



# Sensor dan Aktuator

Totok Budioko

# Sensor Suhu

- Suhu didefinisikan sebagai derajat panas atau dingin tertentu yang mengacu pada skala tertentu. Ini juga dapat didefinisikan sebagai jumlah energi panas dalam suatu objek atau sistem. Energi panas berhubungan langsung dengan energi molekul (getaran, gesekan dan osilasi partikel dalam molekul): semakin tinggi energi panas, semakin besar energi molekul.
- Sensor suhu mendeteksi perubahan parameter fisik seperti resistansi atau tegangan keluaran yang sesuai dengan perubahan suhu.



# Sensor Suhu

- Ada dua tipe dasar sensor suhu:
  - Sensor kontak
    - mengharuskan sensor berada di fisik langsung kontak dengan media atau objek yang diindera. Hal ini dapat digunakan untuk memantau suhu padatan, cairan, atau gas pada suhu yang sangat lebar jangkauan.
  - Sensor nonkontak
    - menafsirkan energi radiasi dari sumber panas dalam bentuk energi yang dipancarkan di bagian inframerah dari spektrum elektromagnetik. Metode ini dapat digunakan untuk memantau padatan dan cairan non-reflektif tetapi tidak efektif untuk gas karena transparansi alaminya



# Sensor Suhu

- Tipe Sensor dan Teknologi:
  - Electro-mechanical
    - Bi-metal thermostats
      - dua logam berbeda terikat bersama-sama di bawah panas dan tekanan untuk membentuk satu strip material. Dengan mempekerjakan kecepatan ekspansi yang berbeda dari dua bahan, energi panas dapat dikonversi menjadi gerak elektromekanis.
    - Bulb and capillary thermostats
      - memanfaatkan aksi kapiler cairan untuk membuat atau memutus kontak listrik. Cairan dienkapsulasi dalam tabung reservoir yang dapat ditempatkan 150mm hingga 2000mm dari sakelar. Ini memungkinkan suhu operasi yang sedikit lebih tinggi daripada kebanyakan elektro-mekanis.



# Sensor Suhu

- Tipe Sensor dan Teknologi:
  - Elektronik
    - Silicon
      - memanfaatkan sifat hambatan listrik massal semikonduktor. Pada suhu rendah, sensor silikon memberikan peningkatan resistensi yang hampir linier versus temperatur atau koefisien temperatur positif (PTC). Sensor tipe IC dapat menyediakan pembacaan suhu digital langsung, sehingga tidak memerlukan konverter A/D.
    - Infrared (IR) pyrometry
      - Semua benda memancarkan energi inframerah sesuai suhunya di atas nol mutlak (0 Kelvin). Ada korelasi langsung antara energi inframerah yang dipancarkan suatu benda dan suhunya.



# Sensor Suhu

- Sensor IR mengukur energi inframerah yang dipancarkan dari suatu objek dalam ukuran 4–20 mikron panjang gelombang dan mengubah pembacaan menjadi tegangan. Teknologi IR umumnya menggunakan lensa untuk memusatkan energi terpancar ke thermopile. Output tegangan yang dihasilkan diperkuat dan dikondisikan untuk memberikan pembacaan suhu.
- Faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi penginderaan IR adalah reflektifitas (ukuran kemampuan material untuk memantulkan energi inframerah), transmisivitas (ukuran kemampuan untuk mentransmisikan atau melewatkan energi inframerah), dan emisivitas (rasio energi dipancarkan oleh suatu benda dengan energi yang dipancarkan oleh radiator sempurna dari permukaan diukur).



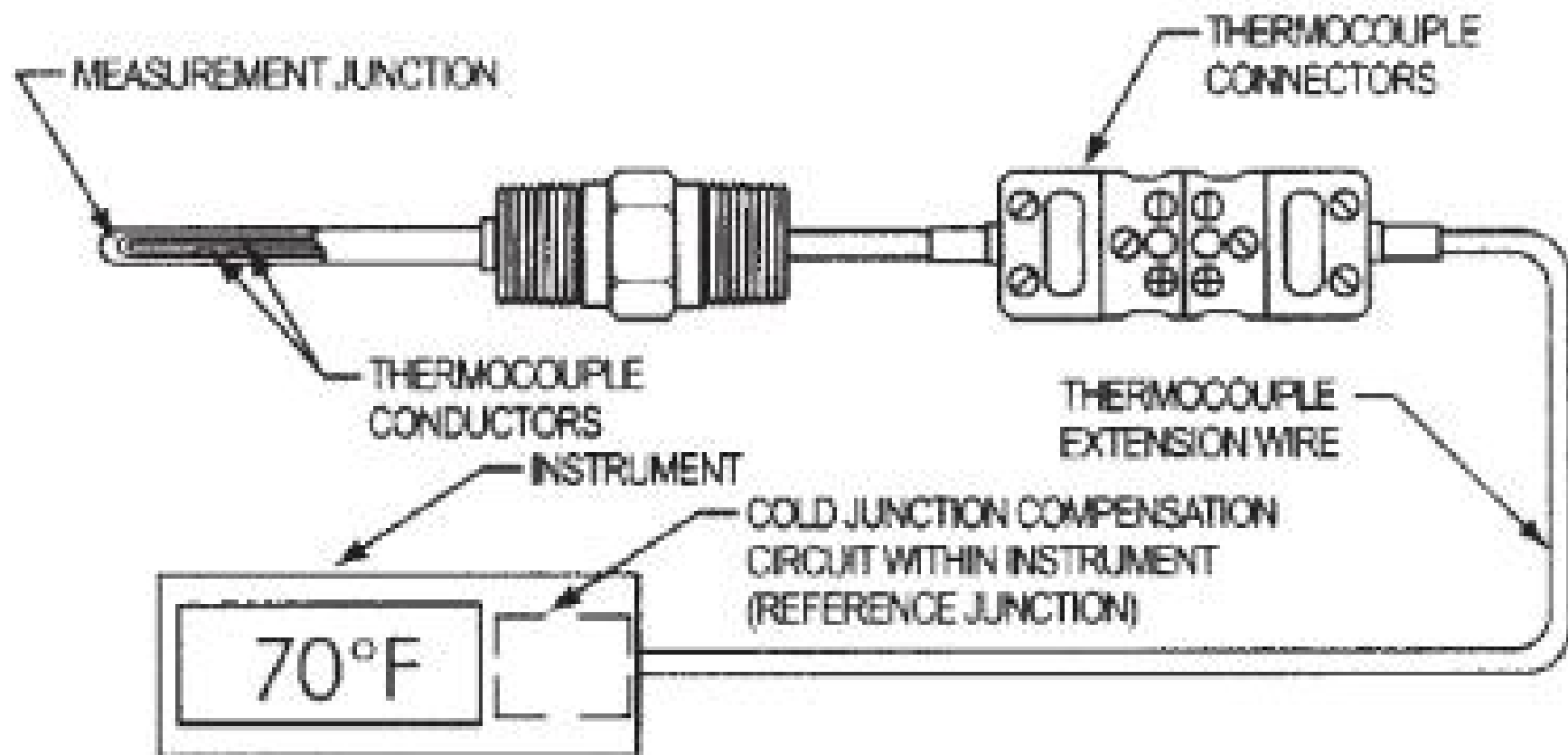
# Sensor Suhu

## – Thermocouples

- Termokopel terbentuk ketika dua konduktor listrik yang berbeda. Termokopel tidak memiliki elemen penginderaan, lebih terbatas dibanding resistive temperature device (RTD) dalam hal bahan yang digunakan dan mampu menangani suhu yang jauh lebih tinggi. Biasanya, dibuat dengan konduktor terbuka dan diisolasi dengan keramik.
- Semua termokopel memiliki apa yang disebut sebagai sambungan "panas" (atau pengukuran) dan persimpangan "dingin" (atau referensi)



# Sensor Suhu

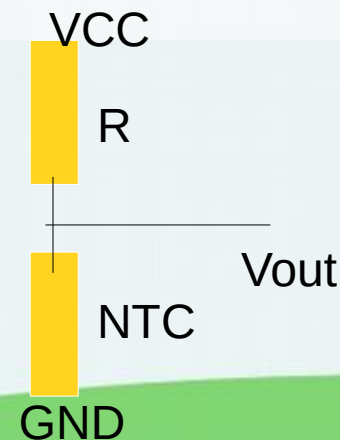




# Sensor Suhu

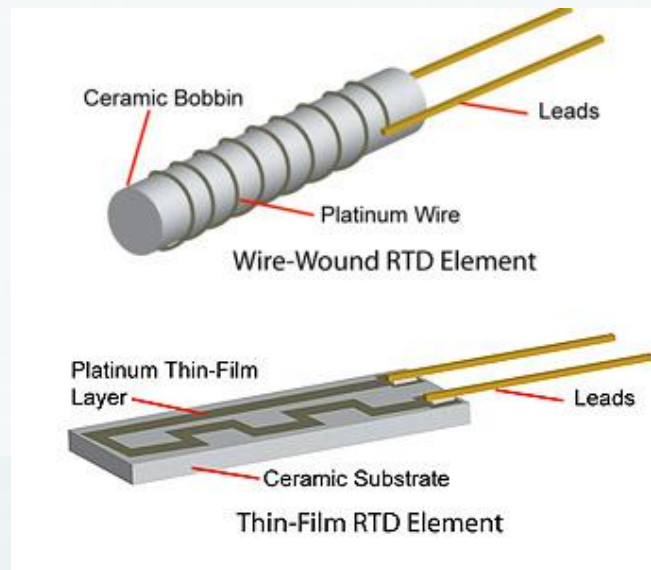
## – Resistive Devices

- Thermistors ( thermally sensitive resistors)
  - perangkat yang mengubah resistensi listriknya sebanding dengan suhunya.
  - tersedia dalam dua jenis berbeda: koefisien suhu positif (PTC) dan koefisien suhu negatif (NTC). Perangkat PTC menunjukkan positif perubahan atau peningkatan resistansi saat suhu naik, sementara perangkat NTC menunjukkan perubahan negatif atau penurunan resistansi ketika suhu meningkat. Perubahan dalam resistansi perangkat NTC biasanya cukup besar, memberikan tingkat sensitivitas yang tinggi.



