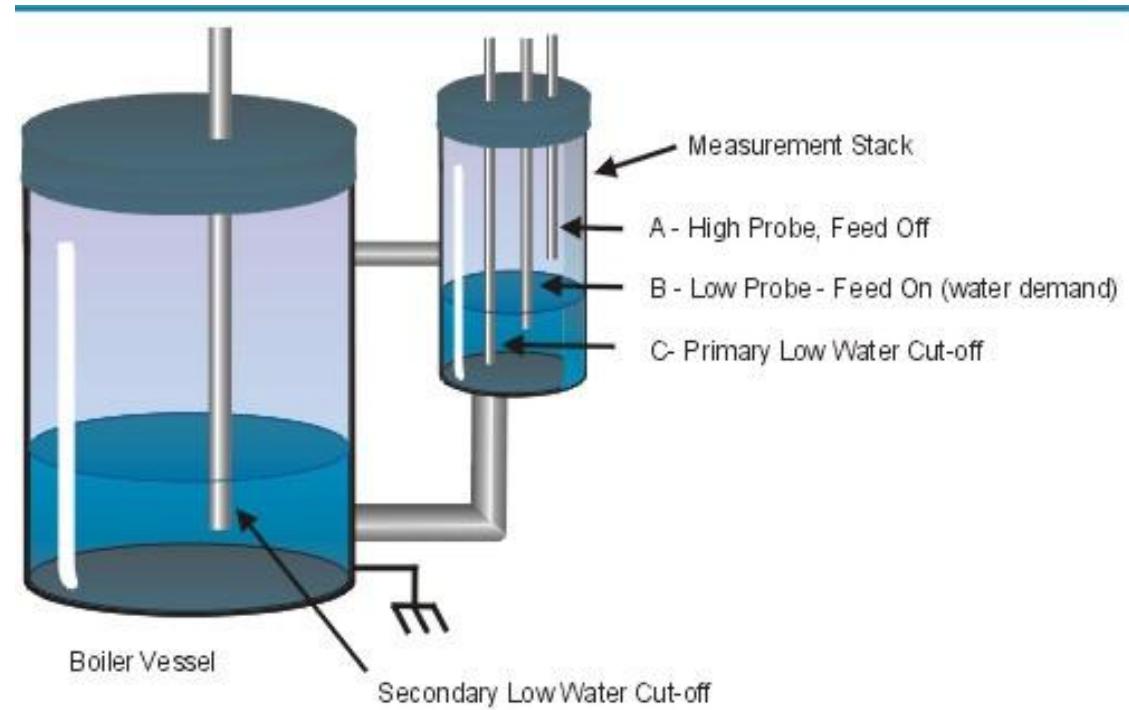


5. Capacitive : DIY



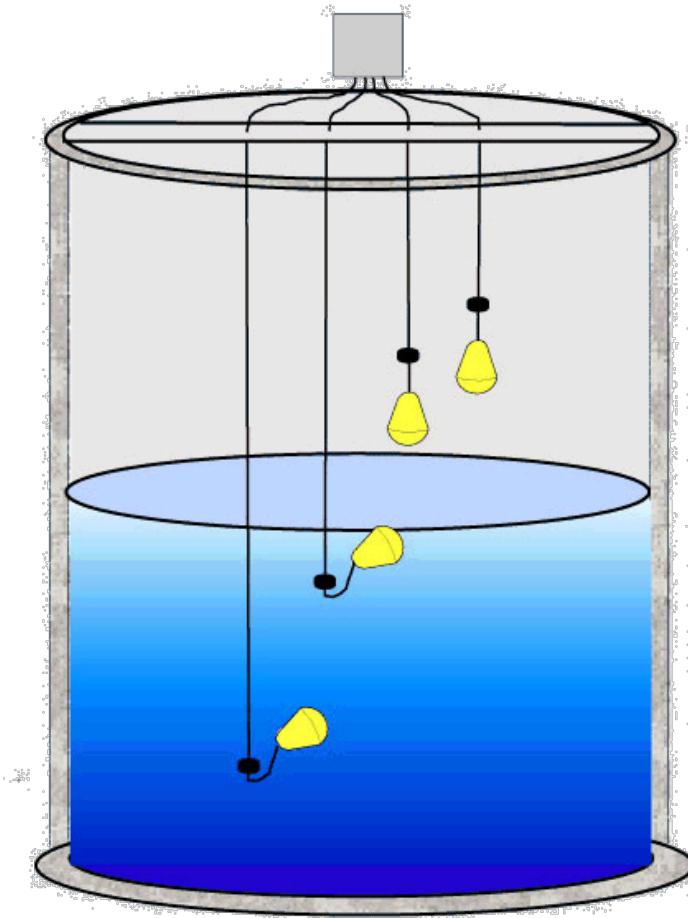


6. Conductive



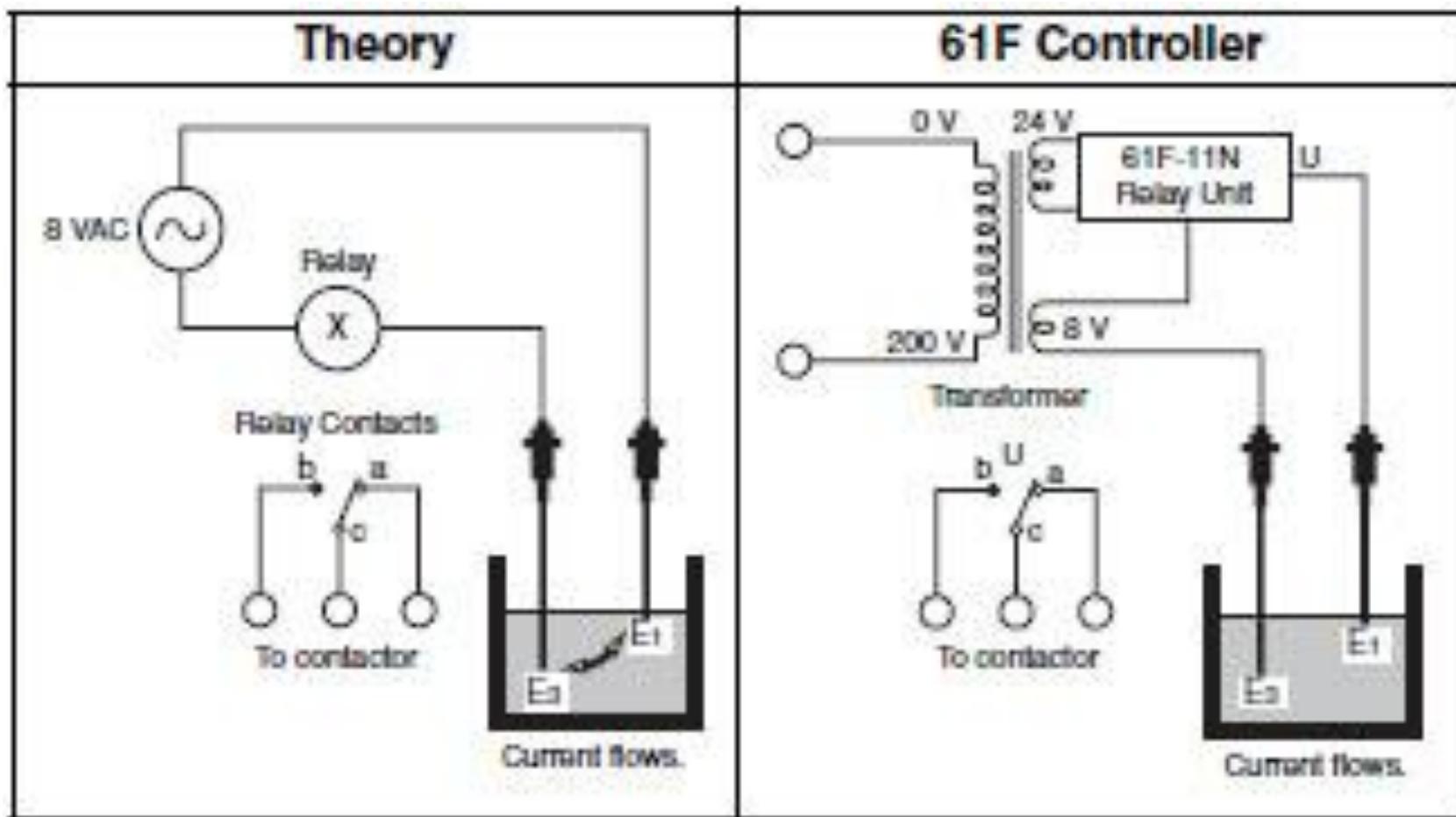


6. Conductive



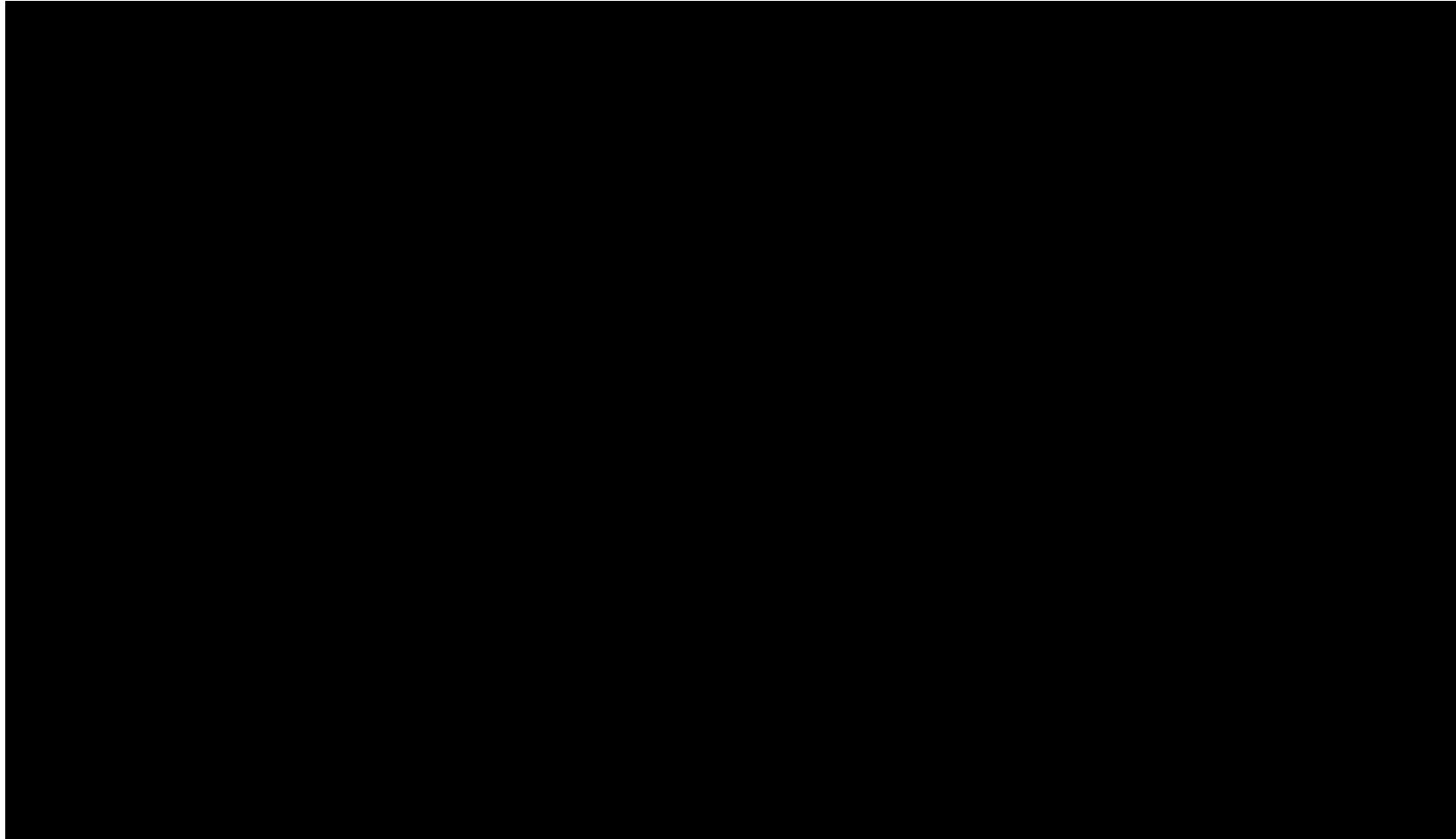


6. Conductive



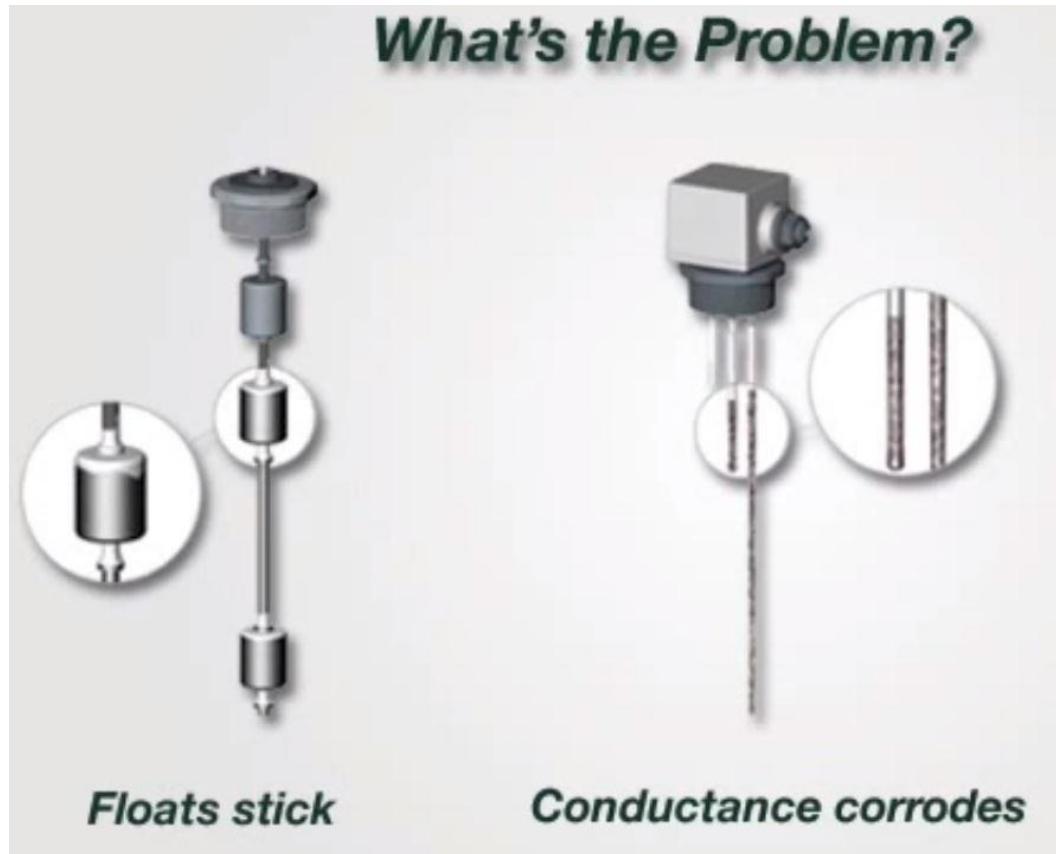


7.Nuclear radiation sensing





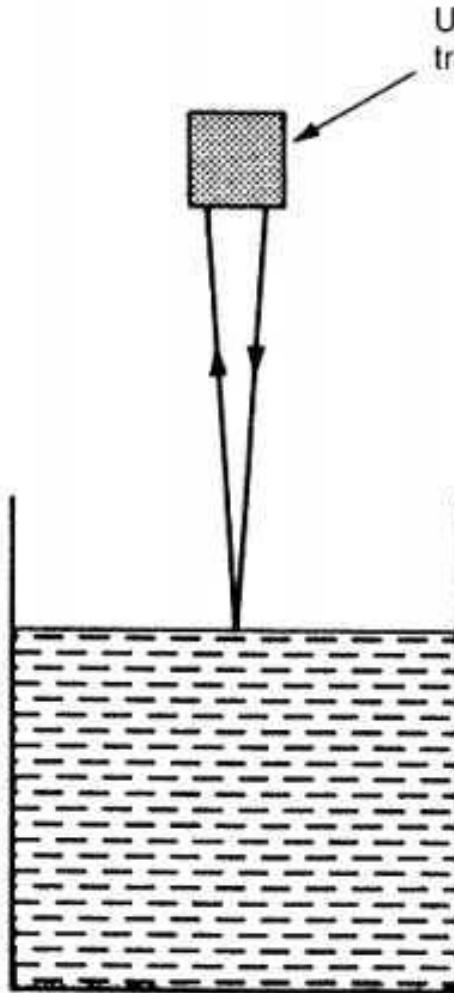
