

ក្រុងមិធី

ការងារ

នៃសេវាសំណង { ឯក 1 បើយនចារាយ អែលនិវត្តន៍ដែនខេះន 5I
ឯក 2 តាមកិច្ចសិទ្ធិរ
តាមស៊ីលីត { ឯក 3 Flowmeter —————— រាជរាជ ចិមយន នៅការកំណែន ប៉ូតិចុងសីរី
& ឯក 4 Level Measurement ——————

របាយការ : ធានាប័ណិតនៃស៊ីលីត ឬ តាមកិច្ចសិទ្ធិរ



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 |

ເຕີມຄຳ

(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.

ใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบควบคุมการป้อนกลับอัตโนมัติ เป็นการให้จ้างระบบการหัวที่สมูท ที่ 1.1 แสดงผลลัพธ์ของการทำงานของระบบควบคุมอุตสาหกรรมอย่างง่าย โดยอุปกรณ์ที่ Ta ขอห้องไว้คือชุด Td ตามที่กำหนด โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ อะแดปเตอร์ที่บินกันค้าวิ่ง Td และค่าความต้องการของภาระให้ซึ่งส่งถูกๆ ยังชุด Ta ไปในขั้นตอนเดียว เนื่องจากความต้องการของภาระที่จะห้องของ Ta D Td คุณภาพจะดีของเครื่องมืออัตโนมัติที่ใช้ในระบบควบคุมป้อนกลับเพื่อความลัดคัตที่น้ำใจความต้องการพัฒนาอุปกรณ์ที่ห้องของ Ta ที่ดีขึ้น ความแม่นยำและความละเอียดในการควบคุมเพื่อเป็นเครื่องที่ดี ของกระบวนการประเมินเพิ่มเติมไปกว่าความแม่นยำขั้นต่ำและความละเอียดของเครื่องอัตโนมัติที่ใช้ เป็นหลักการที่สำคัญมาก แต่เป็นหลักการที่เพิ่มความแม่นยำให้เพิ่มขึ้น ในขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติ ด้วยค่าติดตั้งกล่าวสำหรับความแม่นยำทางภาคที่ของภาระการลอกแบบระบบควบคุมในเชิงความถูกต้องที่สุด ไม่ได้ให้ความลัดคัตที่น้ำใจที่ห้องของภาระ ประวัติการที่เพิ่มขึ้นและระบบหันหัวลด รวมทั้งยังคงคุณภาพของภาระการควบคุมงานที่ต้องหันหัวลด

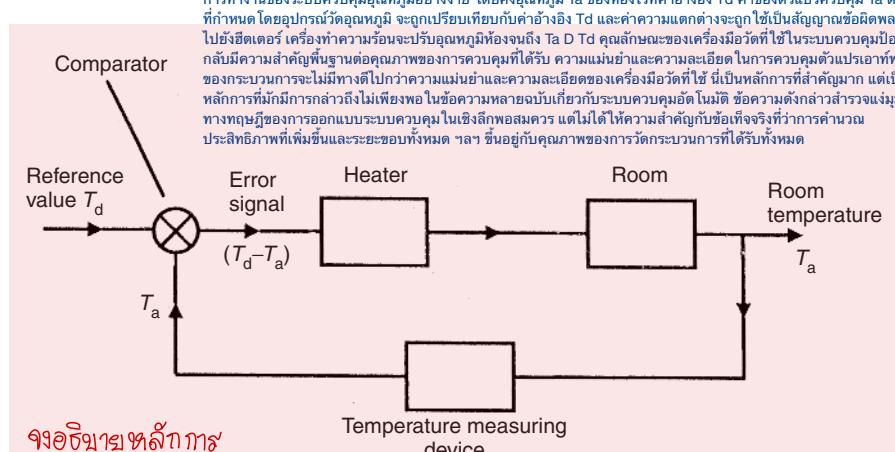


Fig. 1.1 Elements of a simple closed-loop control system.

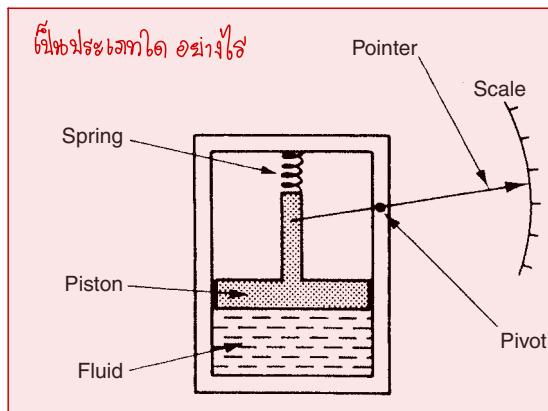
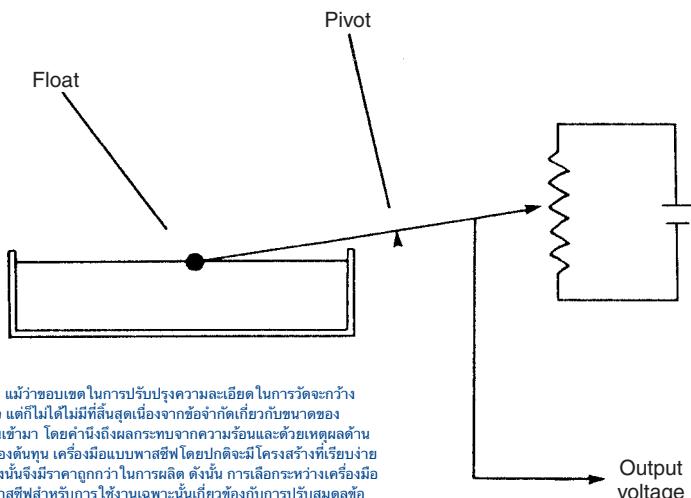


Fig. 2.1 Passive pressure gauge.



ความละเอียดในการวัด แม้ว่าจะบันทุตในการบันทุกความละเอียดในการวัดจะกราฟ กว่าหากได้ในได้ดังใจ แต่ค่าไม่ได้มีที่สืบสืบที่ออกจากตัวที่กว้างข้นของ ผลลัพธ์น้ำหนักอื่นที่เป็นเข็ม โดยค่าที่ถูกคำนวณจากความเรื่องและด้วยเหตุผลด้าน ความปลอดภัย ในแข็งของหัวทุน เครื่องมือแบบพาสซีฟโดยปกติจะมีโครงสร้างที่เรียบง่าย กว่าแบบเดิมๆ และต้นที่เจ้มร้าบก็มากกว่าในการผลิต ตั้งที่ การเลือกวิธีการวัดที่เรื่องง่าย แบบแรกที่ไฟและแบบพาสซีฟที่ง่ายกว่าการใช้งานเฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องกับการบันทุกผลลัพธ์อื่น กำหนดความละเอียดในการวัดด้วยต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ

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 และประเภทโถงตัว

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 deflection required to bring a pointer from its initial position to a new position.

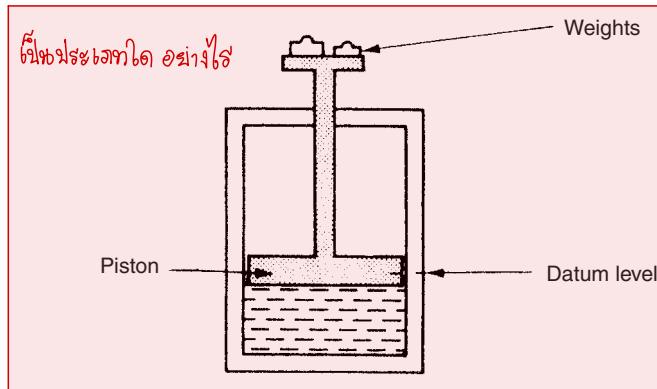


Fig. 2.3 Deadweight pressure gauge.

การคิดเชื่อในทางด้านตัวชี้วัดความตันอิฐ ประภากาฬนี้ได้รับการพัฒนาในปีที่ 2.3 ซึ่งเป็นเครื่องมือชั้นดีไม่มีค่า ในกรณีนี้หัวน้ำจะถูกวางไว้ลูกูกุยชุดกว่าแรงดึงดูดของแม่เหล็กบันแรดชุดของเรือน หัวน้ำจะถูกดึงดูดกลับมาอย่างรวดเร็ว Datum หรือที่เรียกว่า "ว่าดู" ในการคำนวณตัวชี้วัดในไม้เชิงของค่าน้ำหัวน้ำที่นำไปเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์บางจำพวก เช่นแม่เหล็กหัวน้ำท้องน้ำเขียนอยู่บนปืนจี้ที่ดักดังนั้น สร้างรับอัมพาตอยู่กับความเป็นไปเดียวและการลดลง เทียบของส่วนในไม้เชิงที่บันทึกของเรื่องที่เกิดขึ้น หัวน้ำหันน้ำจากวิธีการเลือกอิฐร่างรัศมีชั้นดี และการลดลงที่เป็นผลลัพธ์ที่มีคุณภาพดีอยู่ด้วยตัวเอง ซึ่งหมายความว่าอุปกรณ์ประภากาฬที่สอง โดยปกติจะมีความแม่นยำมากกว่า ซึ่งเป็นไปได้ที่หัวน้ำหันน้ำที่เครื่องมือประภากา pull จะสามารถแนบเข้ากับหัวน้ำหันน้ำที่ต้องการ ประภากาฬไม่ต้องดูในเชิงของการใช้งาน อุปกรณ์ประภากาฬจะใช้เวลาอย่างรวดเร็วในการดำเนินการ แต่แทบทุกอย่างของหัวน้ำหันน้ำที่เคยบันทึกมาในหนังสือหักดิบอย่างกว้างมาก กว้าง การพิมพ์และลบบันทึกหัวน้ำหันน้ำที่ต้องการจะง่ายๆ ว่า เครื่องมือประภากา pull ที่ต้องดูจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญใช้หัวน้ำหันน้ำอิงกิริกาน สำหรับหัวน้ำหันน้ำที่ต้องการลบบันทึกหัวน้ำหันน้ำที่ต้องการ แม้ว่าจะมีความแม่นยำที่ต้องการ แม่เหล็กหัวน้ำหันน้ำที่ต้องการจะถูกดึงกลับมาเป็นที่ต้องการได้อย่างสมบูรณ์ในกรณีนี้ เนื่องจากลักษณะของภาระที่หัวน้ำหันน้ำที่

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.

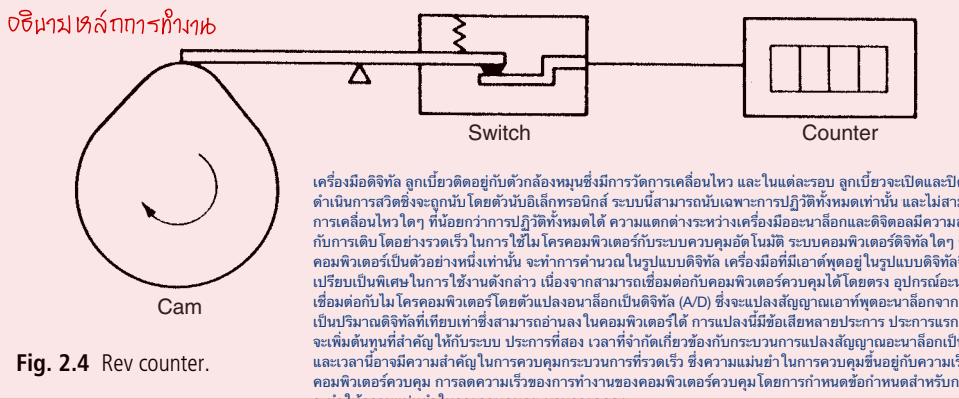
In terms of usage, the deflection type instrument is clearly more convenient. It is far simpler to read the position of a pointer against a scale than to add and subtract weights until a null point is reached. A deflection-type instrument is therefore the one that would normally be used in the workplace. 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

จะให้อาชญาตที่เป็นข้อบังคับของอาชญาตเดิม เช่น ความประพฤติที่ว่าด้วยการปลอมแปลง เอื้อต่อสาธารณะมีผลคือได้มีจ้าวัดภายในชั้งเรื่องเมื่อออกกฎหมายเพื่อจัด เจรจาและรับแบบโภจนาคในหนึ่งในหนึ่ง (รูปที่ 2.1) เป็นด้วยอ้างว่าต้องซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายแก่บุคคลอื่น เมื่อคิดว่ากฎหมายเปลี่ยนแปลง ด้วยเช่นเดียวกับที่อย่างต่อเมื่อของชั้นราษฎร์ในขณะที่ตัวเขามีอำนาจทางการเมืองแล้วที่จะอนุมัติ จันวนิษฐ์แห่งนี้เป็นคนเดียวที่ต้องจางมาตราและแก้ไขได้ในสิ่งที่มีจ้าวัดอยู่แล้ว แต่การอุบลภูมิทิศนี้อยู่กับชั้นราษฎร์ของมาตราส่วนและความละเอียดของมาตรการ



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.

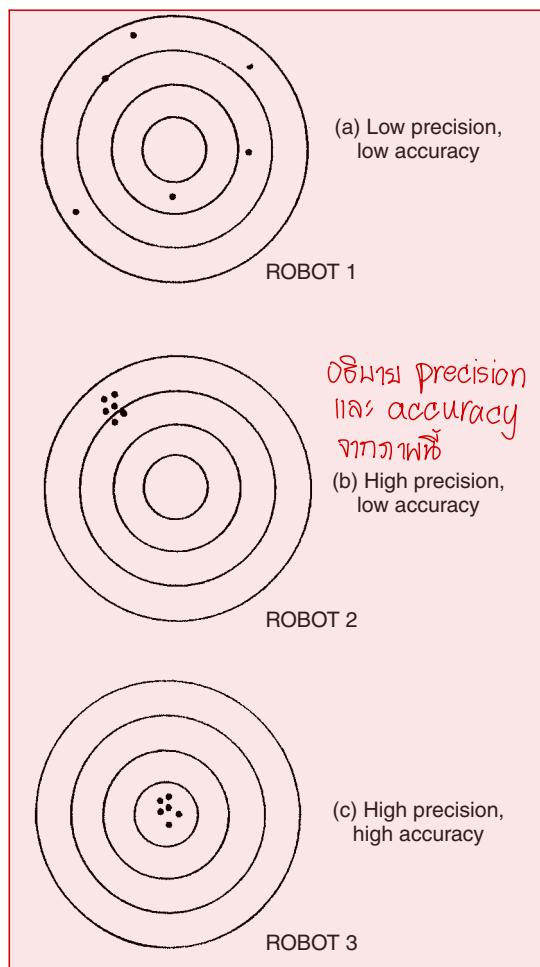
The distinction between analogue and digital instruments has become particularly important with the rapid growth in the application of microcomputers to automatic control systems. Any digital computer system, of which the microcomputer is but one example, performs its computations in digital form. An 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 analogue type of insufficiency that gives an output consisting of a totalling value which is equal to the sum of all the individual values of the inputs. This is called summation or addition. The total output is the sum of the individual outputs of each input.

**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 เป็นที่ทึ่งประศว่าการข้ามอาทิตย์ของเครื่องมือจะเป็นส่วนเชิงเด่นตรงที่บวกร่วมกันที่ทำให้สวัสดิ์ Xs หรือชื่อเรียกใหม่เป็นไปนี้ 2.6 เดสก็อปภาพพากษาอาทิตย์ที่ไม่ใช่เครื่องเรือน ไม่มีการใช้ล้ำกับเพรียบอุณหภูมิค่าน้ำค่าถูกต้องมาก ข้อดีของบล็อกเครื่องการข้ามดวงอาทิตย์ที่สวัสดิ์ X แสดงผลในหน่วยที่ 2.6 (แม้ว่าลึกลึกลึกจะสามารถทำได้ด้วยความแม่นยำข้อเสนอครัวเรือนอย่างให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า X แต่ต้องรู้ว่าสมองตัวเราเท่านั้นที่ต้องการตัดสินใจให้เป็นผลลัพธ์ที่ดีกว่า) จึงเป็นจุดเด่นที่สำคัญที่สุด ตั้งแต่ชื่อเรียกใหม่เป็นที่ 11) จานี้ให้ความไม่เชื่อมสัมภูติกับคนอื่นได้ ให้เป็นส่วนของมนุษย์สังคมอย่างไร จานี้และอาทิตย์ที่ทำให้เครื่องเรียน X จากงานเส้นตรงนี้ ความไม่เป็นเชิงเด่นก็แสดงเป็นปัจจัยที่ขึ้นต่อการตรวจสอบเพิ่มเติม

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.

ความไวของภารตีอีกภารตีการวัดการเปลี่ยนแปลง ในເອເຕີພຸດ
ຂອງເຄື່ອງນົມທີ່ກິດຂຶ້ນເນື່ອປະມານທີ່ວັດເປົ້າຢັ້ງແປງຕາມ
ຈຳນວນທີ່ກຳທັນດີ ດັ່ງນັ້ນความໄວ ອີ້ອັດຕະລັບ:

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:

scale deflection
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).

ความไวในการตัดสินใจเป็น
ความชั้นของเส้นตรงที่
รวดเร็วที่สุด 2.6 ตัวอย่าง
เช่น หากความต้องการ 2 นาที
ทำให้เกิดการโง่ตัว 10
องศาในท่าน้ำเดิมชอร์
ความต้องการความไวของ
เครื่องมือจะอยู่ที่ 5
องศา/นาที (สมมติว่าการ
โง่ด้านเป็นศูนย์โดยใช้
แรงดันเป็นศูนย์)

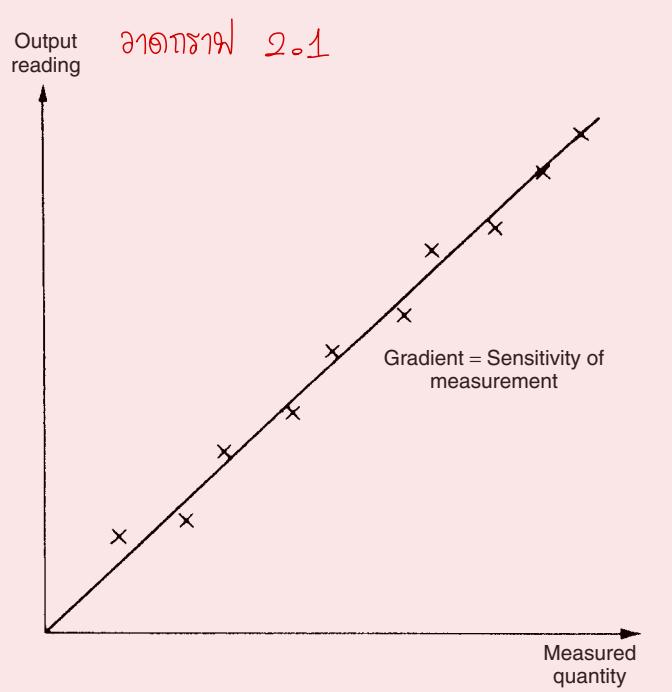


Fig. 2.6 Instrument output characteristic.

Example 2.1 ออต

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.

ด้วยอย่างที่ 2.1 ค่าความต้านทานของ

เทอร์โมมิเตอร์ร้อนต้านทาน
แพลตตินั่มต่อไปนี้ถูกวัดที่
ช่วงอุณหภูมิ กำหนดความ
ไวในการตัดของอุปกรณ์
ในหน่วย โอห์ม/°C

| | Resistance (Ω) | Temperature (°C) | สาระสำคัญ หากค่าเหล่านี้ถูกเพล็อก ตอบกราฟ ความสัมพันธ์เส้นตรง ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความ ต้านทานและการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิจะชัดเจน สำหรับการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 30°C การ เปลี่ยนแปลงความต้านทานคือ 7 โอห์ม ดังนั้นความไวในการวัด = $7/30 = 0.233 \text{ โอห์ม}/\text{°C}$ |
|-----|-------------------------|------------------|---|
| 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 7 Ω. Hence the measurement sensitivity = $7/30 = 0.233 \Omega/\text{°C}$.

หากอินพุตของเครื่องมือคืออย่า เพิ่มอินพุตของ อินพุตจะต้องจึงจะต้องก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการอ่านอุณหภูมิเครื่องมือจะมีความต้านทานที่ต่ำกว่าตัวอ้างอิงที่ตั้งไว้ในเครื่องมือ ผู้ผลิตกำหนดอุณหภูมิที่ต้องการอ่านเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน นิยมกำหนดอุณหภูมิที่ต้องการอ่านเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน เช่น ตัวอักษร 'B' หมายความว่า ห้ามลดอุณหภูมิที่ต้องการอ่านต่ำกว่า 15 กม./ชม. ซึ่งหมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องมากกว่า 15 กม./ชม. ตัวอักษร 'A' หมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องมากกว่า 15 กม./ชม. ซึ่งหมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องต่ำกว่า 15 กม./ชม.

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.

เมื่อเครื่องมือแสดงการอ่านอุณหภูมิเพียงใด ก็ต้องได้รับอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอุณหภูมิอุปกรณ์ เช่นเดียวกับตัวอ้างอิง บางครั้งความละเอียดของระบุเป็นค่าสัมบูรณ์ และบางครั้งเป็นเปอร์เซ็นต์ของอุณหภูมิที่ต้องการอ่าน เช่น ตัวอักษร 'B' หมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องมากกว่า 15 กม./ชม. ซึ่งหมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องต่ำกว่า 15 กม./ชม. ตัวอักษร 'A' หมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องมากกว่า 15 กม./ชม. นิยมกำหนดอุณหภูมิที่ต้องการอ่านเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน เช่น ตัวอักษร 'B' หมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องต่ำกว่า 15 กม./ชม. ซึ่งหมายความว่า อุณหภูมิที่ต้องการอ่านต้องมากกว่า 15 กม./ชม.

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

All calibrations and specifications of an instrument are only valid under controlled conditions of temperature, pressure etc. These standard ambient conditions are usually defined in the instrument specification. As variations occur in the ambient temperature การสอบเทียบและข้อมูลจำเพาะทั่วไปของเครื่องมือจะใช้ได้เฉพาะภายใต้สภาพแวดล้อมอุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ เท่านั้น สภาวะแวดล้อมมาตรฐานเหล่านี้มักจะถูกกำหนดไว้ในข้อกำหนดเฉพาะของเครื่องมือ เนื่องจากการแปรผันเกิดขึ้นในอุณหภูมิโดยรอบ

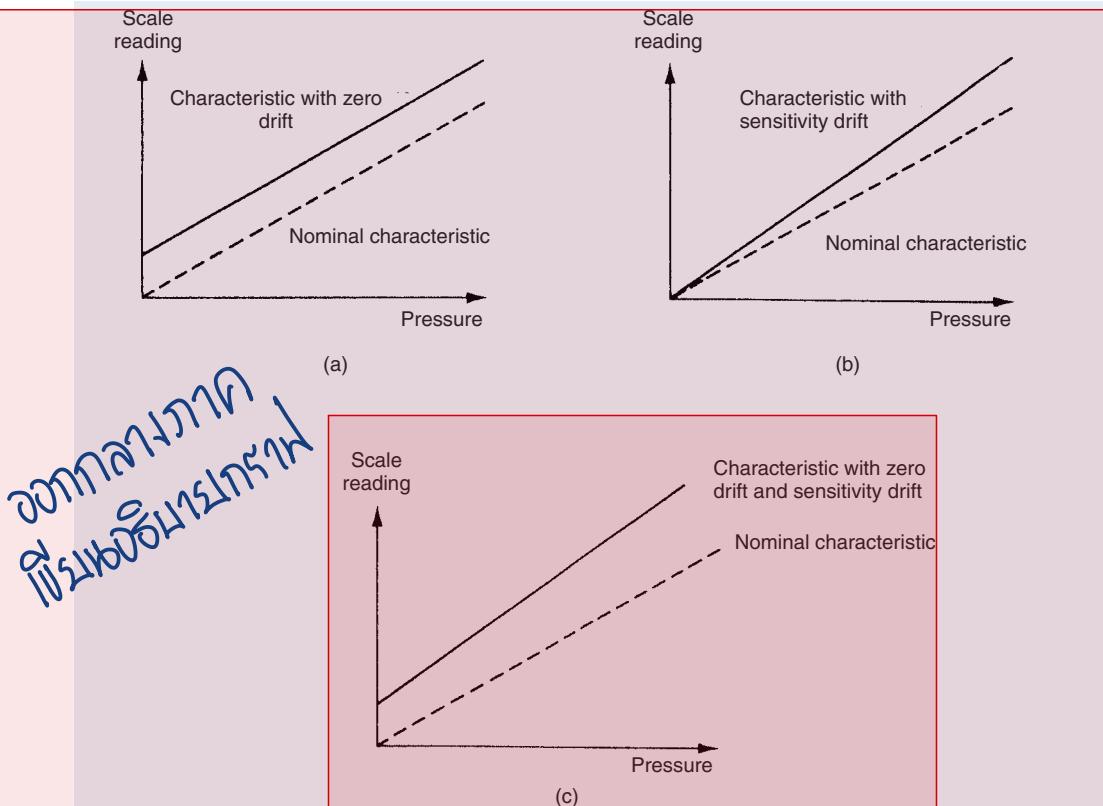


Fig. 2.7 Effects of disturbance: (a) zero drift; (b) sensitivity drift; (c) zero drift plus sensitivity drift.

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

~~Sensitivity drift/°C = 2/10 = 0.2 (mm per kg)/°C~~

สารละลายน้ำที่อุณหภูมิ 20°C ลักษณะการโถงตัว / โหลดจะเป็นเส้นตรง
ความกว้าง = 20 เมตร/กก.

ที่อุณหภูมิ 30°C ลักษณะ

22 มม./กก.

