

Magnituds físiques que cal mesurar perquè un robot tingui algun coneixement de l'entorn:

- [Llum](#) (amb la gamma d'espectre: visible, infraroja, ultraviolada)
- [So i ultrasò](#)
- [Gravetat](#) (inclinació, posició)
- [Temperatura](#)
- [Humitat](#)
- [Pressió i/o força](#)
- [Velocitat](#)
- [Magnetisme](#)
- [Ubicació](#)
- [Proximitat](#)
- [Distància](#)

Diversos tipus de captadors o sensors:

- **Sensores de luz**
 - **Elementos sensibles**
 - [LDRs o Fotorresistores](#) (resistores variables por la incidencia de la luz)
 - [Fotocel·les o cel·les fotovoltaiques](#)
 - [Fotodiodes](#)
 - [Fototransistors](#)
 - [CCD](#)
 - [Càmeres de vídeo](#)
 - **Mòduls integrats**
 - [Reflectiu](#)
 - [De ranura](#)
- **Sensors de pressió i força**
 - **Elementos sensibles**
 - [Microinterruptors](#)
 - [Sensors de pressió](#)
 - [Sensors de força](#)
 - **Sensors**
 - [Sensors de contacte](#) (sandvitx, bigotis, antenes)
 - [Pell robòtica](#)
- **Sensors de so**
 - **Elementos sensibles**
 - [Micròfons](#)
 - [Captadors piezoelèctrics](#)
 - **Mòduls integrats**
 - [Rangers \(mesuradors de distància\) ultrasònics](#)

- **Sensors per a mesura de distància**

- **Mòduls integrats**

- Mesuradors de distància ultrasònics
 - Mesuradors de distància per feix infraroig

- **Sensors de gravetat (posició)**

- Acceleròmetres, sensors de vibració
 - Sensors pendulars (inclinòmetres)
 - Contactes de mercuri
 - Giroscopis

- **Sensores de temperatura**

- Termistors
 - RTD (Termorresistències)
 - Termoparells, Termoparells
 - Diodes
 - Circuits integrats
 - Piroensors (a distància)

- **Sensors d'humitat**

- Sensors capacitius
 - Sensors resistius
 - Mòduls integrats

- **Sensors de velocitat**

- Tacòmetres
 - Codificadors (encoders)

- **Sensors de magnetisme**

- Efecte Hall
 - Brúixoles electròniques
 - Interruptors magnètics

- **Sensors d'ubicació geogràfica**

- GPS
 - Receptores de radiobalizas

- **Sensors de proximitat**

- Sensors capacitius
 - Sensors inductius

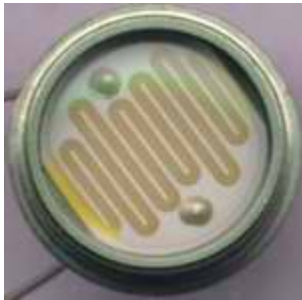
Sensors reflectius i per intercepció (de ranura)



Els sensors d'objectes per reflexió estan basats en l'ús d'una font de senyal lluminós (làmpades, díodes LED, díodes làser, etc.) i una cèl·lula receptora del reflex d'aquest senyal, que pot ser un fotodíode, un fototransistor, LDR, fins i tot xips especialitzats, com els receptors de control remot. Amb elements òptics similars, és a dir emissor-receptor, hi ha els sensors «de ranura» (en alguns llocs ho he vist referenciat com a «de barrera»), on s'estableix un feix directe entre l'emissor i el receptor, amb un espai entre ells que pot ser ocupat per un objecte.

Informació detallada -> [Sensors – Reflectius i per intercepció](#)

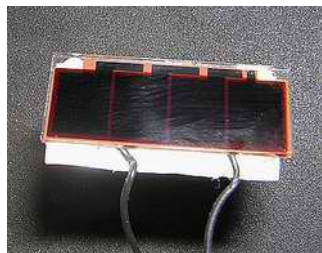
LDR (Light-Dependent Resistor, resistor dependiente de la luz)



Un LDR és un resistor que varia el seu valor de resistència elèctrica depenent de la quantitat de llum que hi incideix. Se'n diu, també, fotoresistor o fotoresistència. El valor de resistència elèctrica d'un LDR és baix quan hi ha llum incidint-hi (en alguns casos pot baixar a tan baix com 50 ohms) i molt alt quan és a les fosques (pot ser de diversos megaohms).