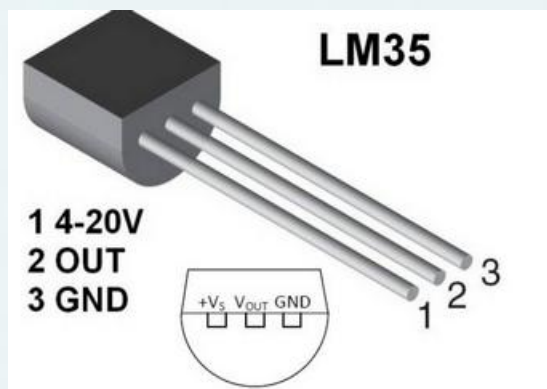
# Sensor Suhu

- Resistive Temperature Device (RTD)
  - RTD terdiri atas elemen pengindera, kawat penghubung antara elemen dan perangkat pengukur dan mendukung penempatan elemen dalam proses.



# Sensor Suhu

- Beberapa Contoh Sensor Suhu Silikon
  - LM35

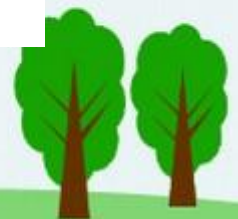


## 1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full -55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates From 4 V to 30 V
- Less Than 60-μA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

## 2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances



- Beberapa Contoh Sensor Suhu Silikon
  - LM35

[illegible]

# Sensor Suhu

- DS18B20

## General Description

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

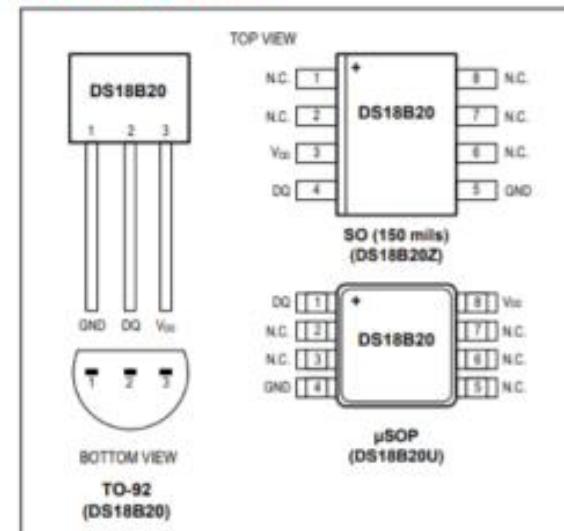
## Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

## Benefits and Features

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Reduce Component Count with Integrated Temperature Sensor and EEPROM
  - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
  - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
  - Programmable Resolution from 9 Bits to 12 Bits
  - No External Components Required
- Parasitic Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
  - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin µSOP, and 3-Pin TO-92 Packages

## Pin Configurations



Ordering Information appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

# Sensor Suhu

- DS18B20 (blok diagram internal)

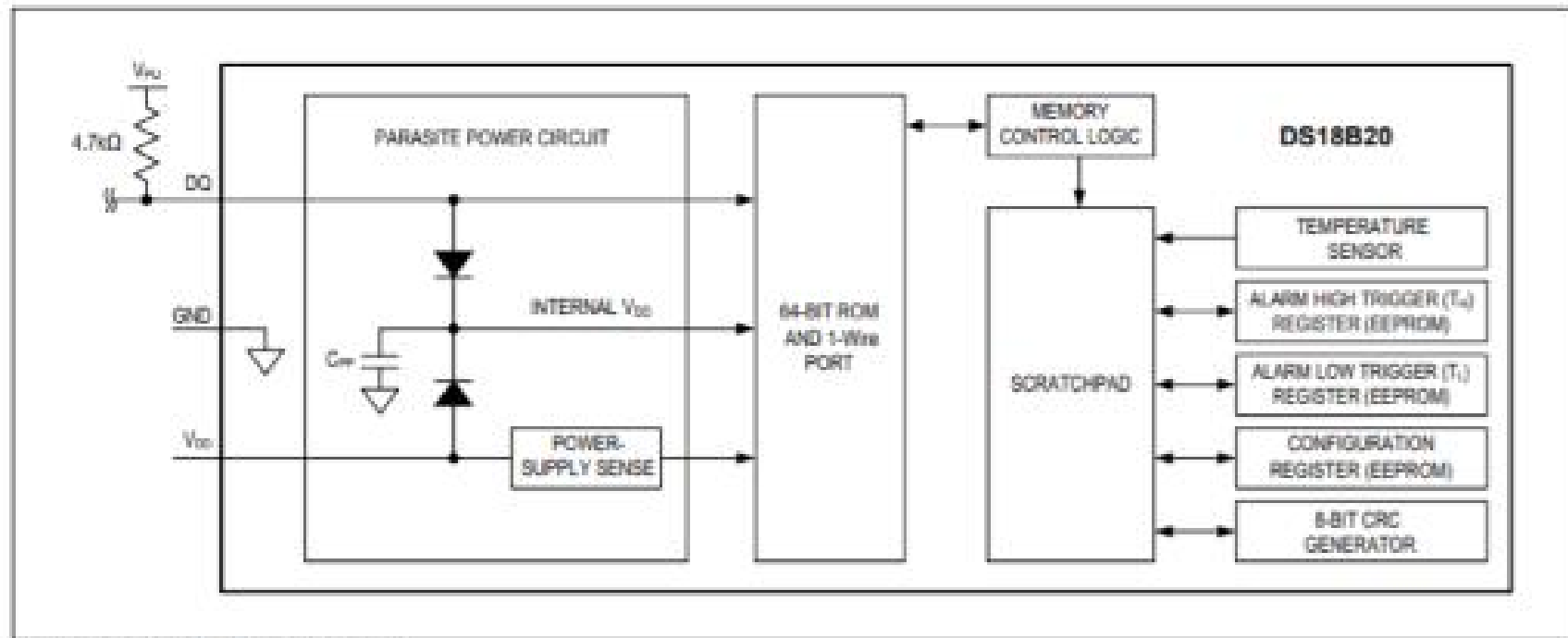


Figure 3. DS18B20 Block Diagram



# Sensor Suhu

- DS18B20 (Konfigurasi)

## Hardware Configuration

The 1-Wire bus has by definition only a single data line. Each device (master or slave) interfaces to the data line via an open-drain or 3-state port. This allows each device to “release” the data line when the device is not transmitting data so the bus is available for use by another device. The 1-Wire port of the DS18B20 (the DQ pin) is open drain with an internal circuit equivalent to that shown in [Figure 12](#).

The 1-Wire bus requires an external pullup resistor of approximately  $5k\Omega$ ; thus, the idle state for the 1-Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus MUST be left in the idle state if the transaction is to resume. Infinite recovery time can occur between bits so long as the 1-Wire bus is in the inactive (high) state during the recovery period. If the bus is held low for more than  $480\mu s$ , all components on the bus will be reset.

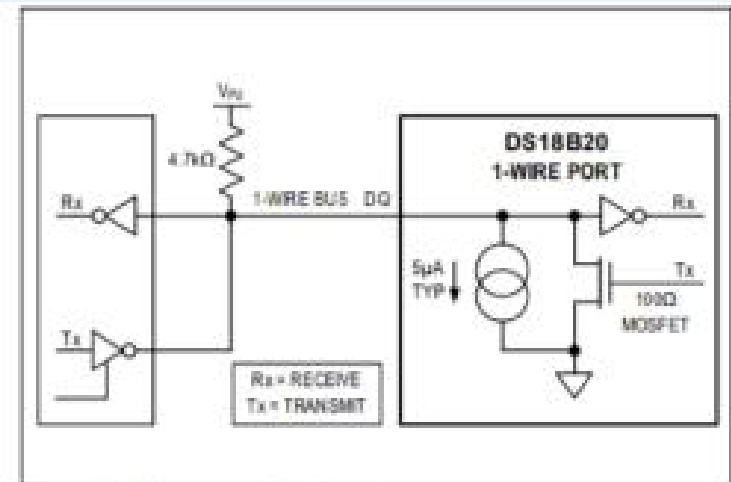




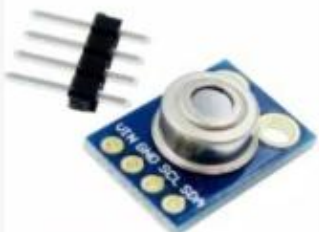








Figure 12. Hardware Configuration





# Sensor Suhu

- Sensor Suhu Infra Merah (MLX90614)

 <p><b>Preorder</b></p> <p>GY-906 MLX90614ESF Bar u MLX90614 Non-kontak...</p> <p><b>Rp1.086.700</b></p> <p>Cashback</p> <p>Kab. Tangerang</p>	 <p>Contactless Infrared Temp erature Sensor Suhu ML...</p> <p><b>Rp141.700</b></p> <p>Surabaya</p> <p>Terjual 4</p>	 <p><b>Preorder</b></p> <p>1 pcs GY-906 MLX90614ES F non-kontak modul sen...</p> <p><b>Rp700.000</b></p> <p>Cashback</p> <p>Jakarta Utara</p>	 <p>Sensor MLX90614</p> <p><b>PENTA MANDIRI</b></p> <p>Sensor Suhu Non-Contact MLX90614 GY-906 Temp...</p> <p><b>Rp350.000</b></p> <p>Bekasi</p> <p>5.0   Terjual 2</p>	 <p><b>Preorder</b></p> <p>Modul Relay Sensor Suhu Untuk Kesehatan Tzt Gy...</p> <p><b>Rp257.300</b></p> <p>Cashback</p> <p>Kab. Tangerang</p>
 <p>CNC Store</p> <p>Cheap, Fast, Friendly</p> 	 <p>GY-906-BCC</p> <p>GY-906-BAA</p> <p>GY-906-DCI</p>			