อคติ (ศูนย์)

ความไวของตรีฟท์ = 2 มม./กก

ค่าความเร็วในการเก็บรักษา °C

ความไวของ การเปลี่ยนแปลง $^{\circ}\text{C} = 2/10 = 0.2$ (มม.ต่อ กวัช)

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 แสดงผลค่ากันยณ์ต่อพื้นที่ของเครื่องวัดที่แสดงให้เห็น ทางกราฟมานะนี้ได้ต้องอินพุตไปยังเครื่องมือเพิ่มน้ำหนักต่อเที่ยวจากค่าวน การอ่านเอาไว้พื้นที่จะแตกต่างกันไปในกันยณ์นี้ และแสดงในสีสื้อได้ (a) หากตัวเเพร์เซปติฟติดล้อว่าต้องเป็นเจ้า เจ้าพู่กุ้งจะเป็นผู้ได้รับก้อนน้ำหนักลงในสีสื้อได้ (b) การไม่ปั่นอยู่ระหว่างวันเสี้่ยงให้จัดการทรุดและภาระน้ำถ่ายเหล็กให้เรียกว่าอิสเทชั่น กรณีการกันดับมวลสารสองค่า ดิจิทัล อิสเทชั่นอันทุกสูงสุด และอิสเทชั่นเสื้อเอท่าทุกสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.8 โดยปกติจะแสดงเป็นปอร์เซ็นต์ของการอ่านค่าอินพุตหรือเจ้าพื้นที่เดิมเกลากัน มีดังนี้

ອື່ນເຫຼືອຂີ້ວິສັນພາກໃນ
ເຄື່ອງຈຳທີ່ມີສິນໄລ໌ ແລ້ວ
ເຈັດວິຈີນທີ່ມີແນວຢາ
ເສີ່ມ (ບຸນທີ 2. 1) ແລະຍັກ
ແນວ Prony (ໃຊ້ສຳເນົາຮັ້ງ
ວິໄລນ່ວັດນີ້) ມາກວານຮັ້ງ
ເຫັນໄດ້ການນຳໃນປະເມີນ
ຂາຍາຕົກຕ່າງໆທີ່ມີຢູ່ກັນ
ທີ່ການຄ່າງວາງທີ່ເຫັນ
ໃນໄລຍະກວ່າຈຳວັນລົມ
ຂາຍາຄຸກຕົກຕ່າງໆ ອຸປະກອນ
ຕັ້ງຕ່າງໆ ເພື່ອກຳລັງ
ເສັກໂນ (ຢູ່ນຳເກົ່າວັນ
ວັດຄວາມເຮົາກົາວັນ)
ປະກາດນີ້ຢູ່ການອື່ນເຫຼືອຂີ້ວິສັນ
ຈຳກັດສົມເລີ່ມລົງທຶນ
ເລື່ອງຈາກນີ້ມີເປົ້າ
ການໃຫ້ເກົ່າວັນທີ່
ເຄີດໃນໜ້າແລະຂັ້ນ
ສົມລົງທຶນທີ່ຂີ້ວິສັນ
ສາມາດກົດເກືອບໃຫ້ໄວ້ໃນ
ເຄື່ອງຈຳທີ່ມີອົງລົດ
ໄຟໄວ້ໃຫ້ກົດເກືອບໃຫ້ສົມ
ເພື່ອເນື້ອງຈາກອົງລົດ
ສົມເກົດໃນການລົງທຶນ ສິນ
ທີ່ເກື້ອບໃຫ້ໃນອຸປະກອນທີ່ຈາງ
ເຫັນການຄ່າງວັດທີ່ເວົ້າໄວ້
ເລື່ອລົມເລີ່ມທີ່ມີເປົ້າ
ຕົ້ນປະປັບປຸງ, LVDT
ແລະກໍາລົງແປງໄລ
ຕື່ມກົດເກືອບໃຫ້ສົມບັນ
ໂຕໄຈ

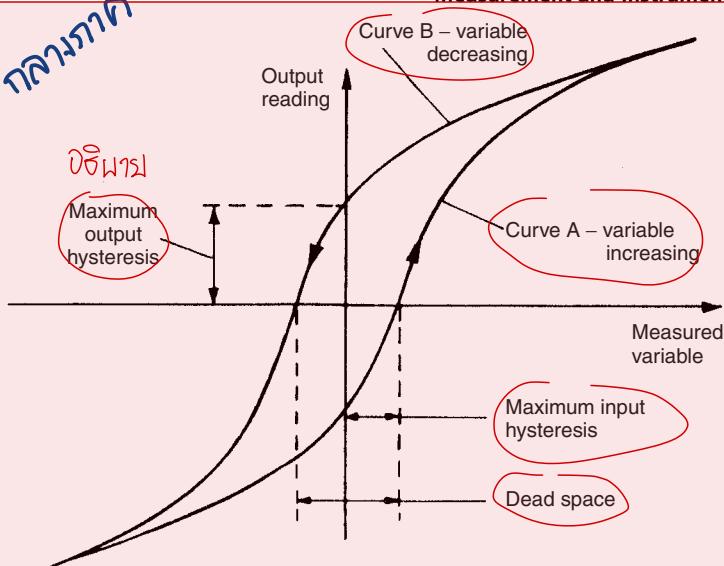


Fig. 2.8 Instrument characteristic with hysteresis.

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 หมายความว่าของค่าอินพุตที่แตกต่างกันที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอินพุต เกิดขึ้นได้ ทันที

Dead space หมายถึงช่วงของตัวค่าน้ำหนักซึ่งไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามมาตรฐานที่ต้องการ หรือมีประโยชน์ต่ำกว่าที่ต้องการ แต่ที่สำคัญคือช่วงนี้ต้องหักลบออกจากค่าน้ำหนักทั้งหมดที่ได้มา จึงจะได้ค่าน้ำหนักที่ถูกต้อง ดังนั้น Dead space จึงเป็นส่วนที่ต้องหักลบออกจากค่าน้ำหนักที่ได้มาแล้ว จึงจะได้ค่าน้ำหนักที่ถูกต้อง

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

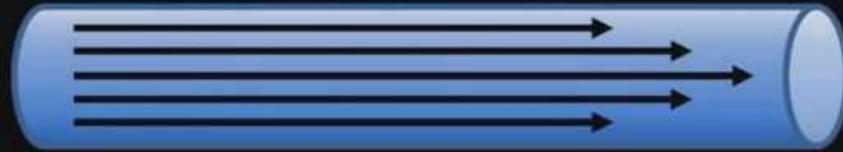
The static characteristics of measuring instruments are concerned only with the steady-state reading that the instrument settles down to, such as the accuracy of the reading etc.

ຄອງລັກຂະວະຄອງໜ້າຂອບເຂົ້ວປະຈຸບັນໃນຮ່ວມມືນຕົວຢ່າງໃຫຍ່ຂອງພະຍານາກວິຊາຂອງລັກຂະວະຄອງໜ້າ

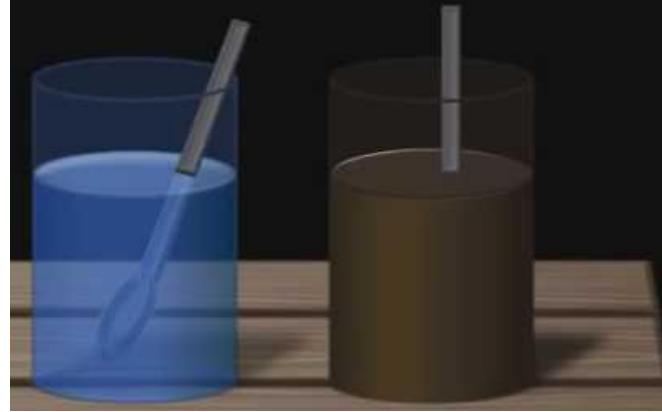


ลักษณะของการ ไหล

Laminar flow



Turbulent flow



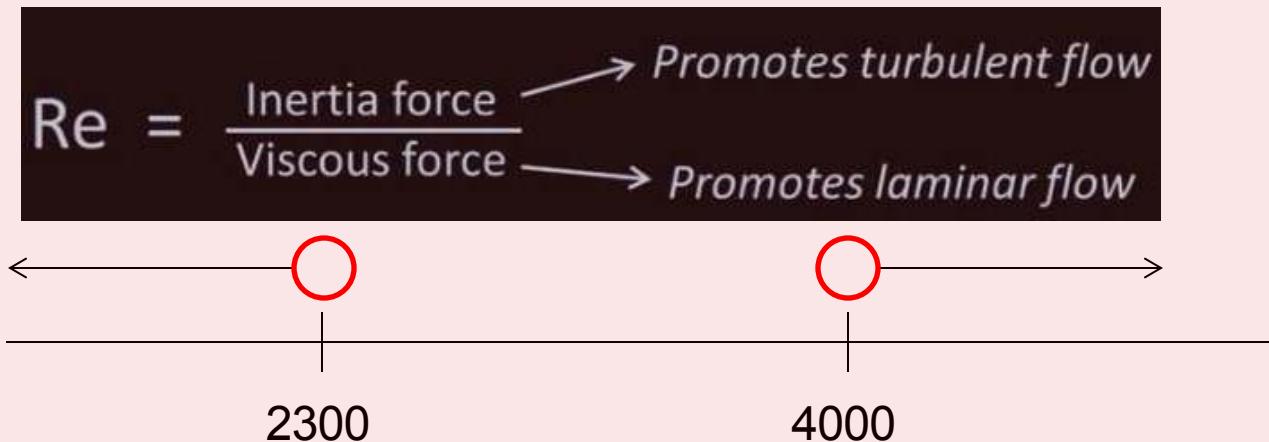
Reynolds Number – Single best predictor of the type of flow.

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

Promotes turbulent flow
Promotes laminar flow

ลักษณะของการไหล

- Laminar flow : ของไหลมีรูปแบบการไหลที่สม่ำเสมอ มีความหนืดมาก \rightarrow อัตราการไหลน้อย
- Turbulent flow : ของไหลมีรูปแบบการไหลที่ปั่นป่วน มีความหนืดต่ำ \rightarrow อัตราการ流มาก



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 : สารเวนโลย 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

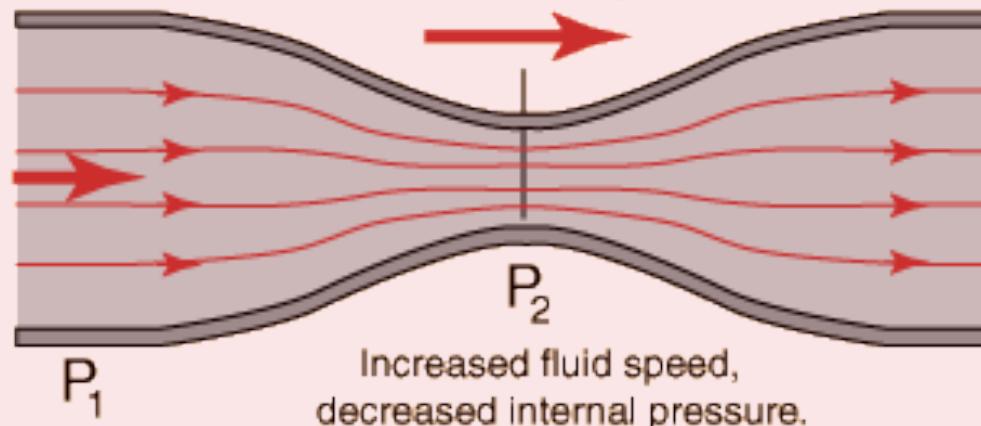
Kinetic
Energy
per unit
volume

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

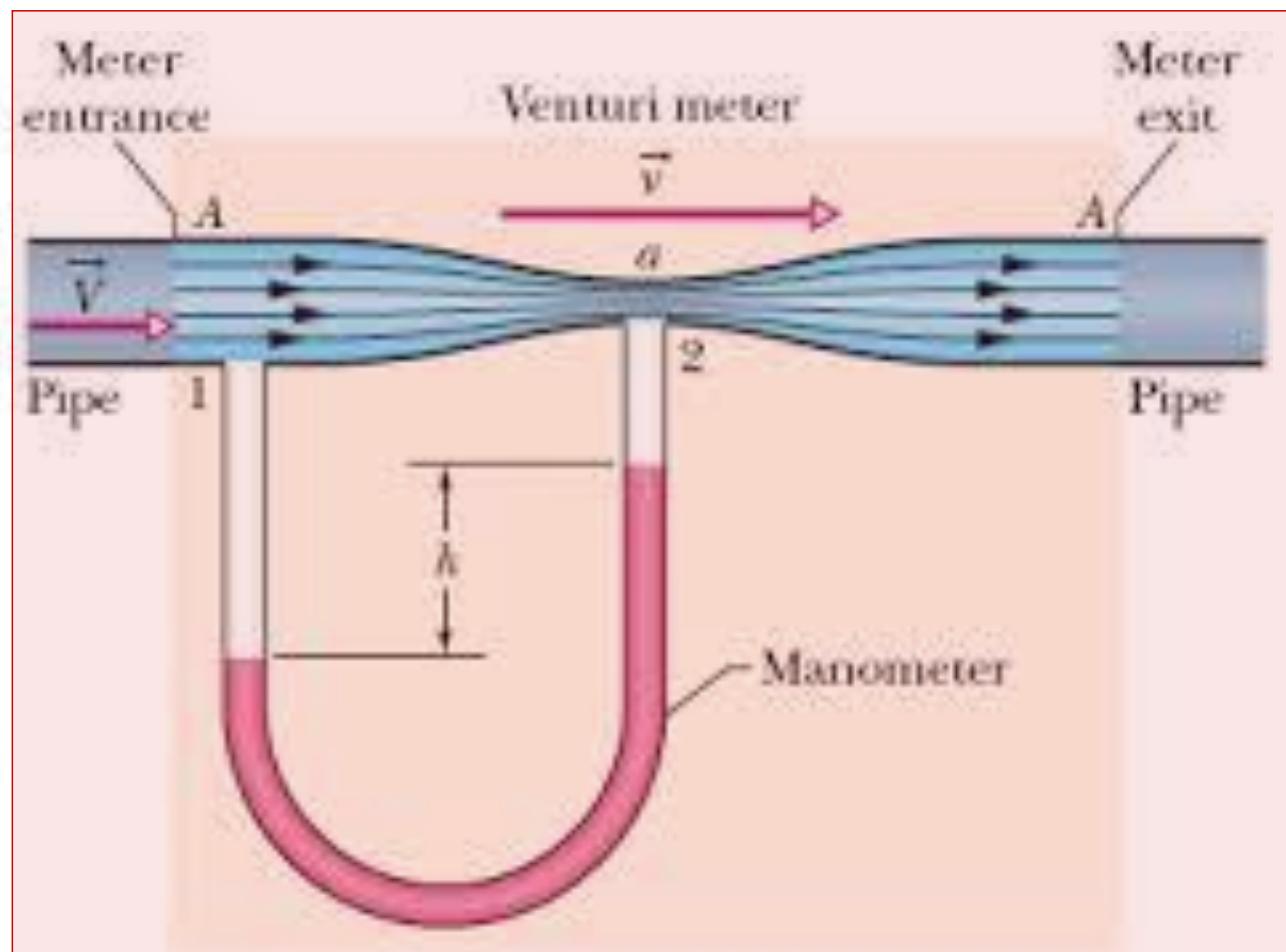
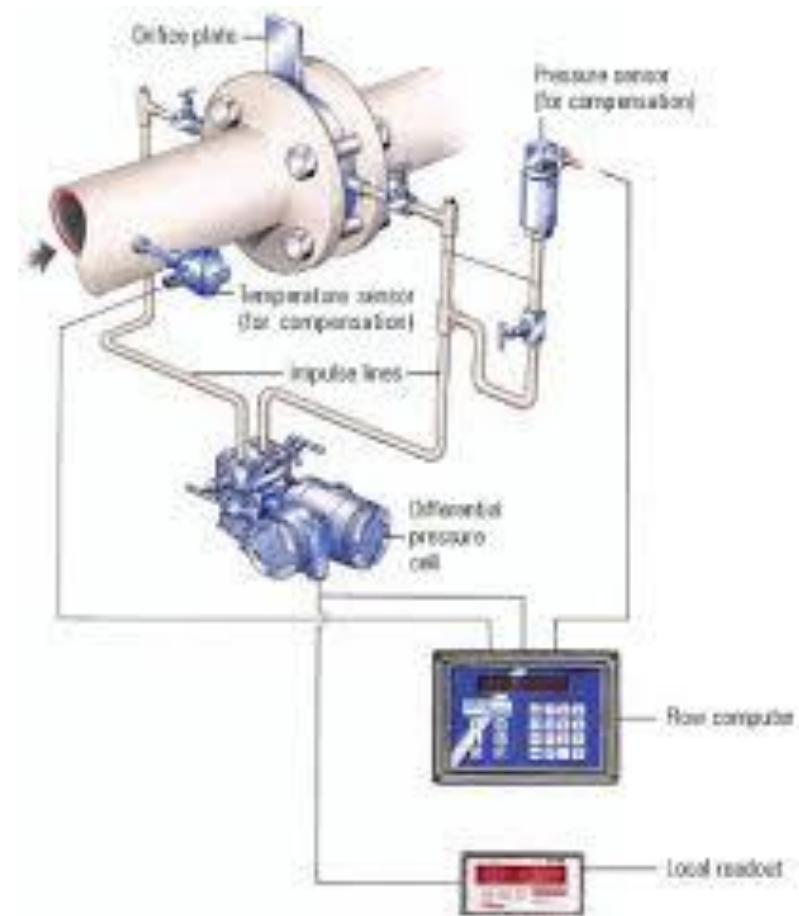
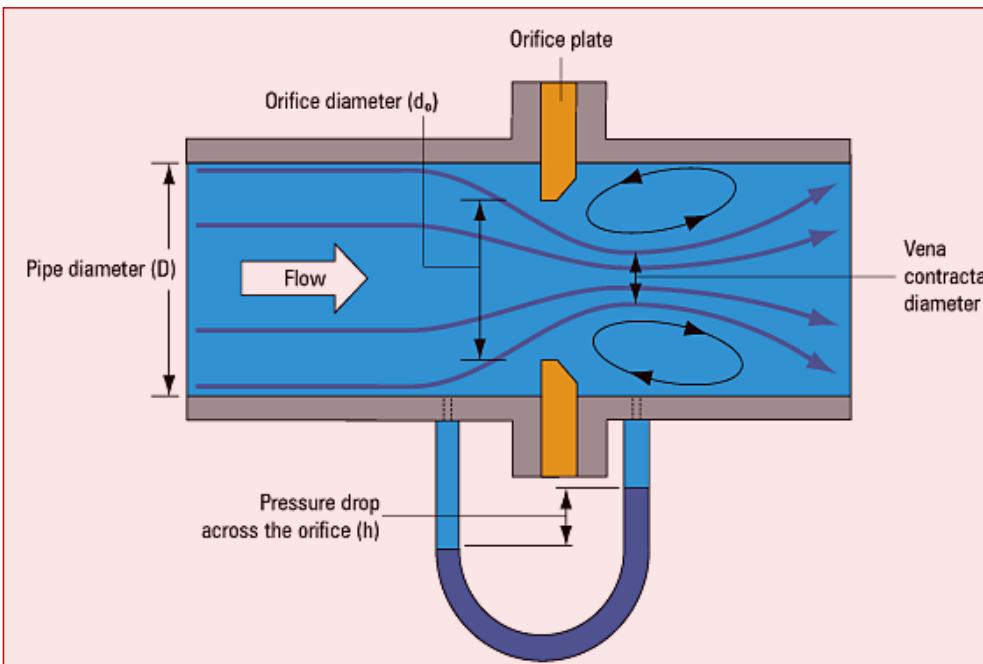


FIG. 14-55
Problems
67 and 68.



Differential Pressure :Orifice plate



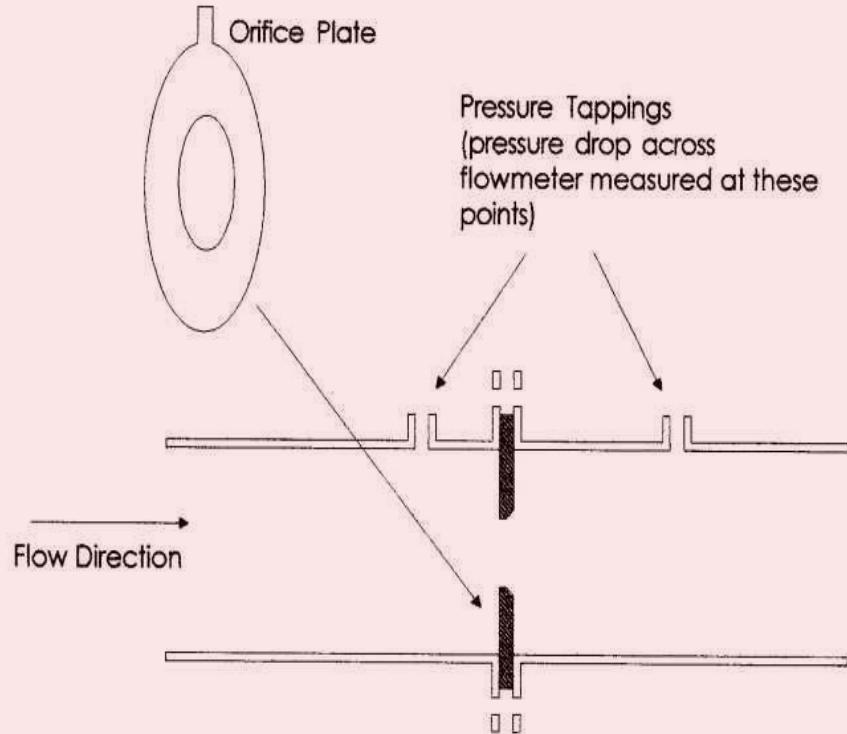
Resource:

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

Dr.Bhanupol Klongratog



Differential Pressure :Orifice plate

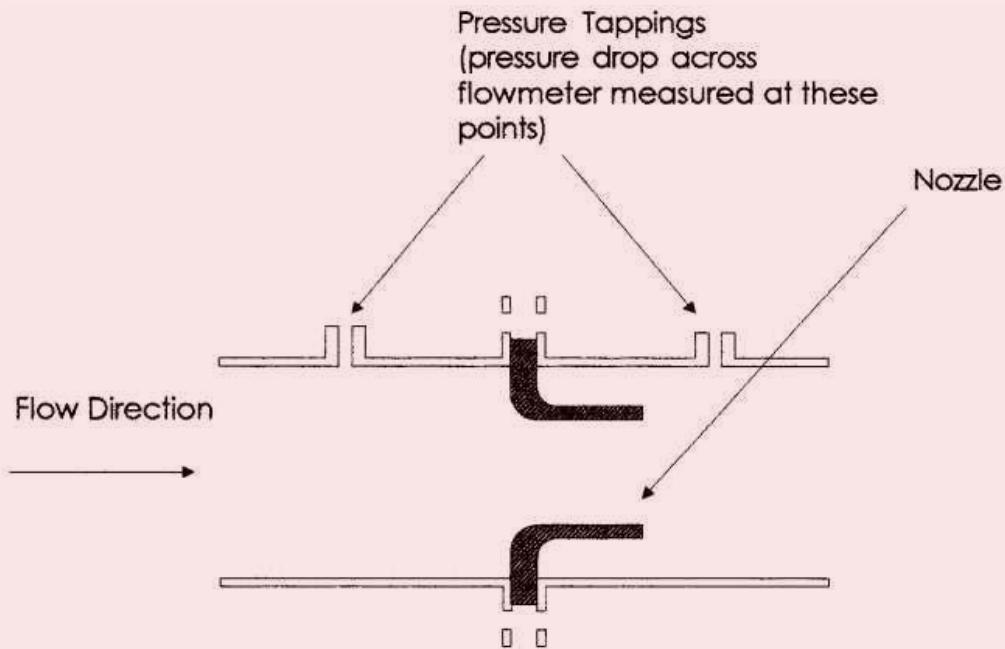


- ติดตั้งง่าย
- ทนทาน
- บำรุงรักษาง่าย
- ราคาถูก
- มีความแม่นยำปานกลาง

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



Differential Pressure : Nozzle



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

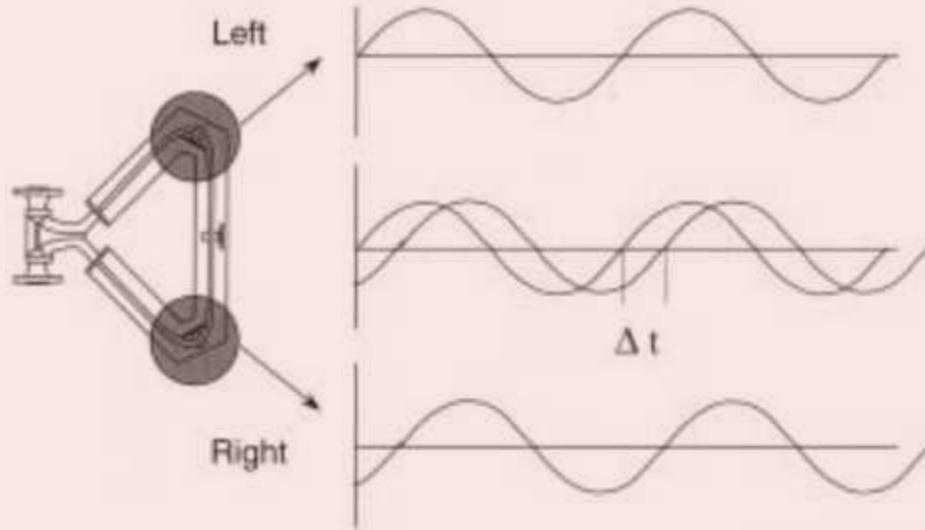
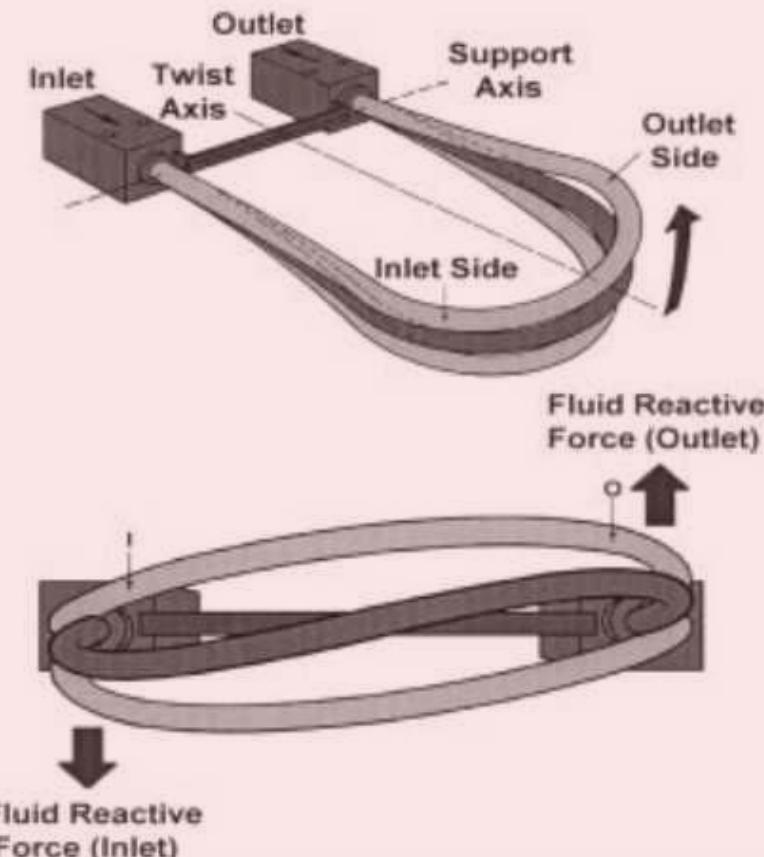
Resource:

<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

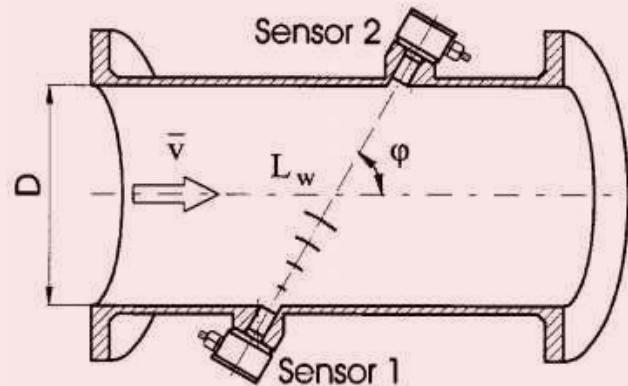
$$t_{12} = \frac{L_w}{c + \bar{v}_a \cos \varphi} \quad \text{and} \quad t_{21} = \frac{L_w}{c - \bar{v}_a \cos \varphi}$$

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

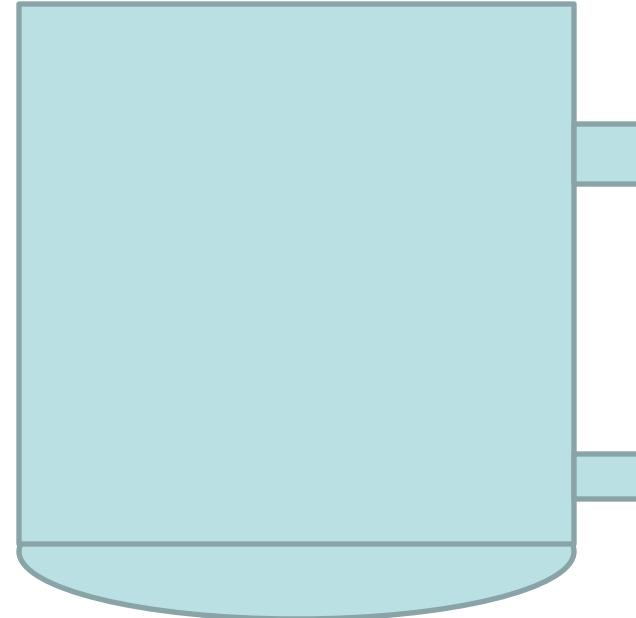


Output signal

→ ON-OFF signal
→ Continuous signal

ON-OFF signal

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

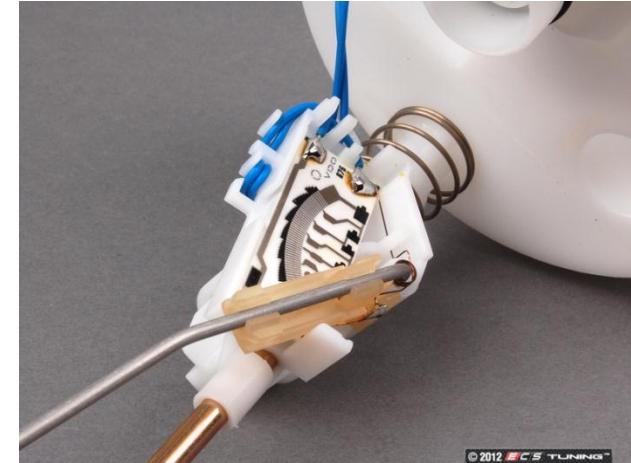




Continuous signal

Fuel pump

- Float switch
- Ultrasonic
- Nuclear Radiation
- Capacitive sensor





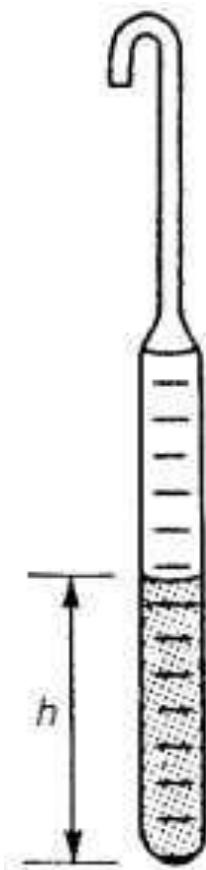
Fuel pump sensing signal

Freelander 1 v6
In Tank Fuel Pump
Resistance

HippoPhoto @ www.youtube.com

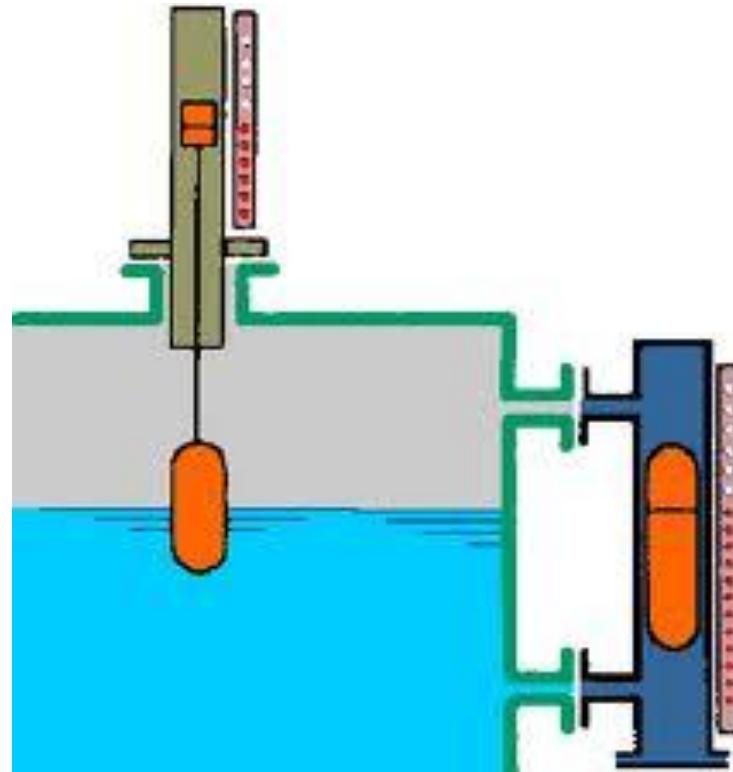
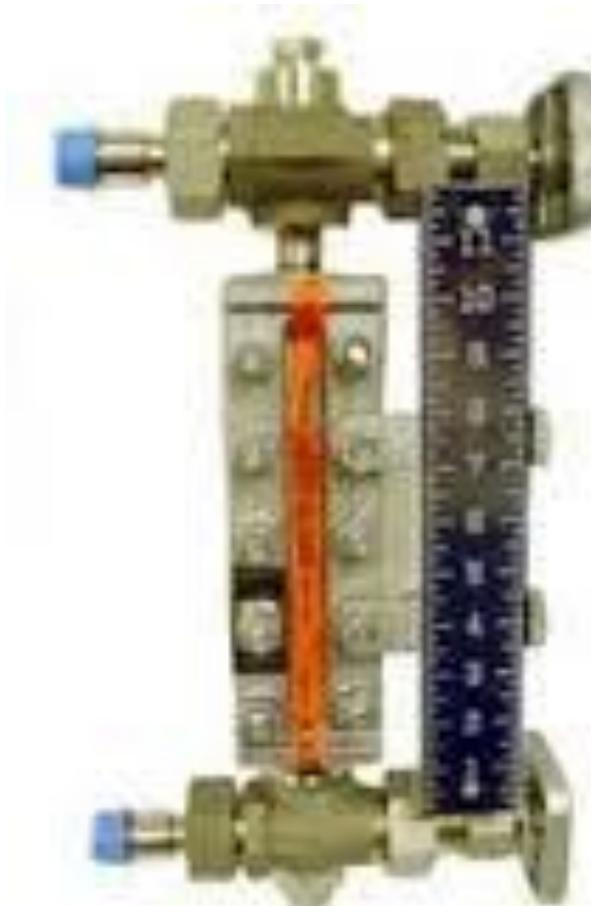


1.Dipstick



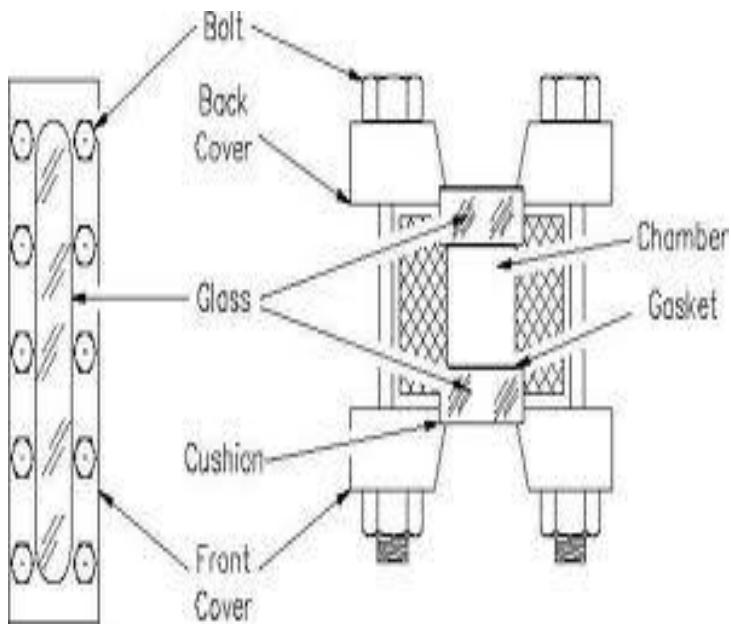


2.Glass gauge : Tubular glass





2. Glass gauge : Flat glass



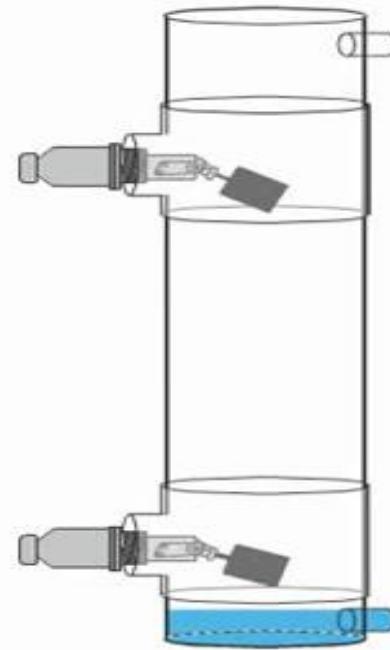


3. Float :



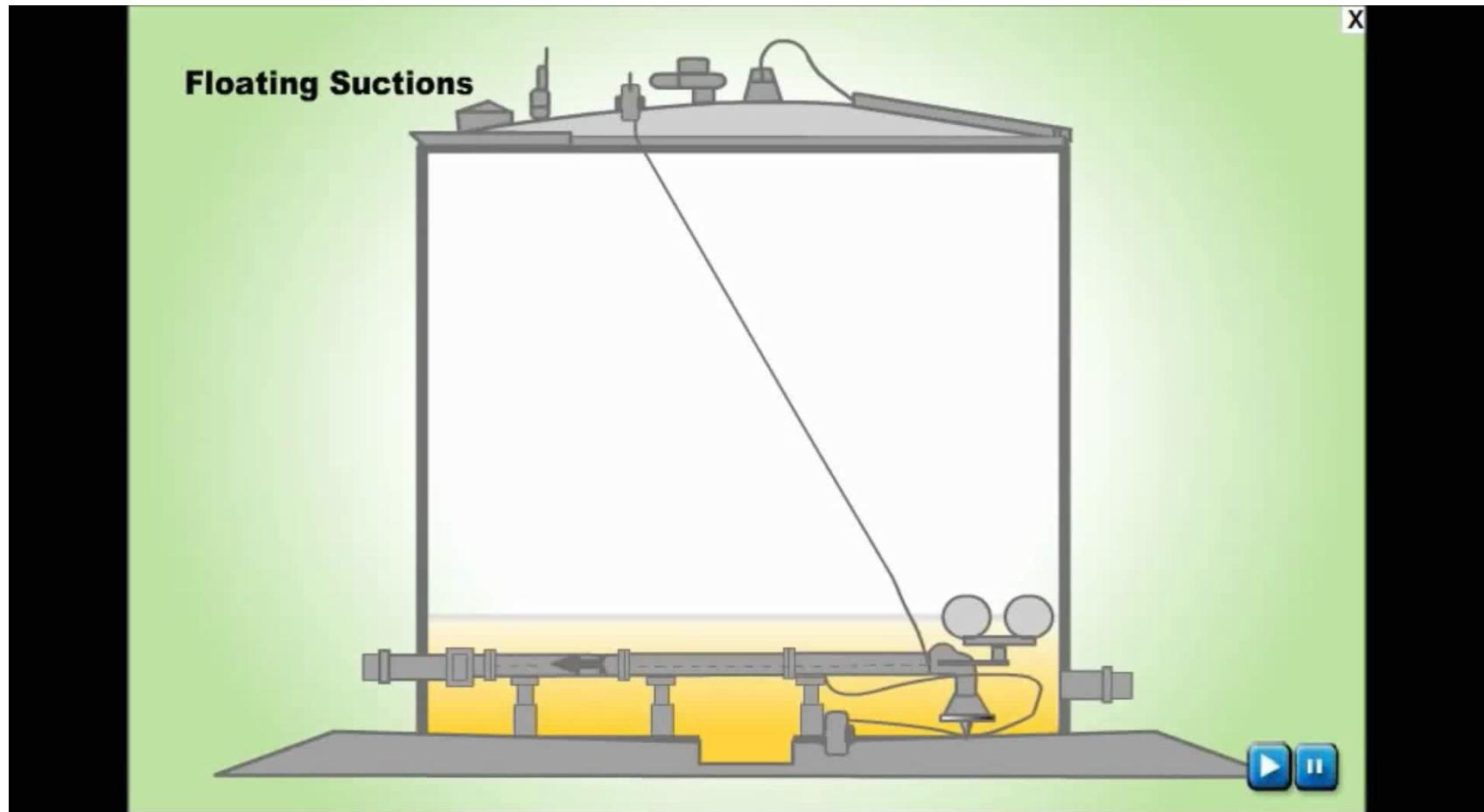


3. Float : Switch



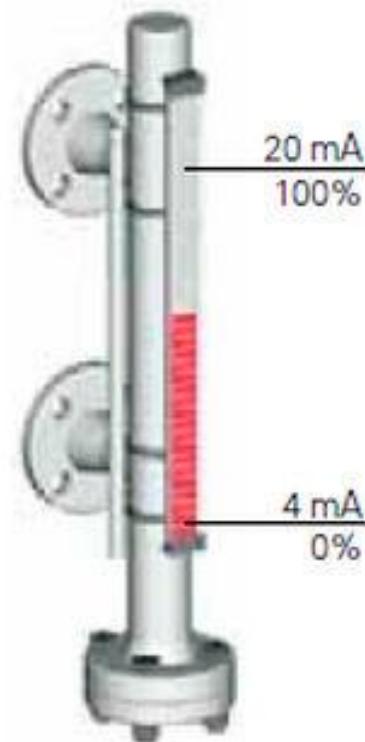
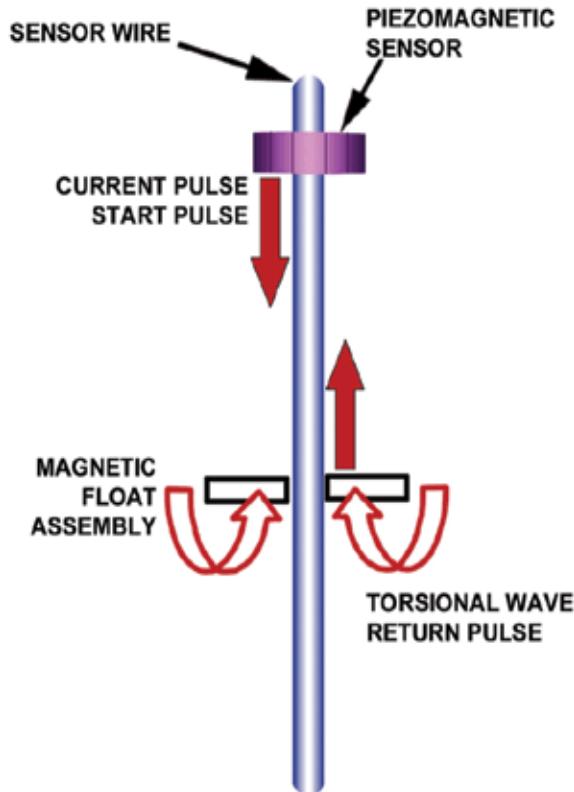


3. Float : Switch





3. Float : Continuous(Magnetostrictive)





3. Float : Continuous(Magnetostrictive)





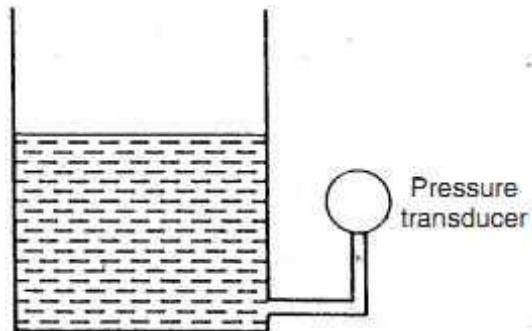
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

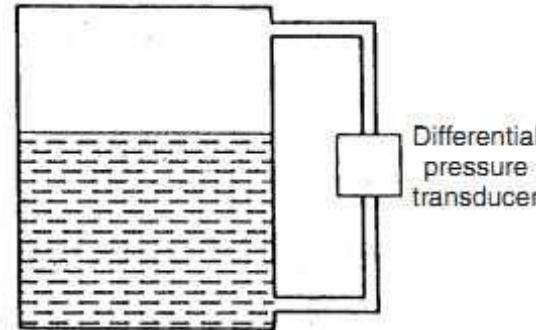
4.Pressure : Hydrostatics



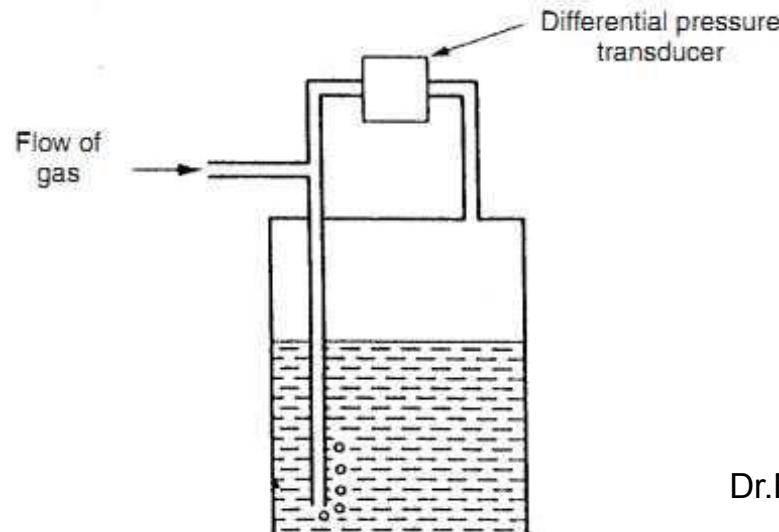
4. Pressure : Differential pressure



(a)

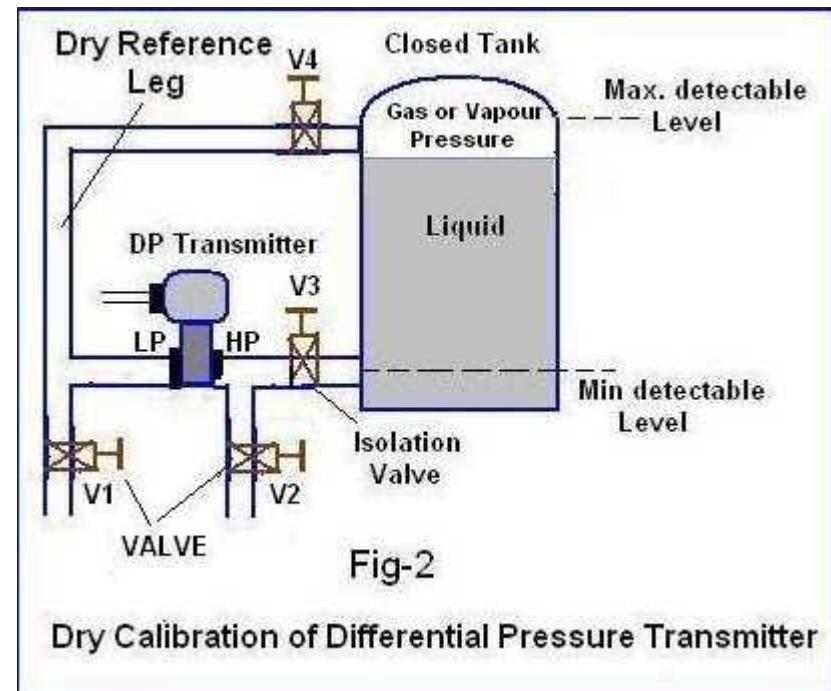
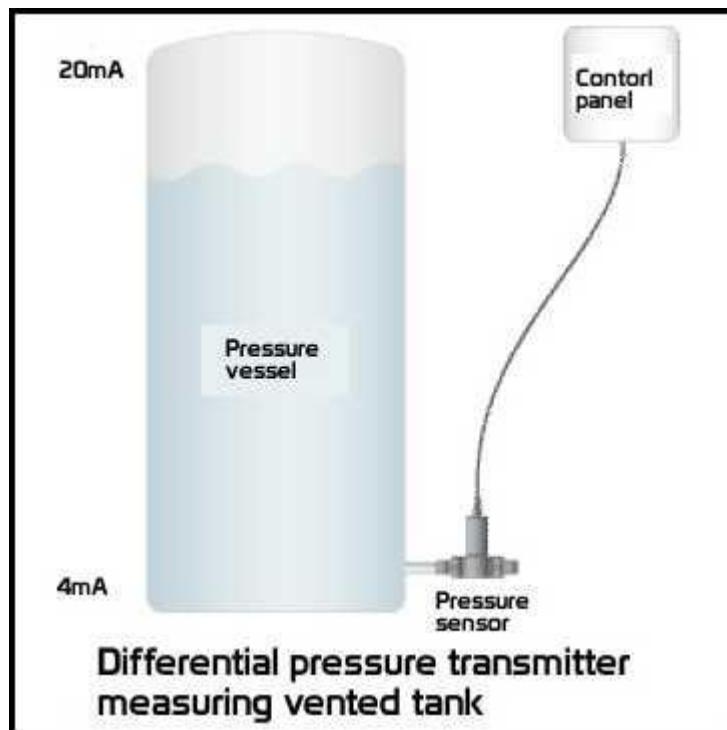


(b)