Información detallada -> [Sensores – LDR](#)

Fotocel·les o cel·les fotovoltaïques



La conversió directa de llum en electricitat a nivell atòmic s'anomena **generació fotovoltaica**. Alguns materials presenten una propietat coneguda com a **efecte fotoelèctric**, que fa que absorbeixin fotons de llum i emetin electrons. Quan es captura aquests electrons lliures emesos, el resultat és un corrent elèctric que pot ser utilitzat com a energia per alimentar circuits. Aquesta mateixa energia es pot utilitzar, òbviament, per produir la detecció i el mesurament de la llum.

Información detallada -> [Sensores – Celdas Fotovoltaicas](#)

Fotodíodes



El fotodíode és un díode semiconductor, construït amb una unió PN, com molts altres díodes que s'utilitzen en diverses aplicacions, però en aquest cas el semiconductor està exposat a la llum a través d'una cobertura cristal·lina i de vegades en forma de lent, i per el seu disseny i construcció serà especialment sensible a la incidència de la llum visible o infraroja. Tots els semiconductors tenen aquesta sensibilitat a la llum, encara que en el cas dels fotodíodes, dissenyats específicament per això, la construcció està orientada a aconseguir que aquesta sensibilitat sigui màxima.

Información detallada -> [Sensores – Fotodiodos](#)

Fototransistors

Els fototransistors no són gaire diferents d'un transistor normal, és a dir, estan compostos pel mateix material semiconductor, tenen dues junctures i les mateixes tres connexions externes: col·lector, base i emissor. Per descomptat, sent un element sensible a la llum, la primera diferència evident és a la seva càpsula, que posseeix una finestra o és totalment transparent, per deixar que la llum ingressi fins a les junctures de la pastilla semiconductora i produeixi l'efecte fotoelèctric.



CCD i càmeres de vídeo



L'abreviatura **CCD** ve de l'anglès **Charge-Coupled Device**, Dispositiu Acoblat per Carga. El CCD és un circuit integrat. La característica principal d'aquest circuit és que té una matriu de cel·les amb sensibilitat a la llum alineades en una disposició fisicoelèctrica que permet «empaquetar» en una superfície petita un enorme nombre d'elements sensibles i manejar aquesta gran quantitat d'informació d'imatge (per portar-la a l'exterior del microcircuit) d'una manera relativament senzilla, sense necessitat de grans recursos de connexions i circuits de control.

Informació detallada -> [Sensores – CCD i Càmeres de vídeo](#)

Microinterruptors



No cal estendre's gaire sobre aquests components (anomenats «microswitch» en anglès), molt comuns a la indústria i molt utilitzats en equips electrònics i en automatització.

Amb seguretat amb la recopilació d'imatges que presentem a l'esquerra n'hi haurà prou.

Informació detallada -> [Sensores mecànics de choque \(parachoques\)](#)

Sensores de pressió



A la indústria hi ha un rang amplíssim de sensors de pressió, la majoria orientats a mesurar la pressió d'un fluid sobre una membrana. En robòtica pot ser necessari realitzar mesuraments sobre fluids hidràulics (per donar un exemple), encara que és més probable que els mesuradors de pressió disponibles resultin útils com a sensors de força (l'esforç que realitza una part mecànica, com ara un braç robòtic), amb la deguda adaptació. Es pot esmentar un sensor integrat de silici com el **MPX2100** de Motorola, de mida petita i preu accessible.

Informació detallada -> [Sensores – Pressió](#)

Sensores de força



Un sensor de força ideal per a l'ús en robòtica és el sensor **FlexiForce**. Es tracta d'un element totalment pla integrat dins una membrana de circuit imprès flexible de gruix escàs. Aquesta forma plana permet col·locar el sensor amb facilitat entre dues peces de la mecànica del nostre sistema i mesurar la força que s'aplica sense pertorbar la dinàmica de les proves. Els sensors **FlexiForce** utilitzen una tecnologia basada en la variació de resistència elèctrica de làrea sensora. L'aplicació d'una força al'àrea activa de detecció del sensor es tradueix en un canvi en la resistència elèctrica de l'element sensor en funció inversament proporcional a la força aplicada.

