

Sensor: भौतिक दुनिया को मापना

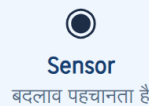
Sensor वह उपकरण है जो प्रकाश, तापमान, नमी, दबाव या गति जैसी भौतिक राशि को पहचानकर उसे मापने योग्य विद्युत संकेत में बदलता है। IoT में Sensor दुनिया से डेटा लेने का पहला माध्यम है।

Sensor क्या करता है?

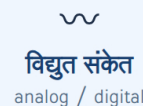
Sensor किसी वातावरण या वस्तु में हुए बदलाव को महसूस करता है। उसका output **analog voltage/current** या **digital data** हो सकता है। Microcontroller इस संकेत को पढ़कर उपयोगी जानकारी बनाता है।



भौतिक राशि
जैसे प्रकाश



Sensor
बदलाव पहचानता है



विद्युत संकेत
analog / digital



Microcontroller
पढ़ता व निर्णय लेता है

मुख्य उदाहरण

- **Light Sensor:** रोशनी का स्तर मापता है।
- **Moisture Sensor:** मिट्टी या पदार्थ में नमी का अनुमान देता है।
- **Temperature Sensor:** तापमान मापता है।
- अन्य: **Pressure, Motion, Gas, Sound** Sensor।

Signal के प्रकार

- **Analog:** लगातार बदलने वाला मान; जैसे 0–3.3 V। ADC इसे digital संख्या में बदलता है।
- **Digital:** 0/1 या protocol के रूप में डेटा; जैसे I²C, SPI, One-Wire।

अच्छा Sensor चुनते समय

Range (माप सीमा), **Accuracy** (सही मान से निकटता), **Sensitivity** (छोटे बदलाव पर प्रतिक्रिया), **Resolution** (सबसे छोटा पहचाना बदलाव), response time और वातावरण के अनुकूलता पर ध्यान दें।

याद रखें: Sensor स्वयं निर्णय नहीं लेता; वह माप/संकेत देता है। निर्णय सामान्यतः Microcontroller या अन्य Controller करता है।

प्रमुख Sensor और उनके उपयोग

हर Sensor एक अलग भौतिक राशि के प्रति संवेदनशील होता है। सही Sensor का चुनाव माप की सीमा, वातावरण, लागत और Controller से जुड़ने के तरीके पर निर्भर करता है।



Light Sensor

LDR पर रोशनी बदलने से resistance बदलता है। इसे resistor के साथ voltage divider में लगाकर ADC से प्रकाश का सापेक्ष स्तर पढ़ते हैं। **Photodiode** तेज और अधिक सटीक प्रकाश मापन में उपयोगी है।

उपयोग: automatic street light, screen brightness, day/night detection.



Moisture Sensor

Soil Moisture Sensor मिट्टी में पानी की मात्रा का अनुमान देता है। **Resistive** probe चालकता मापता है; **Capacitive** probe capacitance में बदलाव से नमी बताता है और सामान्यतः corrosion कम करता है।

उपयोग: smart irrigation, greenhouse, पौधों की देखभाल.



Temperature Sensor

Thermistor का resistance तापमान के साथ बदलता है। **LM35** analog voltage देता है। **DS18B20** digital और **DHT22** temperature के साथ humidity भी देता है।

उपयोग: मौसम स्टेशन, HVAC, cold storage, उपकरण सुरक्षा.

इंटरफेस कैसे चुनें?

Analog Sensor के लिए उपयुक्त voltage range वाला **ADC** चाहिए। Digital Sensor के लिए उसका **protocol** और library देखें। Supply voltage, pin compatibility और wiring diagram जाँचें।

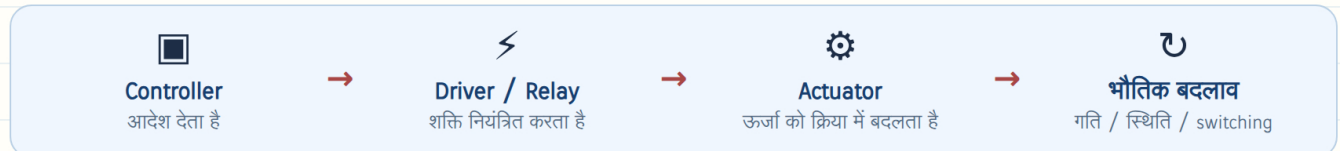
मापन को भरोसेमंद बनाएं

Sensor को सही जगह लगाएँ, वास्तविक परिस्थितियों में **calibration** करें, noise कम करें और कई readings का average लें। Soil sensor में मिट्टी का प्रकार भी reading बदल सकता है।