8.Ultrasonic sensing



- Sticky
- Corrosive
- Dirty
- Viscous
- Crystalizing liquids



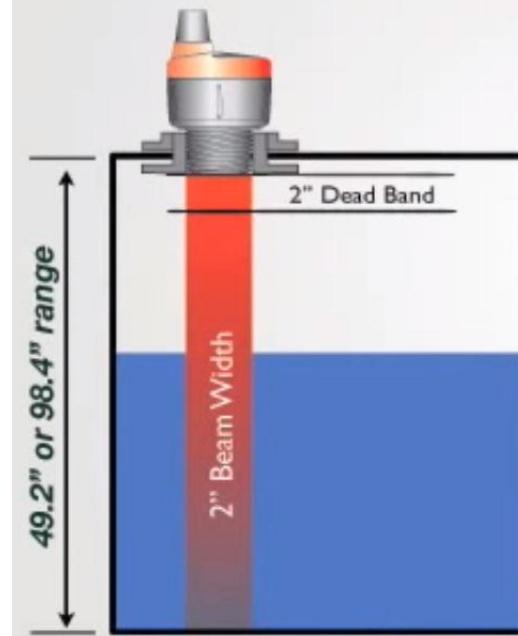
8.Ultrasonic sensing



Ultrasonic
transmitter–receiver

Performance Advantages

FLOWLINE



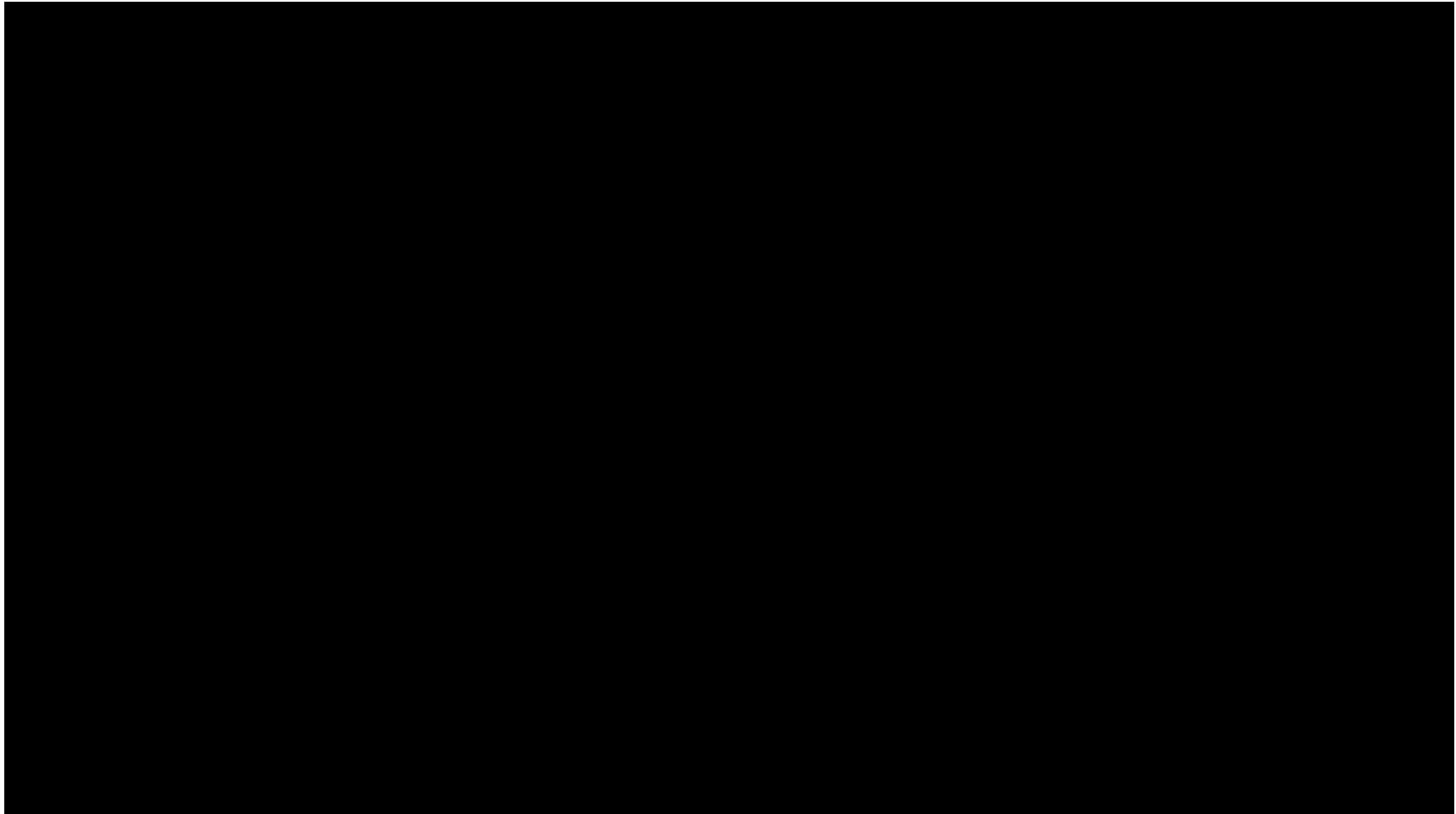
- *Narrow 2" beam width for placement in restrictive space*
- *Miniature 2" - 4" dead band optimizes filling capacity*