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



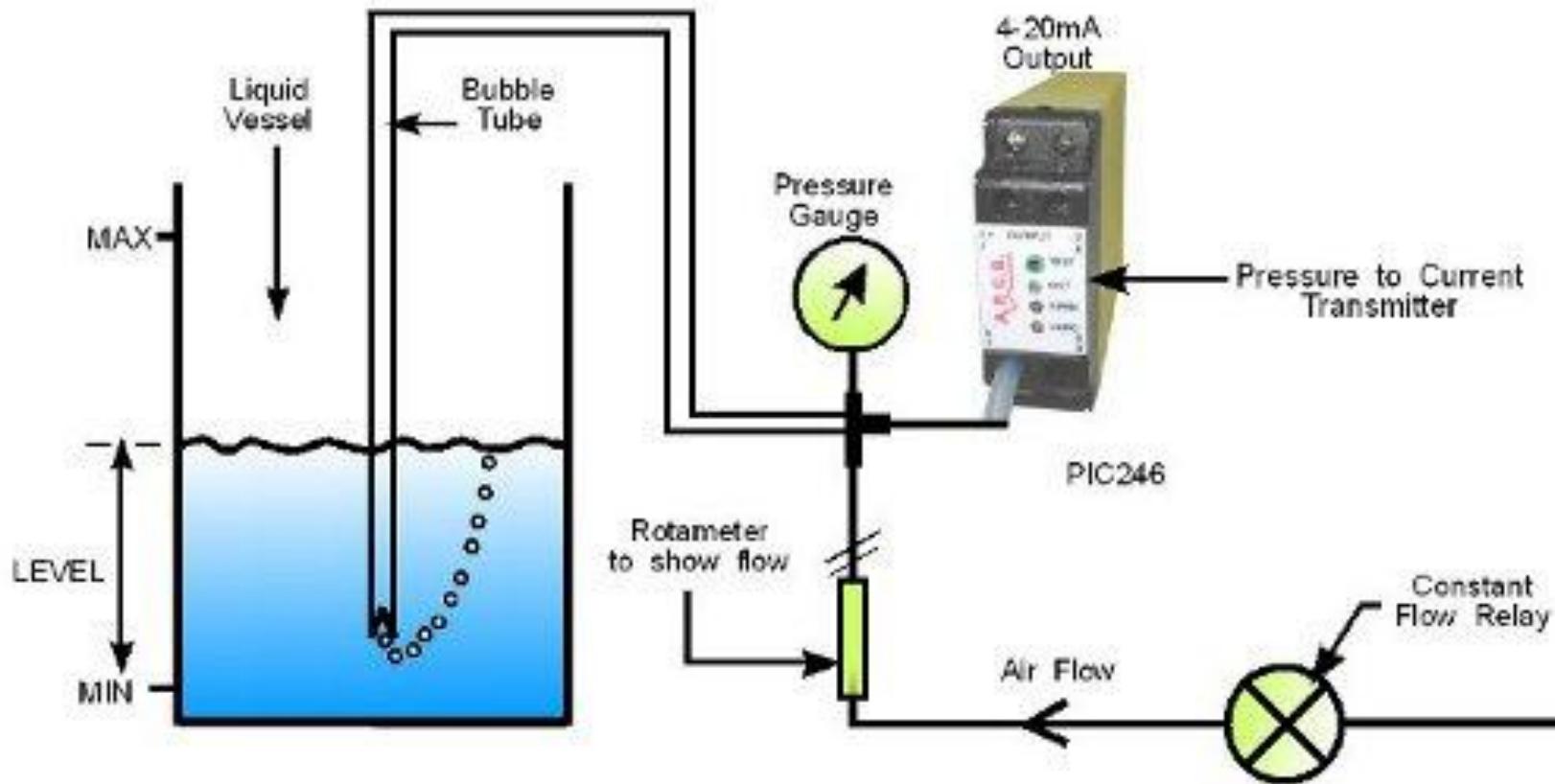
4.Pressure : Air bubbler



Tutorial: Measuring liquid level using a bubbler

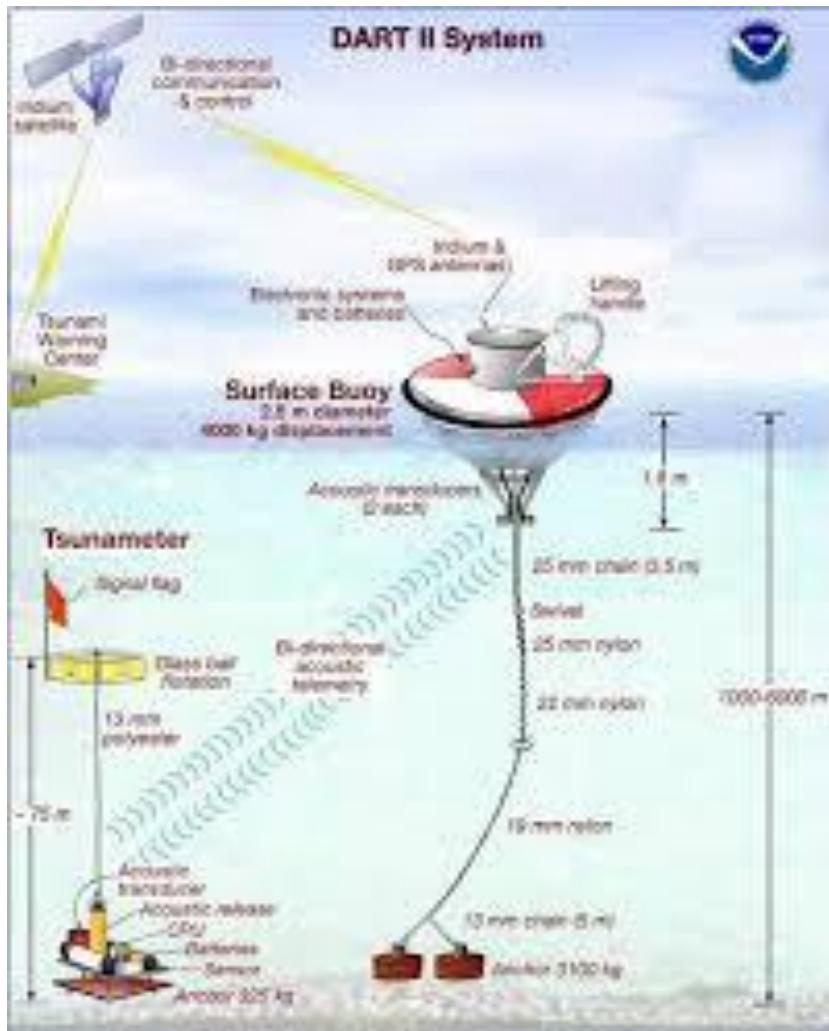


4. Pressure : Air bubbler



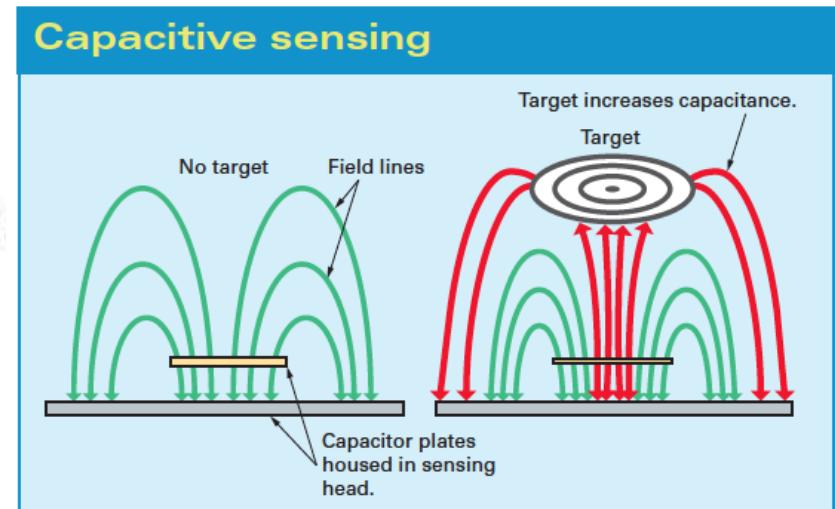
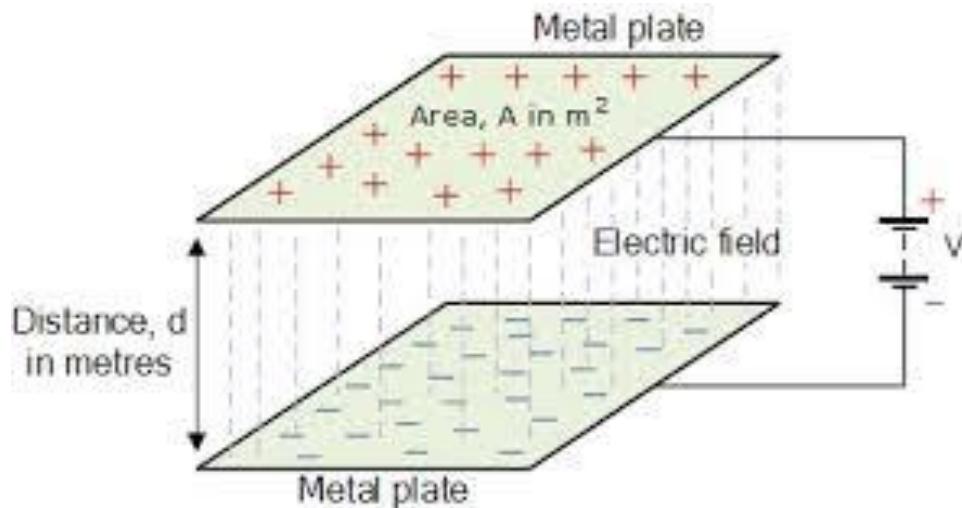


4. Pressure

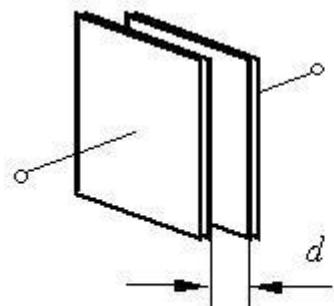




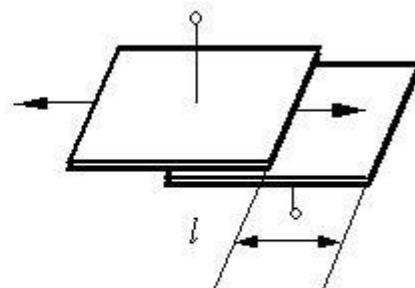
5. Capacitive sensing



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

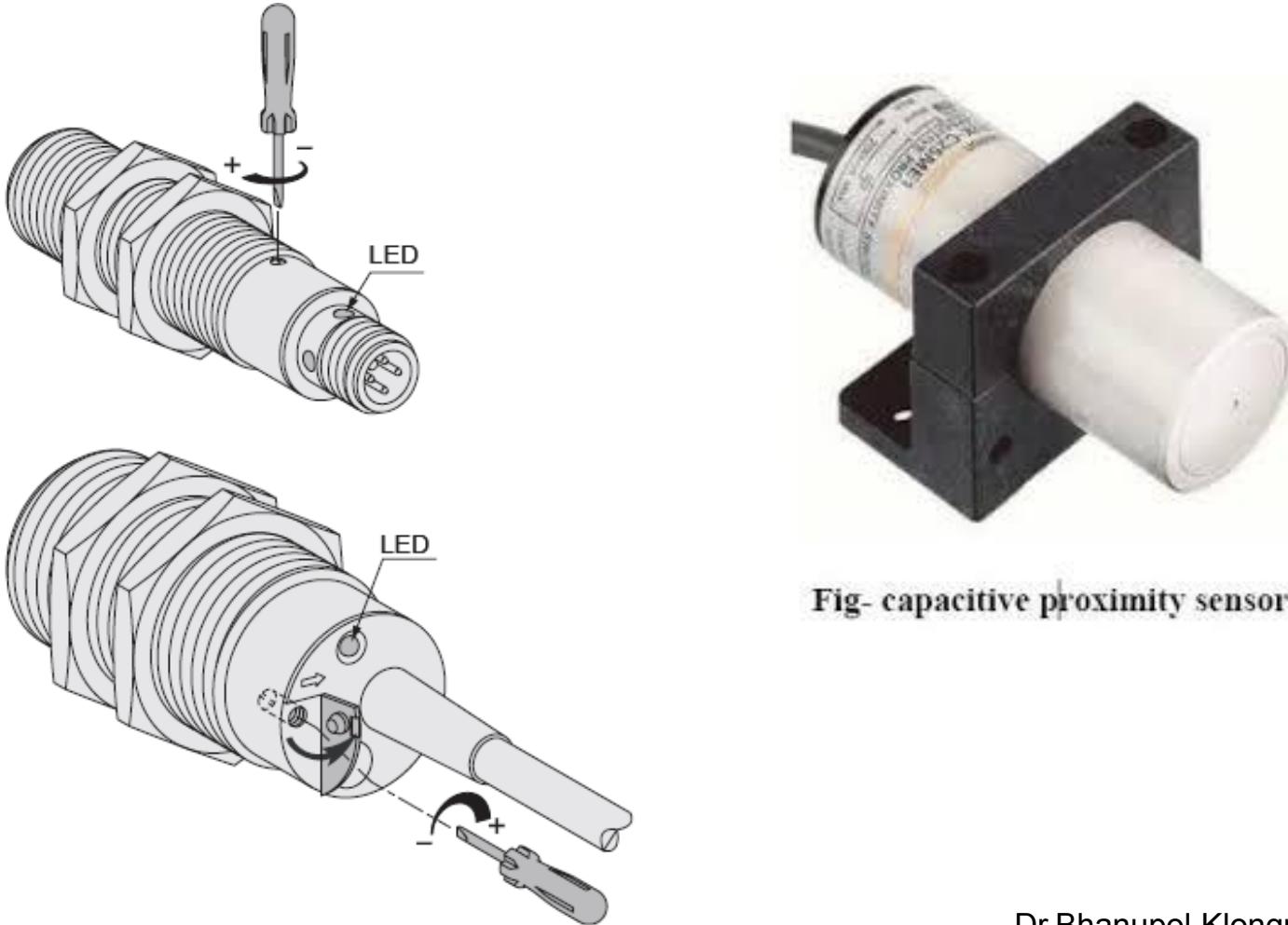
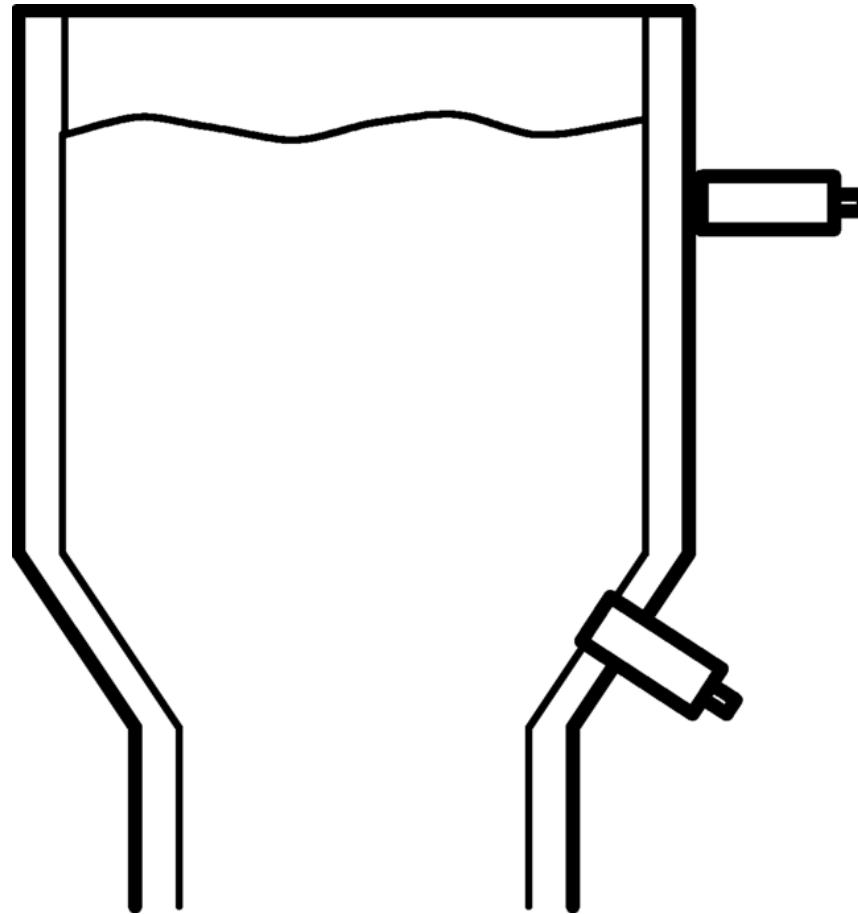


Fig- capacitive proximity sensor

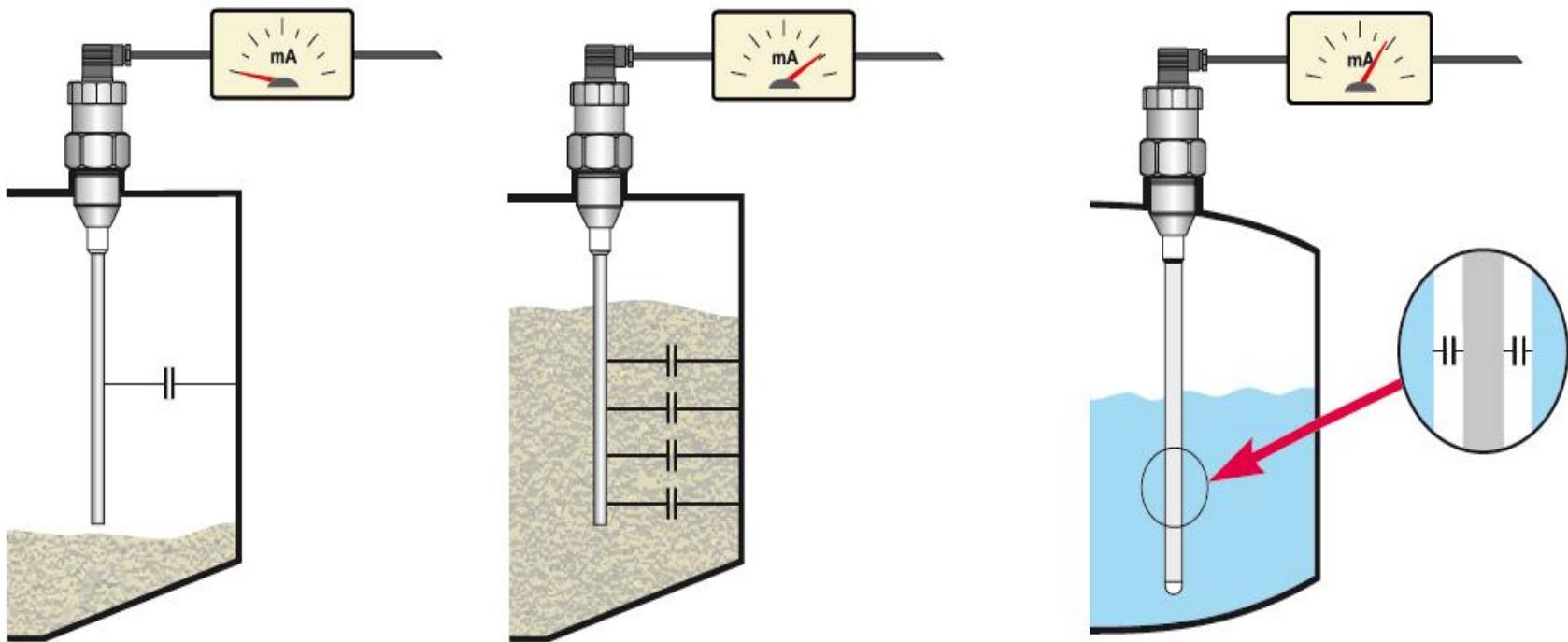


5. Capacitive sensing



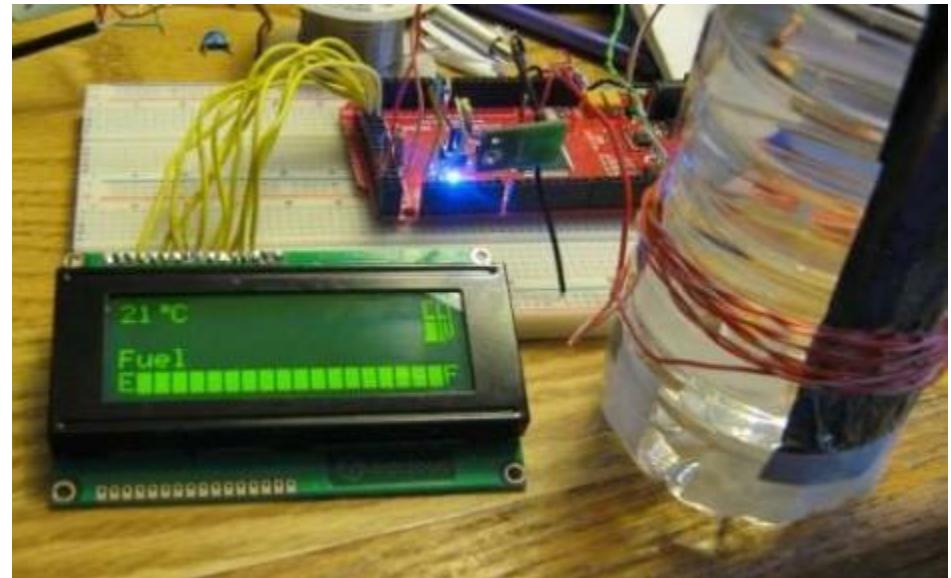


5. Capacitive sensing



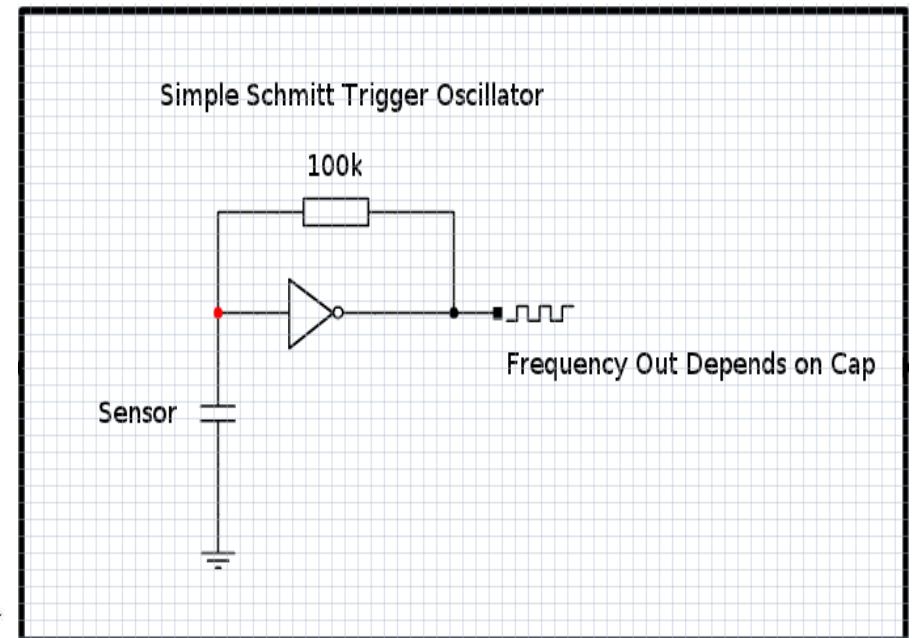
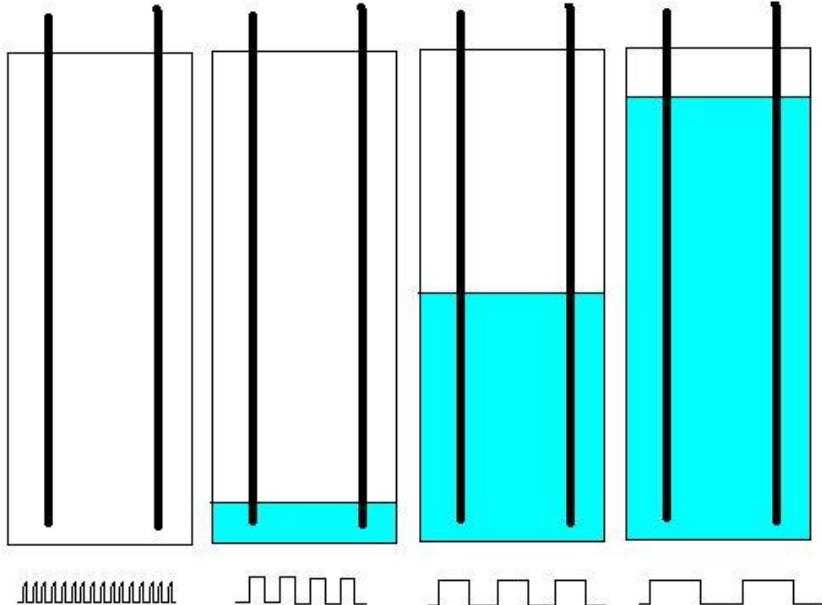