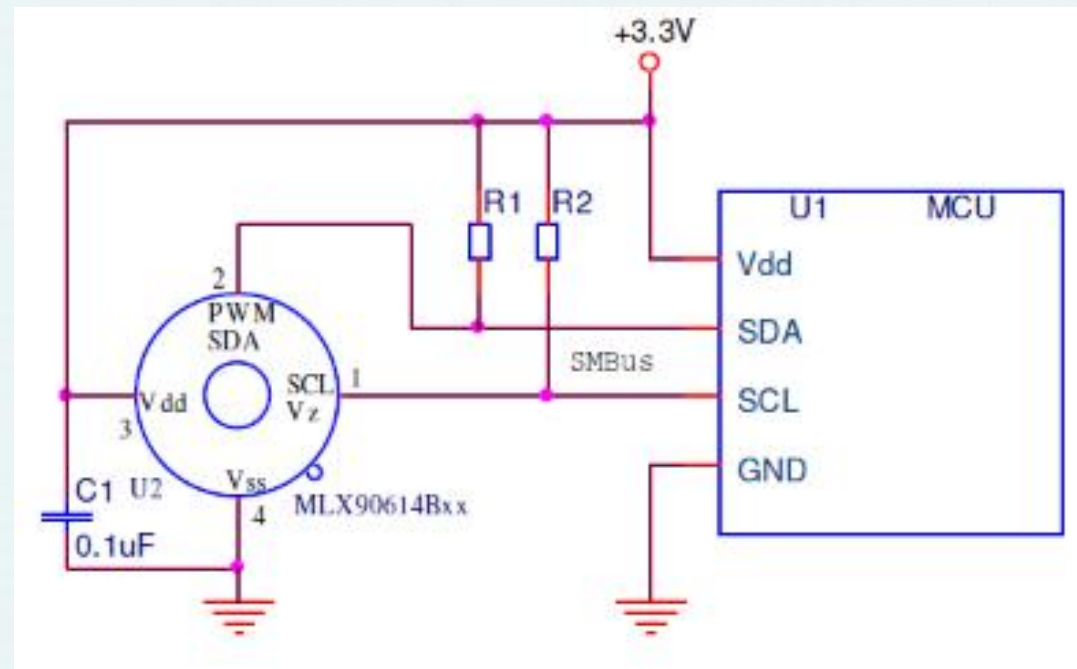


# Sensor Suhu

- Sensor Suhu Infra Merah (MLX90614)

## Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:
  - 40°C...+125°C for sensor temperature and
  - 70°C...+380°C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C in a wide temperature range (0°C...+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8V...16V applications
- Sleep mode for reduced power consumption
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade



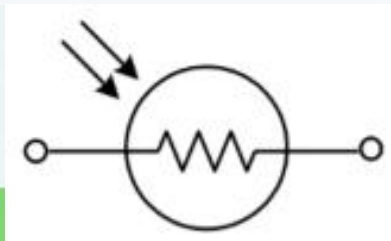
# Sensor Cahaya

- Sensor cahaya (photodetector atau photosensor) adalah suatu peralatan yang sensitif terhadap cahaya. Secara definisi sensor cahaya merupakan sensor cahaya yang tampak. Namun dalam aplikasi terkadang membutuhkan pada spektrum yang lain seperti radiasi infrared dan ultraviolet.
- Sensor cahaya umumnya berupa resistor, diode, atau transistor yang berubah dalam rangkaian listrik sebagai respon dari cahaya yang mengenai sensor cahaya.



# 1. Photoresistor

- Sebuah Photoresistor (atau Photokonduktor) memiliki sifat mengurangi hambatan listriknya (meningkatkan konduktivitas) karena intensitas cahaya yang jatuh di atasnya meningkat. Biasanya, resistansi fotoresistor dapat berubah dari nilai yang sangat tinggi (megohm) dalam gelap ke nilai yang cukup rendah (kurang dari 100 ) dalam cahaya terang. Akibatnya, sensitivitas yang sangat tinggi terhadap cahaya dimungkinkan. Beberapa fotosel dapat berfungsi sebagai Photoresistor karena impedansinya berkurang (keluaran meningkat) dengan meningkatnya intensitas cahaya. Photoscell yang digunakan dengan cara ini disebut sel photokonduktif.

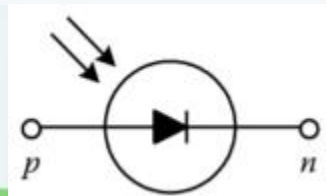


Simbol  
photoresistor



## 2. Photodiode

- Photodiode adalah hubungan PN semikonduktor yang akan menghasilkan pasangan elektron-hole sebagai respon dari cahaya.
- Dua tipe photodiode: 1. Photovoltaic menghasilkan tegangan sebagai respon cahaya, 2. photoconductive resistansinya berubah sebagai respon terhadap cahaya.
- Photodiode dioperasikan pada kondisi prasikap terbalik, N dihubungkan dengan positif dan P dihubungkan dengan Negatif. Pada kondisi breakdown tegangan sekitar 10V dan arus listrik sebanding dengan kuat cahaya yang mengenainya. Dengan demikian arus dapat digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Sensitifitas photodiode rendah pada kondisi prasikap balik sedangkan kecepatan respon photodiode tinggi. Karena arus keluaran dalam orde miliamper maka penguatan dibutuhkan. Bahan yang biasa digunakan untuk membuat photodiode adalah silicon, germanium, cadmium sulfide, dan cadmium selenide.

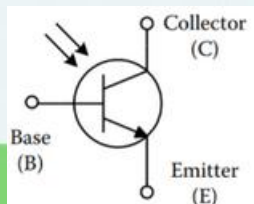


Simbol  
photodiode



# 3. Phototransistor

- Phototransistor diproduksi sebagaimana transistor bipolar, basis(B), kolektor (C) dan emitor (E). Sebagai contoh transistor jenis NPN
- Hubungan C-B diberi prasikap balik (reverse), elemen sensor terletak pada basis.
- Phototransistor juga dapat dirangkai dua terminal dengan basis dibuat mengambang (float) dan kolektor diberi tegangan positif pada transistor NPN.
- Arus kolektor akan sebanding dengan intensitas cahaya yang mengenai basis.
- Bahan Germanium dan silicon



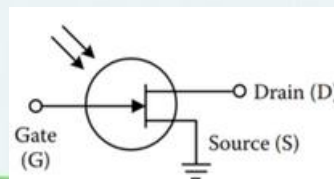
Simbol  
phototransistor





## 4. Photo-FET

- Photo-FET sama dengan FET konvensional, FET tipe N dibangun dari semikonduktor tipe N yang disebut channel yang diberi sedikit semikonduktor tipe P. semikonduktor tipe P ini menjadi Gate(G) sedangkan channel menjadi Drain (D) dan Source (S).
- Operasi FET tergantung dari medan listrik statis yang terbentuk karena potensial yang diberikan pada gate.
- Pada saat operasi, gate Photo-FET diberi prasikap balik (Negatif diberikan pada gate pada FET tipe N)
- Jika cahaya mengenai gate, maka arus Drain akan meningkat sebanding dengan intensitas cahaya. Oleh karena itu arus Drain dapat digunakan untuk mengukur kuat cahaya.

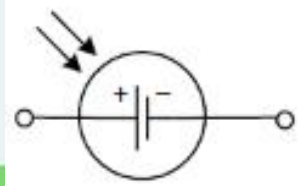


Simbol photo-FET



## 4. PhotoCell

- Photocell atau biasa dikenal sebagai sel surya digunakan sebagai sumber tegangan. Tegangan yang keluar berbanding dengan kuat cahaya yang mengenainya. Photocell efektif digunakan untuk sinar matahari.
- Bahan yang biasa digunakan untuk membuat photocell adalah single-crystal silicon, polycrystalline silicon, dan cadmium sulfide
- Power yang digunakan biasanya sekita  $10\text{mW/cm}^2$  dengan tegangan  $1.0\text{V}$ .



Simbol photoCell



# Sensor Posisi dan Gerakan

- Sensor Posisi
  - Kontak
    - Limit switches
    - Resistive position transducers
  - Non kontak
    - Magnetic sensors
    - Ultrasonic sensors
    - Proximity sensors
    - Photoelectric sensors





# Sensor Posisi dan Gerakan

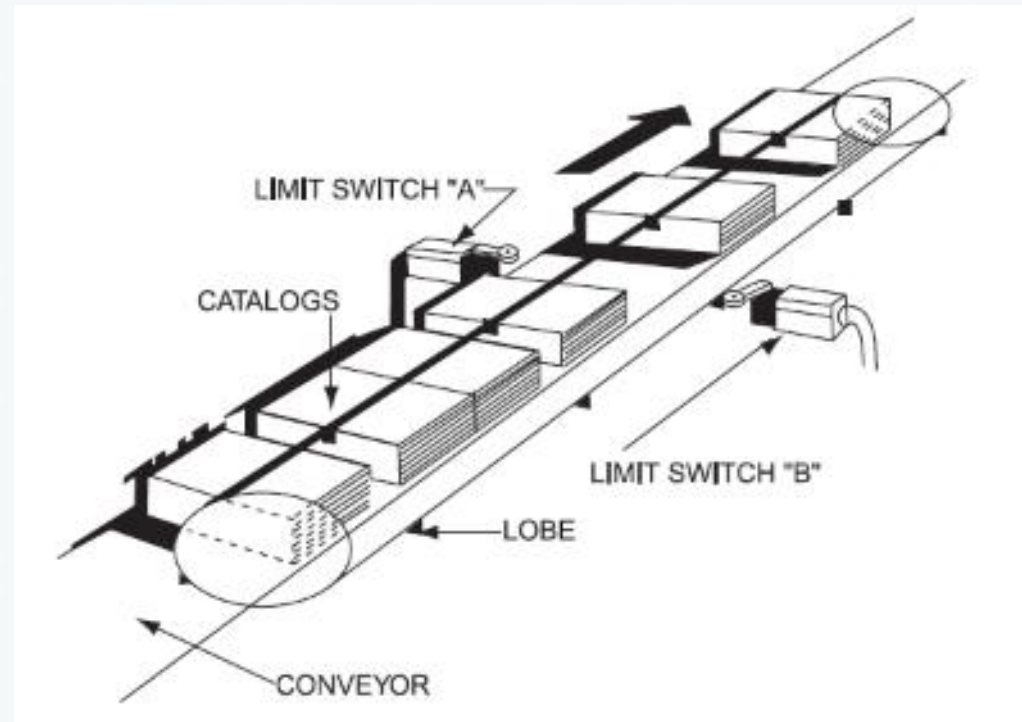
- Sensor Posisi
  - Kontak
    - Limit switches
    - Resistive position transducers
  - Non kontak
    - Magnetic sensors
    - Ultrasonic sensors
    - Proximity sensors
    - Photoelectric sensors