8.Ultrasonic sensing

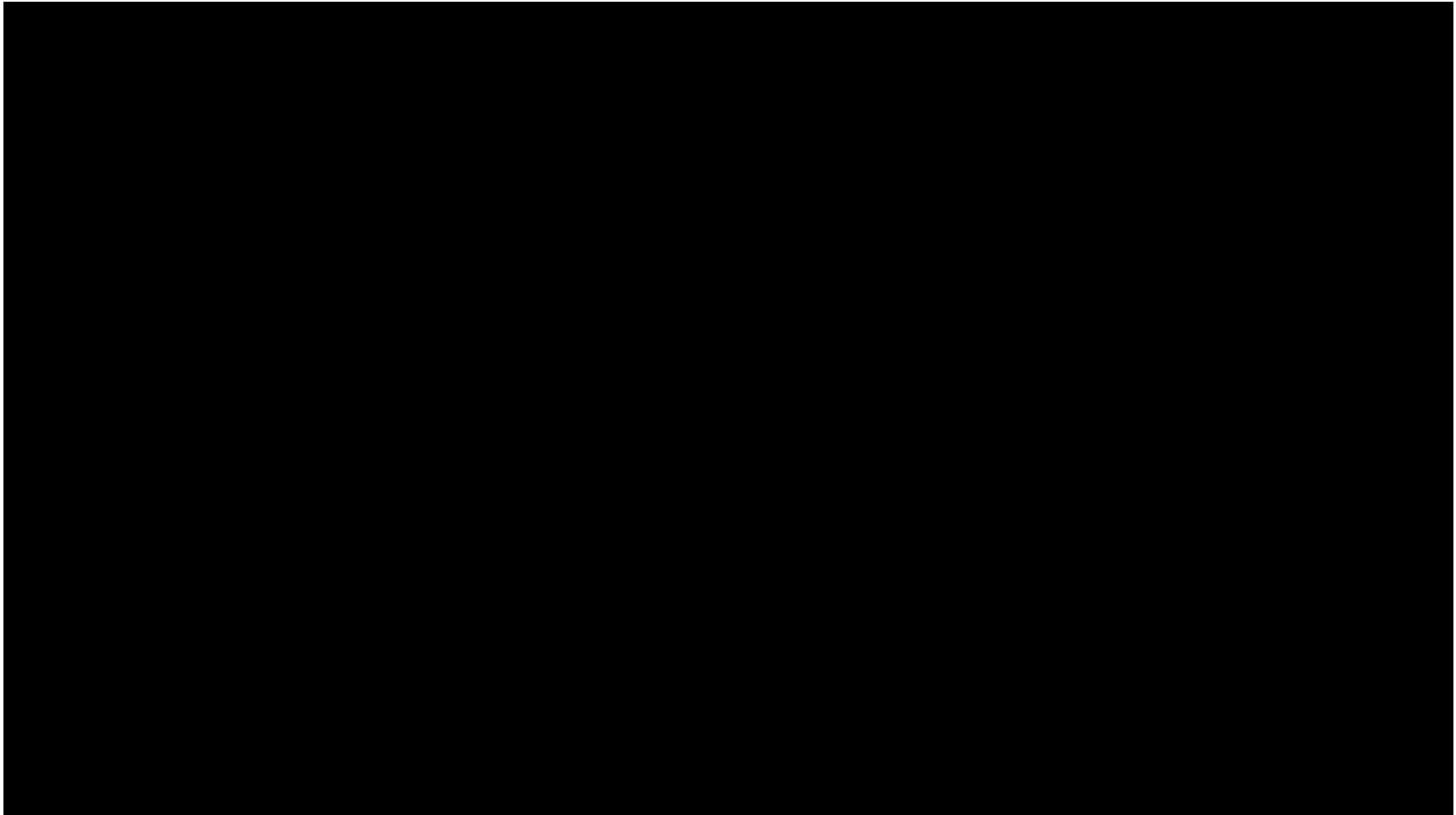


8.Ultrasonic sensing



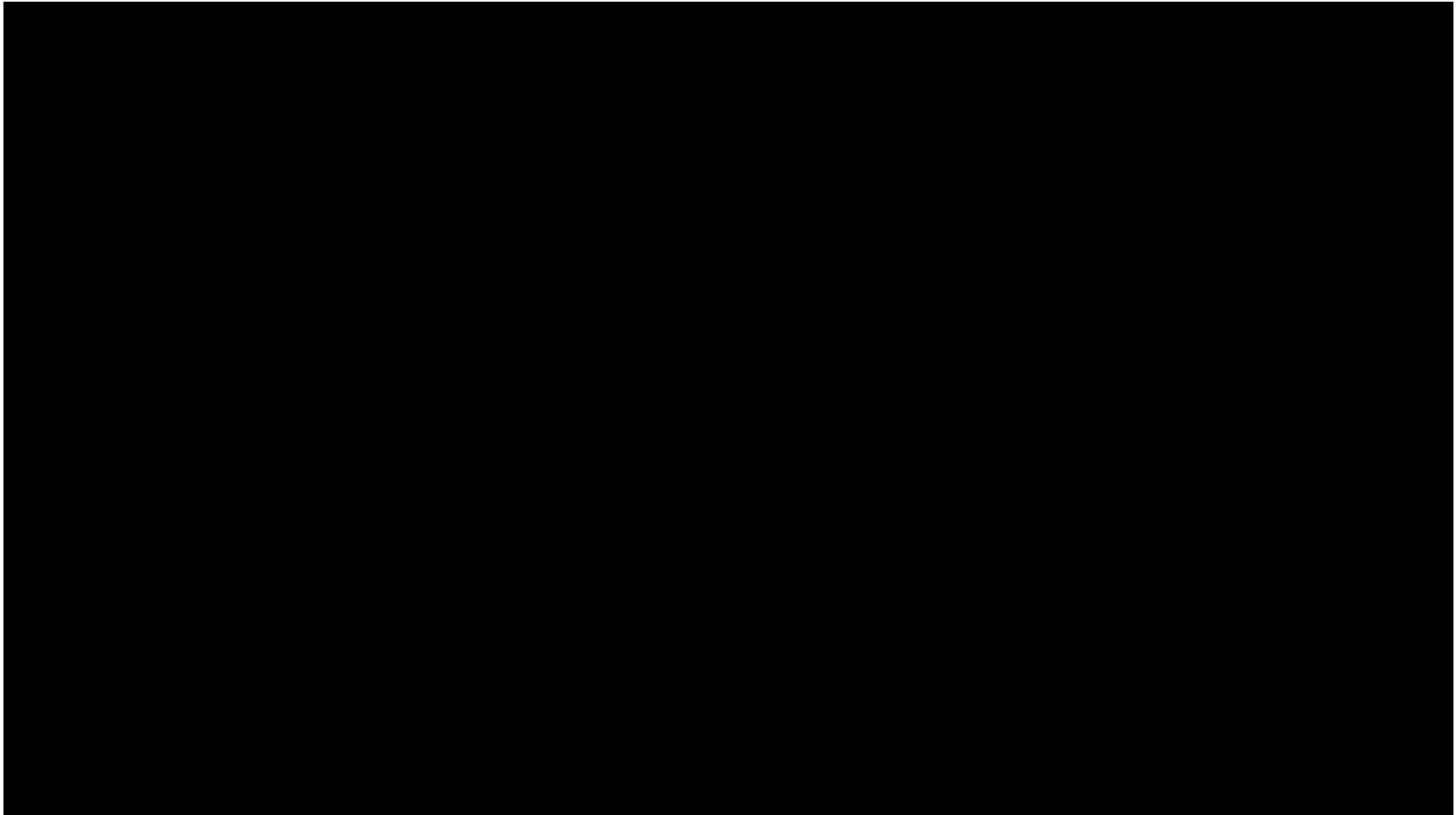


8.Ultrasonic sensing



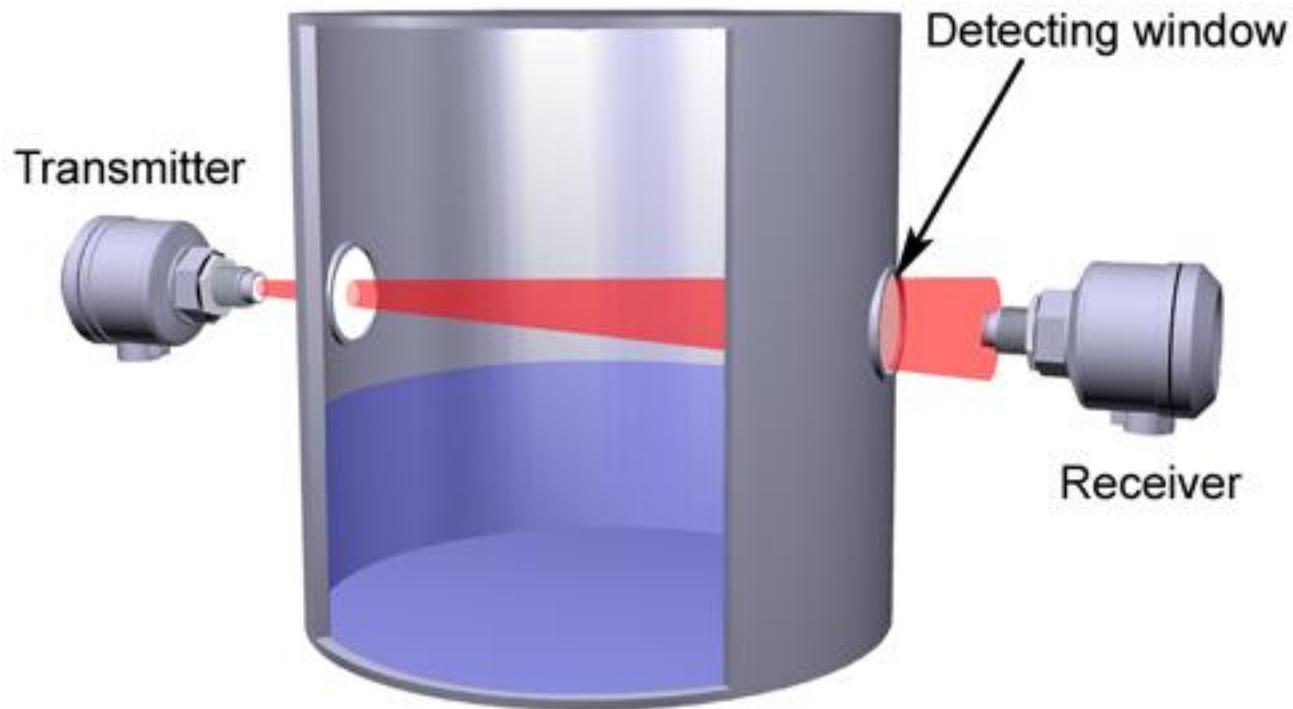


8.Ultrasonic sensing



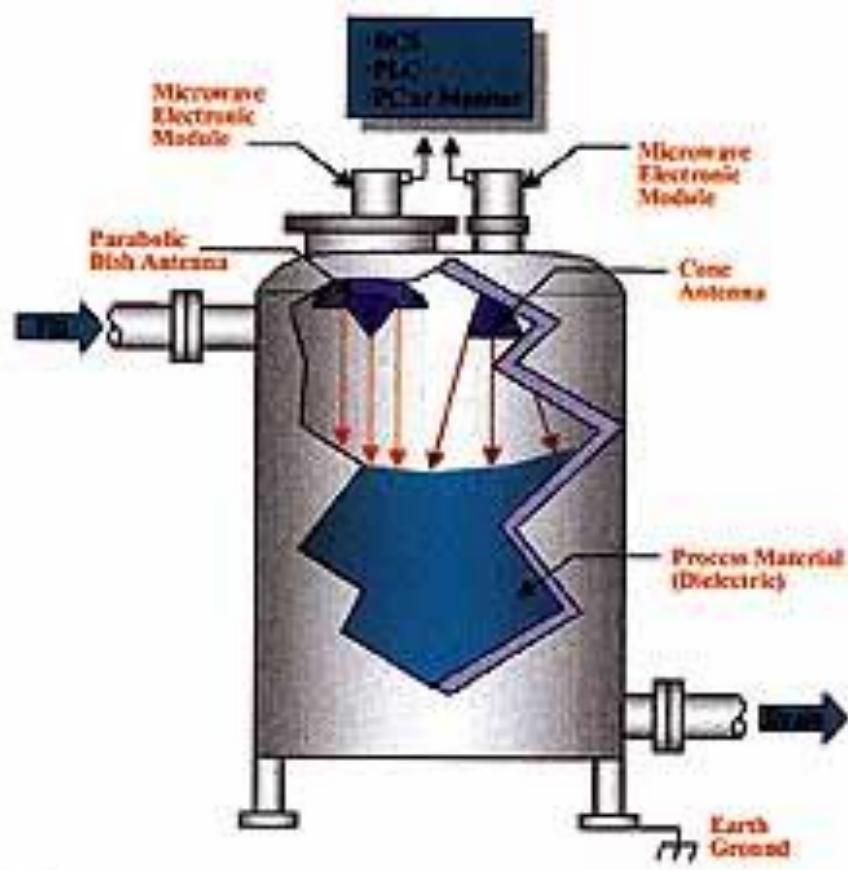


9. Microwave sensing



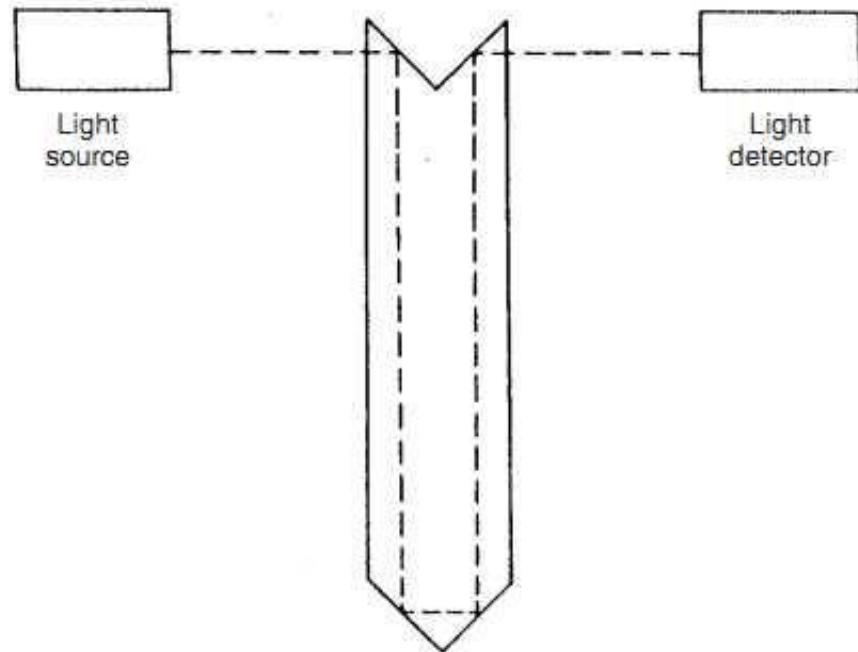
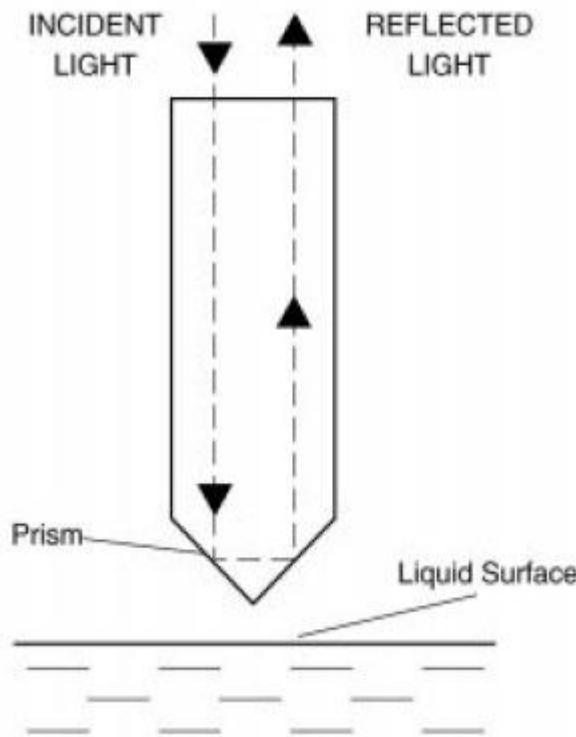