5. Capacitive : DIY





5. Capacitive : DIY



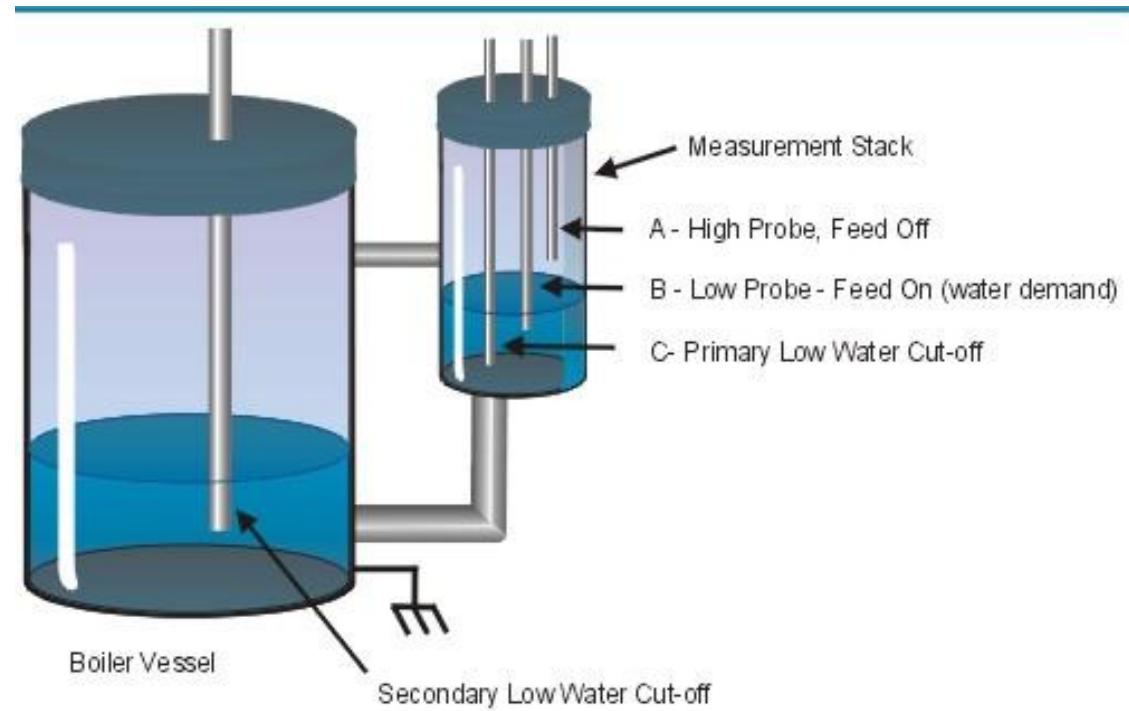


5. Capacitive : DIY



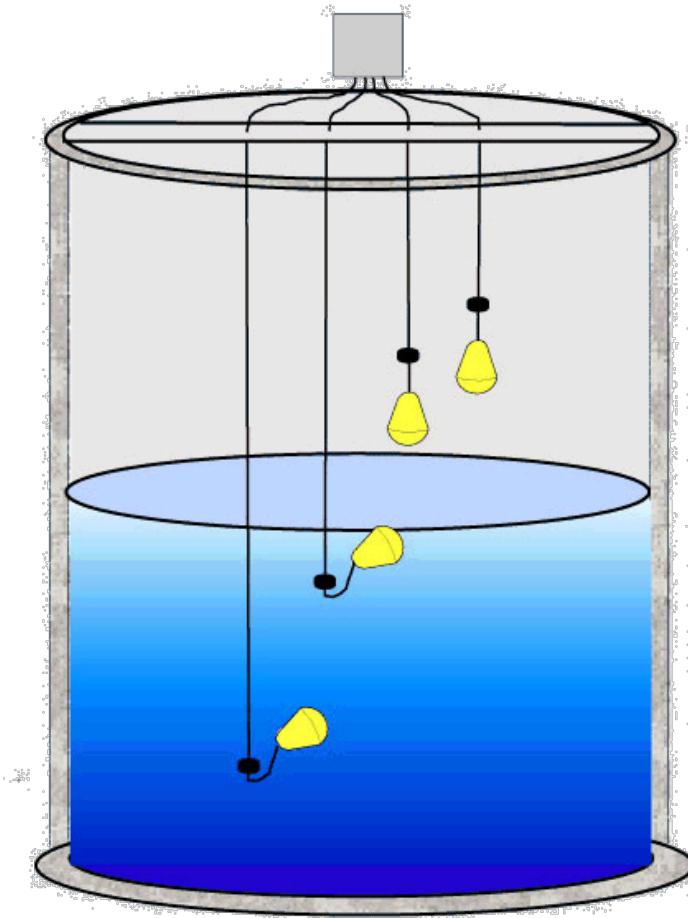


6. Conductive



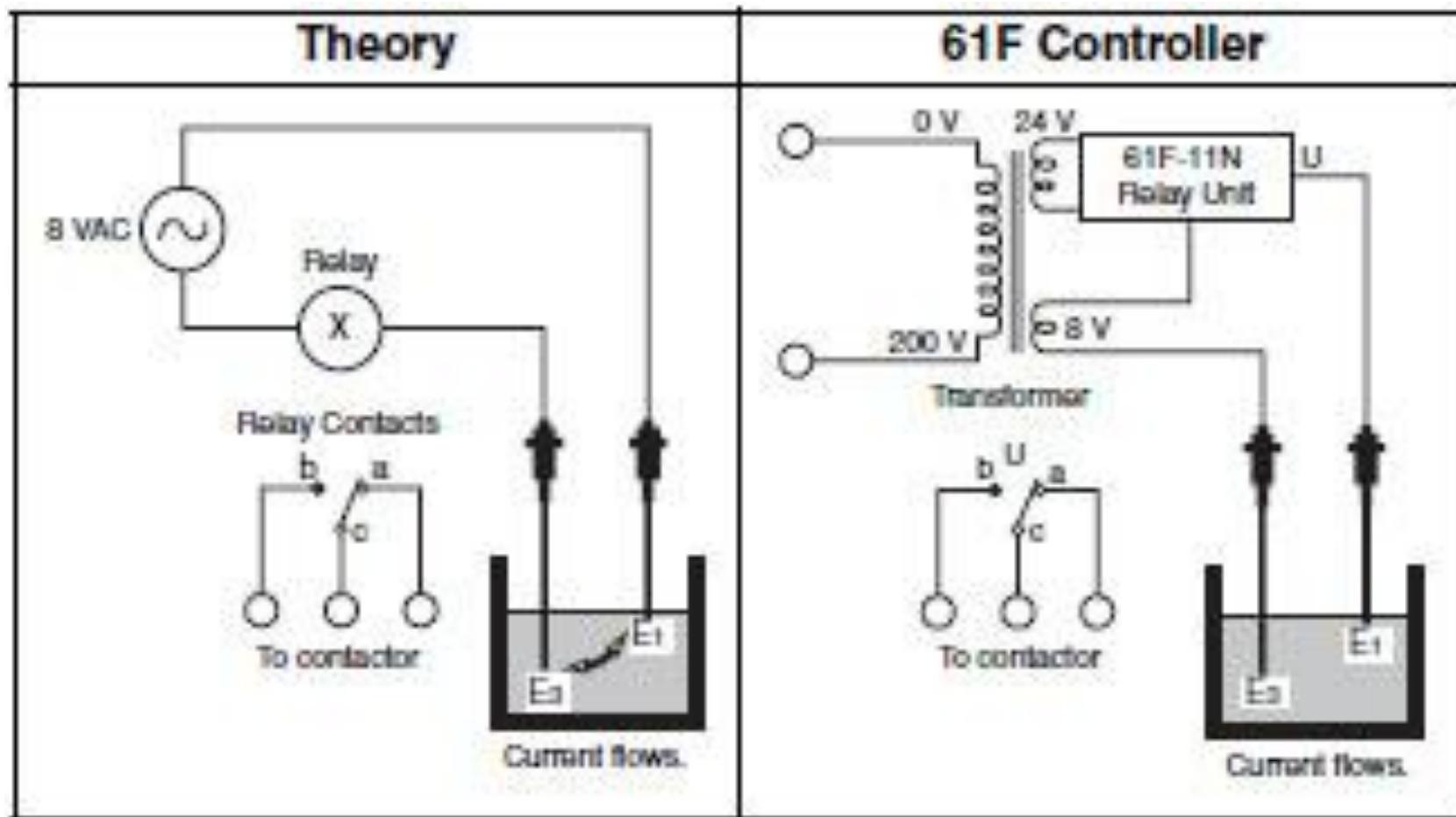


6. Conductive



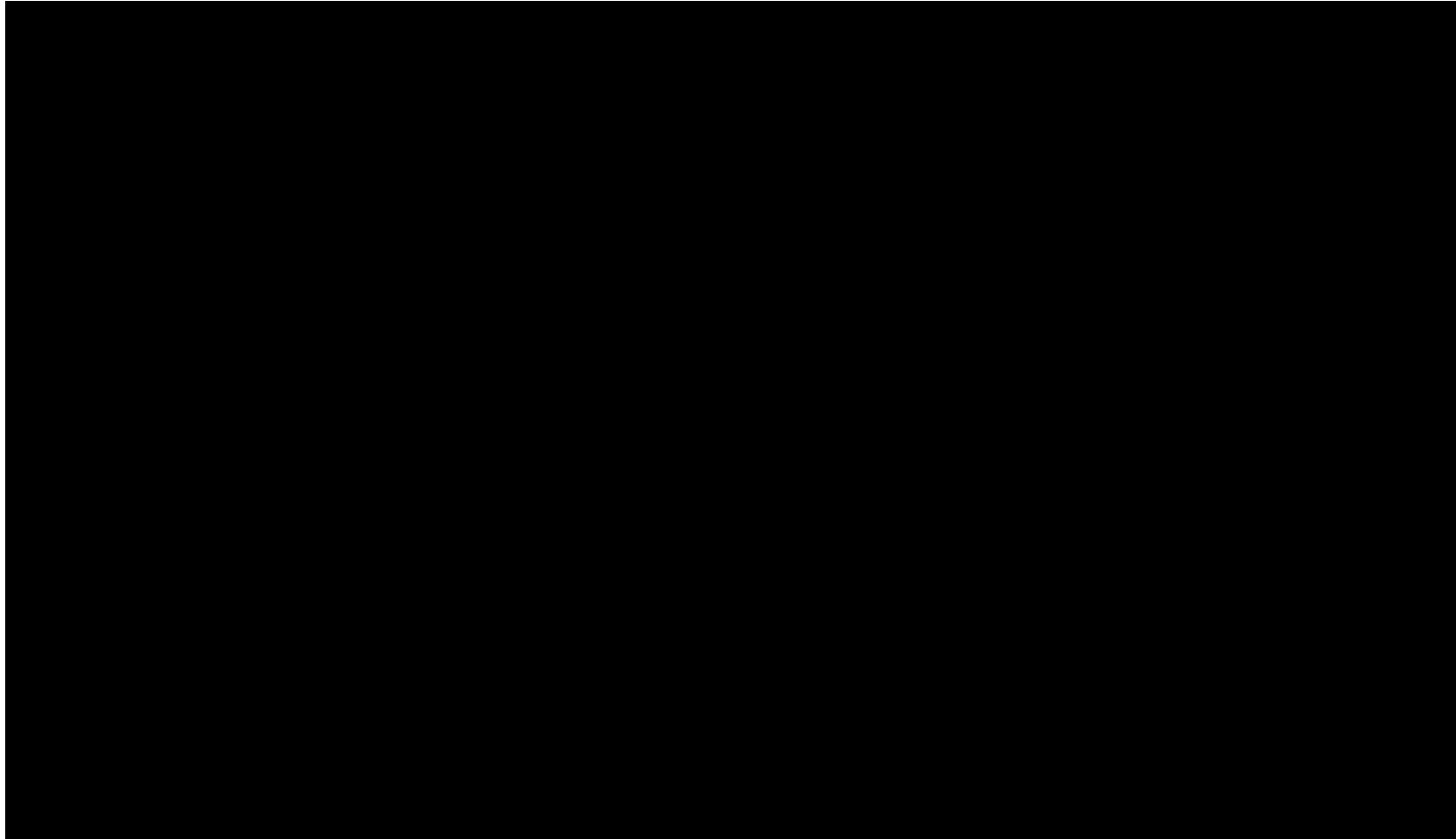


6. Conductive



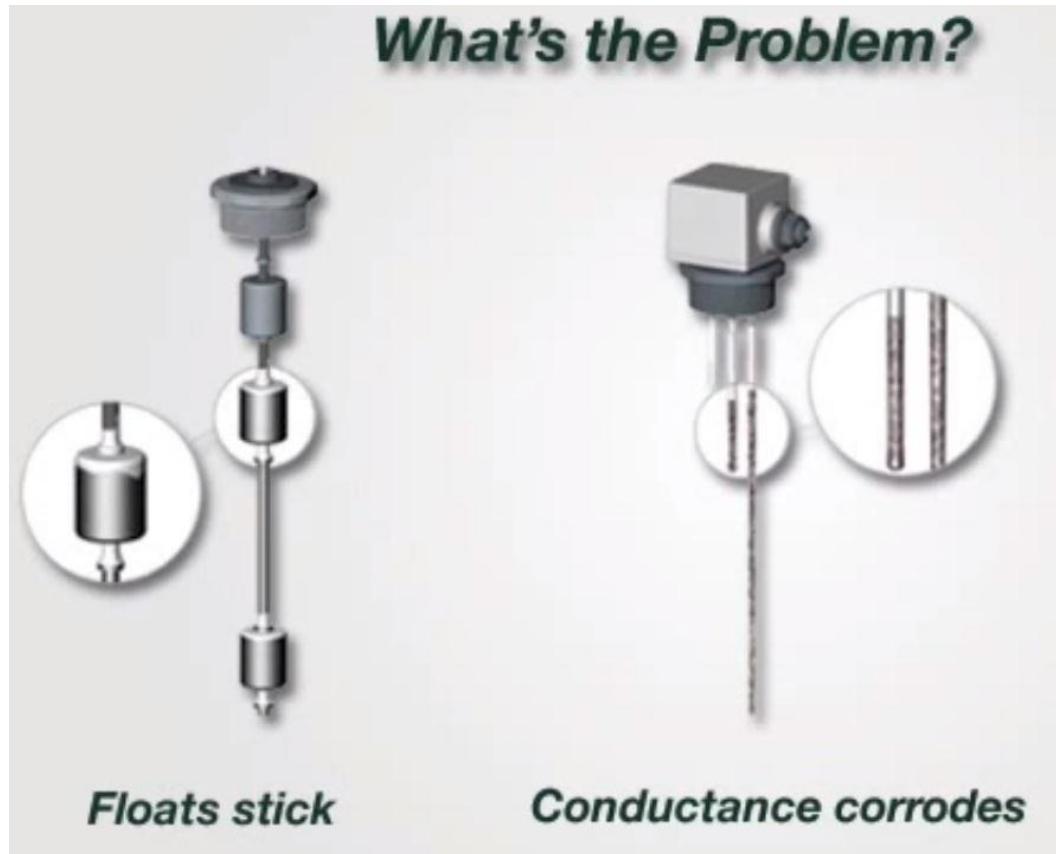


7.Nuclear radiation sensing





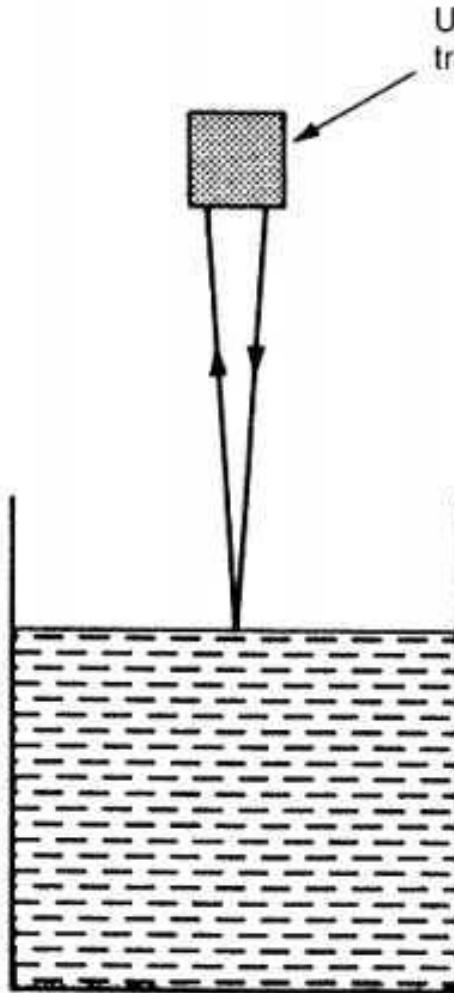
8.Ultrasonic sensing



- Sticky
- Corrosive
- Dirty
- Viscous
- Crystalizing liquids



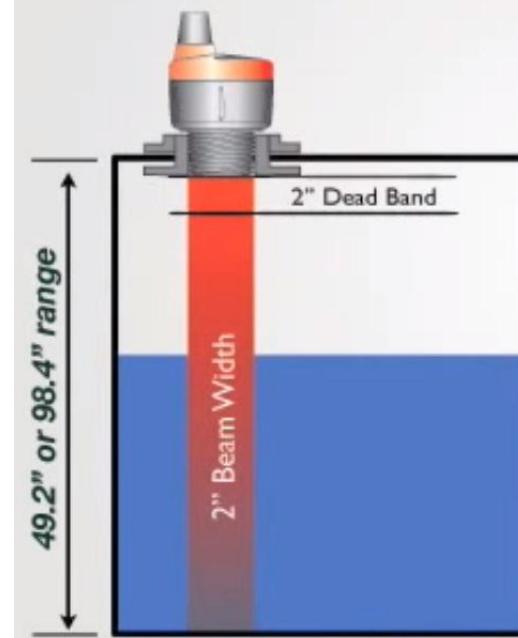
8.Ultrasonic sensing



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



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

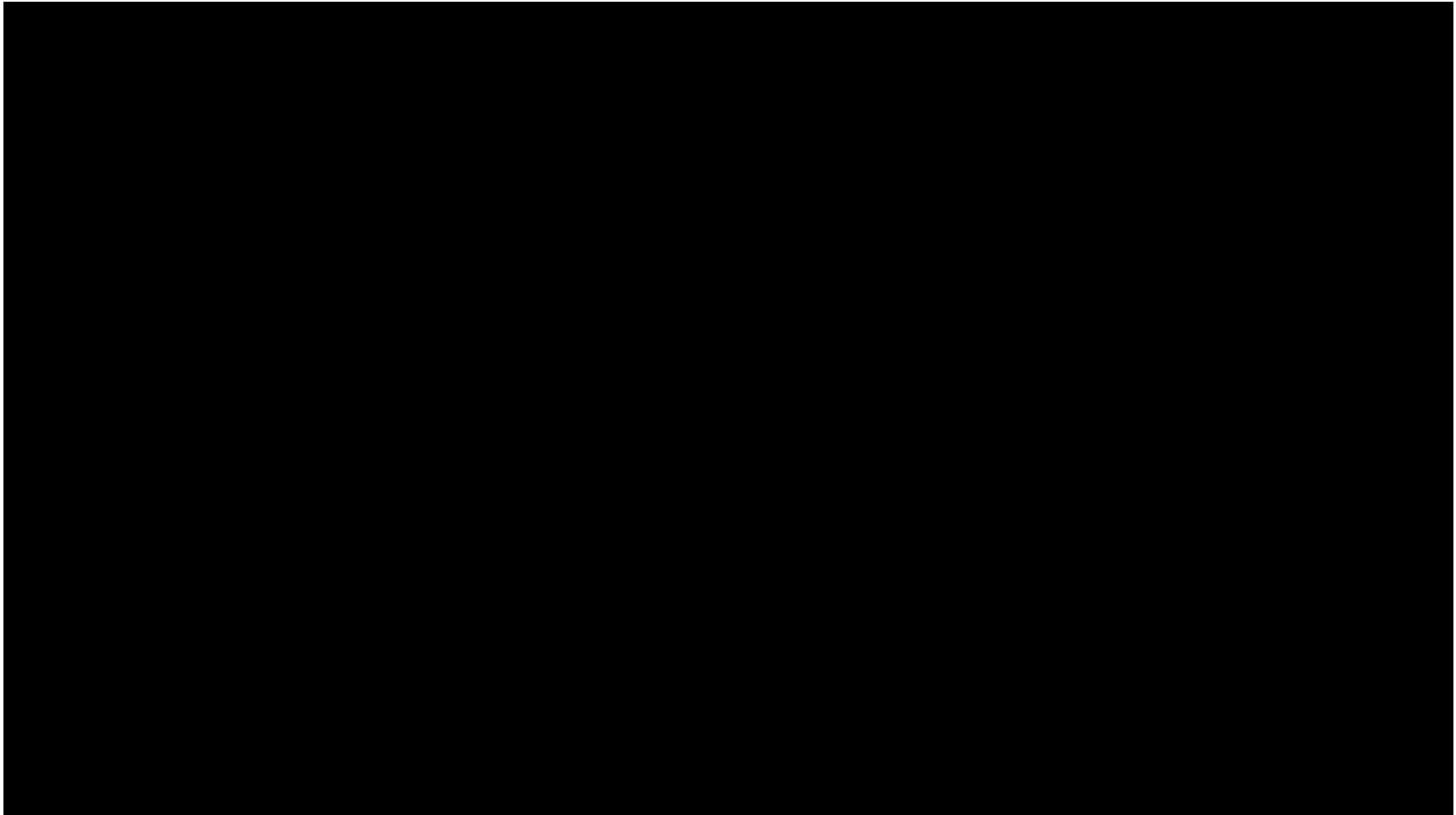
8.Ultrasonic sensing



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

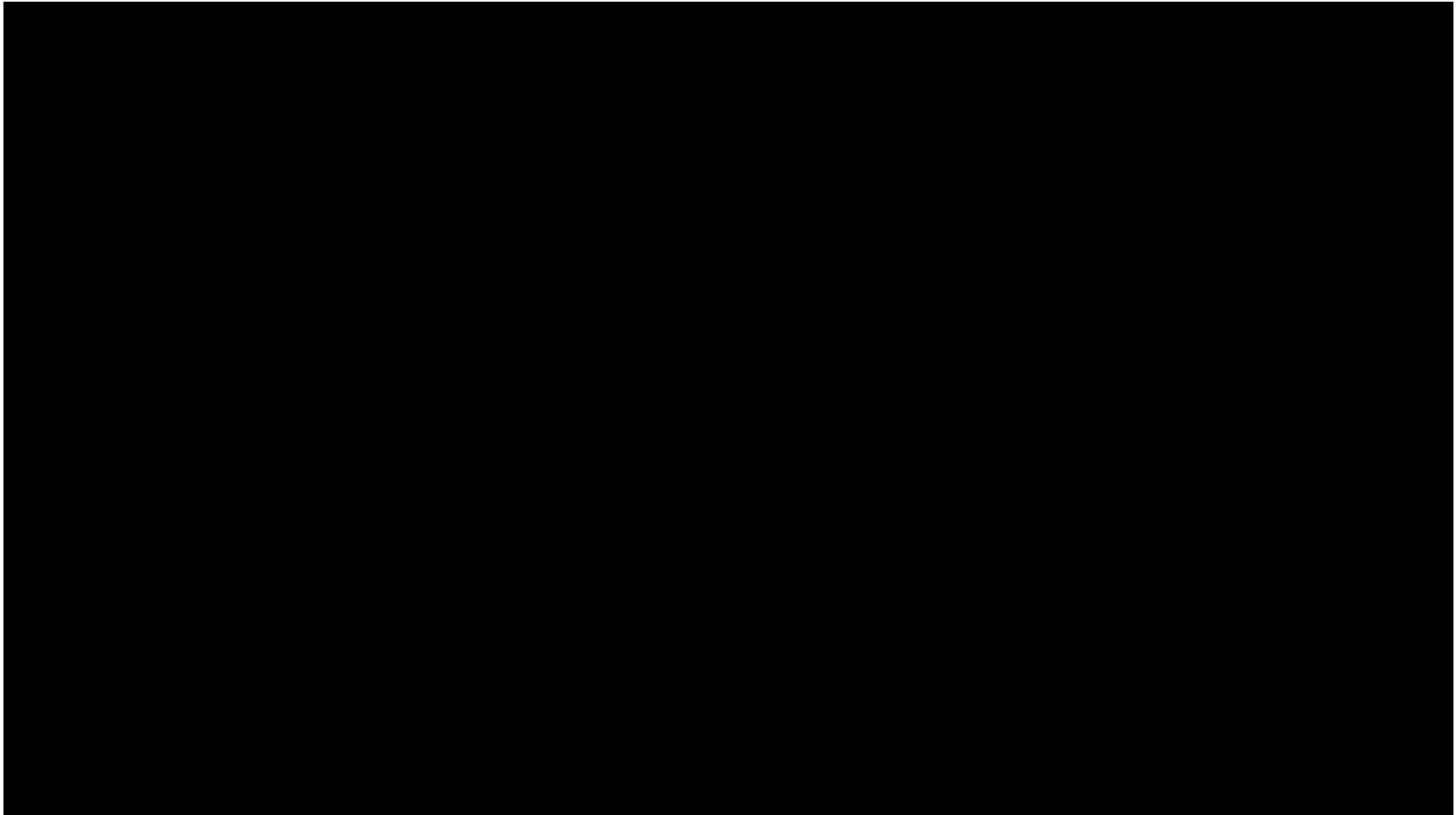
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

8.Ultrasonic sensing



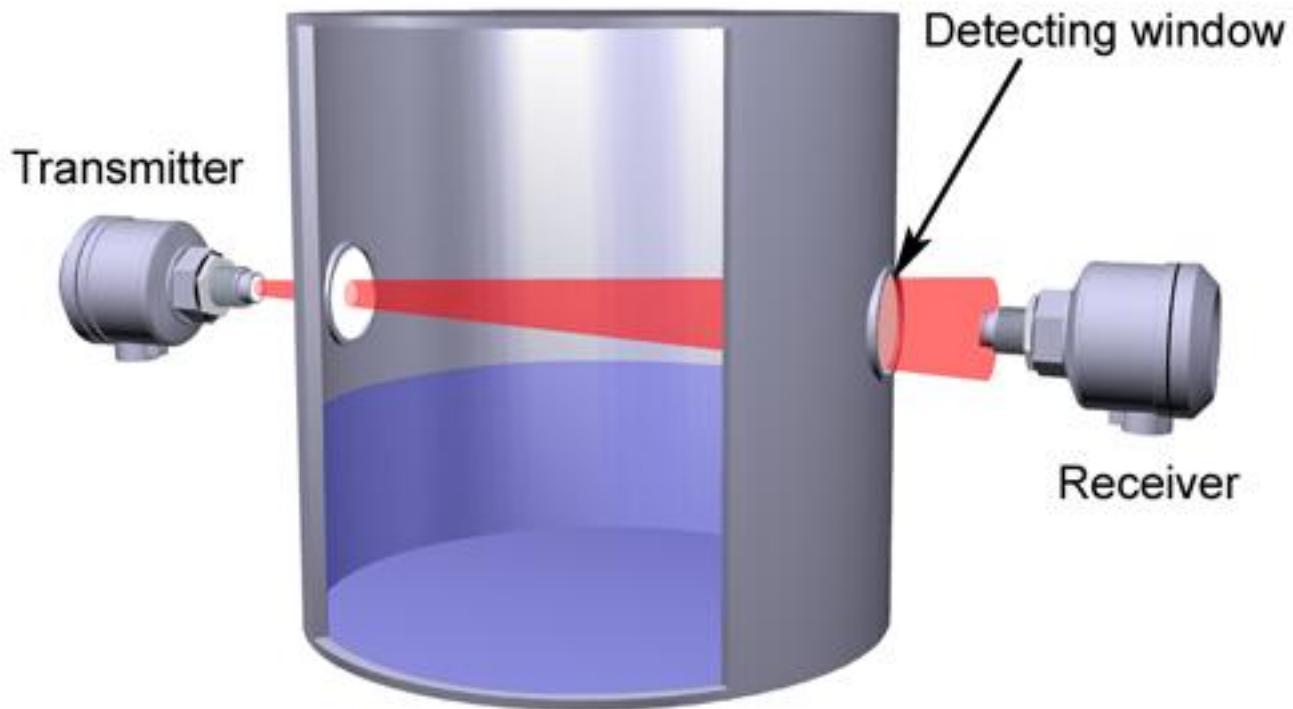


8.Ultrasonic sensing



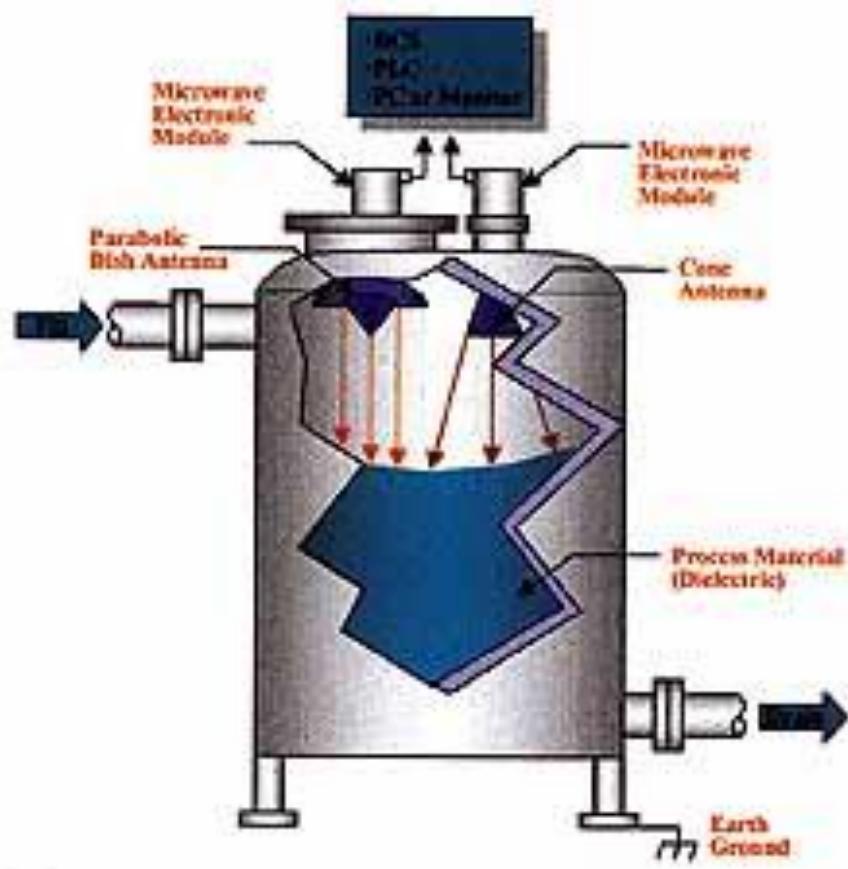


9. Microwave sensing



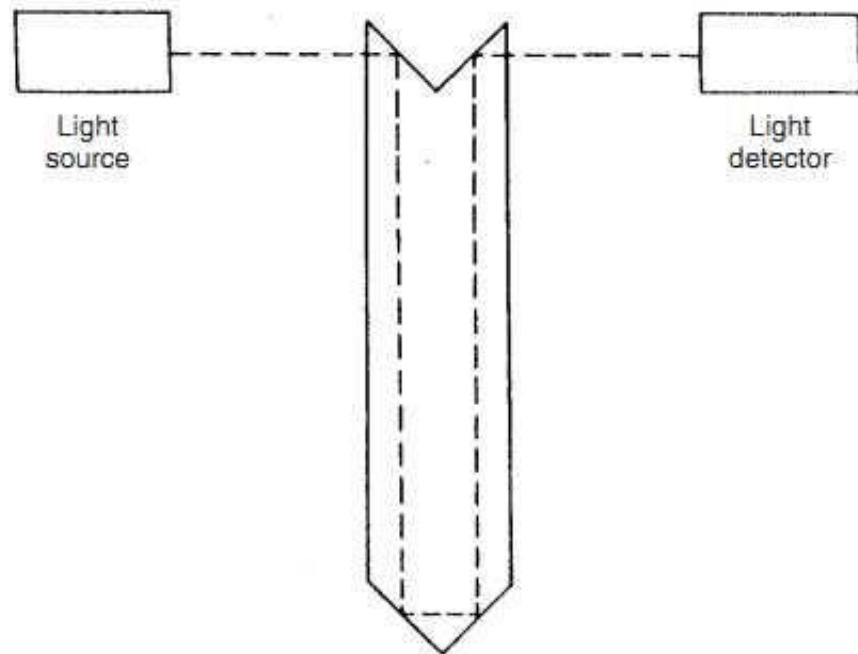
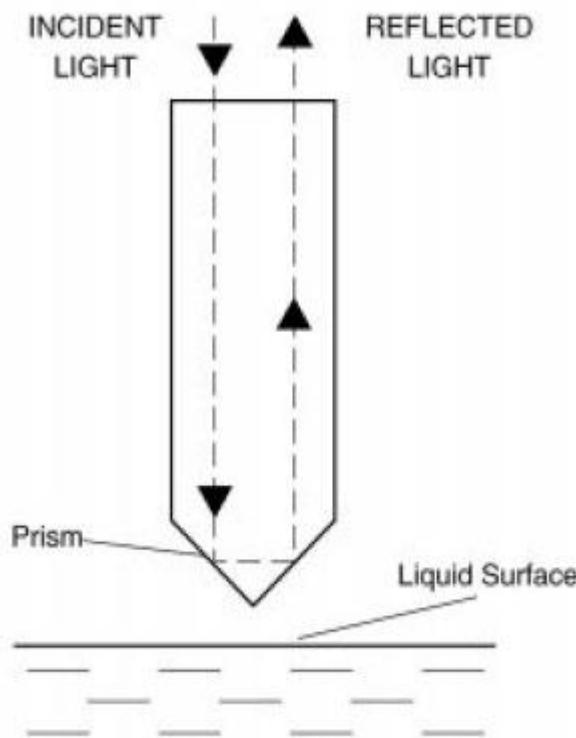