ध्यान दें: Soil moisture reading प्रायः अनुमान/relative value होती है; अलग मिट्टी के लिए threshold को जाँचकर तय करें।

Actuator: सिस्टम को क्रिया कराना

Actuator वह उपकरण है जो Controller के आदेश को वास्तविक क्रिया में बदलता है—जैसे घुमाना, खोलना-बंद करना, धक्का देना या किसी load को चालू करना। Sensor input लेता है; Actuator output action करता है।



DC Motor

विद्युत ऊर्जा को लगातार घूर्णन में बदलता है। गति **PWM** से नियंत्रित; दिशा के लिए **H-bridge** driver उपयोगी।



Servo Motor

निर्धारित कोण/स्थिति पर जाने के लिए feedback control का उपयोग करता है। Robotic arm और steering में सामान्य।



Stepper Motor

घुमाव छोटे-छोटे steps में करता है; positioning में उपयोगी। सामान्यतः stepper driver चाहिए।



Relay

विद्युत रूप से नियंत्रित switch है। Controller कम-वोल्टेज संकेत से अलग circuit/load को on/off कर सकता है।



Solenoid

Coil में धारा से चुंबकीय बल बनता है और plunger सीधी रेखा में चलता है। Door lock/valve में उपयोग।



Pneumatic / Hydraulic

हवा या द्रव के दबाव से cylinder/valve चलाते हैं; भारी बल वाले औद्योगिक कार्यों में आम।



मुख्य अंतर: Motor आम तौर पर गति देता है; Relay switching करता है; Solenoid छोटा linear motion देता है। ये सभी Actuator के उदाहरण हैं।

Actuator का नियंत्रण और सुरक्षित जोड़

Microcontroller का GPIO pin केवल नियंत्रण संकेत देता है। Motor या coil को सीधे pin से चलाना सुरक्षित नहीं, क्योंकि उन्हें अधिक current/voltage चाहिए। बीच में उपयुक्त driver लगाएँ।

DC Motor को चलाना

- **Motor Driver / H-bridge** मोटर की दिशा बदलता है।
- **PWM** duty cycle बदलकर औसत शक्ति और गति नियंत्रित करता है।
- Motor के लिए अलग rated supply रखें; Controller और driver का **GND common** रखें (जब circuit design इसकी माँग करे)।

दूसरे Actuator

- **Servo:** निर्दिष्ट control pulses से angle/position।
- **Stepper:** driver को step और direction signals।
- **Relay:** transistor/relay module से coil चलाएँ।
- **Solenoid:** MOSFET/transistor driver और protection आवश्यक।

सामान्य सुरक्षित नियंत्रण पथ

Microcontroller GPIO



Driver circuit



बाहरी Supply



Motor / Load

Control signal और actuator power का काम अलग रखें।

सुरक्षा के तीन नियम

1. Actuator का rated voltage और stall/start current datasheet से जाँचें।
2. Inductive load (motor, relay, solenoid) के लिए सही **flyback diode** या driver protection दें; H-bridge/module की wiring guide मानें।
3. उचित fuse, तार और power supply चुनें। Mains voltage पर काम प्रशिक्षित व्यक्ति से कराएँ।

उदाहरण: मिट्टी सूखी हो तो Sensor संकेत पढ़ें → Controller threshold से तुलना करे → driver के माध्यम से pump चालू करे।

Microcontroller: Sensor और Actuator का Controller

Microcontroller (MCU) एक छोटा programmable computer है, जो chip पर processing, memory और input/output सुविधाएँ जोड़ता है। यह Sensor data पढ़ता है, नियमों के अनुसार निर्णय करता है और Actuator को नियंत्रित करता है।



Input: Sensor

GPIO digital pin से HIGH/LOW पढ़ें; analog output को ADC से मापें; digital sensor से protocol द्वारा डेटा लें।

Output: Actuator

GPIO, PWM या communication interface से आदेश भेजें। Power माँग अधिक हो तो driver module लगाएँ।

कार्य-क्रम (सरल उदाहरण)

1. Sensor से reading लेना।
2. Reading को calibrate/filter करना और threshold से तुलना करना।
3. निर्णय के अनुसार Actuator चालू/बंद या नियंत्रित करना।
4. जरूरत हो तो Wi-Fi/Bluetooth/LoRa आदि से data भेजना।

क्या MCU ही Network Gateway है?