9. Microwave sensing



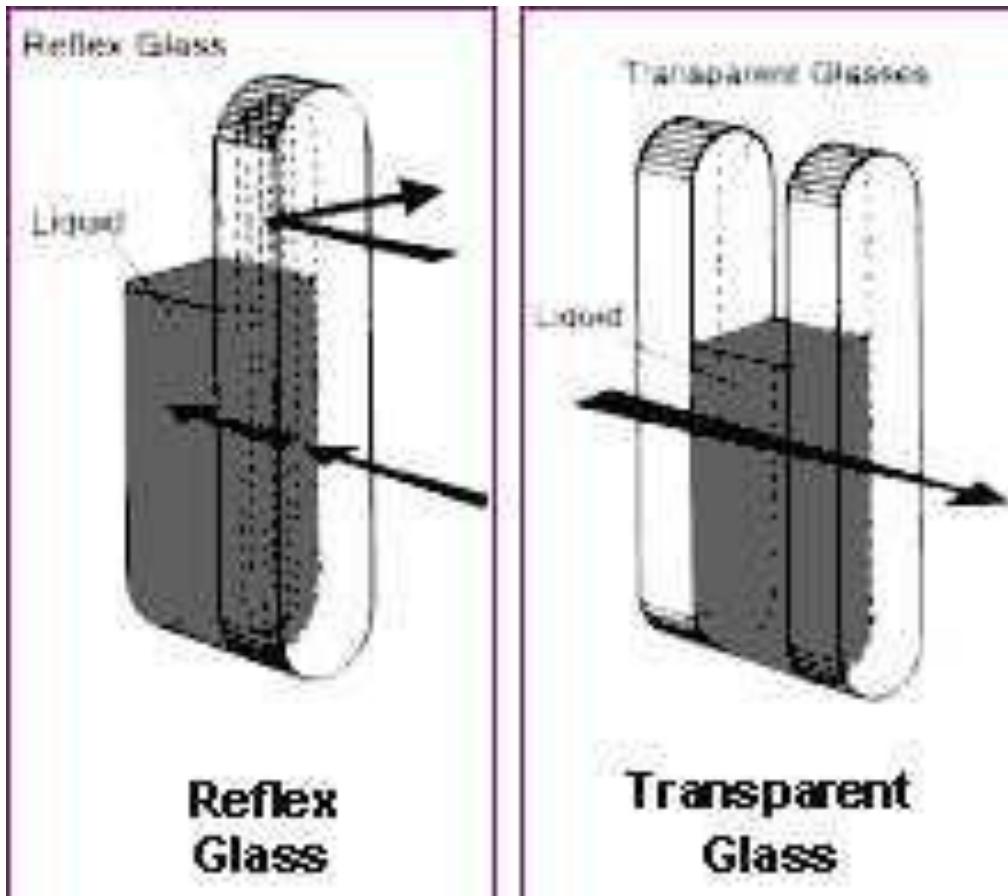


10.Ir sensing





10.Ir sensing



**Reflex
Glass**

**Transparent
Glass**

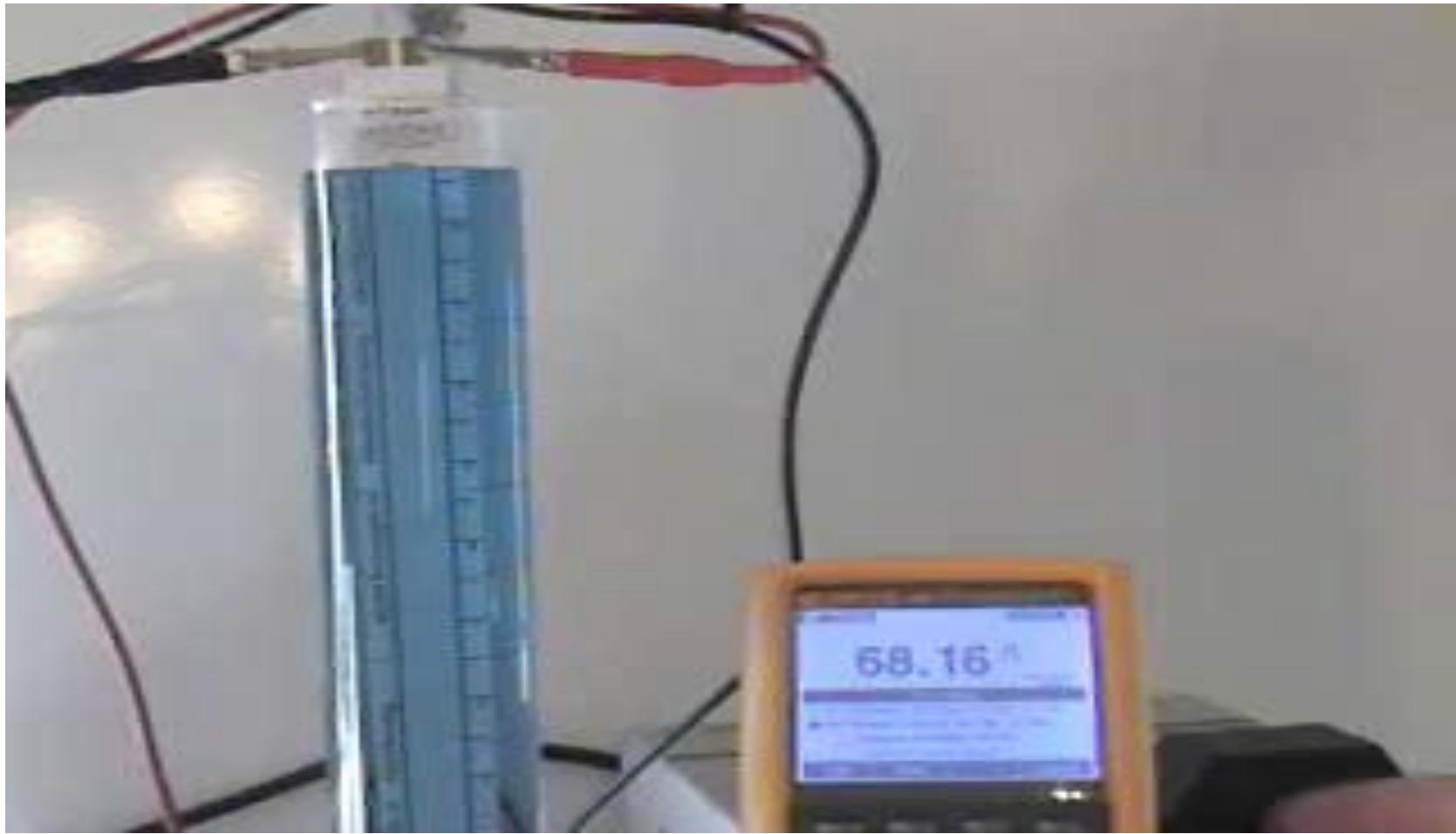


11. Vibronic measuring principle





12. Electronic Tape



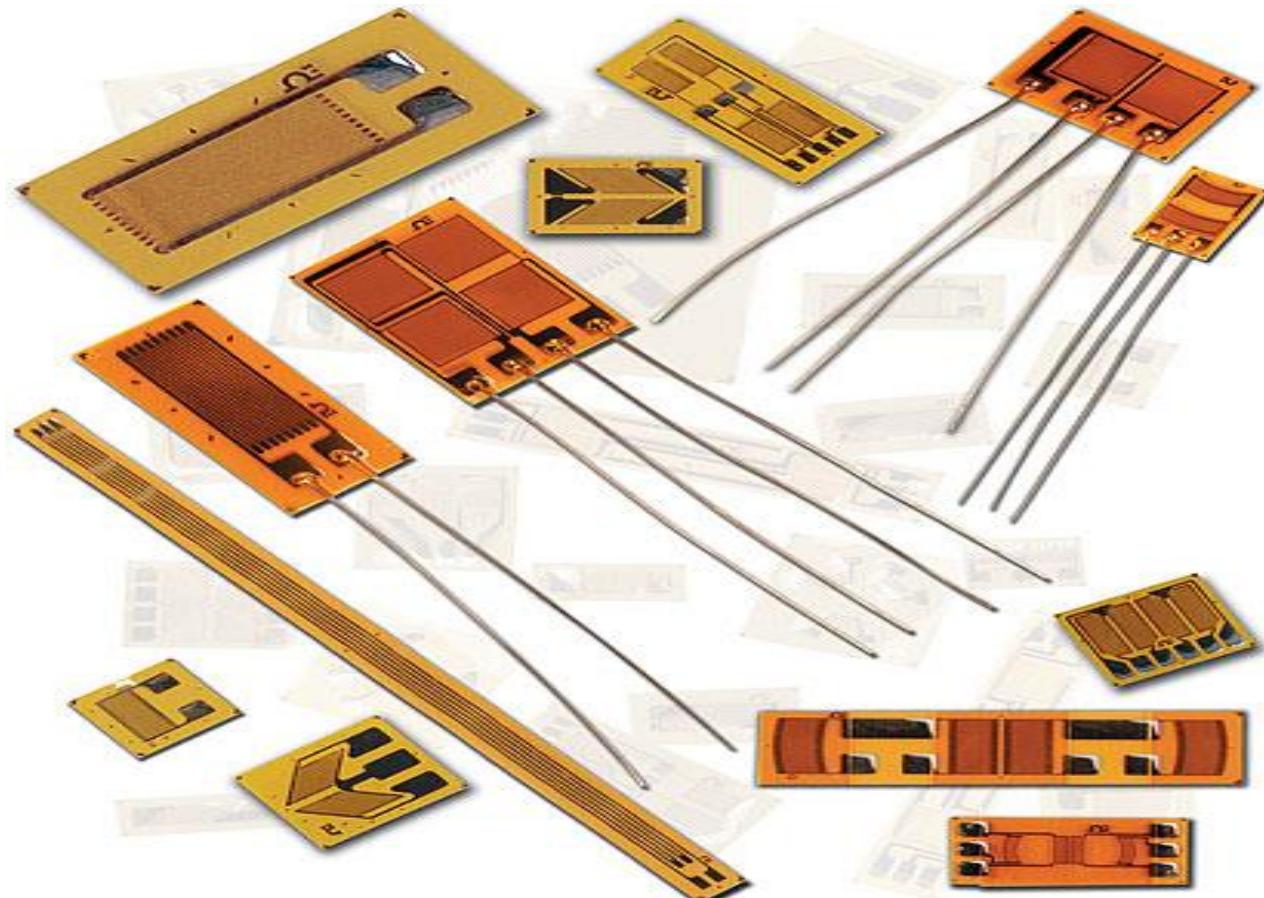


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

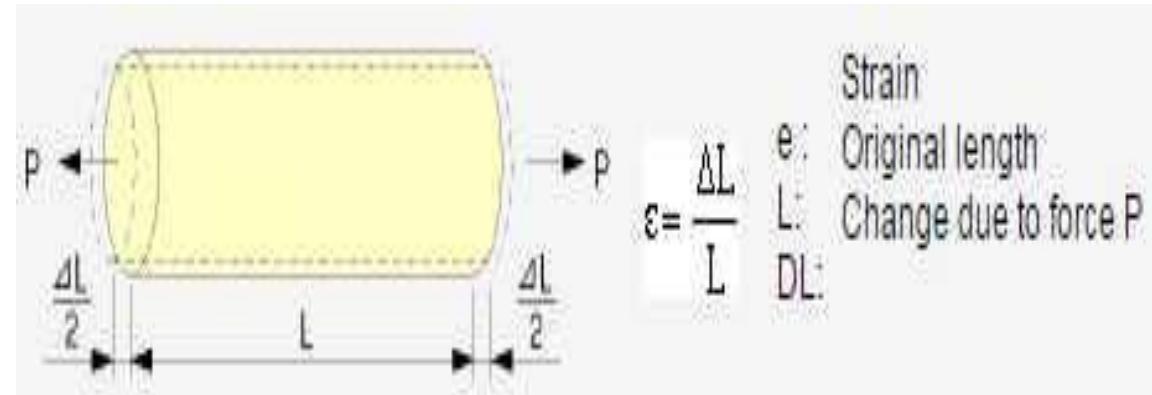
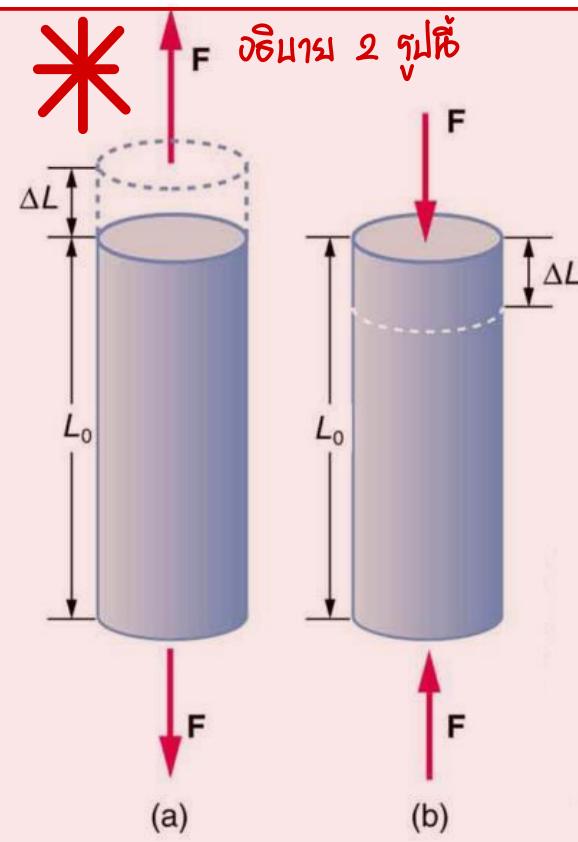
Strain gage

ตัววัดแรงดึง^{ตัววัดแรงดึง}
เครื่องมือ

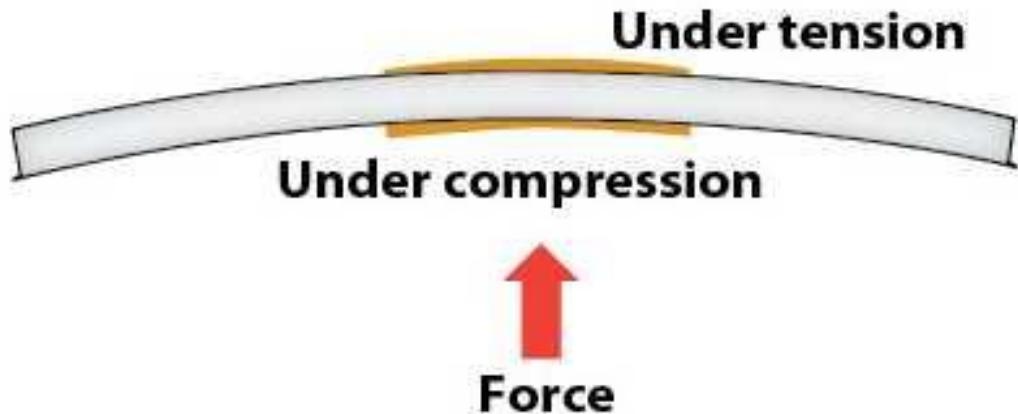




Tensile and Compressive strain



STRAIN GAGES MOUNTED TO BEAM



Resource : <http://machinedesign.com/>

Resource : http://straininggauge.com/strain_gages/what_strain.html

Resource : <https://www.boundless.com/physics/textbooks/boundless-physics-textbook/> Bhanupol Klongratog

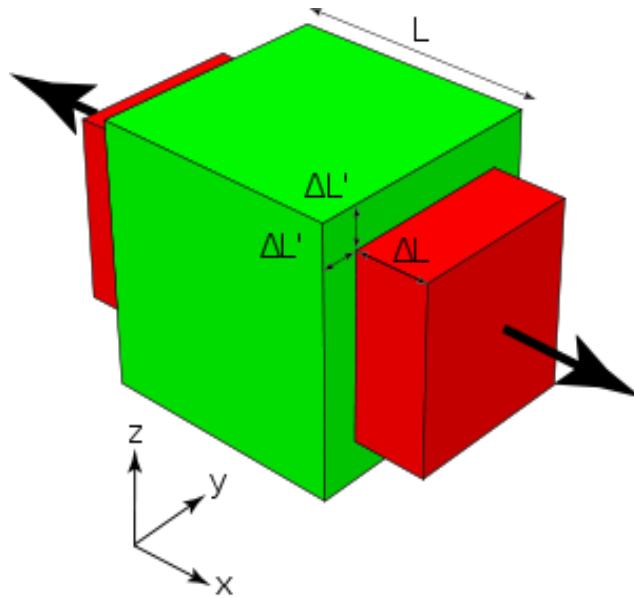


GAUGE FACTOR *

- The sensitivity of a strain gauge :

$$\text{Gauge Factor (GF)} = ((\Delta R/R)/(\Delta L/L))$$

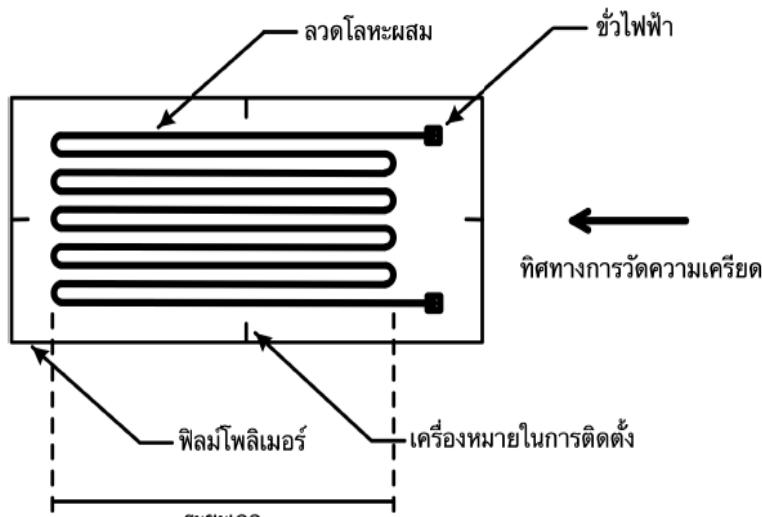
where Δ represents the change.



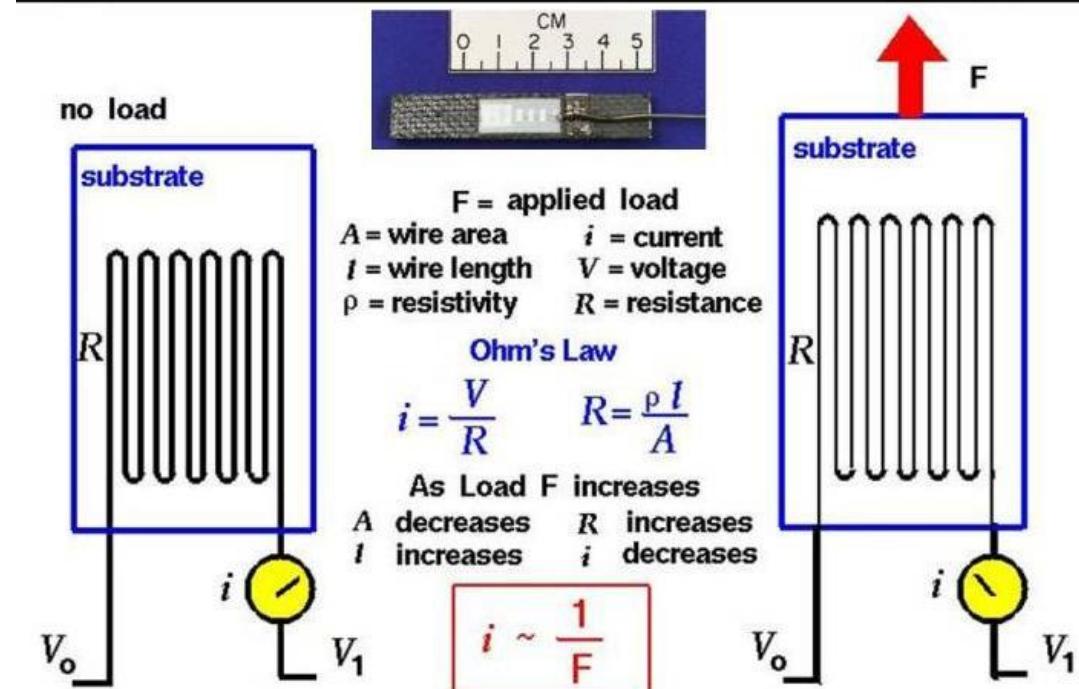
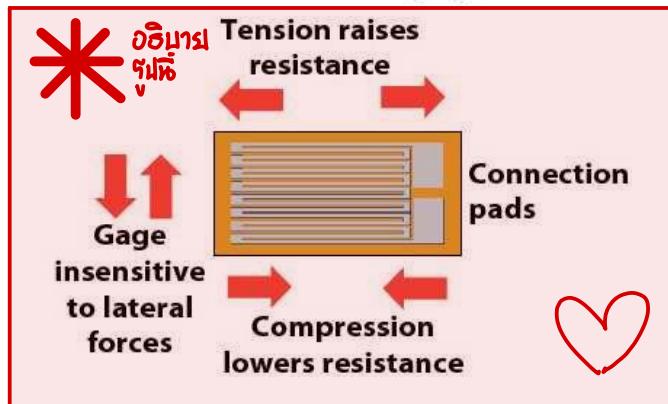


สถาบันเทคโนโลยีมหิดล: จอมเกล้าเจ้าคุณการลาดกระนับ

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



Bonded strain gage



Resource : <http://charnnarong.me.engr.tu.ac.th/>

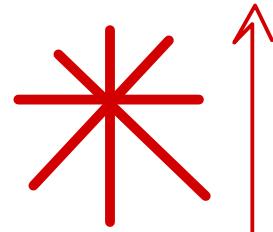
Resource : <http://machinedesign.com/>

Resource : <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/tunstraingage.html>