9. Microwave sensing



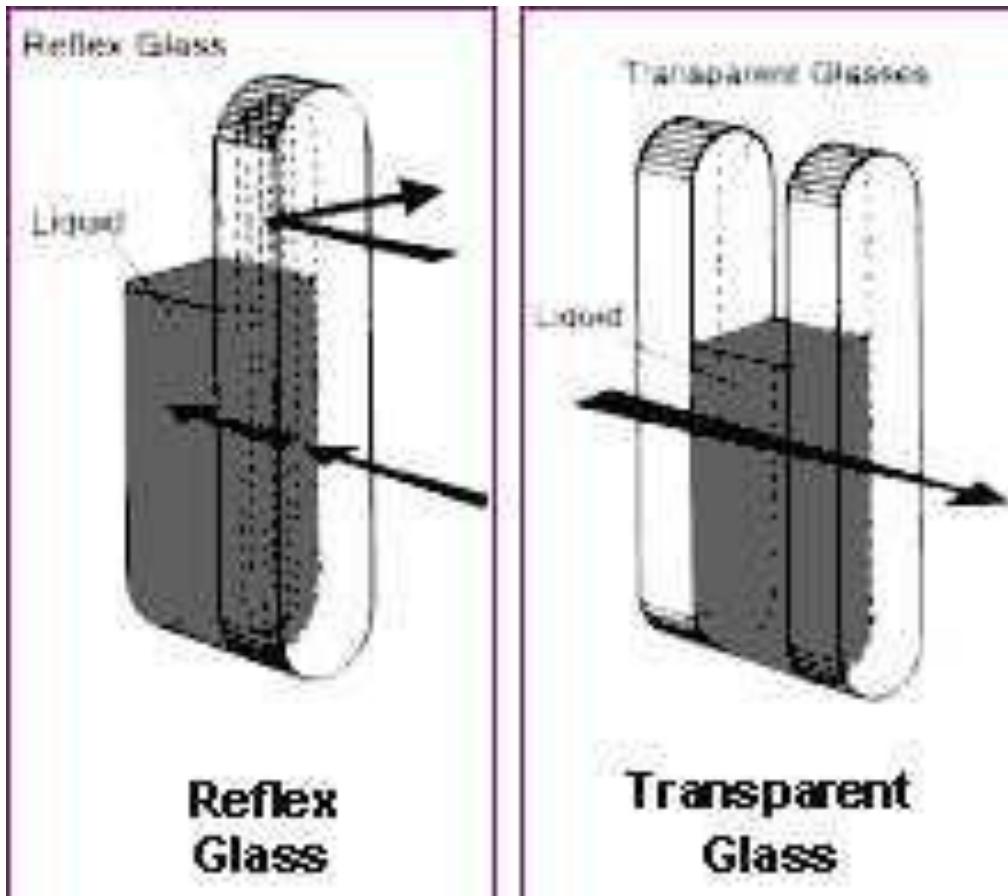


10.Ir sensing





10.Ir sensing



**Reflex
Glass**

**Transparent
Glass**



11. Vibronic measuring principle





12. Electronic Tape



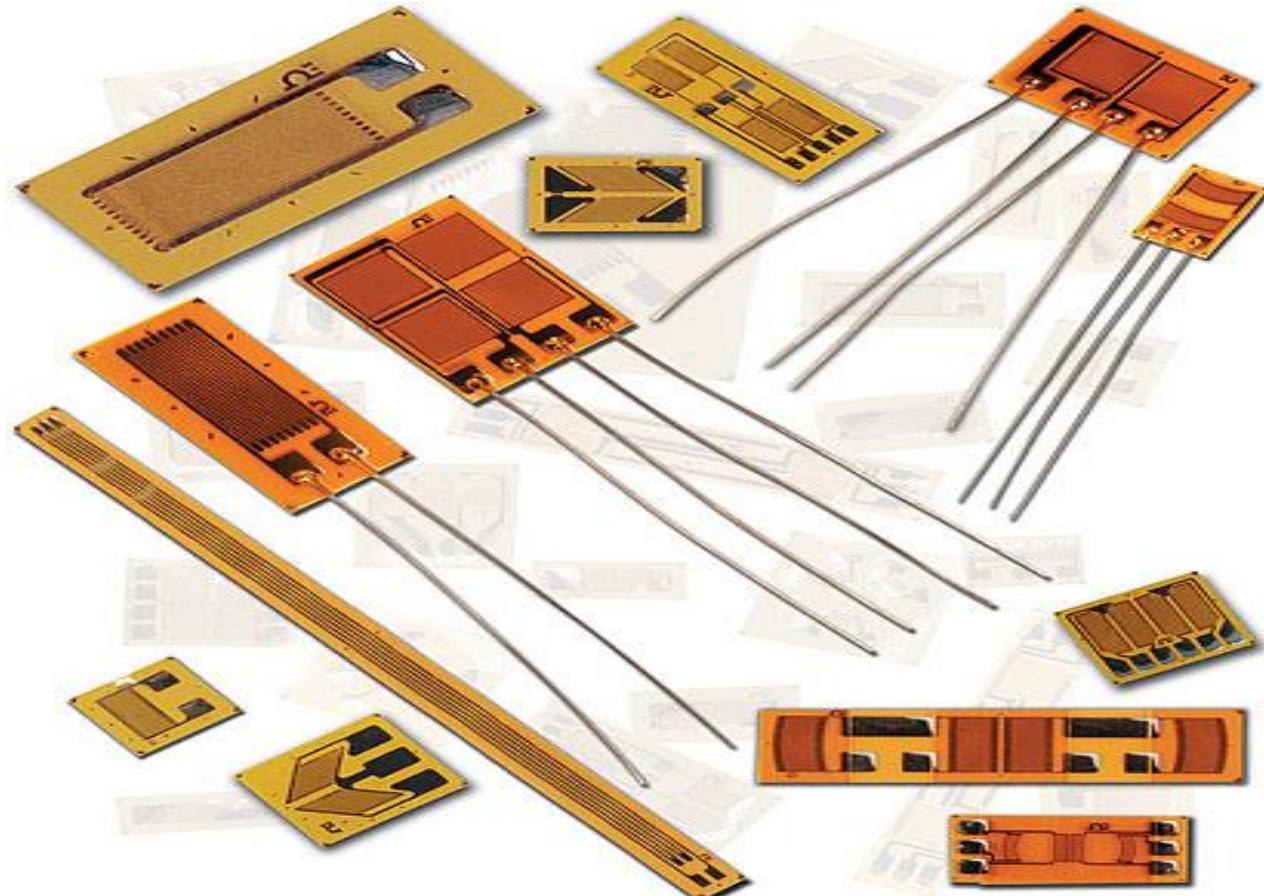


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

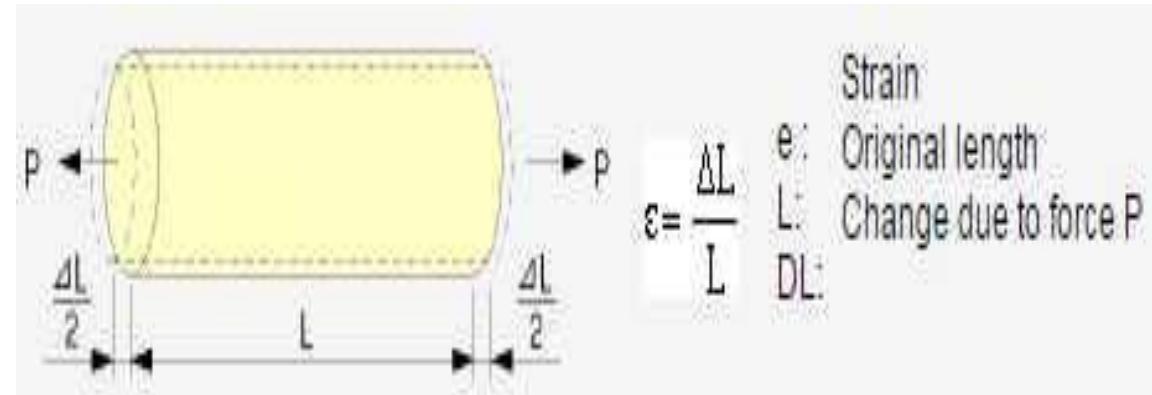
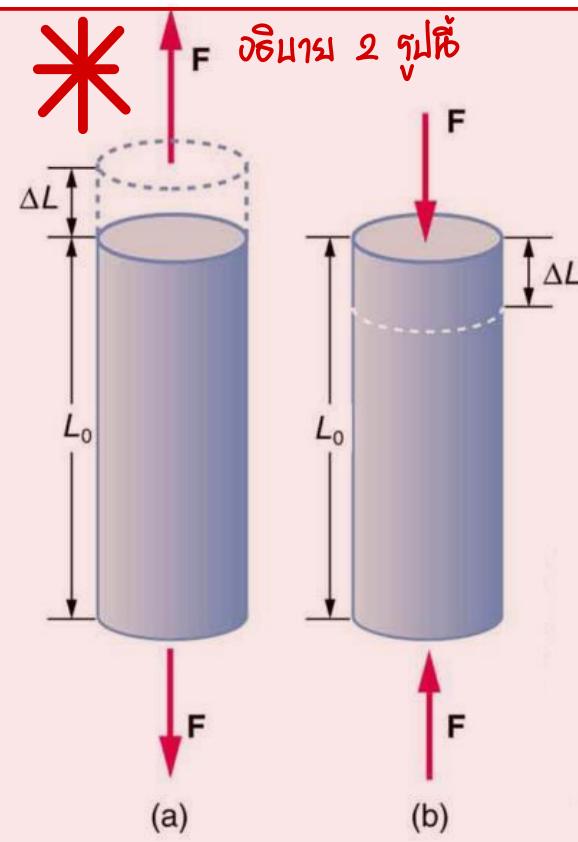
Strain gage

ตัววัดแรงดึง^{ตัววัดแรงดึง}
เครื่องมือ

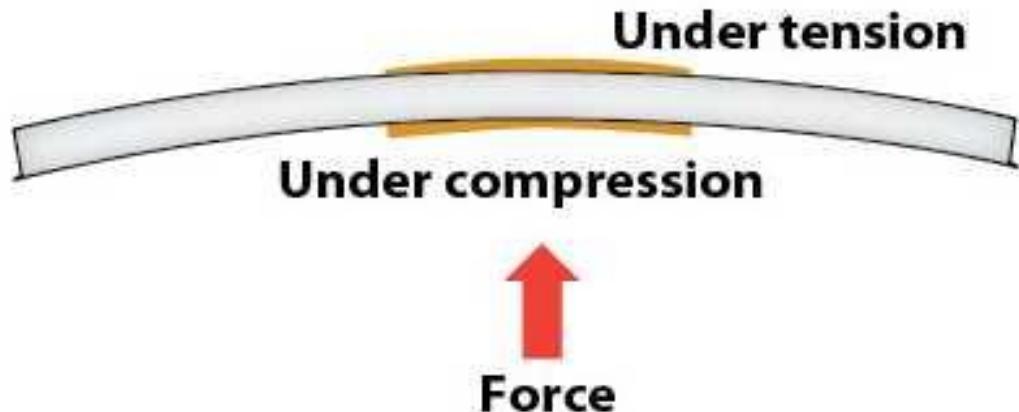




Tensile and Compressive strain



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

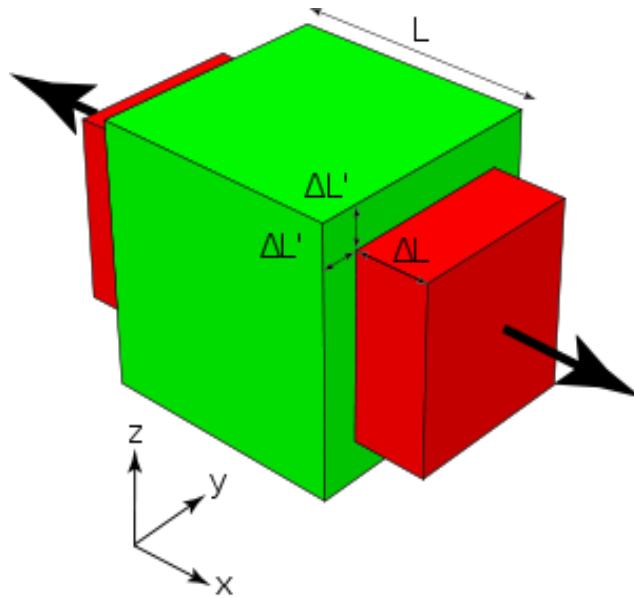


GAUGE FACTOR *

- The sensitivity of a strain gauge :

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

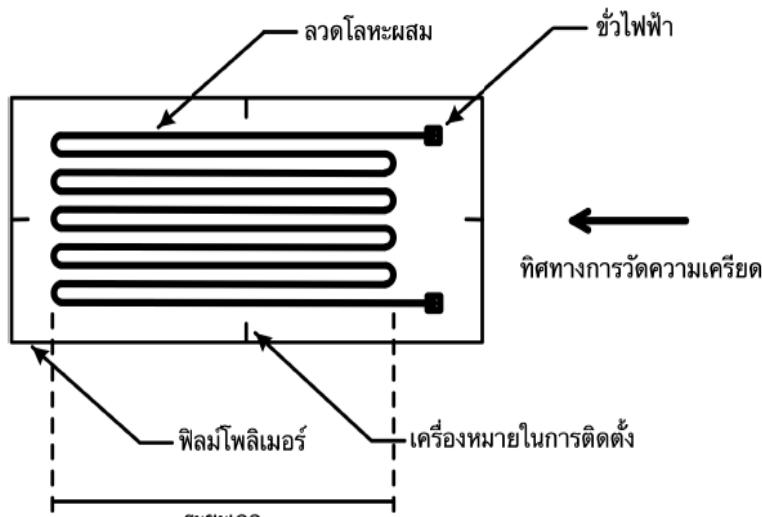
where Δ represents the change.



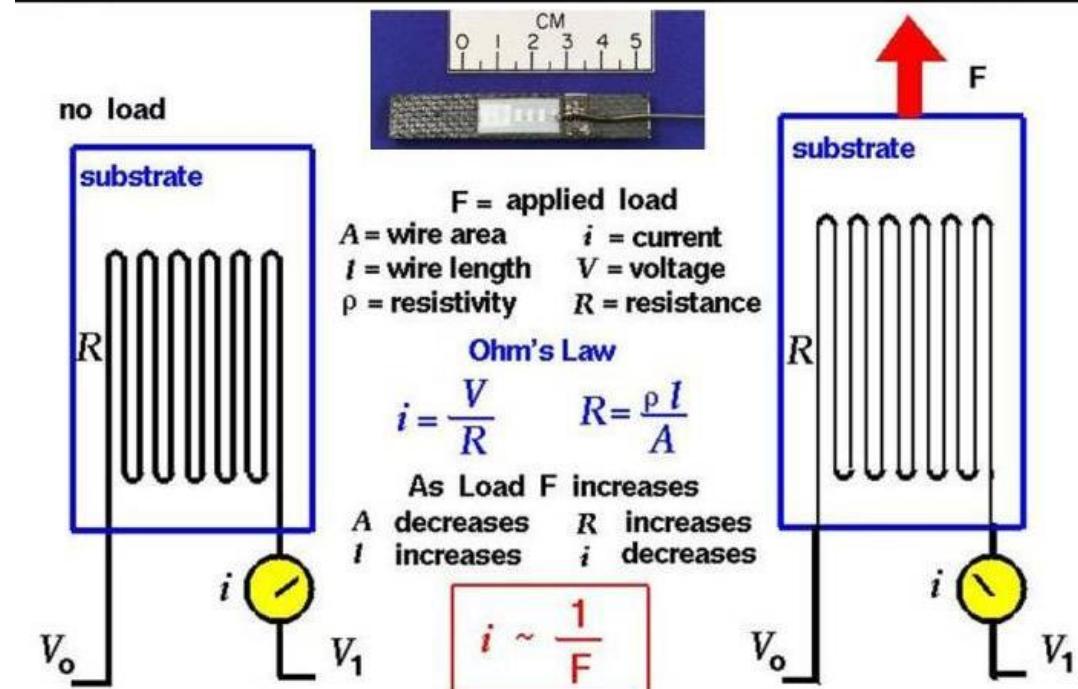
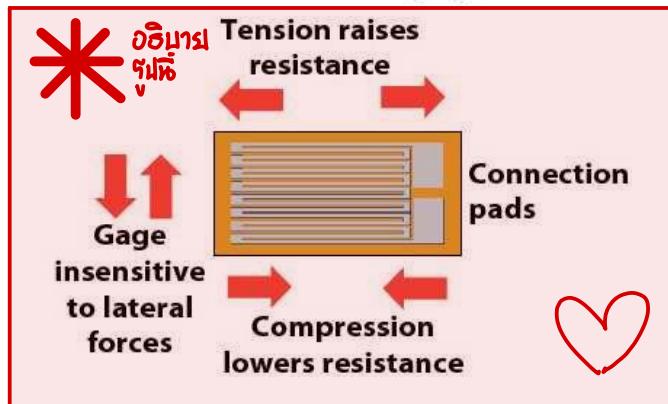


สถาบันเทคโนโลยีมหิดล: จอมเกล้าเจ้าคุณการลาดกระนับ

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



Bonded strain gage



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

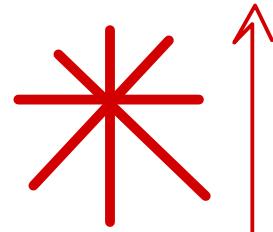
Resource : <http://machinedesign.com/>

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

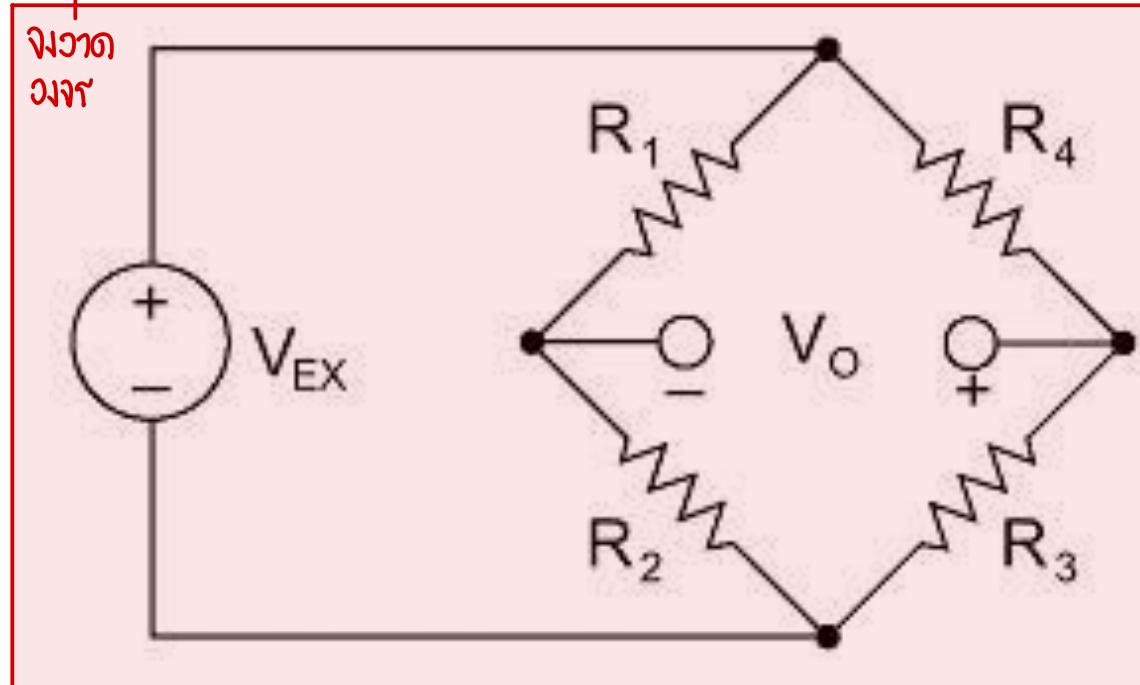
Bhanupol Klongratog



Wheatstone bridge circuit



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



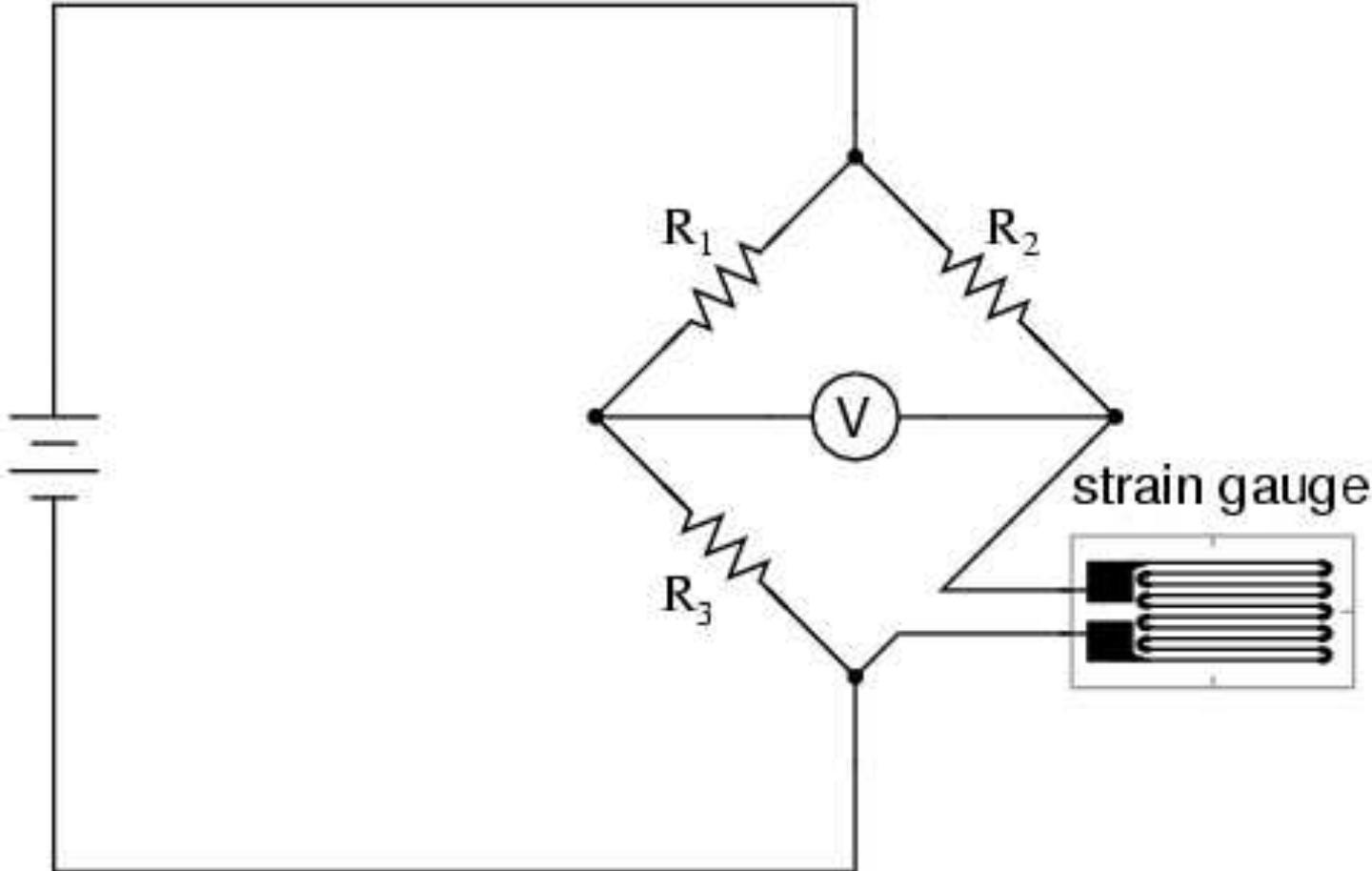
Resource : <http://www.ni.com/white-paper/3432/en/>