# Sensor Posisi dan Gerakan

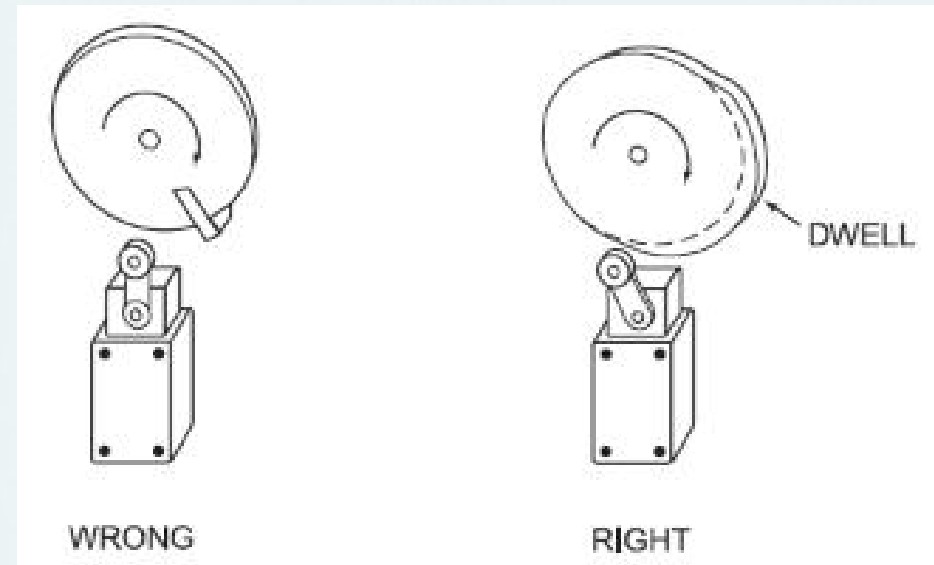
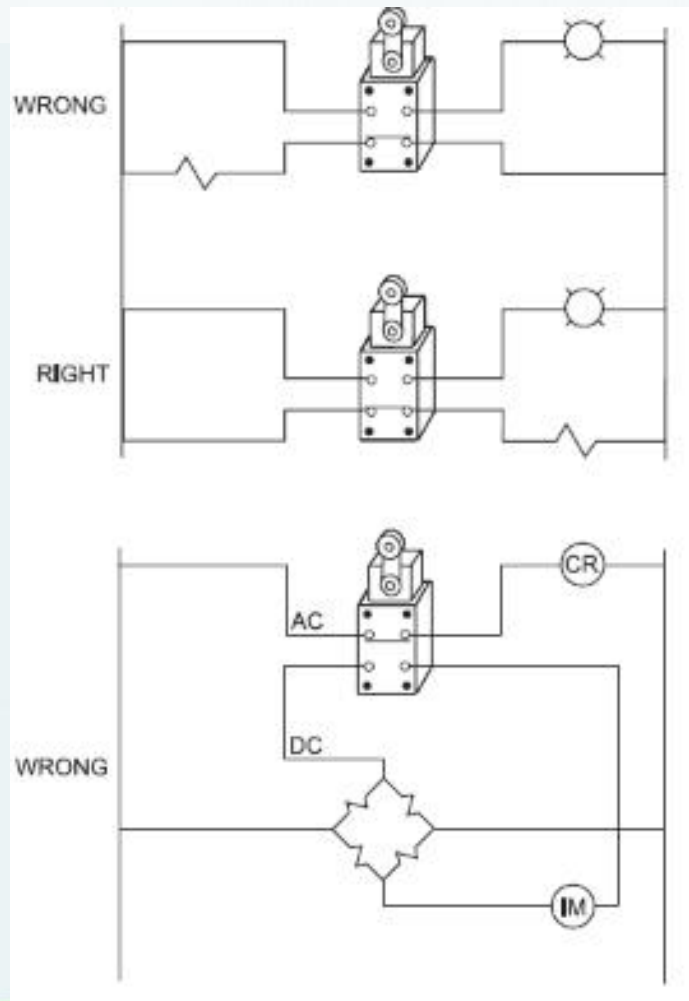
- Limit Switch

—



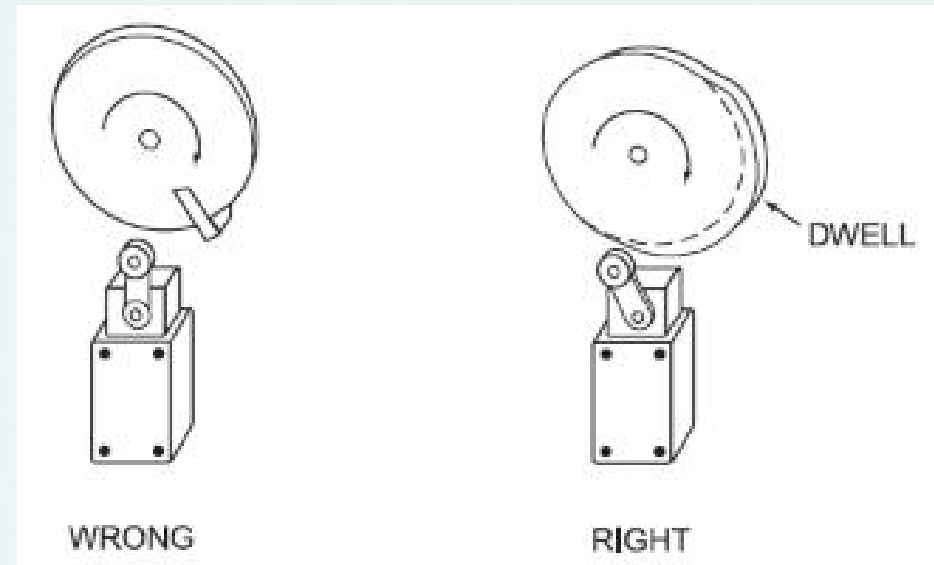
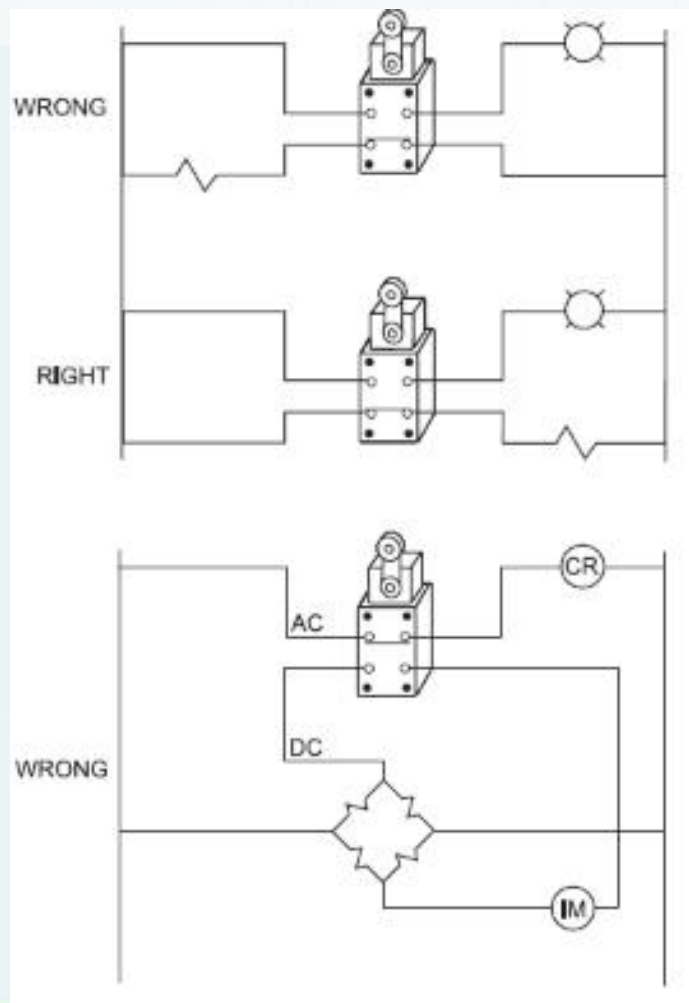
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Limit Switch



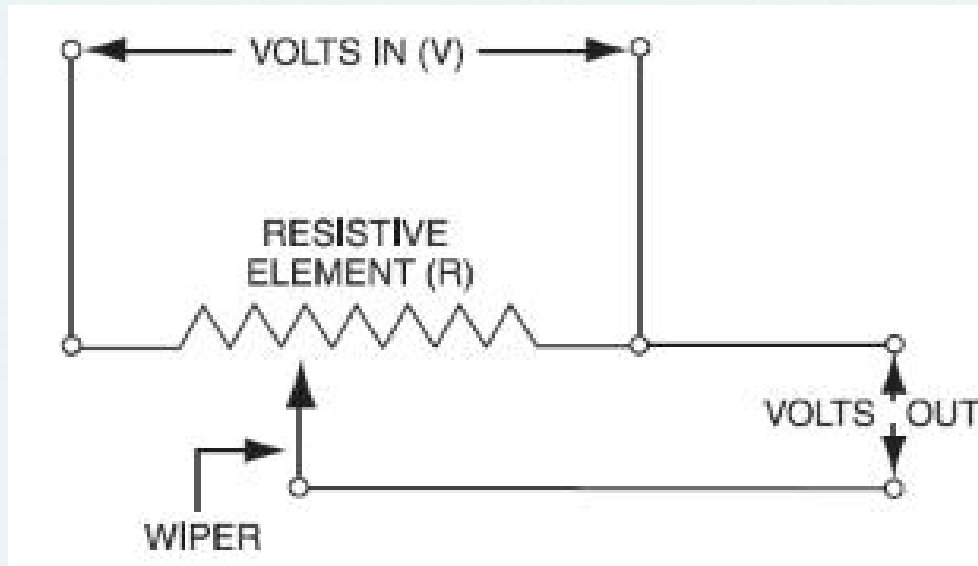
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Limit Switch