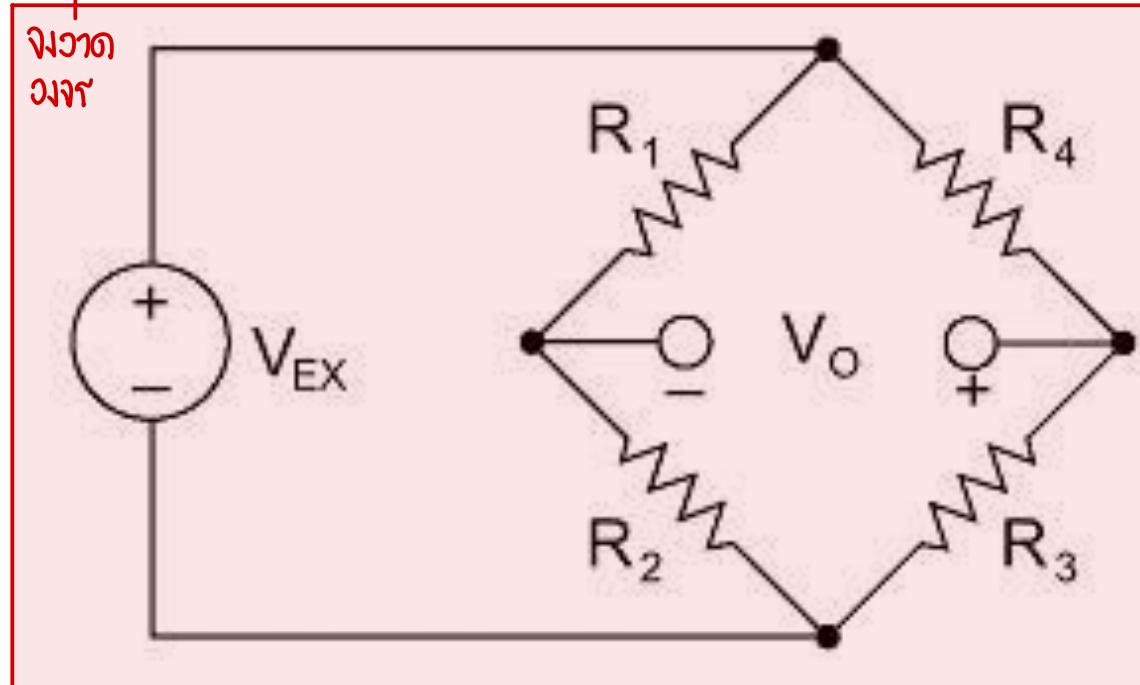
Bhanupol Klongratog



Wheatstone bridge circuit



$$V_O = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{EX}$$

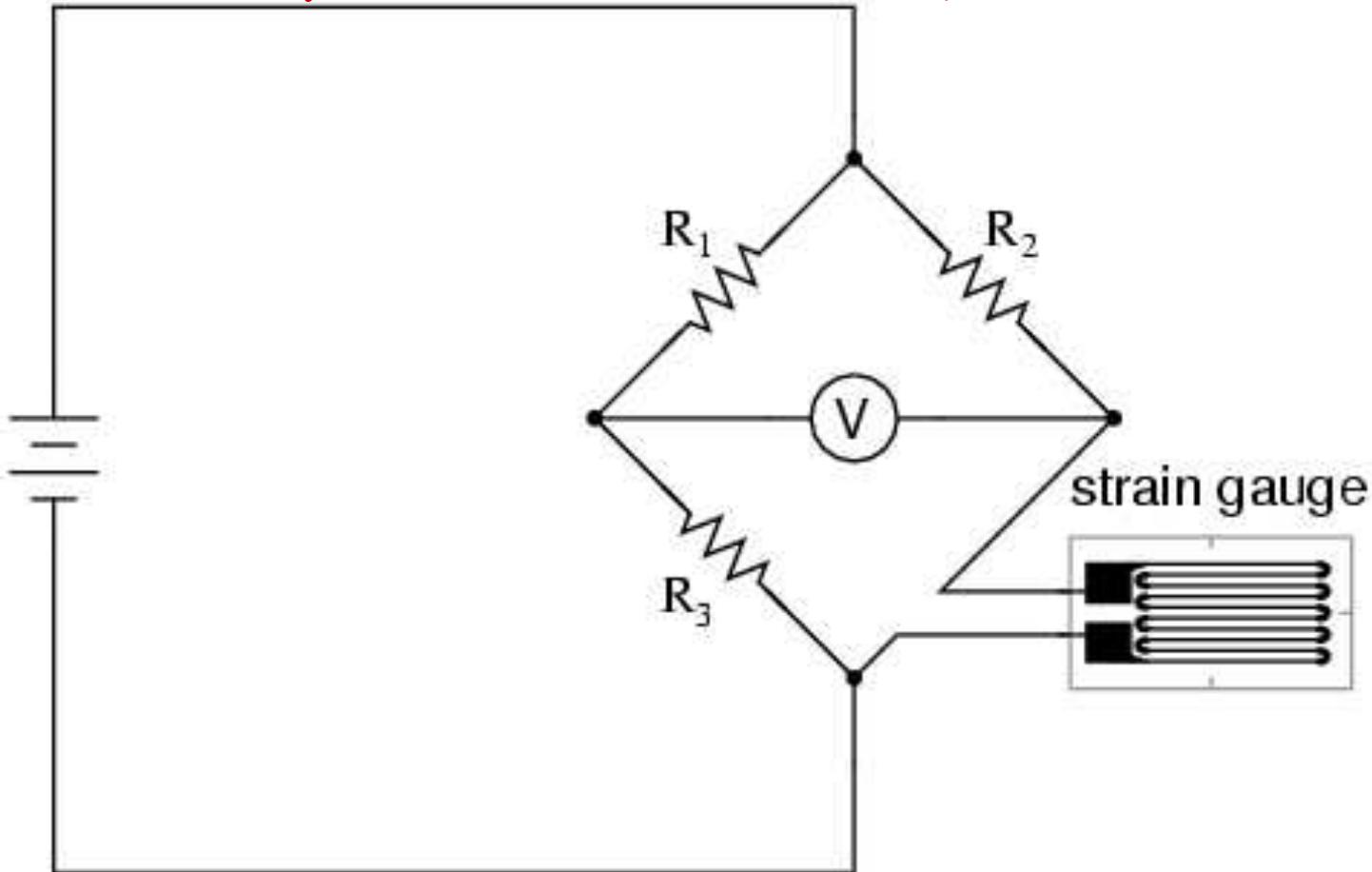


Resource : <http://www.ni.com/white-paper/3432/en/>



Quarter-bridge strain gauge circuit

คำนวณ V_{out} เมื่อ $R = 100\Omega$ R เส้นเดียว $= 20\Omega$ / งม.ยด. แตกต่าง

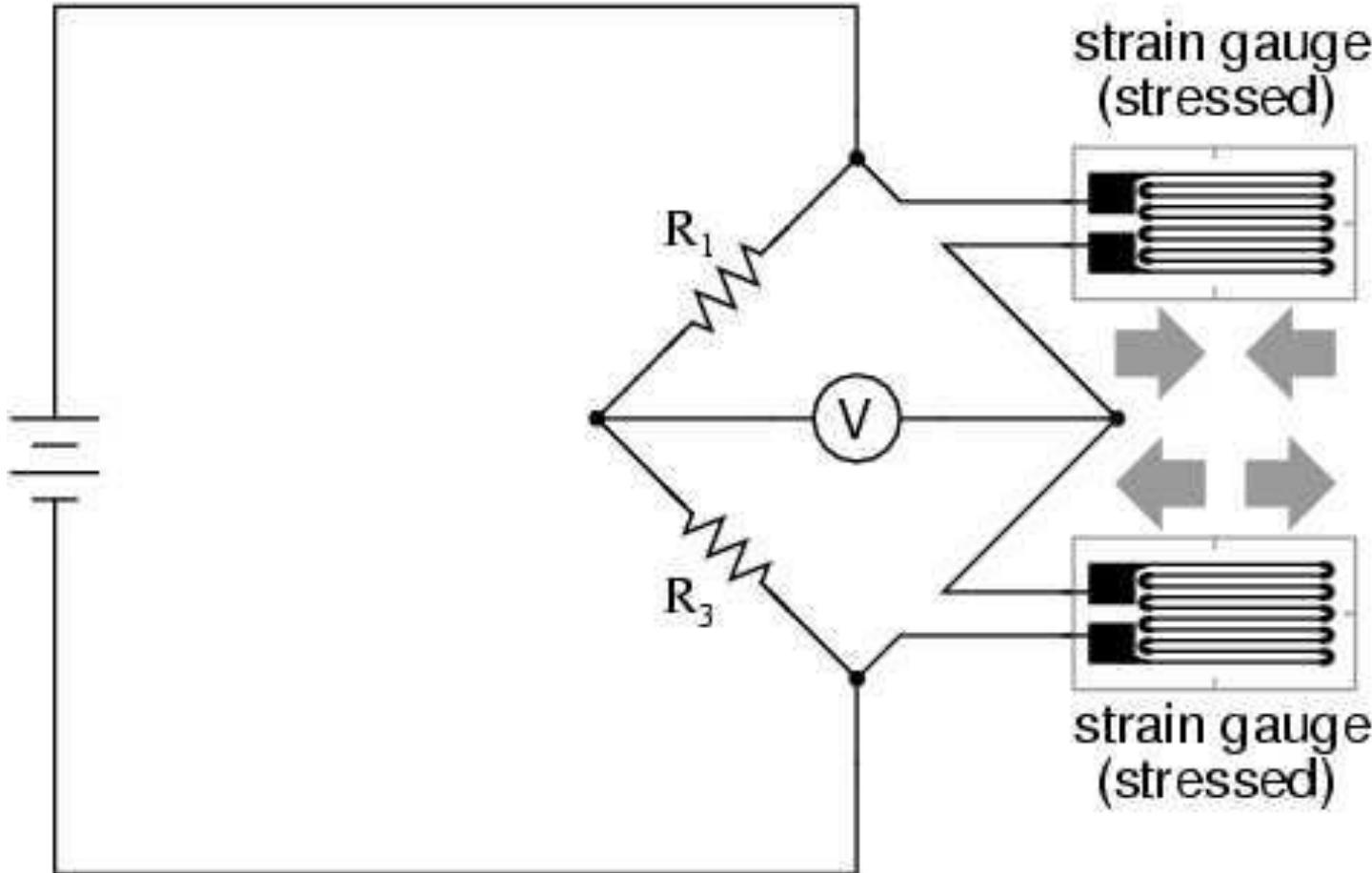


Resource : <http://www.allaboutcircuits.com/textbook/direct-current/chpt-9/strain-gauges/>



Half-bridge strain gauge circuit

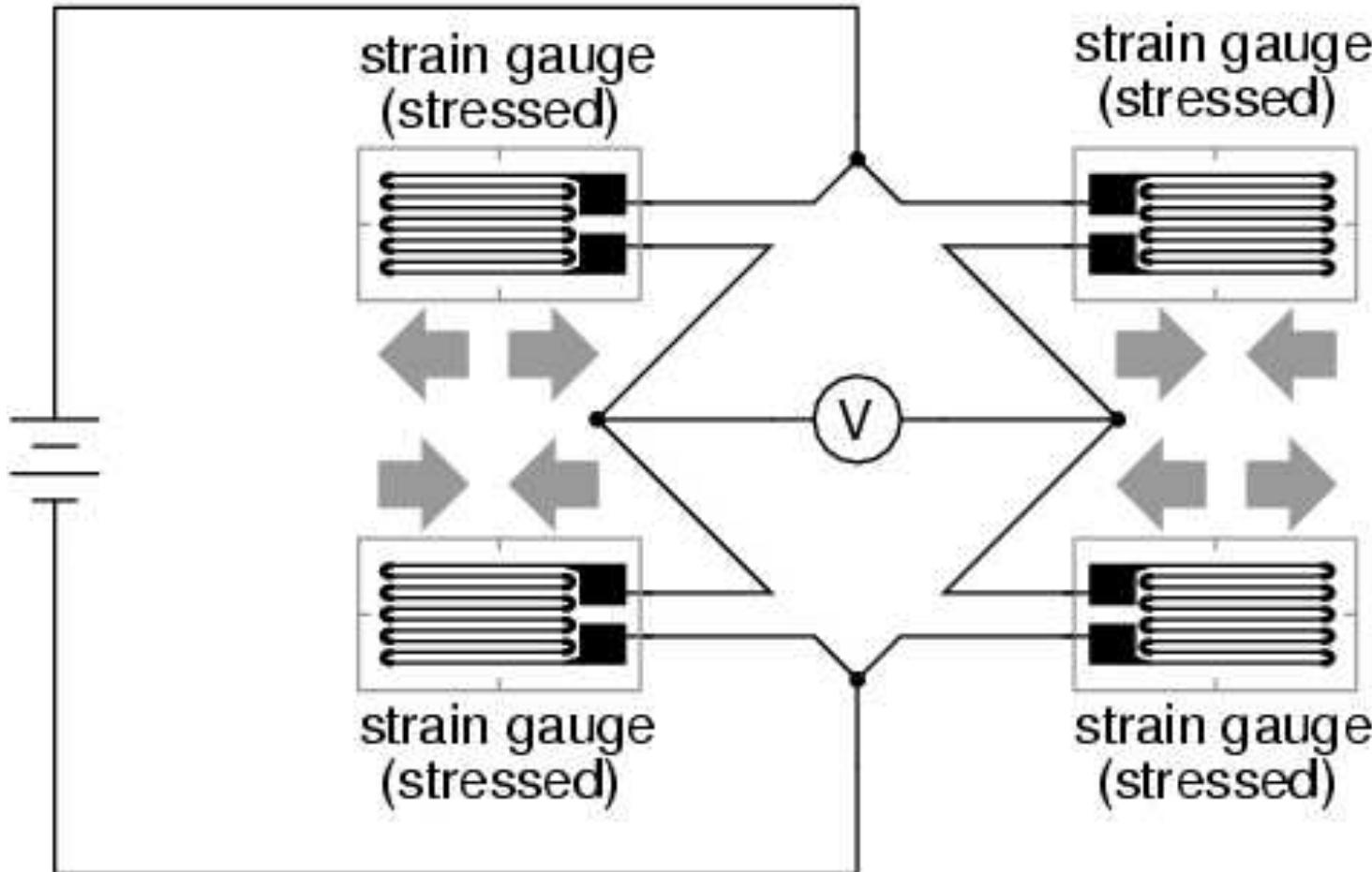
คำนวณ V_{out} เมื่อ $R = 100\Omega$ $R_{ผิวชั้นนอก} = 20\Omega$ / งมิเมตร. แตกต่าง





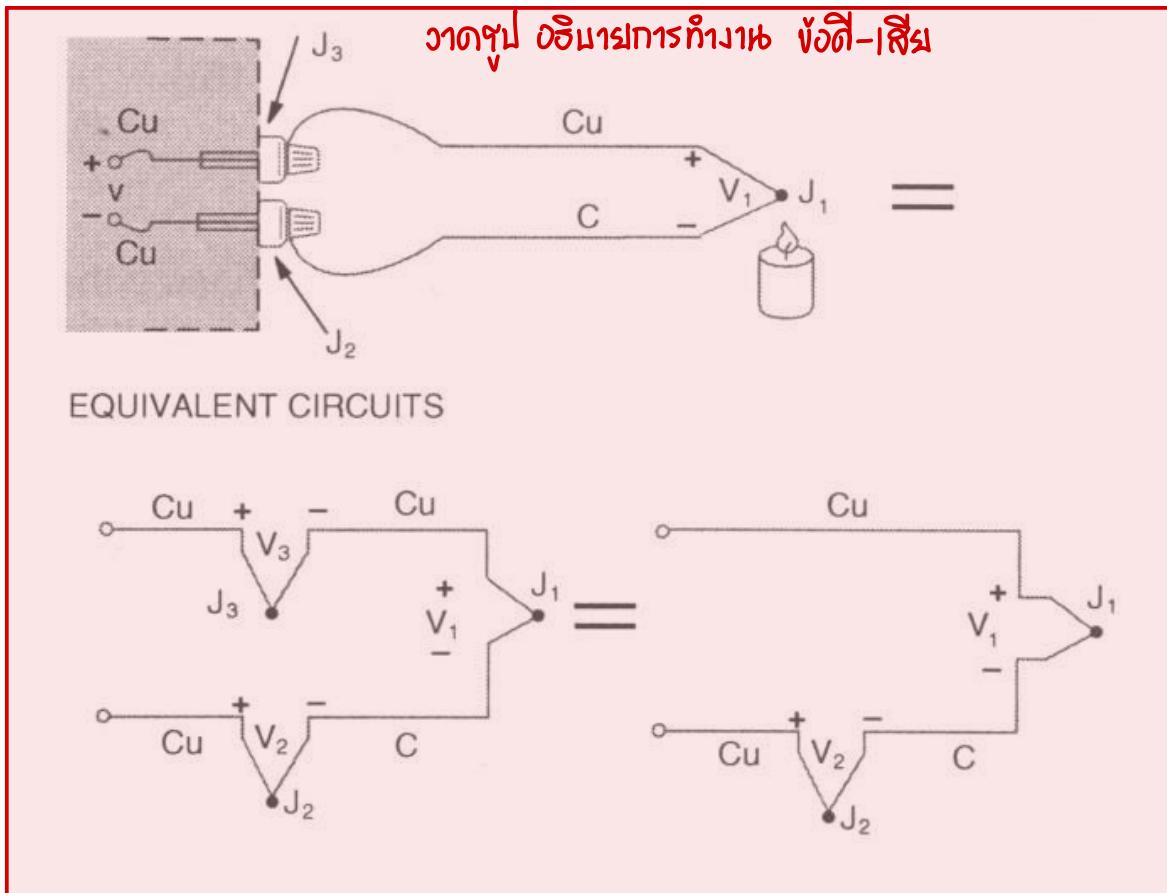
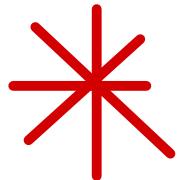
Full-bridge strain gauge circuit