Bhanupol Klongratog



Quarter-bridge strain gauge circuit

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

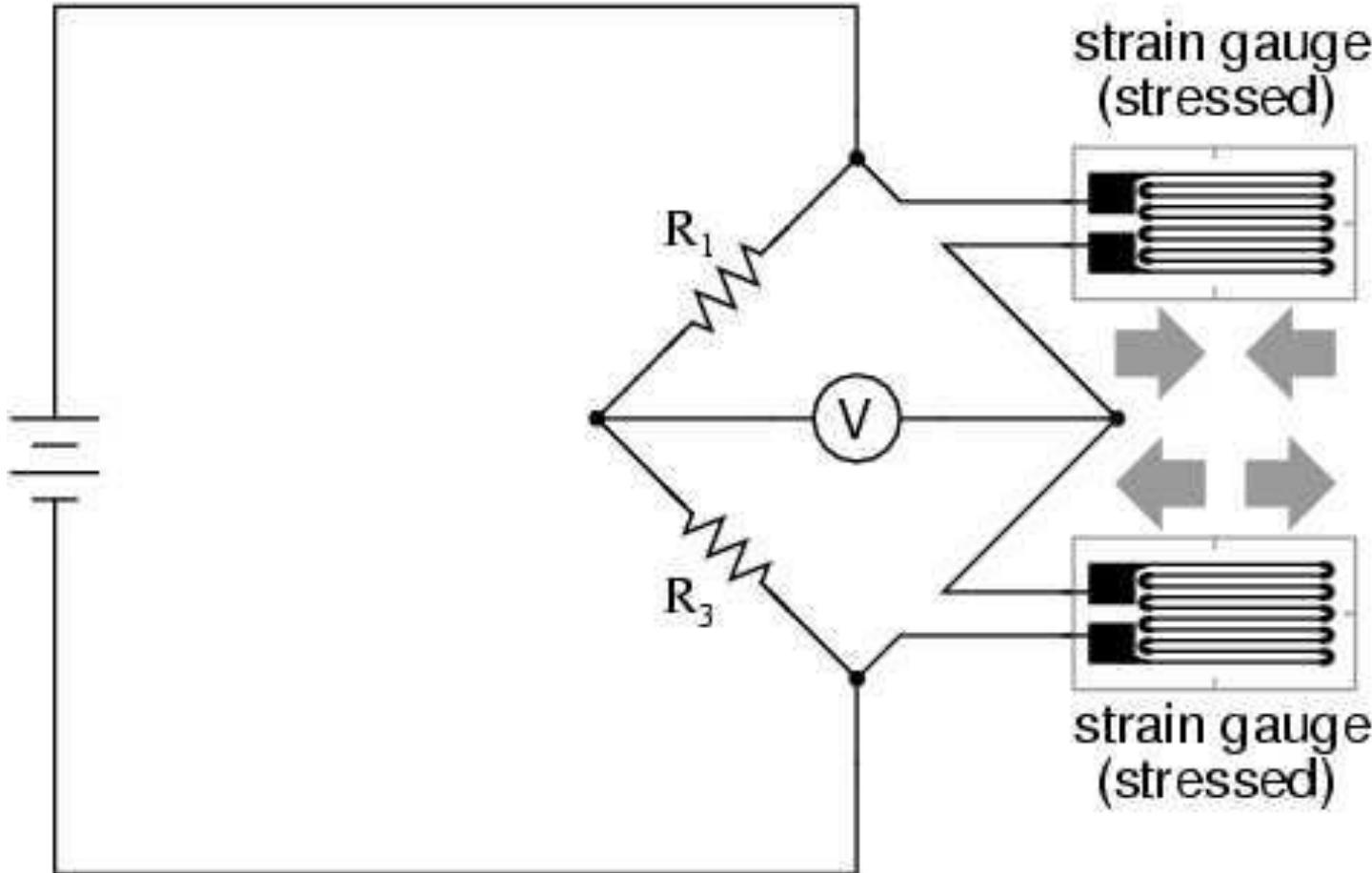


Resource : <http://www.allaboutcircuits.com/textbook/direct-current/chpt-9/strain-gauges/>



Half-bridge strain gauge circuit

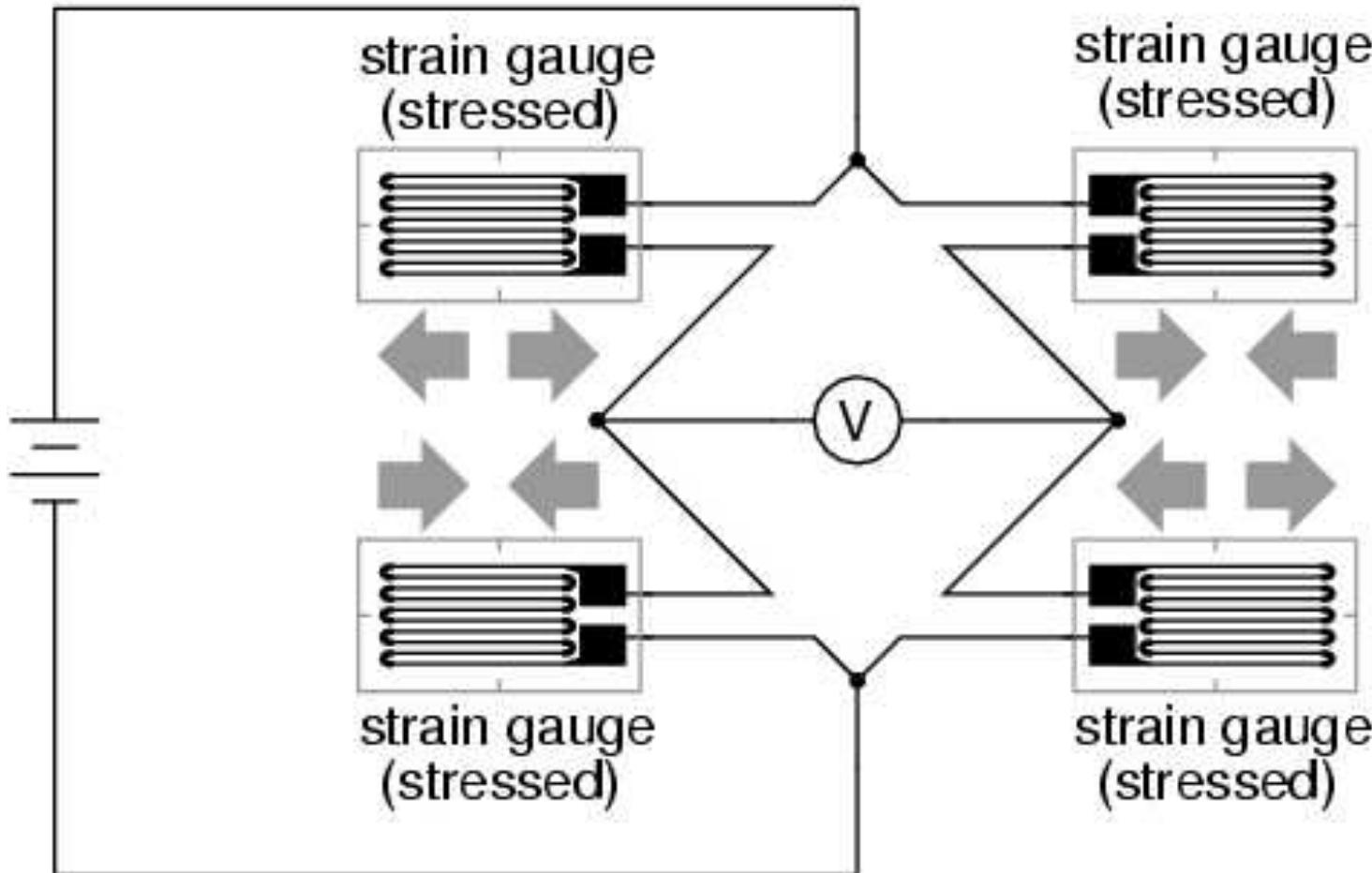
คำนวณ V_{out} เมื่อ $R = 100\Omega$ $R_{ผิวชั้นนอก} = 20\Omega$ / งมิเมตร. แตกต่าง





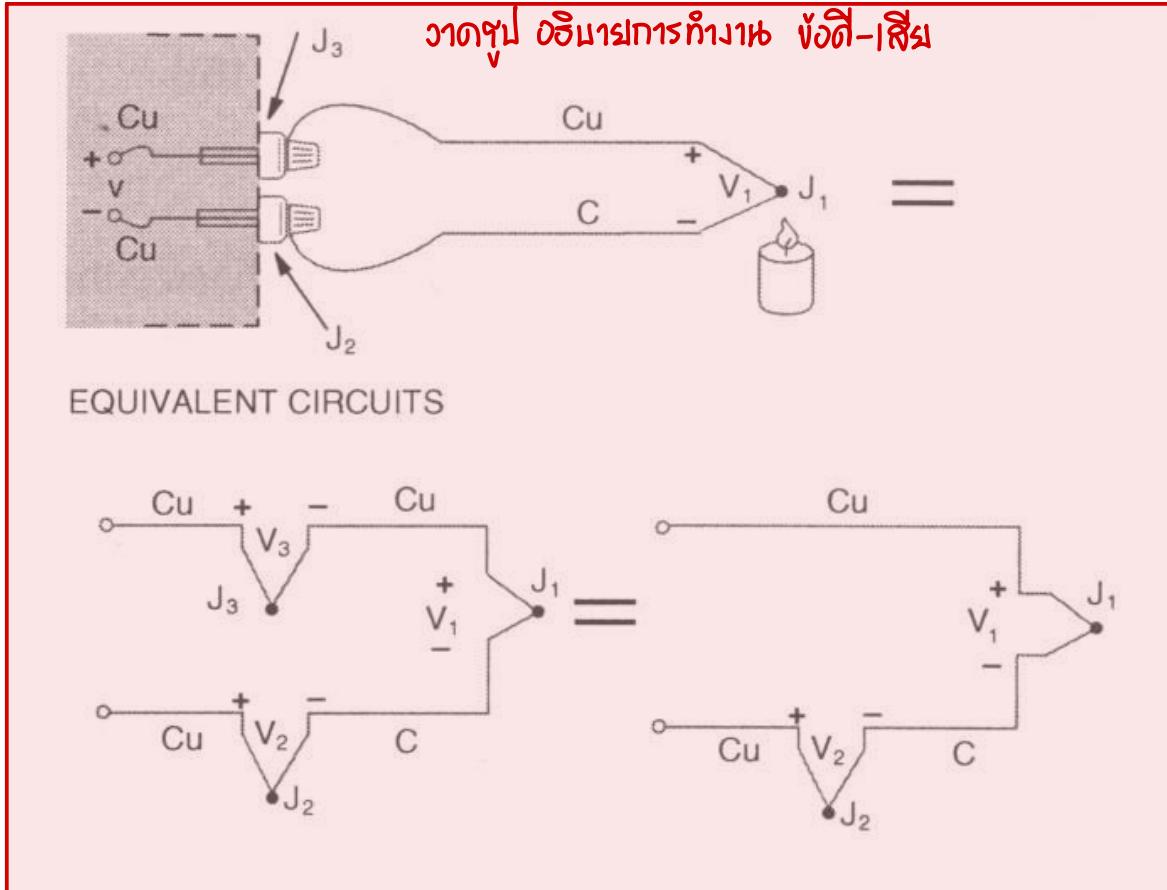
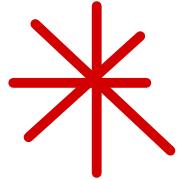
Full-bridge strain gauge circuit

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



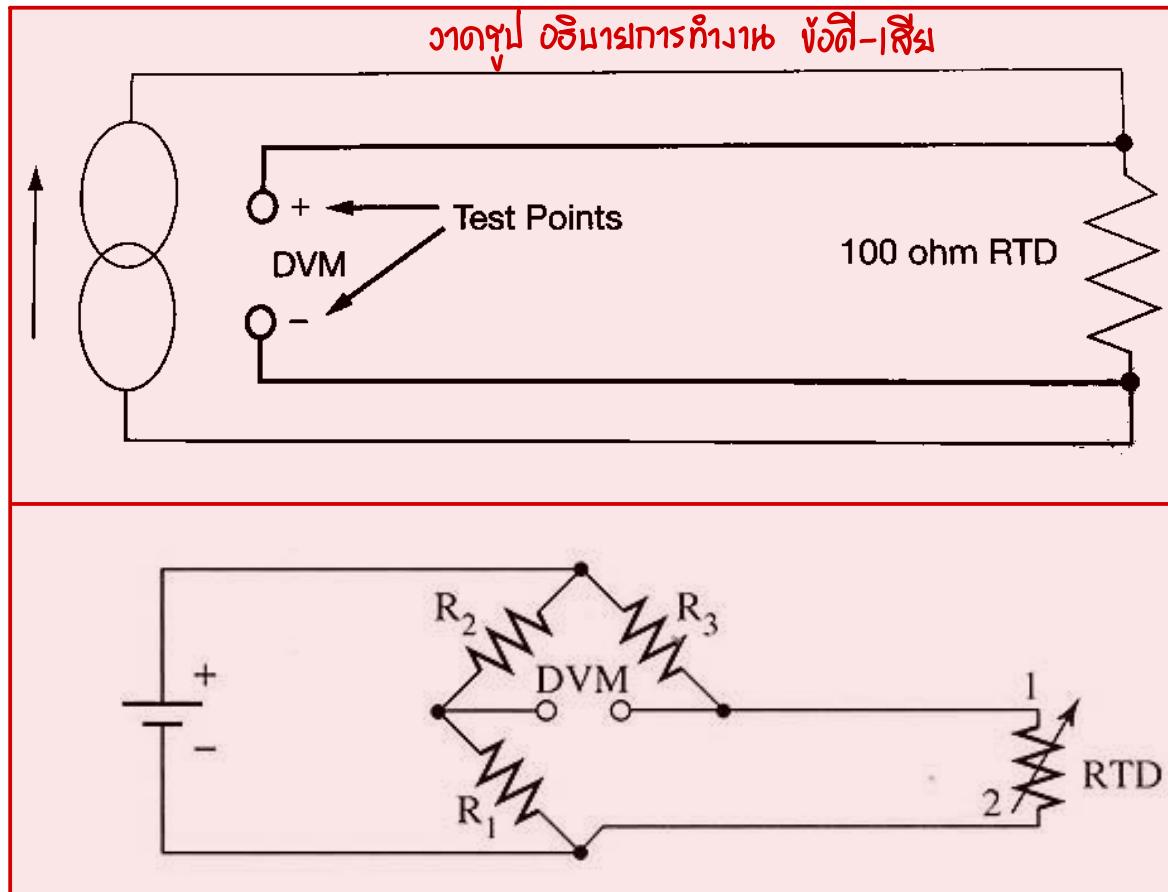
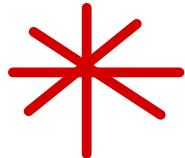


Schematic of Thermocouple





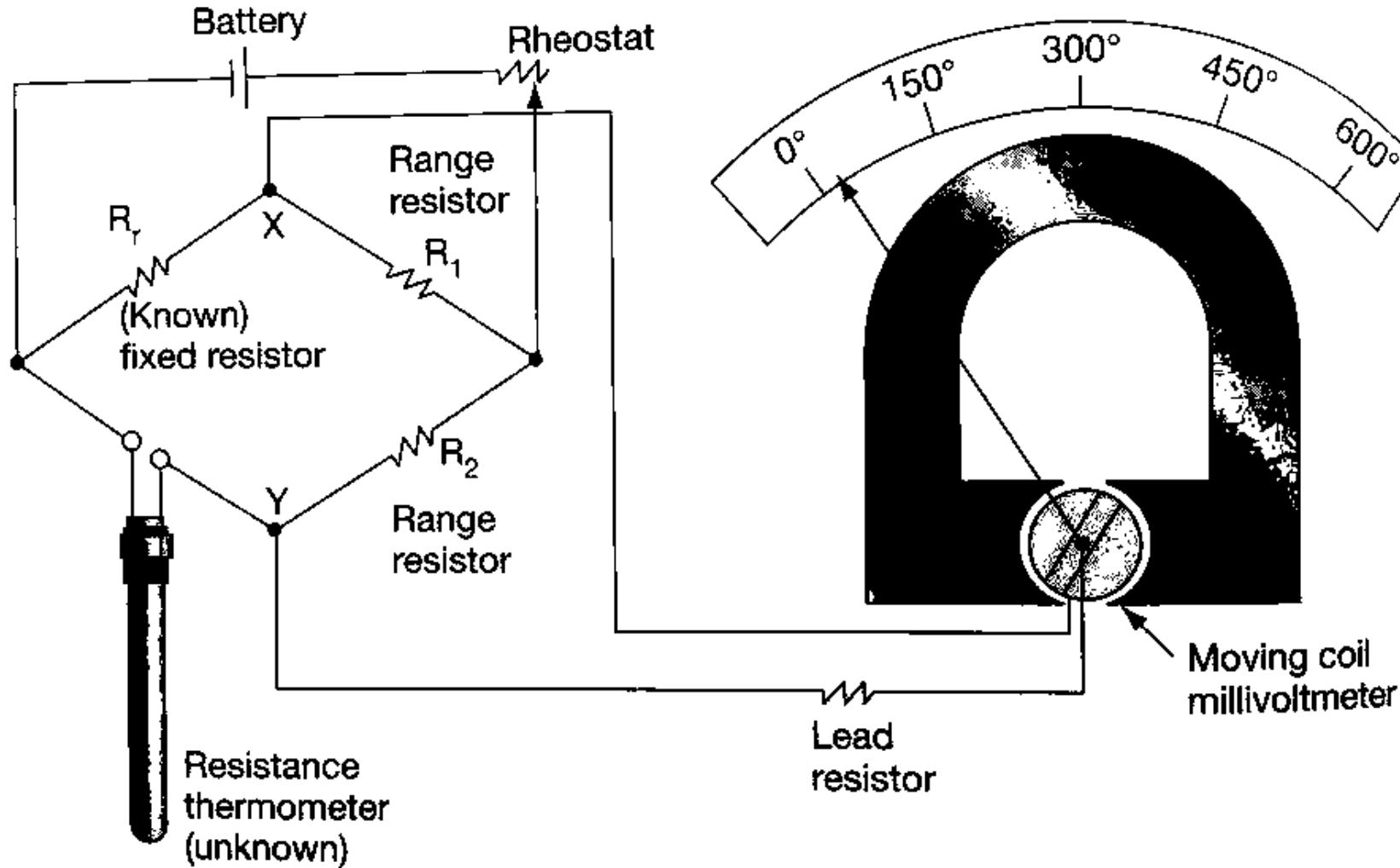
RTD Circuit





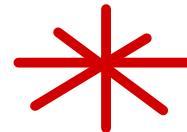
RTD Circuit

ວາດຫຸນ ດອນໄຍກກາງກຳນົກ ຂັ້ນຕີ-ເສີຍ

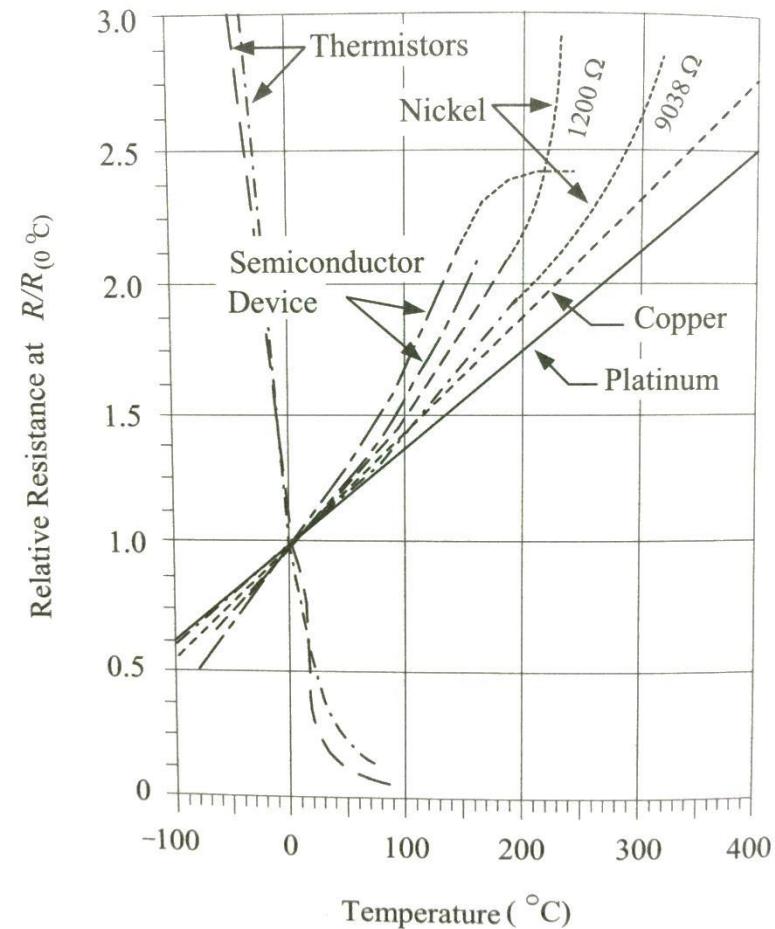
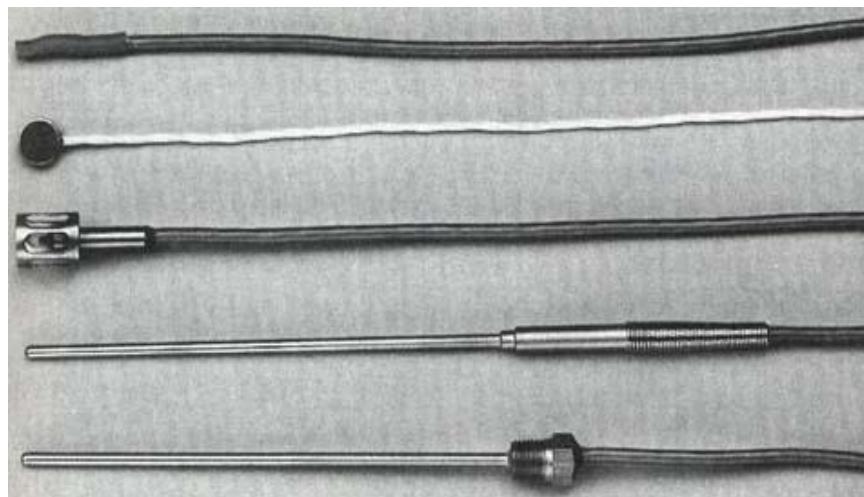
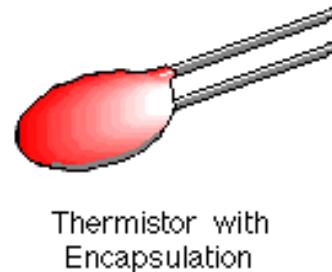
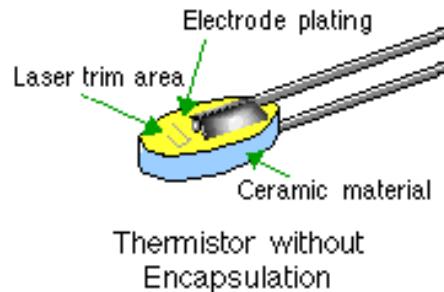




Thermistor ວາດຫຼຸ່ມ ດອິນໄຍກກຳນົງໄຟ ຂັ້ງຕີ-ສີ່ຍ



Temperature coefficient of resistance : PTC and NTC



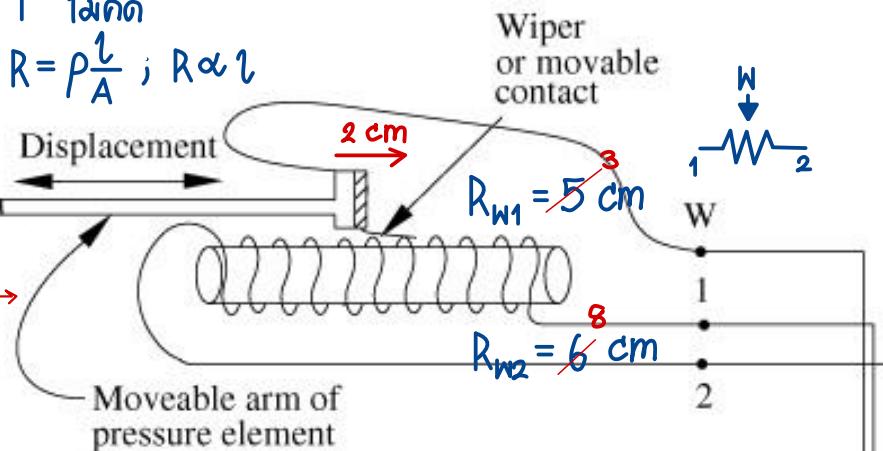


A simple voltage sensing circuit

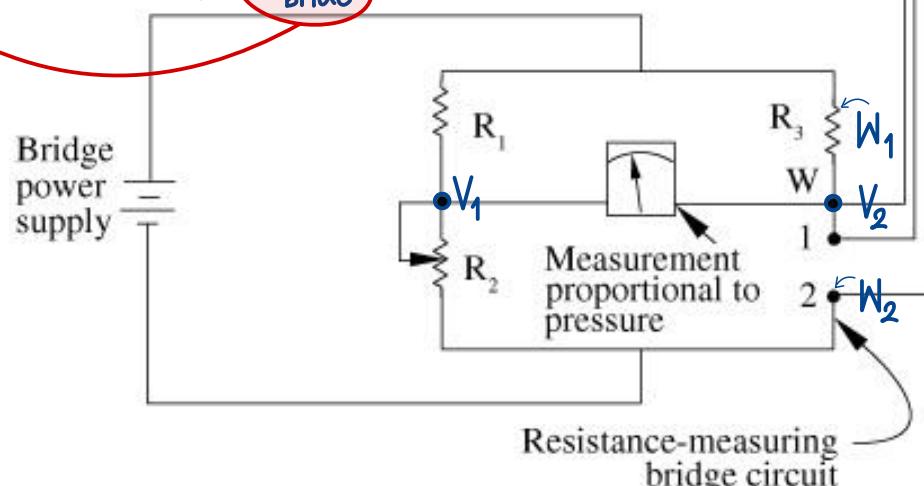


ວິຊານາຍ
ກຳນາວອ່າງໆ
ຍາກຕະຍາ
ກຳເຫັນດີວ່າໄປ
ຕັ້ງຕົວແນ່ດັກ
(ໃຫ້ນີ້ສາລະຍ)

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



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



ຕຽວຈັບດະຍະການຖືເປີ່ມຂຶ້ນ

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

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

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



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 $V_{out} = 0 \text{ V}$.