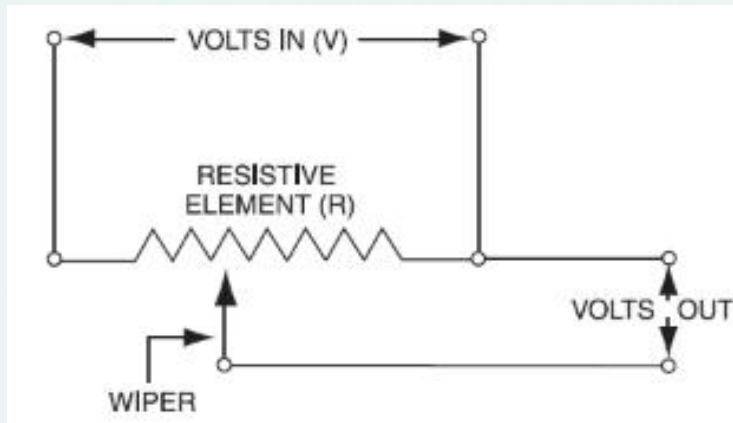
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Resistive Position Sensors



# Sensor Posisi dan Gerakan

- Resistive Position Sensors

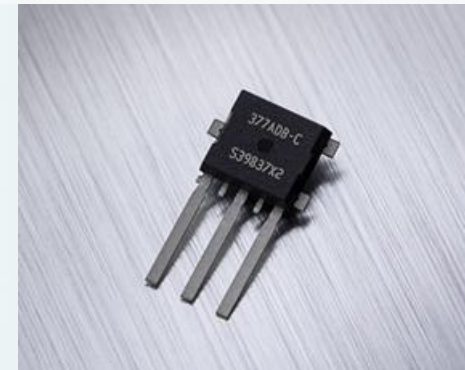


# Sensor Posisi dan Gerkan

- Magnetic Position Sensors
  - Dengan mengukur keberadaan, kekuatan atau arah dari medan magnet.



Melexis MLX90340 Magnetic Position Sensor



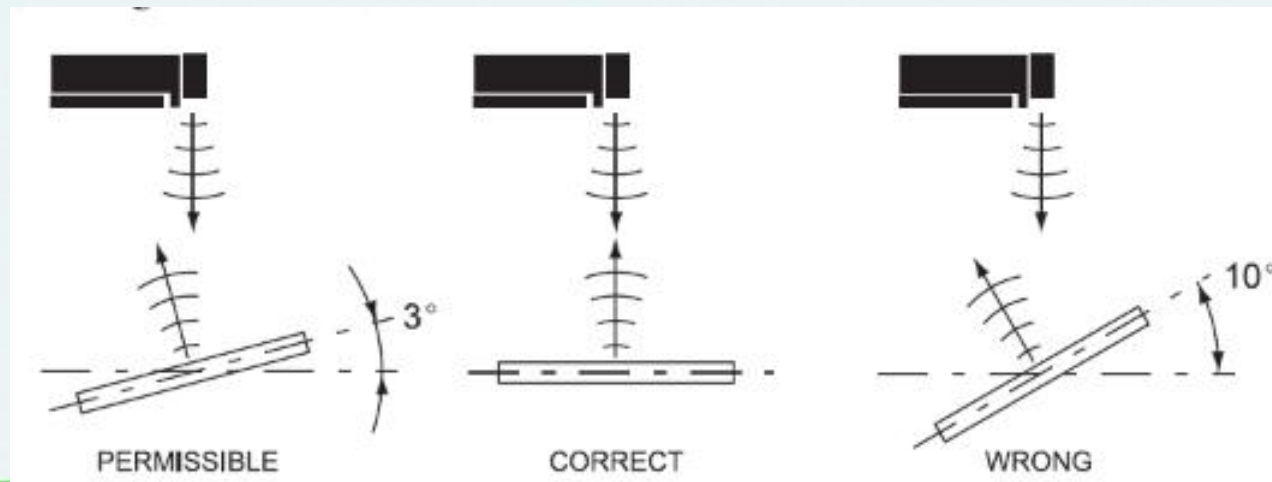
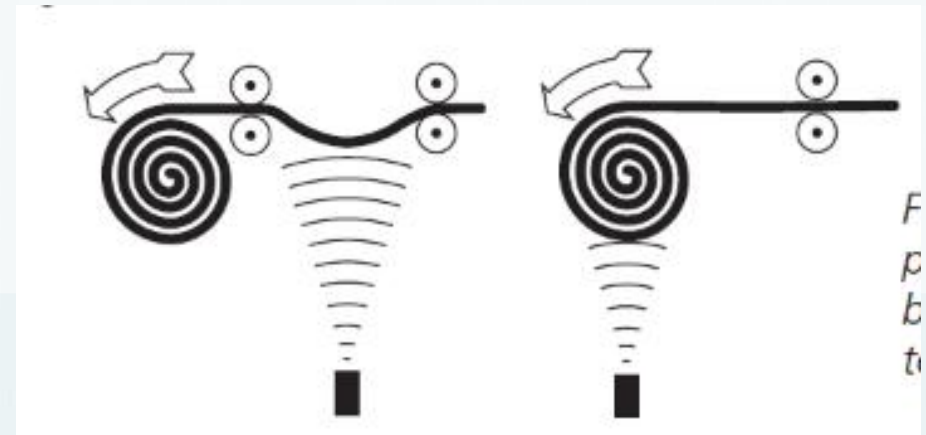
MELEXIS MLX90377 TRIAXIS MAGNETIC POSITION SENSORS





# Sensor Posisi dan Gerkan

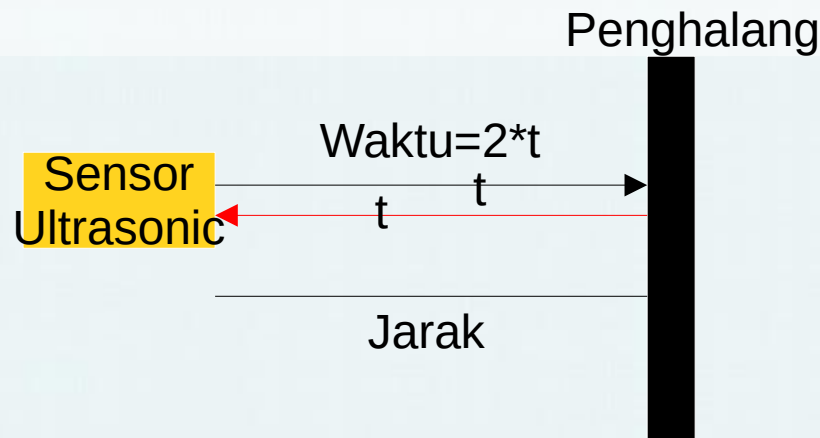
- Ultrasonic Position Sensors





# Sensor Posisi dan Gerkan

- Teknik pengukuran



$$Jarak = (Kecepatan rambat suara * waktu) / 2$$

- Jarak = meter (m)
- Kecepatan rambat Suara = 340 m/s (terpengaruh temperatur)
- Waktu = waktu tempuh ultrasonik balak-balik



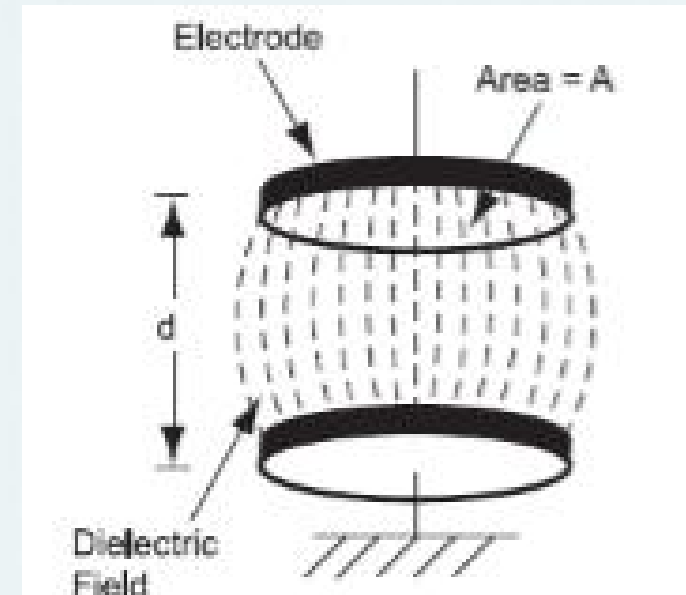
# Sensor Posisi dan Gerkan

- Sensor Proximity
  - Sensor proximity/jarak yang dapat mendeteksi keberadaan atau gerakan benda.
  - Sensor Proximity 2 jenis yaitu:
    - Inductive SeProximity Sensor mampu mendeteksi semua logam, hanya logam besi atau hanya logam non-besi
    - Capacitive Proximity Sensor mampu mendeteksi semua material.



# Sensor Posisi dan Gerkan

- Sensor Proximity Capacitive
  - memiliki medan listrik berosilasi, sensitif terhadap semua bahan-bahan
    - dielektrik, seperti kaca, karet dan minyak; dan
    - bahan konduktif, seperti:
      - logam, cairan asin dan kayu lembab.
  - Kapasitansi (C) adalah fungsi dari ukuran elektroda (A), jarak antara mereka (d), dan konstanta dielektrik (D) dari bahan antara elektroda (udara = 1,0).