คำนวณ V_{out} เมื่อ $R = 100\Omega$ และ $\Delta R = 20\Omega$ / งวดแรก แต่ต่าง



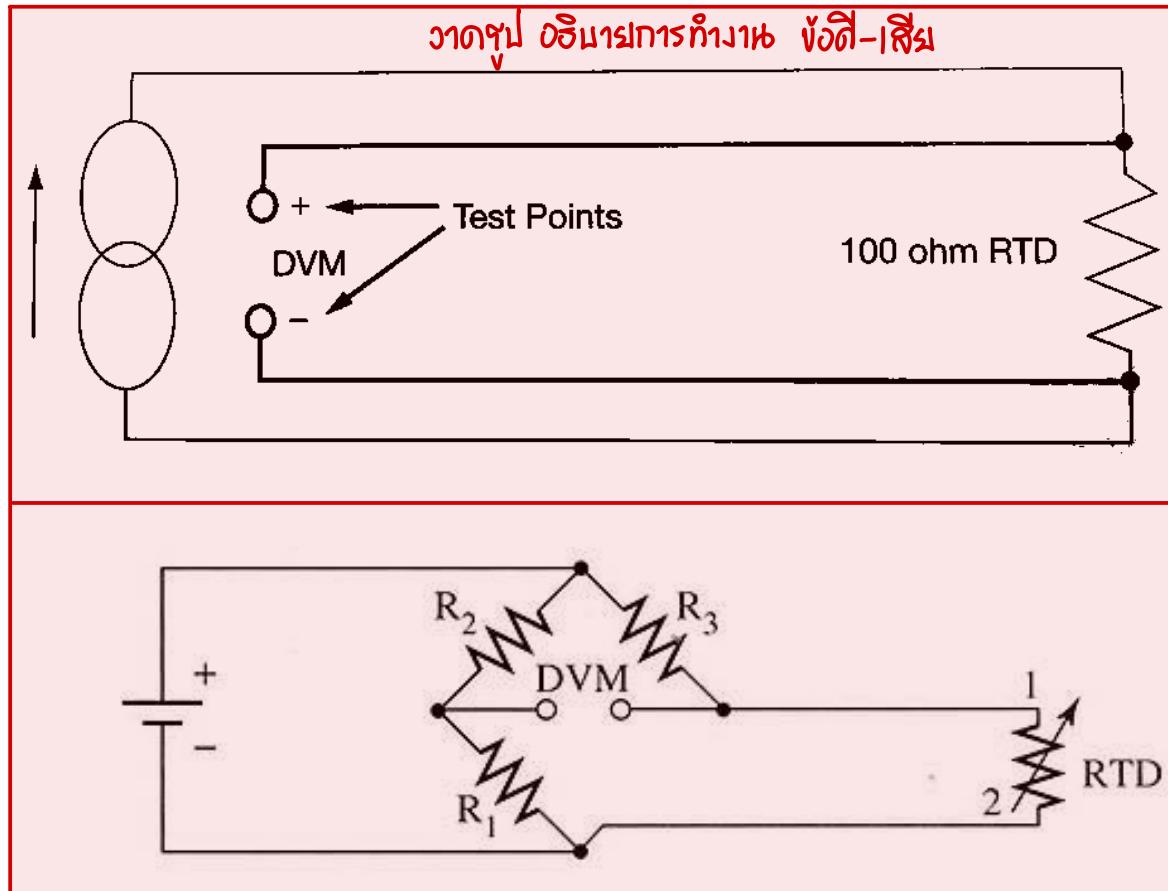
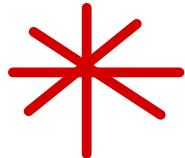


Schematic of Thermocouple





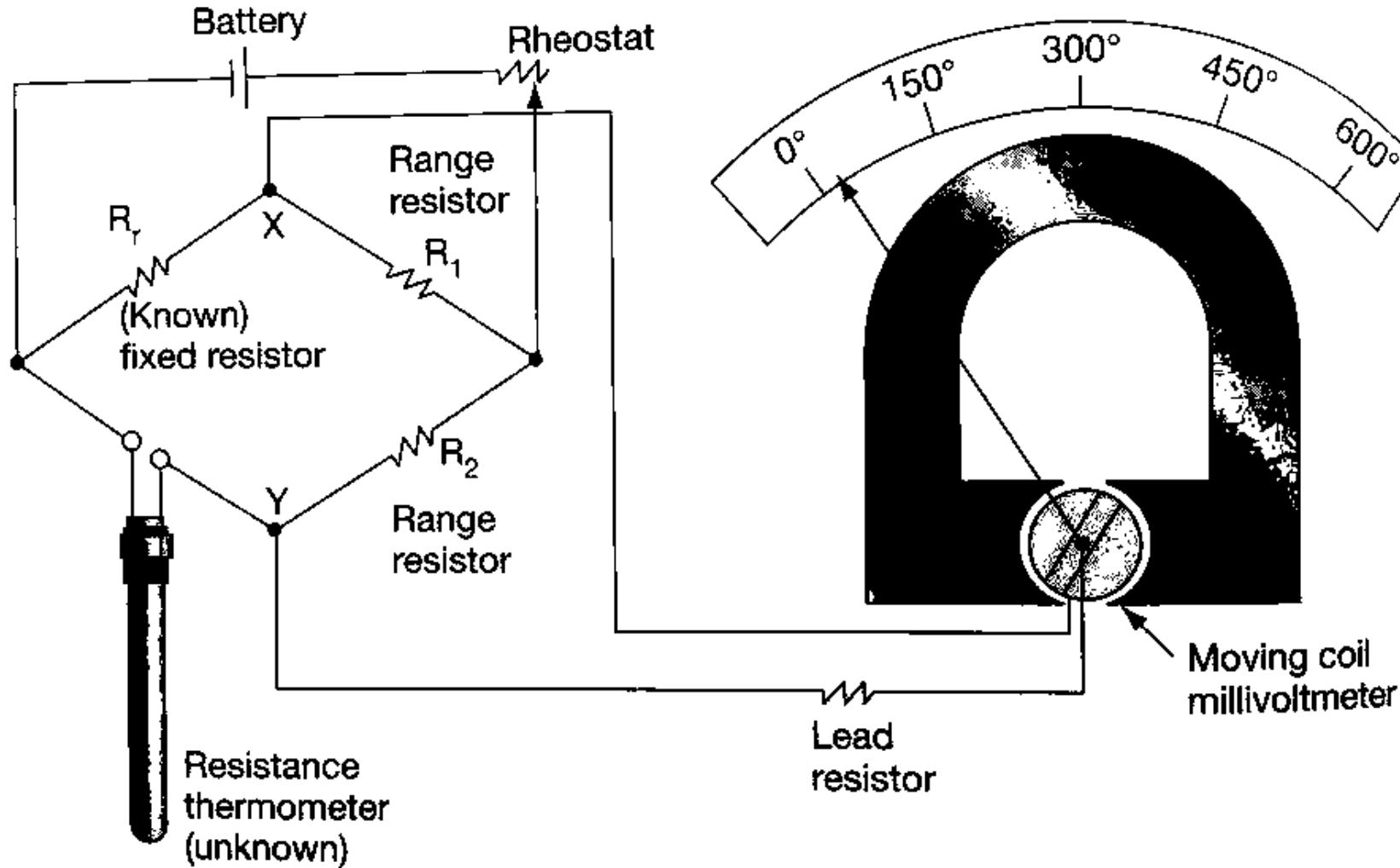
RTD Circuit





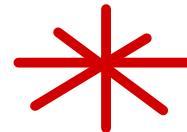
RTD Circuit

ວາດຫຸນ ດອນໄຍກກາງກຳນົກ ຂັ້ນຕີ-ເສີຍ

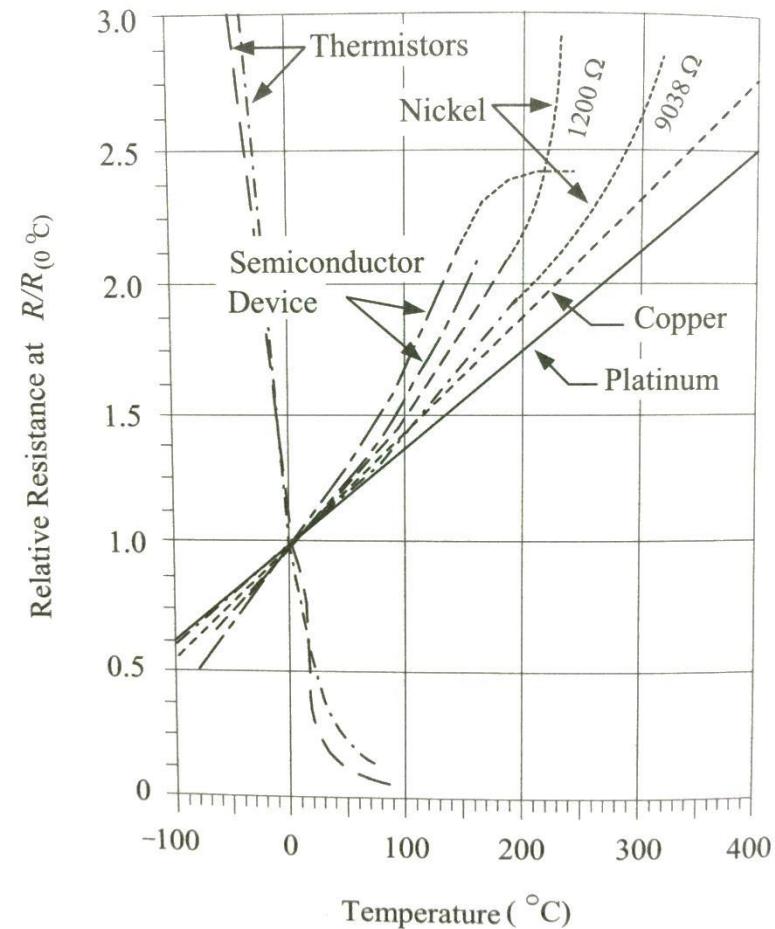
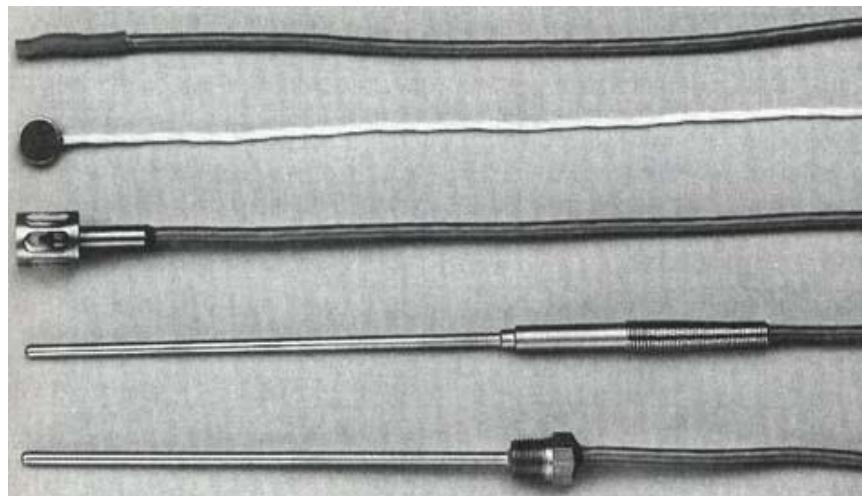
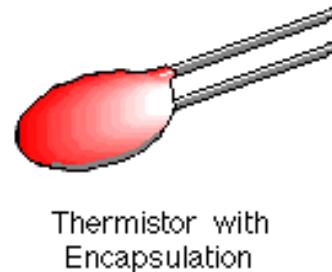
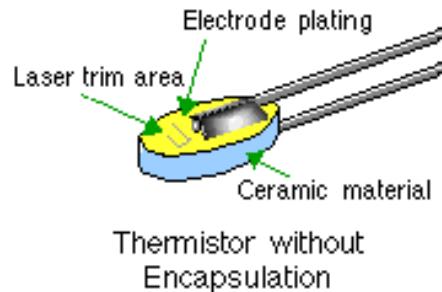




Thermistor ວາດຫຼຸ່ມ ດອິນໄຍກກຳນົງໄຟ ຂັ້ນຕີ-ສີຍ



Temperature coefficient of resistance : PTC and NTC



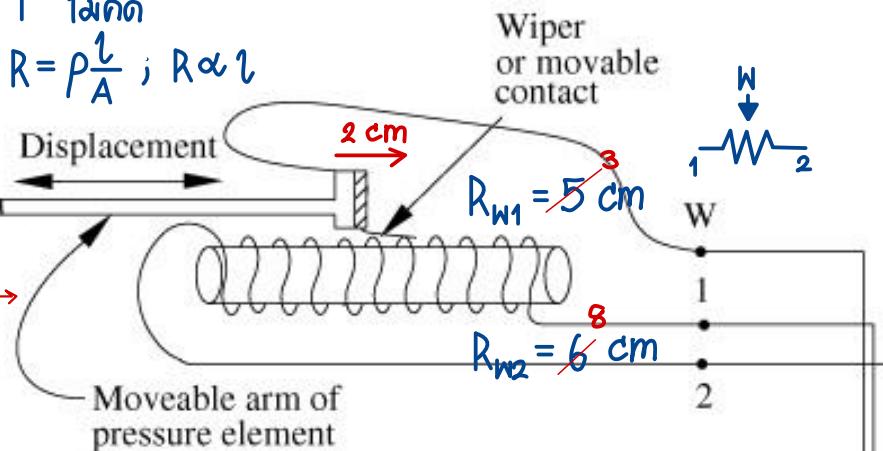


A simple voltage sensing circuit

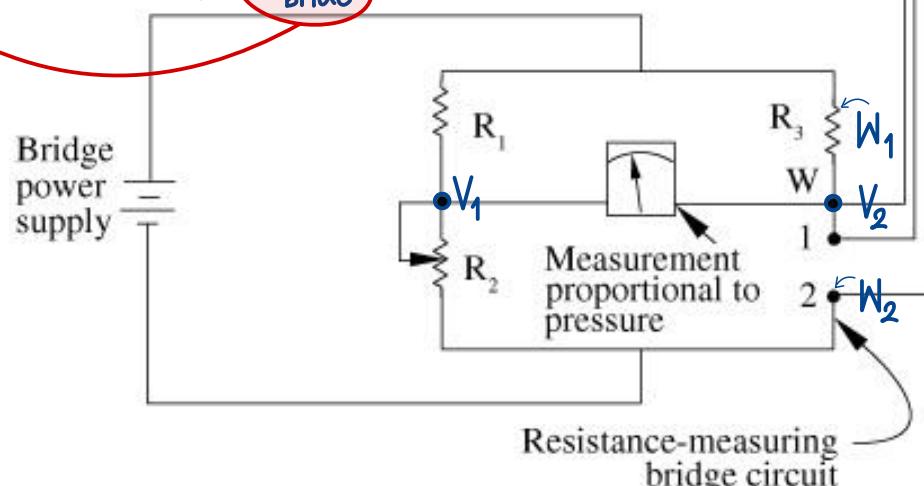


ວິຊານາຍ
ກຳນາວອ່າງໆ
ຍາກຕະຍາ
ກຳເຫັນດີວ່າໄປ
ຕັ້ງຕົວແນ່ດັກ
(ໃຫ້ນີ້ສາລະຍ)

$$T^\circ \text{ໄສເຄີດ} \\ R = \rho \frac{l}{A}; R \propto l$$



Disp \rightarrow L \rightarrow R \rightarrow V_1 $V_2 \rightarrow V_{\text{Bridge}}$



ຕຽວຈັບດະຍະການທີ່ເປີ່ມຂຶ້ນ

$$V_{\text{Bridge}}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_1 - V_2 \end{array} \right\} \stackrel{\circ}{=} 0, V_1 = V_2$$

$$\left. \begin{array}{l} V_2 - V_1 \end{array} \right\} \stackrel{\circ}{\neq} 0, V_1 \neq V_2$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_{\text{sensor}}}$$



DAC8830, 16-Bit DAC, manufacturer **Texas Instruments**

If $V_{ref} = 2.5 \text{ V}$ then

$1\text{LSB} = 38.1 \mu\text{V}$,

$FS = V_{ref} - 1 \text{ LSB} = 2.499962 \text{ V}$

If DAC Hex Code = FFFF, then $V_{out} = FS = 2.499962 \text{ V}$, and

If DAC Hex Code = 0000, then $V_{out} = 0 \text{ V}$.