เวลาเต็มเกลิงติ่งคำ

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

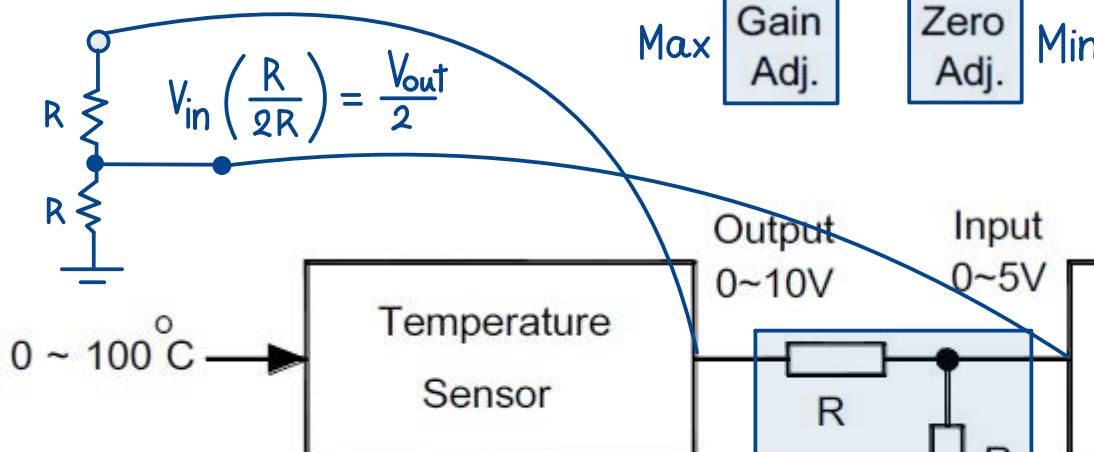
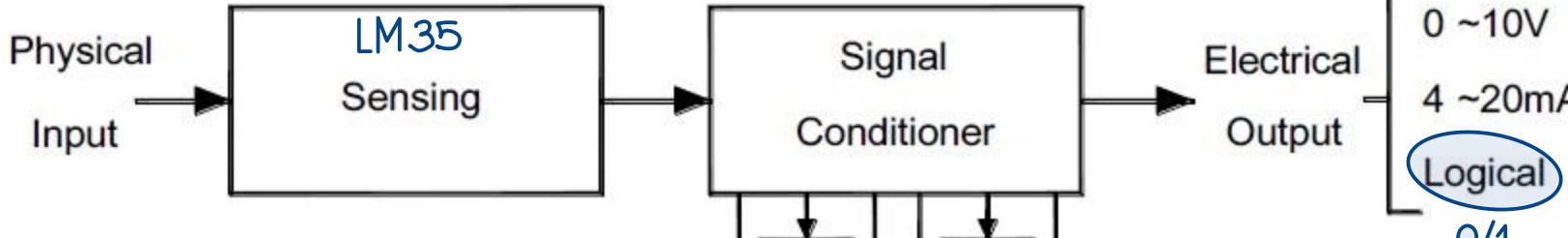
If DAC Hex Code = 0000, then $V_{out} = \underline{0} \text{ V}$.



Block Diagram of Basic Measurement System

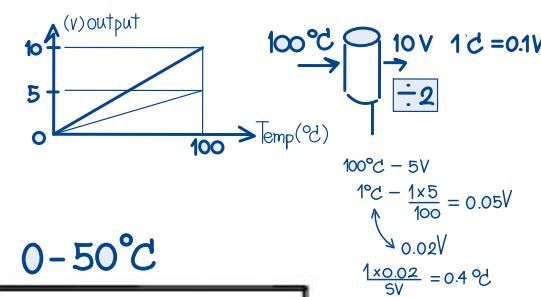
ກໍາໄທເຮັດໃຫ້ວຽກງານທີ່ກີ 0-100 °C ໃຫ້ $V_{out} = 1-5 V$ ຈະ

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



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

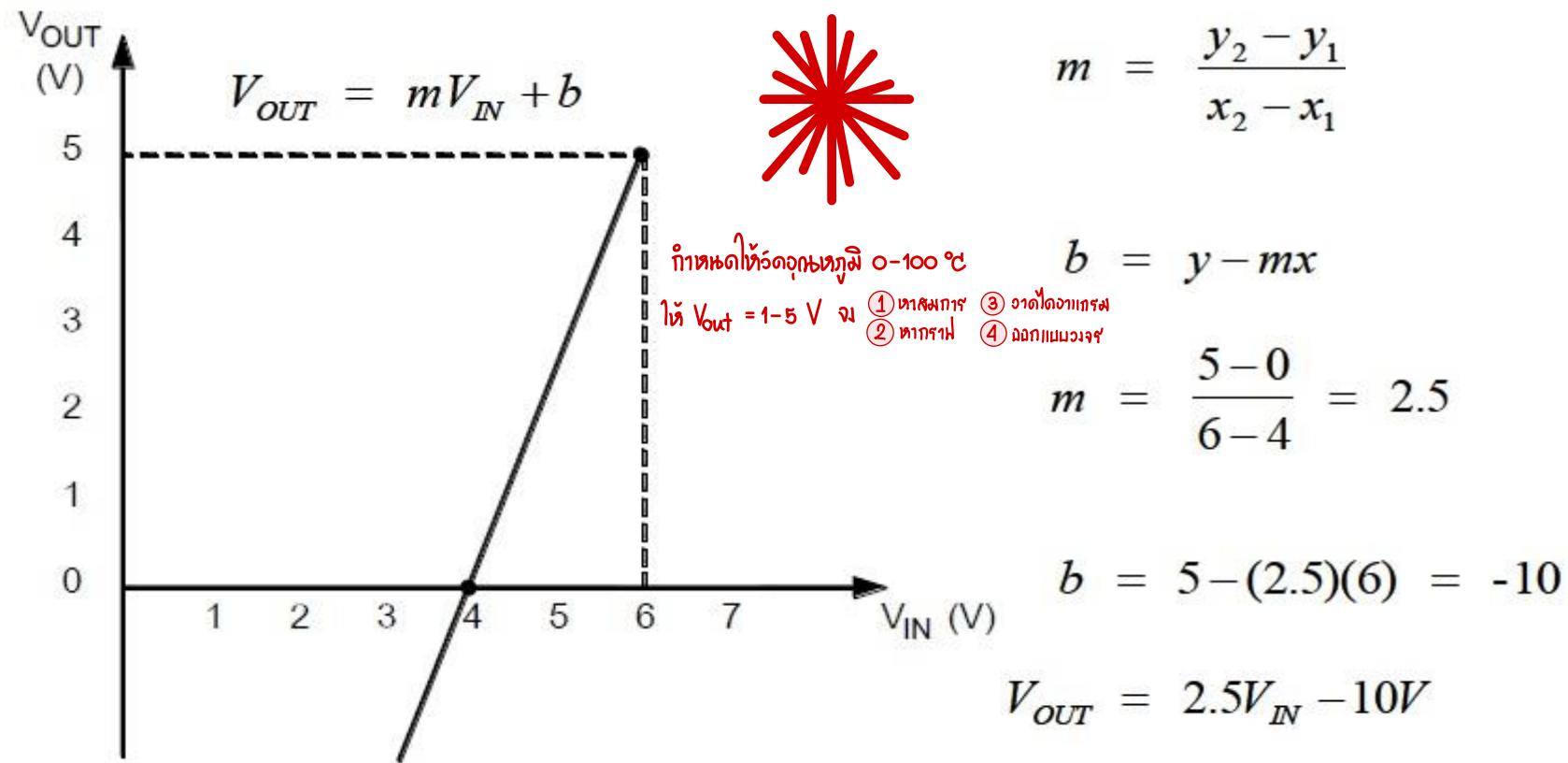
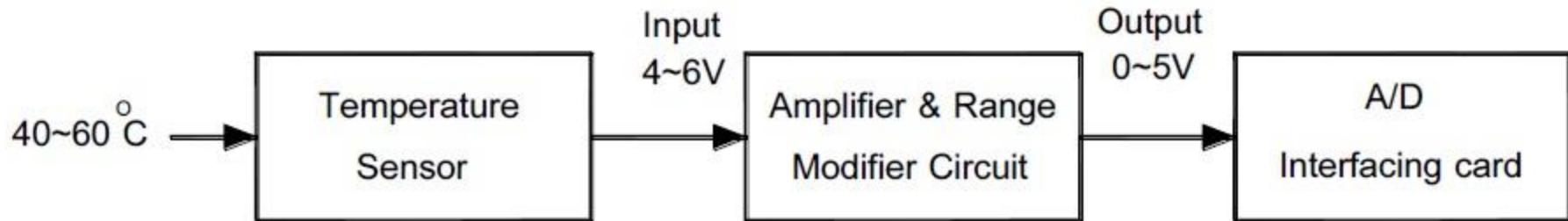
$$\text{ກຳລົງໄຟ້ } FS \rightarrow V_{ref} - V_{LSB} = 5 - 20 \text{ mV} \approx 4.98$$





ສາທັນເກດໂນໂລຢີພຣະຈອມເກລ້າເຂົາຄຸນກາຮຄາດກຣະບັບ

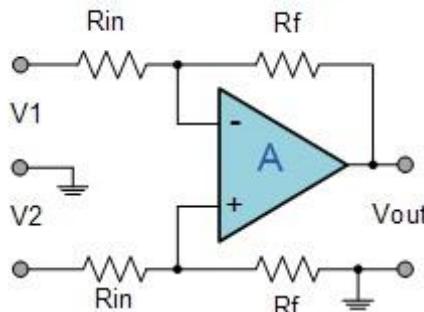
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang





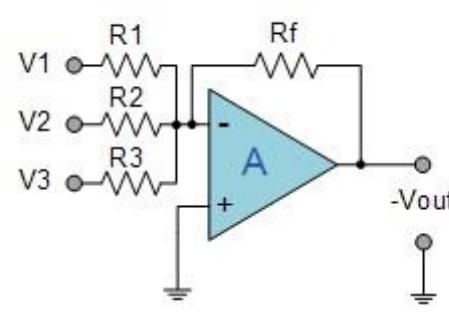
Differential and Summing Amplifiers

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

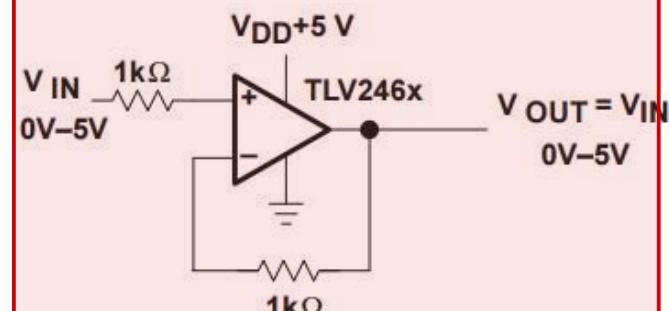
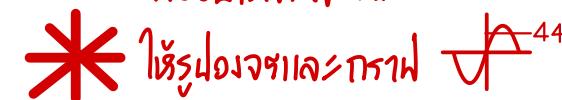


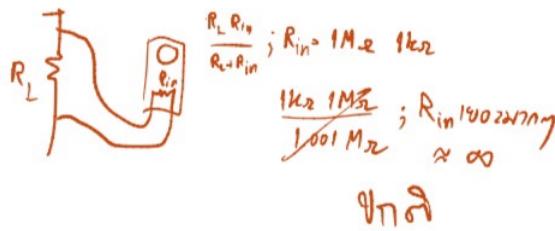
Figure 14. Unity Gain Amplifier

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} ດີວິວຕີດຕັ້ງໄວ້ຈະກ່າວ R_L ດີວິວຕັ້ງ





show item in stock

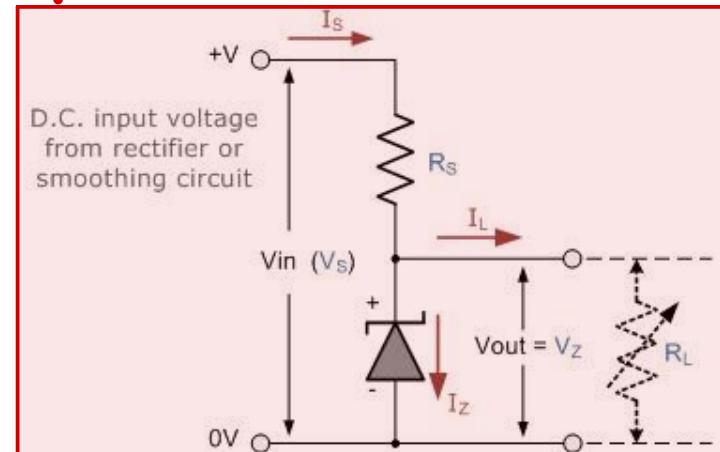
| Number of Rectifiers | Power | Reverse Current Leakage@Vr | Zener Voltage | Features | Case Style | Package / Case | Mounting Type |
|----------------------|---------|----------------------------|---------------|-------------------------------------|------------|------------------|---------------|
| 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 | | DO-214AA (SMB) | |
| | 500mW | 1uA | 3.3V | High Reliability | | SOD123 | |
| | 1W | 2uA | 3.6V | Low Leakage,Low Zener Impedance | | SOD323 | |
| | 1.3W | 2.5uA | 3.9V | Low Reverse Current,Low Noise | | DO-34 (DO-204AG) | |
| | 1.5W | 3uA | 4.136V | Small Signal Zener Diodes | | DO-35 (DO-204AH) | |
| | 3W | 5uA | 4.3V | Standard Zener Diodes | | DO-41 (DO-204AL) | |
| | 5W | 10uA | 4.7V | | | SOD123 | |
| | | 15uA | 5.1V | | | SOD323 | |

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.

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

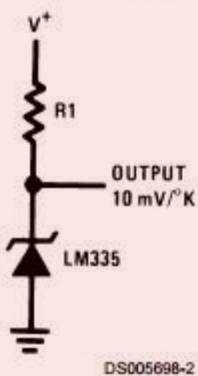


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

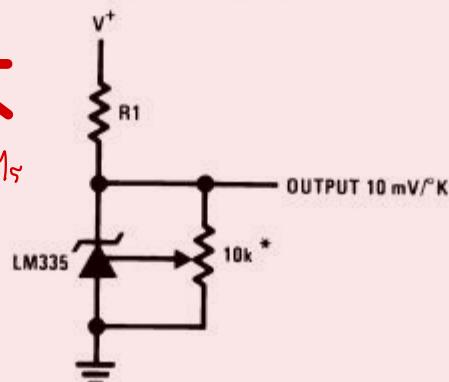
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Typical Applications

Basic Temperature Sensor

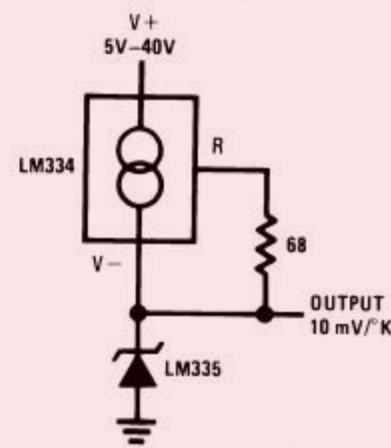


Calibrated Sensor



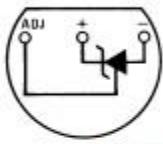
*Calibrate for 2.982V at 25°C

Wide Operating Supply



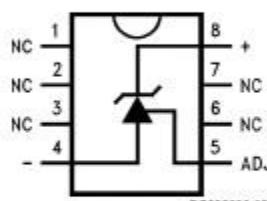
Connection Diagrams

**TO-92
Plastic Package**



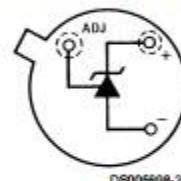
Bottom View
**Order Number LM335Z
or LM335AZ**
**See NS Package
Number Z03A**

**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

ການວ່າງວ່າໃຫຍ່ສົດຕາມແລ້ວເຫັນໄຟ້ໄຟ້ໃນກາຍະຕ່າງຈະສອບຊົນຮ້າງ/ວ່າງໄຟ້ (ວິຕີມາຍ)

* : Magnetic Particle Inspection ຕາຫັງສອບຫຼວຍຮ້າງ (ພາແນ່ເຫັນ)

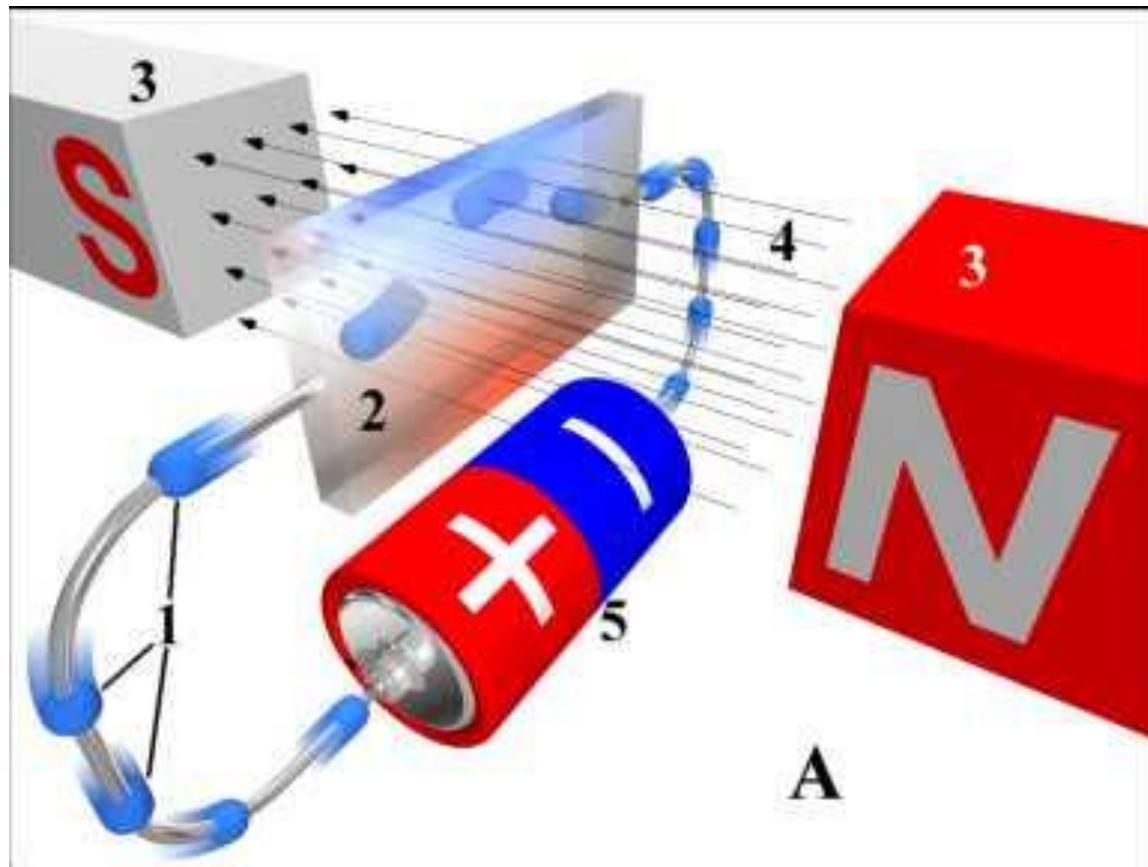
: Inclinometer

: non-contact stress measurement



วิธีมหนวน Hall sensor ทำนายนอนๆ

* Hall Effect ทำจากแม่เหล็ก南北極 P หรือ N ที่มี



$$F = qvB \cos \theta$$

ค.ต่ำสกนธ์
แม่-ล้าน

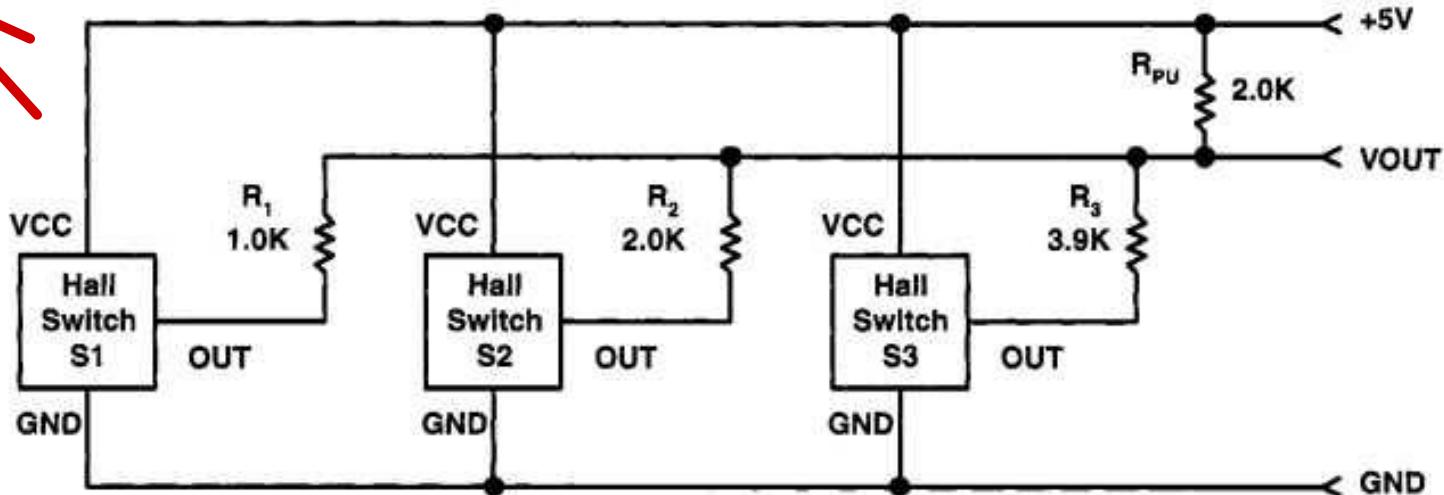
$$V_H = \frac{I_x B_z}{qpd}$$

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

สมมติฐานที่นี่ไฟฟ้าตัวคลากันน์สุด 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 $\Rightarrow R_1 // R_2 // R_3$ |

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

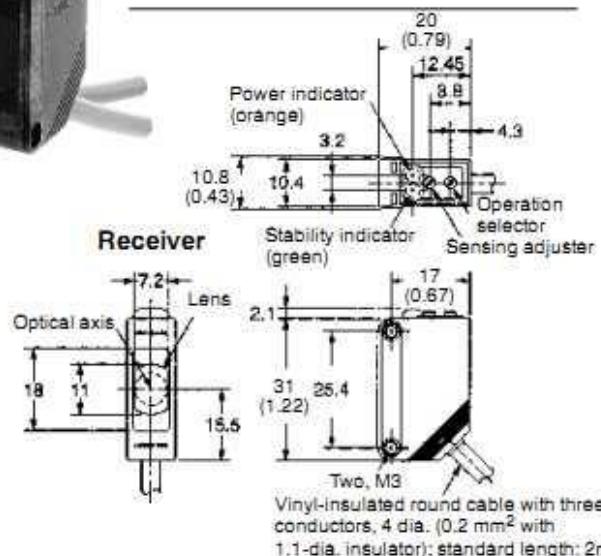
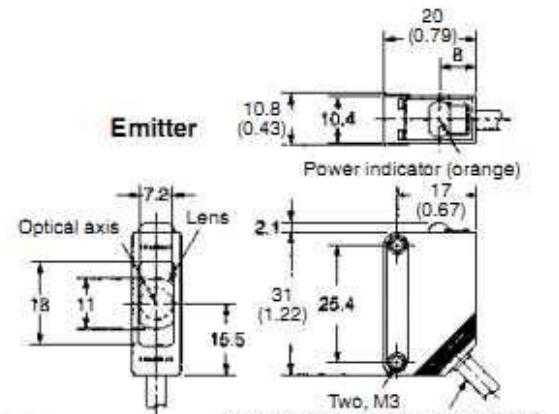


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Through-beam (Pre-wired Models)

E3Z-T61
E3Z-T81

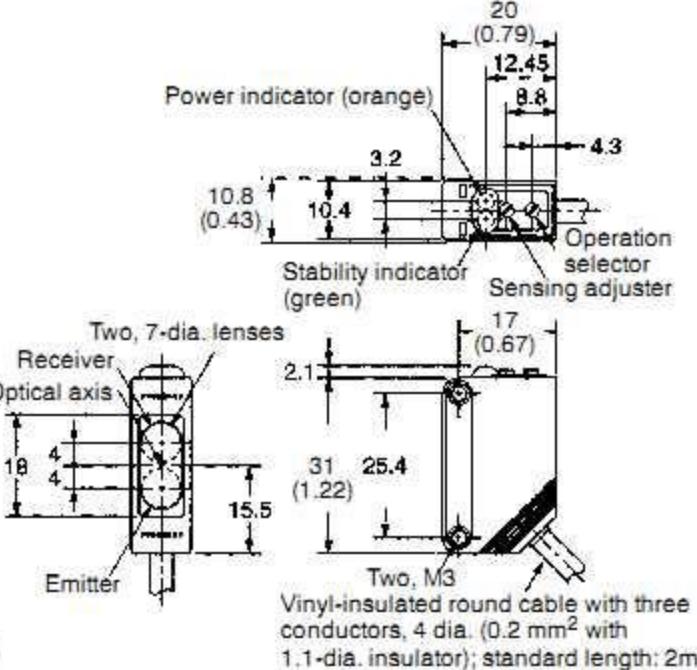


Optical proximity

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

Diffuse Reflective Models (Pre-wired Models)

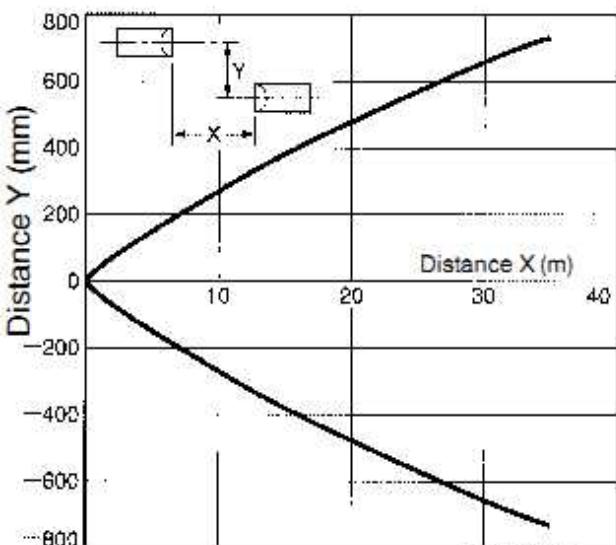
E3Z-D61
E3Z-D62
E3Z-D81
E3Z-D82



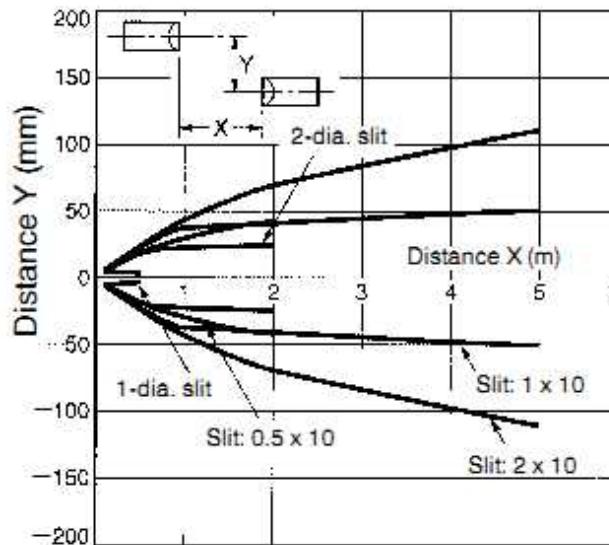


Optical proximity

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