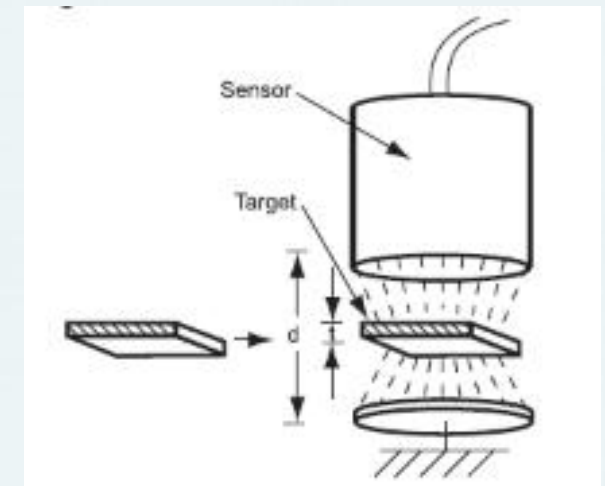
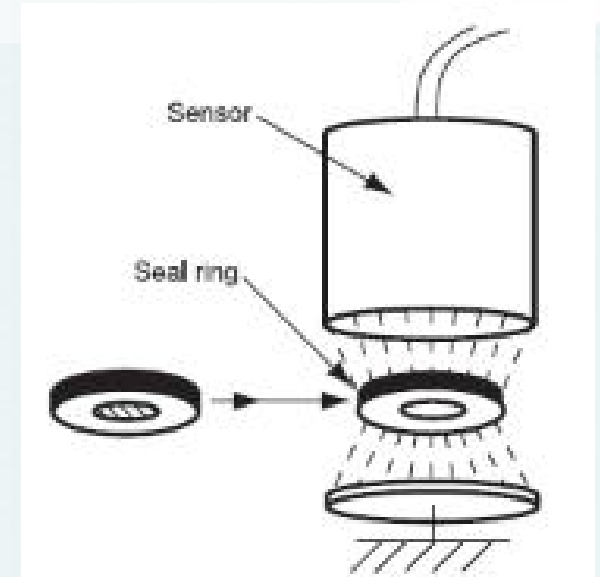


$$\text{Capacitance} = C = \frac{D \times A}{d}$$



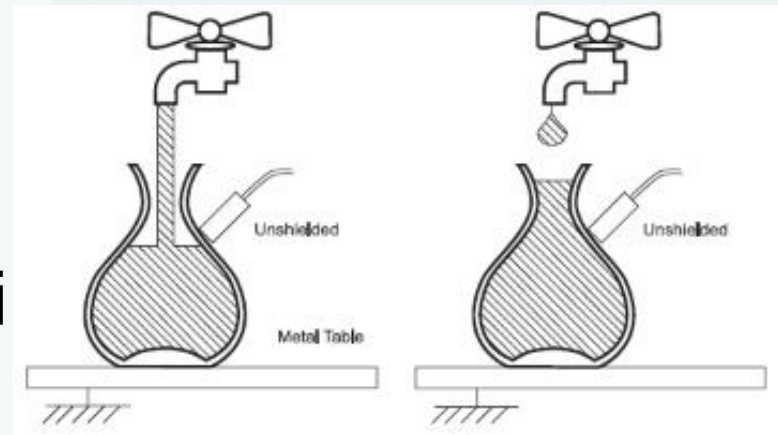
# Sensor Posisi dan Gerkan

- Penerapan Sensor Proximity Capacitive
  - sensor mendeteksi perubahan kapasitansi yang ditimbulkan oleh adanya seal cincin target.
  - Kehadiran target logam mengurangi efektif jarak antar elektroda

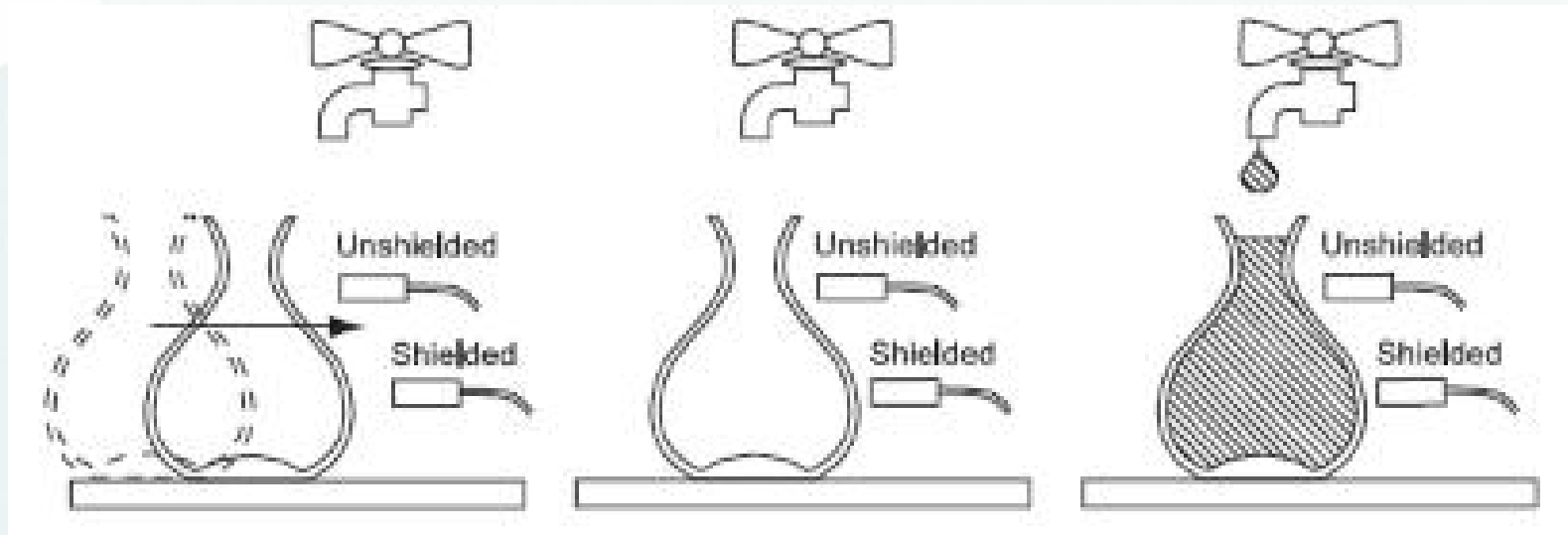


# Sensor Posisi dan Gerkan

- Penerapan Sensor Proximity kapasitif
  - Sensor proximity kapasitif dapat digunakan untuk deteksi level zat cair. Alas bersifat konduktor dan berlaku sebagai ground. Penambahan zat cair akan mengakibatkan nilai kapasitornya bertambah



# Sensor Posisi dan Gerkan

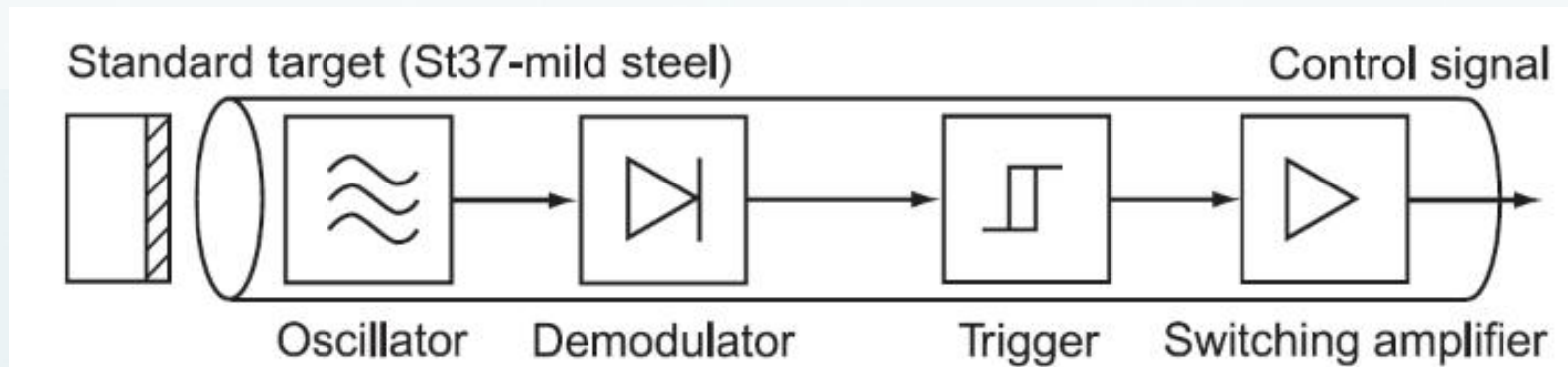


- Penerapan Sensor Proximity kapasitif
  - Shielded sensor digunakan untuk deteksi tabung sedangkan unshielded sensor digunakan untuk deteksi level zat cair



# Sensor Posisi dan Gerakan

- Sensor Proximity Induktif
  - Sebagian besar switch sensor proximity berisi osilator, demodulator, level dan penguat pensaklaran.



# Sensor Posisi dan Gerakan

- Sensor Photoelektrik

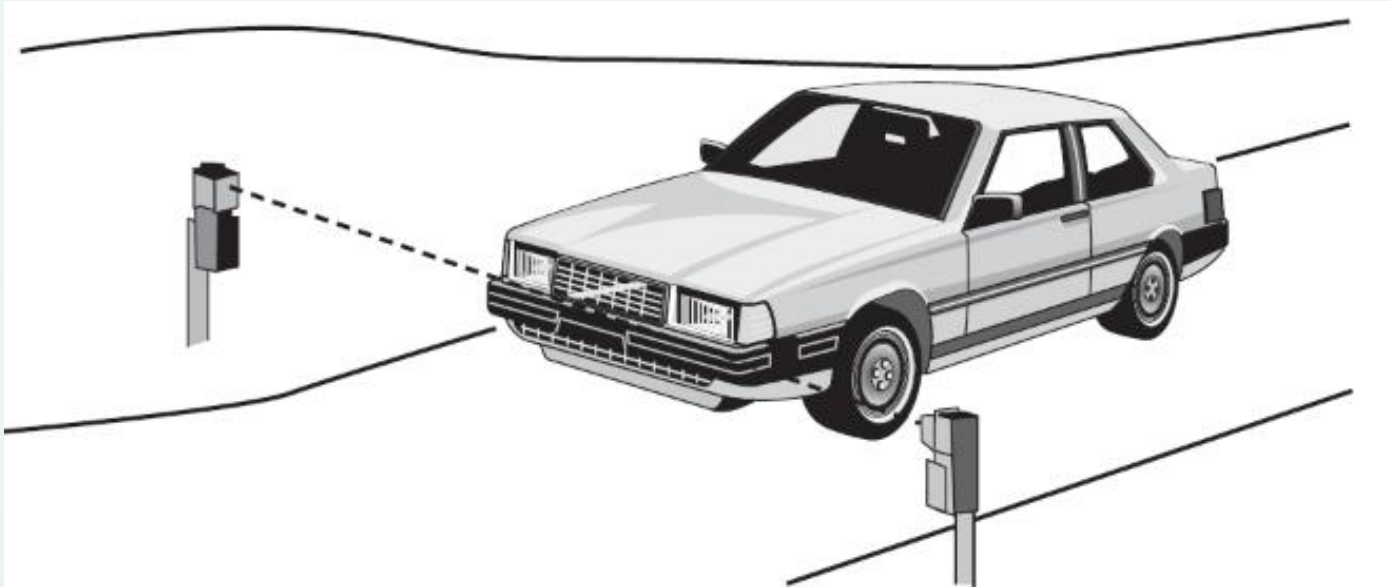
- Sensor Photoelektrik menanggapi keberadaan semua tipe obyek besar, kecil, trasparan, buram besinar, atau kusam, diam atau bergerak.
- Mampu mengindra dari jarak beberapa mili sampai 100m.
- Terdapat sumber cahaya infrare, atau cahaya nampak (merah atau hijau)
- Penerima berupa phototransistor.
- Untuk menghindari noise cahaya dapat dikirim berupa pulsa dengan frekuensi tertentu