เวลาเต็มแลบ(ติ่งคำ)

If $V_{ref} = \underline{5} \text{ V}$ then

$1\text{LSB} = 76.3 \mu\text{V}$,

$FS = \underline{V_{ref}} - 1 \text{ LSB} = 4.999924 \text{ V}$

If DAC Hex Code = FFFF, then $V_{out} = FS = \underline{4.999924} \text{ V}$, and

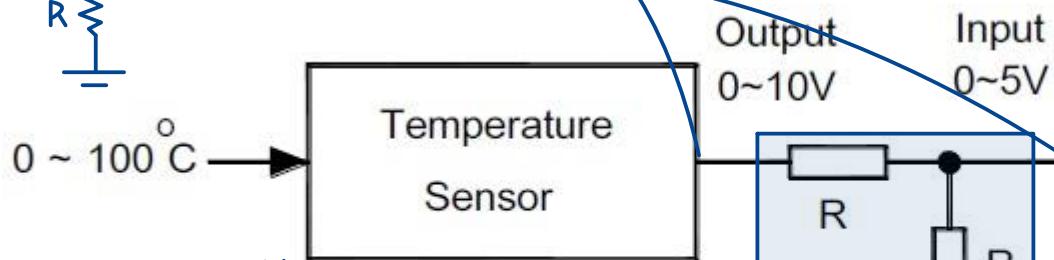
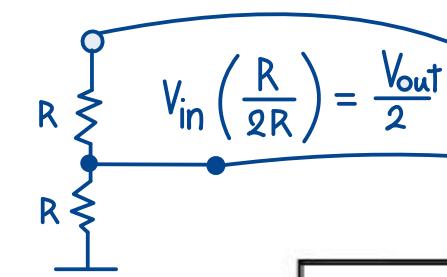
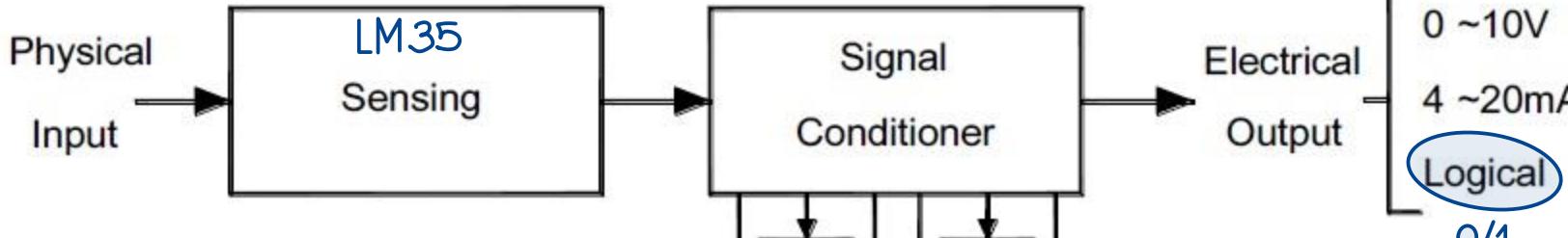
If DAC Hex Code = 0000, then $V_{out} = \underline{0} \text{ V}$.



Block Diagram of Basic Measurement System

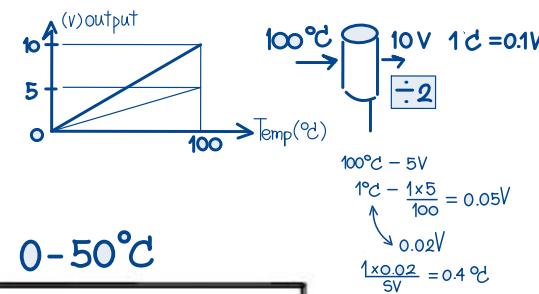
ກໍາໄທເຮັດໃຫ້ວຽກງານທີ່ກີ 0-100 °C ໃຫ້ $V_{out} = 1-5 V$ ຈະ

- ① ຫາສມກາກ
- ② ຫາກກາກ
- ③ ວາດໄດຈາກເກຮັບ
- ④ ມົກແມ່ແວງຈຸດ



$$\text{ກໍາລົງໄຟ້ } 1 \text{ LSB} \rightarrow \frac{V_{ref}}{2^n} = \frac{5}{2^n} \approx 20 \text{ mV}$$

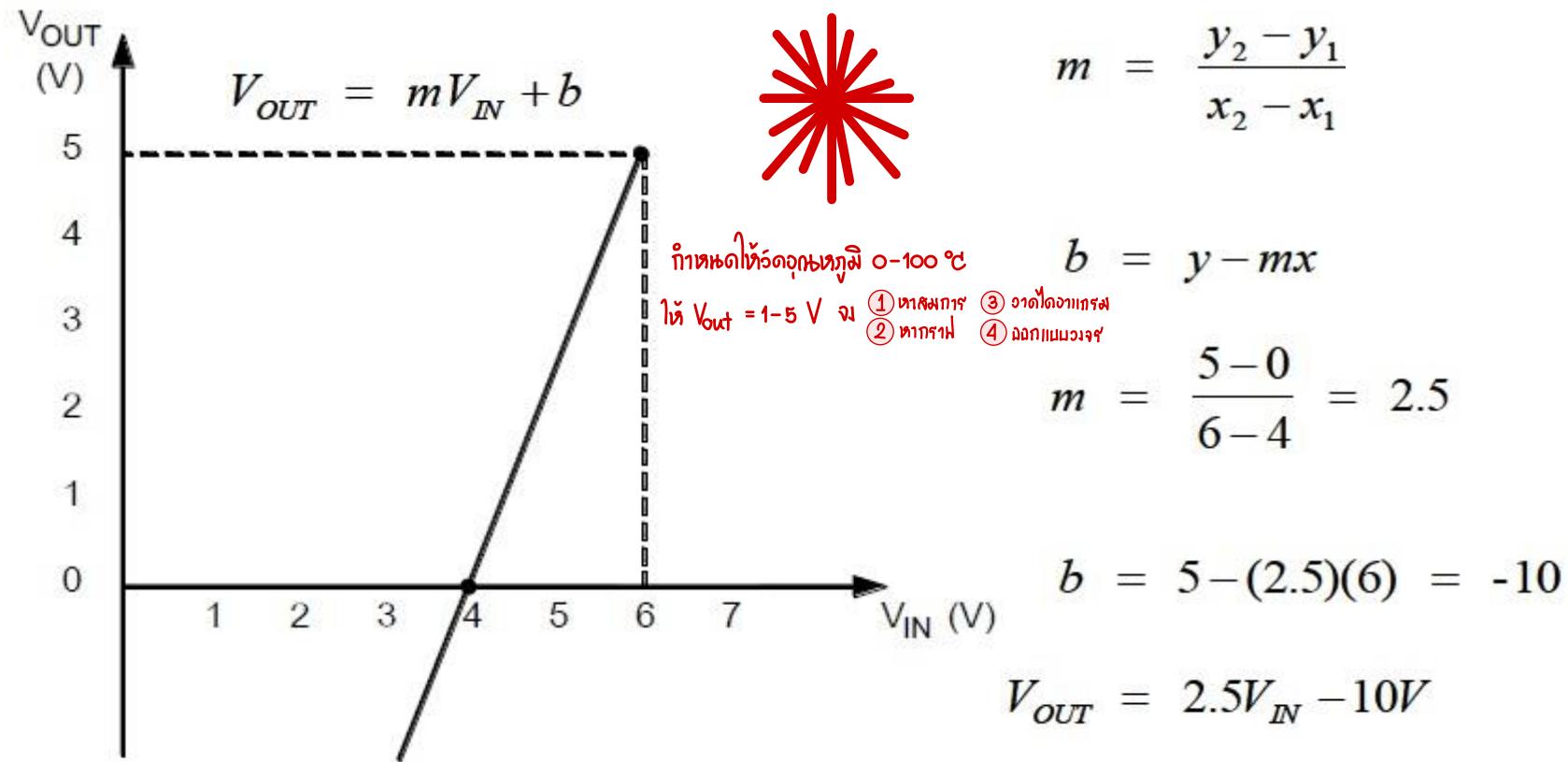
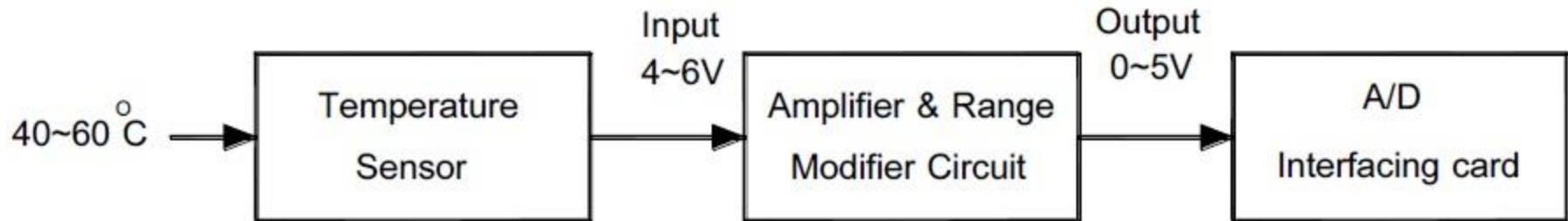
$$\text{ກໍາລົງໄຟ້ } FS \rightarrow V_{ref} - V_{LSB} = 5 - 20 \text{ mV} \approx 4.98$$





ສາທັນເກດໂນໂລຢີພຣະຈອມເກລ້າເຂົາຄຸນກາຮຄາດກຣະບັບ

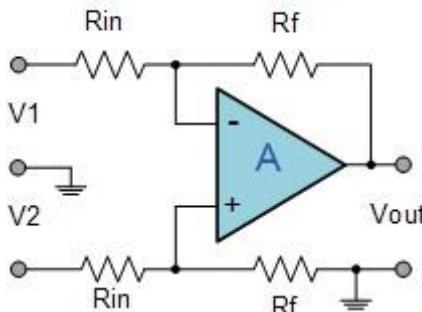
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang





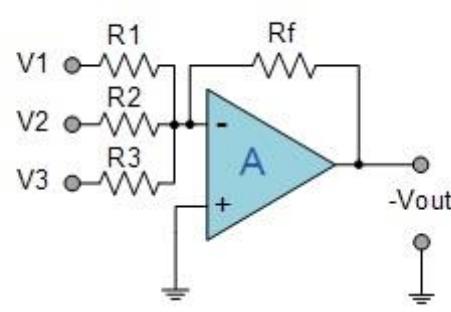
Differential and Summing Amplifiers

Differential Op-amp



$$V_{out} = \frac{R_f}{R_{in}} (V_2 - V_1)$$

Summing Op-amp



$$V_{out} = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3\right)$$

ນວຍຕີມາຍຄ.-ສົກຫົວໜ້ວ

ໃຫ້ຮູ່ປົງຈາກແກ່ການ

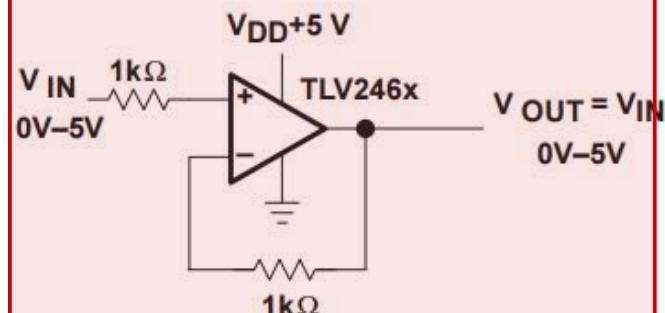
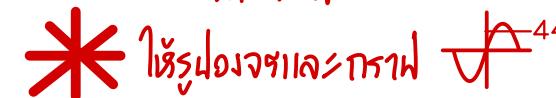


Figure 14. Unity Gain Amplifier

Loading effect

ຖ້າ $R_{in} = 10k\Omega$

$$\Rightarrow \frac{10k\Omega \cdot 1k\Omega}{11k\Omega} = \frac{1M}{11k\Omega} = \frac{1}{11} k\Omega$$

R_{in} ດີວັດໄດ້, ໂນດີວັດທ່ານ R_L ດີວັດໄດ້



$$\frac{R_L \cdot R_{in}}{R_L + R_{in}} ; R_{in} = 1M \approx 1k\Omega$$

$$\frac{1k\Omega \cdot 1M}{1001k\Omega} ; R_{in} \approx 0.227mA \approx \infty$$

ທຸກສີ



show item in stock

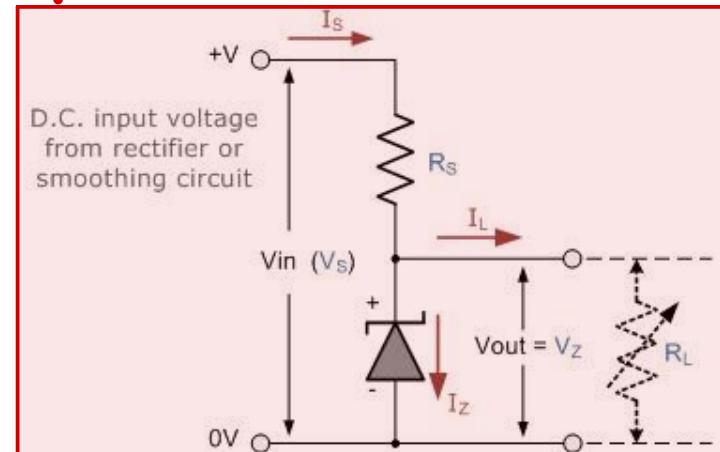
Number of Rectifiers	Power	Reverse Current Leakage@Vr	Zener Voltage	Features	Case Style	Package / Case	Mounting Type
Single	- 200mW	0.1uA	2.4V	Double Slug Type	AXIAL LEAD	017AA	Surface Mount
	225mW	0.2uA	2.7V	High ESD tolerance		DO-214	Through Hole
	350mW	0.5uA	3V	High Peak Reverse Power Dissipation		SOD123	
	500mW	1uA	3.3V	High Reliability		SOD323	
	1W	2uA	3.6V	Low Leakage,Low Zener Impedance		DO-34 (DO-204AG)	
	1.3W	2.5uA	3.9V	Low Reverse Current,Low Noise		DO-35 (DO-204AH)	
	1.5W	3uA	4.136V	Small Signal Zener Diodes		DO-41 (DO-204AL)	
	3W	5uA	4.3V	Standard Zener Diodes		SOD123	
	5W	10uA	4.7V			SOD323	
		15uA	5.1V			SOD80/MELF	
						SOD80/MINIMELF	

[Reset](#)

[Apply Filter](#)

Zener Diode Regulator

* ໃຫຍ່ມ ປົກລົງມ 12V Vin = 5V ກຳລັງໄຟຟ້າ = 2ω





Zener Diode Example No1

A 5.0V stabilised power supply is required to be produced from a 12V DC power supply input source. The maximum power rating P_Z of the zener diode is 2W. Using the zener regulator circuit above calculate:

ກຕຖ a). The maximum current flowing through the zener diode.

$$\text{Maximum Current} = \frac{\text{Watts}}{\text{Voltage}} = \frac{2\text{W}}{5\text{v}} = 400\text{mA}$$

b). The minimum value of the series resistor, R_S

$$R_S = \frac{V_S - V_Z}{I_Z} = \frac{12 - 5}{400\text{mA}} = 17.5\Omega$$

c). The load current I_L if a load resistor of $1\text{k}\Omega$ is connected across the zener diode.