MCU, Sensor और Actuator को जोड़ने वाला **स्थानीय Controller** है। Wi-Fi/Bluetooth वाला MCU data सीधे network/cloud तक भेज सकता है, पर हर MCU में connectivity नहीं होती। कई IoT प्रणालियों में अलग **Gateway** कई devices के data को internet/cloud तक पहुँचाता है।

उदाहरण: ESP32 में Wi-Fi/Bluetooth उपलब्ध है; एक साधारण MCU में network के लिए बाहरी communication module लग सकता है।

S.P Group of Institute
Internet of Things and its Applications Notes
Unit Name: (iii) Sensors, Actuators and Microcontrollers

भाग 6 • तुलना

O Level • NIELIT • M4–R5.1

Microcontroller और Microprocessor में अंतर

दोनों में CPU होता है, लेकिन सामान्य उपयोग और chip में शामिल सुविधाएँ अलग होती हैं। Microcontroller embedded control के लिए all-in-one होता है; Microprocessor प्रायः बाहरी memory और peripherals के साथ बड़े computing system का केंद्र बनता है।

आधार	Microcontroller (MCU)	Microprocessor (MPU)
एक chip में	CPU + memory + GPIO तथा timers/ADC जैसे peripherals प्रायः साथ।	मुख्यतः CPU; memory/peripherals अक्सर बाहरी या system-on-chip में।
मुख्य काम	एक निश्चित embedded कार्य को भरोसे से नियंत्रित करना।	बहु-कार्य computing, बड़े applications और operating system चलाना।
Power / लागत	अक्सर कम power और कम लागत; सीमित संसाधन।	आमतौर पर अधिक processing क्षमता और power; system जटिल।
उदाहरण	8051, ATmega328P, PIC, STM32, ESP32।	PC के x86 CPU, Raspberry Pi जैसे SBC में application processor।
उपयोग	Thermostat, smart sensor, motor control, IoT node।	Desktop, smartphone/embedded Linux board, multimedia system।

MCU कब चुनें?

जब कम power, कम लागत, तेज़ startup और किसी विशेष काम का लगातार नियंत्रण चाहिए—जैसे temperature देखकर fan चलाना।

MPU कब चुनें?

जब बड़े software, अधिक memory, rich user interface, networking और अनेक tasks/OS की जरूरत हो।

परीक्षा संकेत: “CPU + memory + I/O एक chip पर” Microcontroller की प्रमुख पहचान है। यह सामान्य भेद है—आधुनिक SoC में दोनों तरह की सुविधाएँ मिल सकती हैं।

S.P Group of Institute
Internet of Things and its Applications Notes
Unit Name: (iii) Sensors, Actuators and Microcontrollers

भाग 7 • Families, boards और चयन

O Level • NIELIT • M4-R5.1

Embedded ecosystem में Microcontroller के प्रकार

Embedded ecosystem में अलग-अलग MCU families, development boards, tools और software libraries शामिल होते हैं। चयन करते समय केवल नाम नहीं, बल्कि pins, memory, speed, connectivity, power और support देखें।

8051

पुरानी और शिक्षा में लोकप्रिय 8-bit MCU family; basic embedded control समझने के लिए उपयोगी।

PIC

Microchip की MCU family; 8/16/32-bit variants और औद्योगिक/शिक्षण उपयोग।

AVR

8-bit MCU family। **ATmega328P** Arduino Uno के classic versions में आम।

ARM Cortex-M

32-bit MCU cores; **STM32** परिवार robotics, control और industrial projects में व्यापक।

ESP8266 / ESP32

IoT projects में लोकप्रिय; Wi-Fi उपलब्ध, ESP32 variants में Bluetooth भी। Pins/features model के अनुसार बदलते हैं।

RP2040

Raspberry Pi का MCU chip; **Raspberry Pi Pico** इसके आधार पर बना development board है।

Board और chip एक नहीं

Arduino Uno development board / ecosystem है; उसमें लगा MCU board revision के अनुसार अलग हो सकता है।
Raspberry Pi Pico MCU development board है। **Raspberry Pi 4** एक Single-Board Computer है, MCU board नहीं।

चयन checklist

कितने GPIO चाहिए? ADC/PWM उपलब्ध है?
Wi-Fi/Bluetooth चाहिए? voltage और power budget क्या है? Toolchain, library, कीमत और community support कैसा है?

सार: MCU embedded system का programmable Controller है; Sensor से data लेकर Actuator चलाता है। आवश्यकता के अनुसार MCU family और connectivity चुनें।