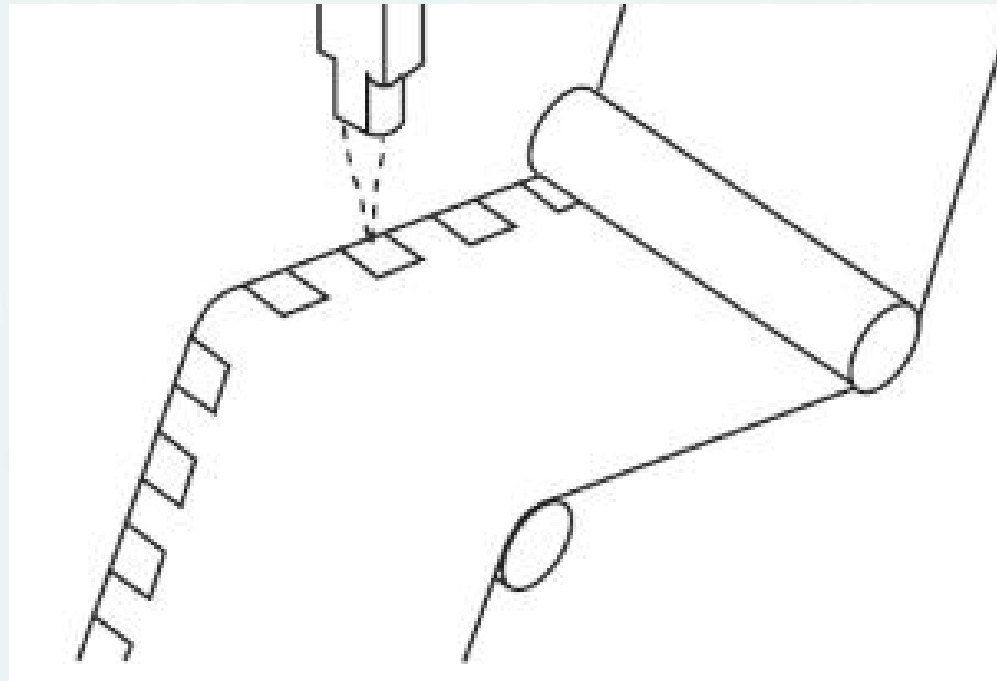
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Aplikasi Photoelektrik
  - Deteksi mobil pada palang pintu otomatis



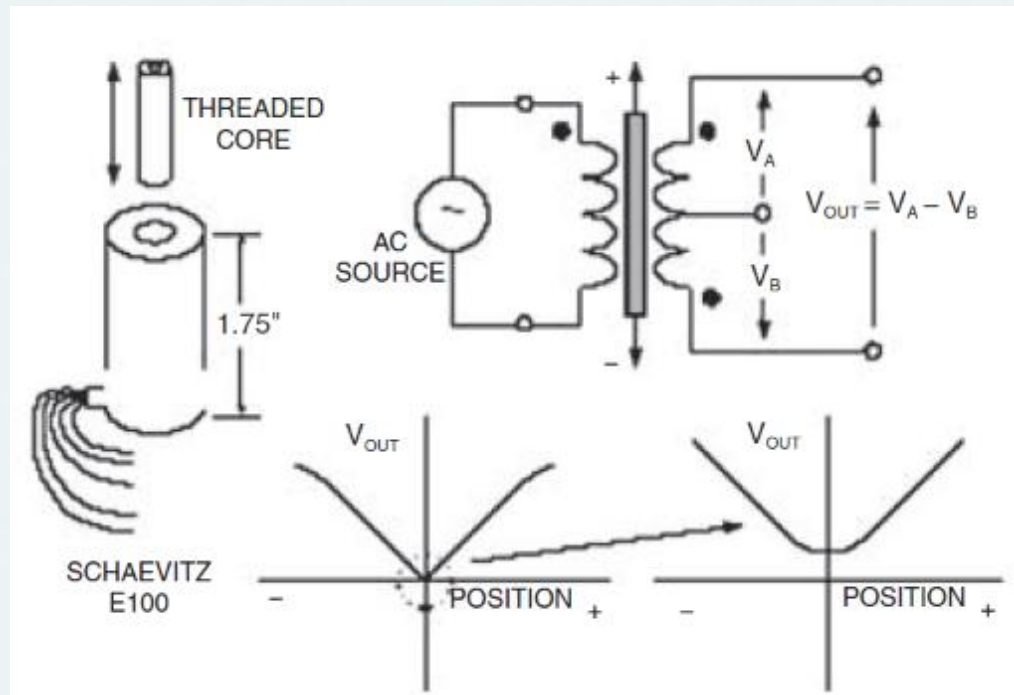
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Aplikasi Photoelektrik
  - Deteksi penanda kertas



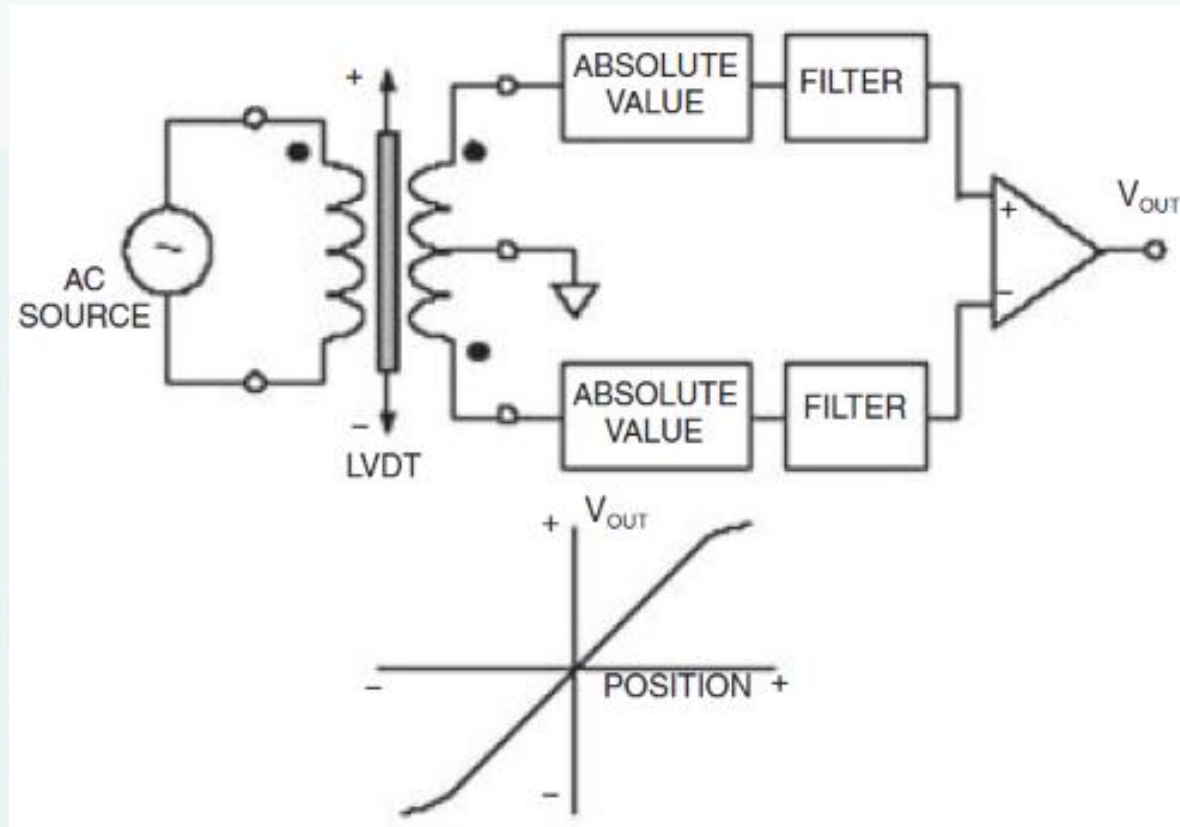
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Linear Variable Differential Transformer (LVDS)
- Tegangan exitasi 1 V to 24 V rms, frekuensi 50 Hz to 20 kHz