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{5\text{v}}{1000\Omega} = 5\text{mA}$$

d). The zener current I_Z at full load.

$$I_Z = I_S - I_L = 400\text{mA} - 5\text{mA} = 395\text{mA}$$

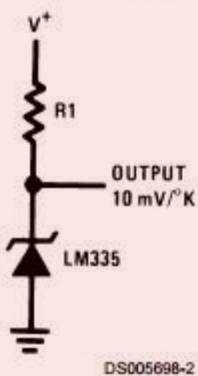


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

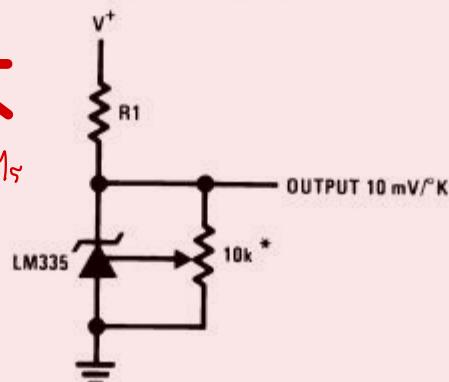
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Typical Applications

Basic Temperature Sensor

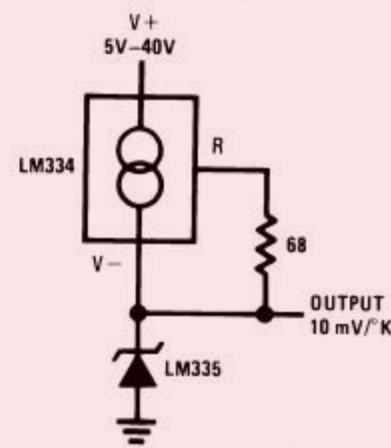


Calibrated Sensor



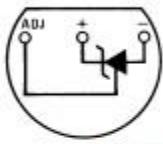
*Calibrate for 2.982V at 25°C

Wide Operating Supply



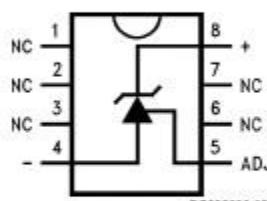
Connection Diagrams

**TO-92
Plastic Package**



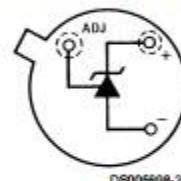
Bottom View
**Order Number LM335Z
or LM335AZ**
**See NS Package
Number Z03A**

**SO-8
Surface Mount Package**



Order Number LM335M
**See NS Package
Number M08A**

**TO-46
Metal Can Package***



*Case is connected to negative pin

Bottom View
**Order Number LM135H,
LM135H-MIL, LM235H,
LM335H, LM135AH,
LM235AH or LM335AH**

**See NS Package
Number H03H**



Magnetic sensing and application

: Hall effect and application

: Gauss/Tesla meter

ພລິຕຳໄຟຟ້າ ຜຶກ

: The Hysteresis Loop and Magnetic Properties

ການວ່າງວ່າໃຫຍ່ສະຫະມາແລ້ວເຫັນໄຟຟ້າໃນກາຍະຕ່າງຈະສອບຊົນຮ້າງ/ວ່າງໄຟ (ວິເຕີມາຍ)

* : Magnetic Particle Inspection ຕາຫັງສອບຫຼຸຍຮ້າງ (ພາແນ່ເຫັນ)

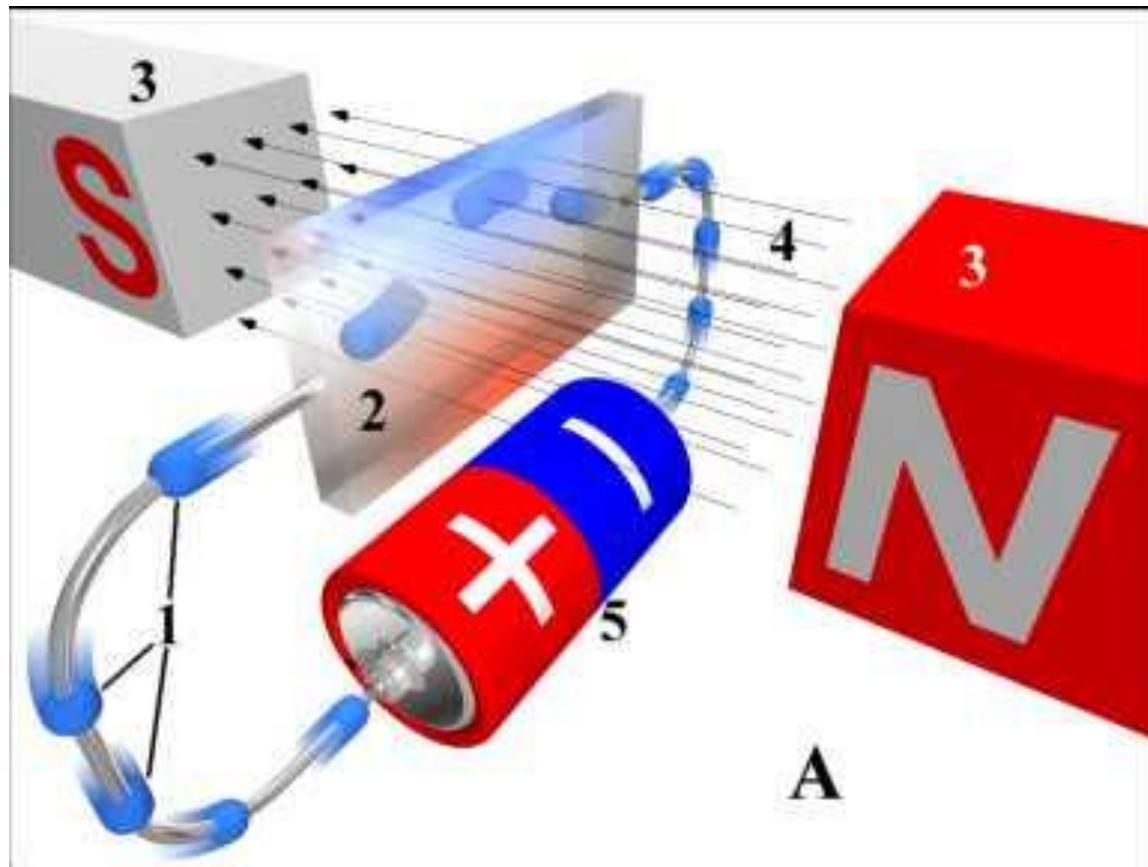
: Inclinometer

: non-contact stress measurement



วิธีมหนวน Hall sensor ทำนายนอนๆ

* Hall Effect ทำจากแม่เหล็ก南北極 P หรือ N ที่มี



$$F = qvB \cos \theta$$

ค.ต่านศักดิ์
มหา-ลัย

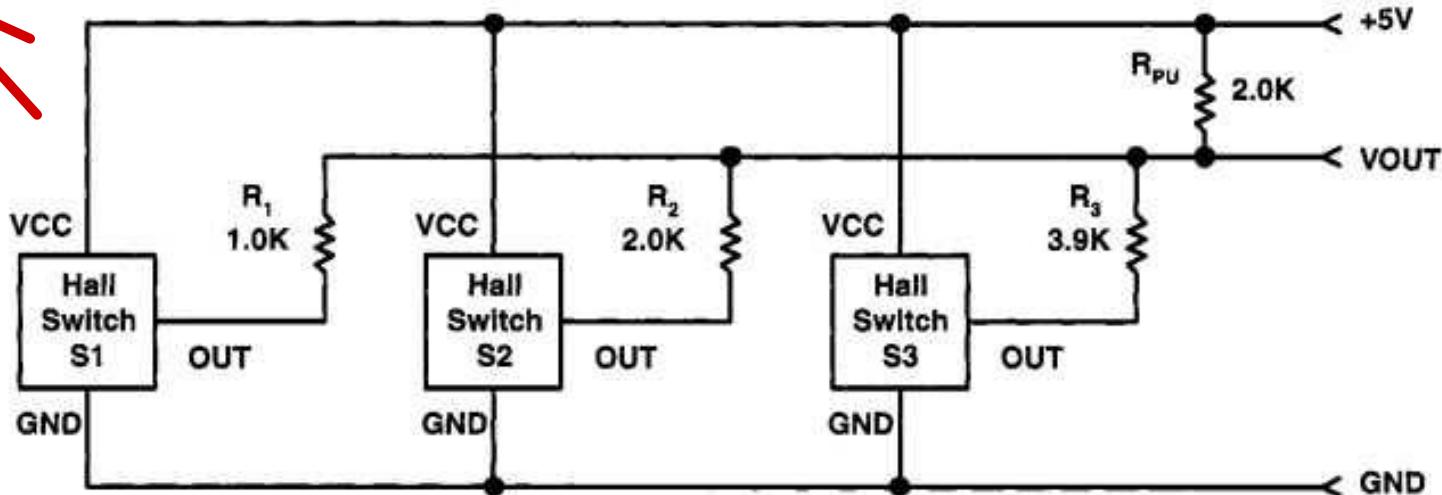
$$V_H = \frac{I_x B_z}{qpd}$$

$$V_H = -\frac{I_x B_z}{qnd}$$

สมมติฐานที่นี่ไฟฟ้าตัวคลากกันในสุด Hall ทำให้ V_H มาก



Integrated Sensors : Analog switch



Sensor Status			Output Voltage (V _O)
S1	S2	S3	
OFF	OFF	OFF	5.00
OFF	OFF	ON	3.31
OFF	ON	OFF	2.50
OFF	ON	ON	1.99
ON	OFF	OFF	1.67
ON	OFF	ON	1.42
ON	ON	OFF	1.25
ON	ON	ON	1.11 $\Rightarrow R_1 // R_2 // R_3$

$$V_o = \frac{R_B}{R_A + R_B} V_{cc}$$

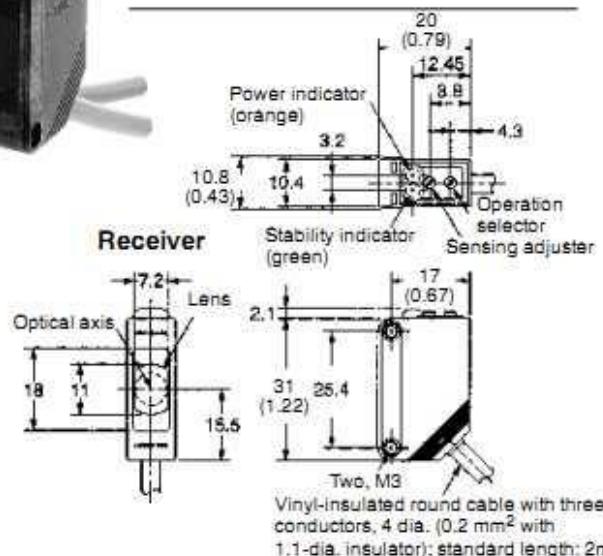
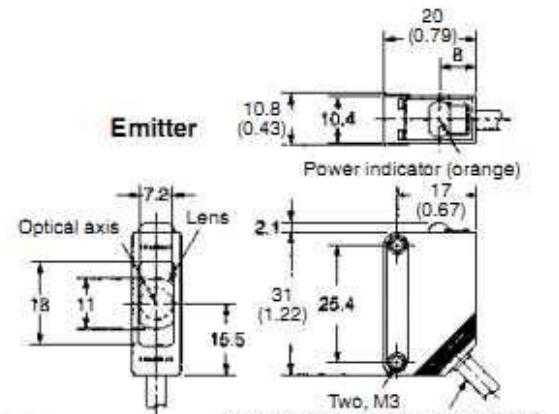


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Through-beam (Pre-wired Models)

E3Z-T61
E3Z-T81

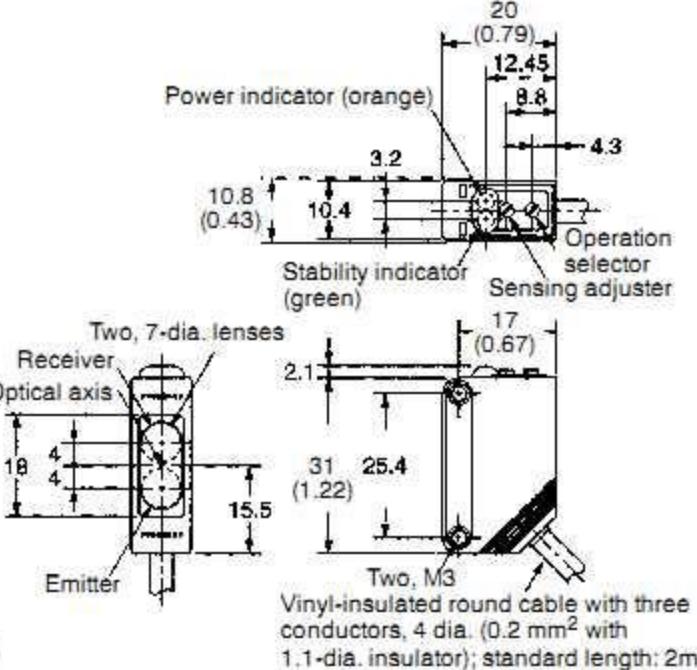


Optical proximity

งานเดียว Two-beam , Diffuse , Retroreflective
อธิบายหลักการทำงาน ข้อดี-เสีย

Diffuse Reflective Models (Pre-wired Models)

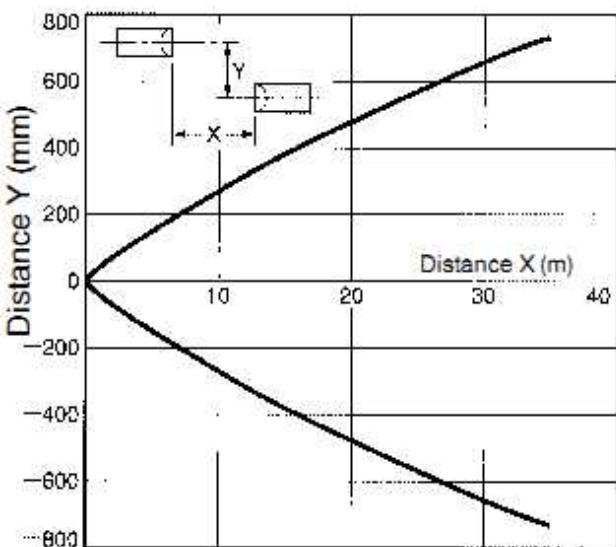
E3Z-D61
E3Z-D62
E3Z-D81
E3Z-D82



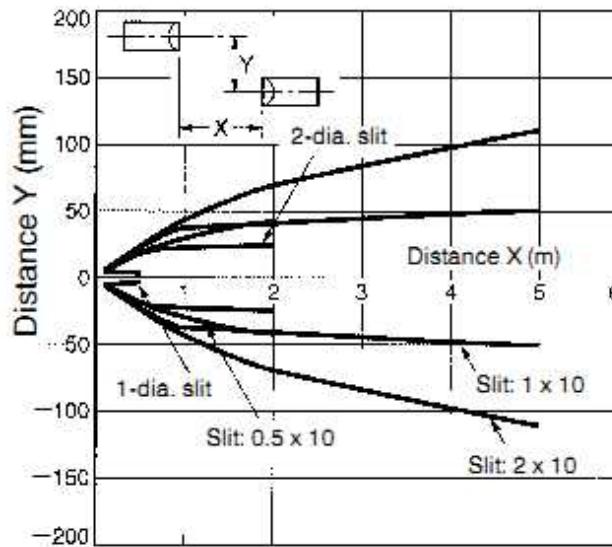


Optical proximity

Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6)



Through-beam Models
E3Z-T□1 (T□6) and Slit



Retroreflective Models
E3Z-R□1 (R□6) and Reflector