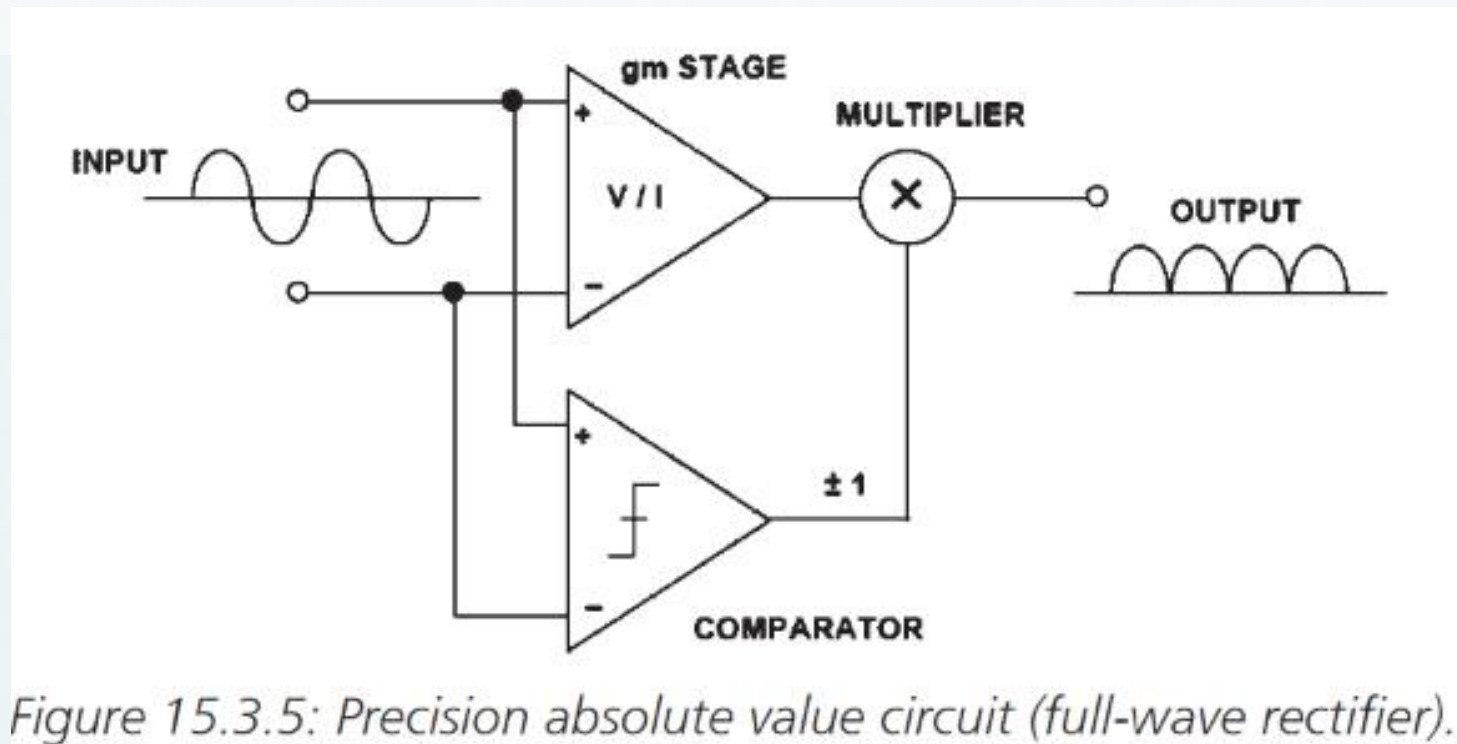
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Memperbaiki sinyal keluaran



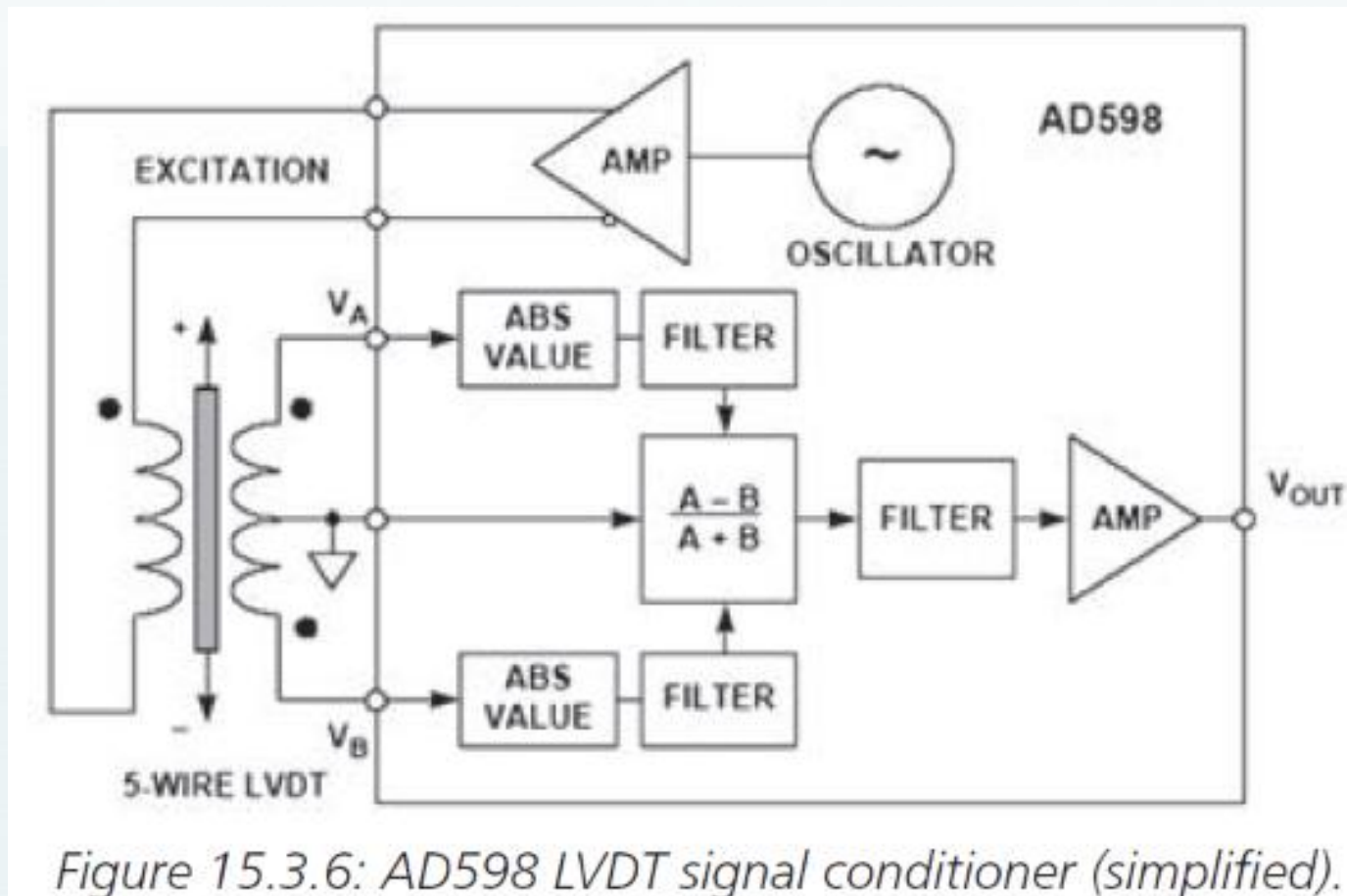
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Rangkaian Nilai absolut yang presisi



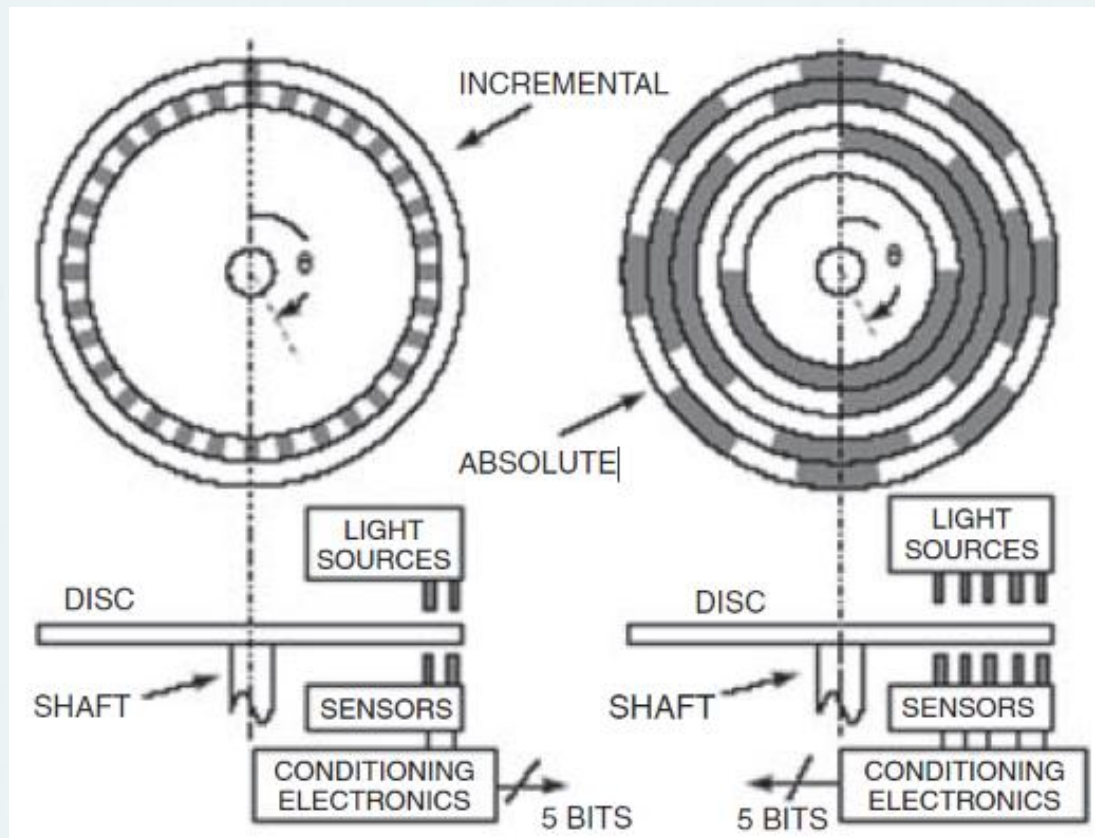
# Sensor Posisi dan Gerakan

- Signal kondisioner dalam bentuk chip IC



# Sensor Posisi dan Gerakan

- Enkoder Optik
  - Incremental encoder
  - Absolute encoder





# Aktuator

**Aktuator adalah peralatan yang menghasilkan gerakan atau aksi, baik linear maupun angular.**

- **Solenoid**
- **Relay**
- **Motor DC dan AC**
- **Motor Servo**
- **Motor stepper**



# Aktuator



# Aktuator

## Aktuator Mekanik

- **Hydraulic and pneumatic**
  - **Hydraulic menggunakan fluida yang tidak ditekan.**
  - **Pneumatic menggunakan udara yang ditekan.**