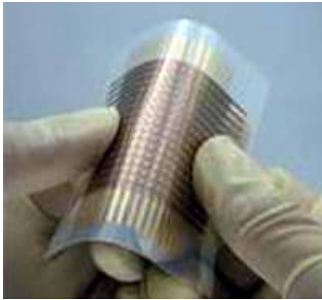
Informació detallada -> [Sensors – Sensor de força FlexiForce](#)

Sensors de contacte (xoc)



Per detectar contacte físic del robot amb un obstacle se solen utilitzar interruptors que s'accionen mitjançant actuadors físics. Un exemple molt clàssic serien uns filferros elàstics que compleixen una funció similar a la de les antenes dels insectes. En anglès els anomenen whiskers (bigotis), relacionant-los amb els bigotis sensibles dels animals com —per exemple— els gossos i gats. També s'usen bandes metàl·liques que envolten el robot, o el seu front i/o part del darrere, com a para-xocs de cotxes.

Pell robòtica



El mercat ha produït, en els darrers temps, sensors plans, flexibles i estesos als que han batejat com a «robotic skin», o **pell robòtica**. Un d'aquests productes és el creat per investigadors de la universitat de Tòquio. Es tracta d'un conjunt de sensors de pressió muntats sobre una superfície flexible, dissenyats amb la intenció d'aportar als robots una de les capacitats de la nostra pell: la sensibilitat a la pressió.

Informació detallada -> [Sensores – Piel robótica](#)

Micròfons i sensors de so



L'ús de micròfons en un robot es pot trobar en dues aplicacions: primer, dins d'un sistema de mesurament de distància, en què el micròfon rep sons emesos des del mateix robot després que aquests reboten als obstacles que té al davant, és dir, un sistema de sonar; i segon, un micròfon per captar el so ambient i utilitzar-lo en algun sentit, com ara rebre ordres a través de paraules o tons, i, una mica més avançat, determinar la direcció d'aquests sons. Com és obvi, ara que es parla tant de robots per a espionatge, també s'hi inclouen micròfons per prendre el so ambient i transmetre'l a un lloc remot.

Informació detallada -> [Sensores – Sonido](#)

Rangers (mesuradors de distància) ultrasònics



Els mesuradors ultrasònics de distància que s'utilitzen als robots són, bàsicament, un sistema de sonar. Al mòdul de mesurament, un emissor llança un tren de polsos ultrasònics i espera el rebot, mesurant el temps entre l'emissió i el retorn, cosa que dona com a resultat la distància entre l'emissor i l'objecte on es va produir el rebot. Es poden assenyalar dues estratègies en aquests mesuradors: els que tenen un emissor i un receptor separats i els que alternen la funció (per mitjà del circuit) sobre un mateix emissor/receptor piezoelèctric. Aquest últim és el cas dels mesuradors de distància inclosos a les càmeres Polaroid amb autorango, que s'obtenen de desarmament i s'usen a la robòtica d'experimentació personal.

Hay tipos característicos de sensores de distancia que se utilizan en robots:

1. Els mòduls d'ultrasò continguts a les velles càmeres **Polaroid** amb autorango, que es poden aconseguir al mercat d'usats per relativament pocs diners.
2. Els mòduls **SRF** de Devantech, que són capaços de detectar objectes a una distància de fins a 6 metres, a més de connectar-se al microcontrolador mitjançant un bus **I2C**.

Informació detallada -> [Sensors – Medidores de distancia ultrasónicos](#)

Mesuradors de distància per feix infraroig

L'empresa Sharp produeix una línia de mesuradors de distància basats en un feix infraroig, que formen la família GP2DXXX. Aquests sensors d'infrarojos detecten objectes a diferents rangs de distància, i en alguns casos ofereixen informació de la distància en alguns models, com ara els GP2D02 i GP2D12. El mètode de detecció d'aquests sensors



és per triangulació. El feix és reflectit per l'objecte i incideix en un petit array CCD, amb la qual cosa es pot determinar la distància i/o presència d'objectes al camp de visió. En els sensors que lliuren un nivell de sortida analògic per indicar la distància, el valor no és lineal respecte a la distància mesurada, i cal utilitzar una taula de conversió.

Informació detallada -> [Sensors – Mesuradors de distància per feix infraroig](#)

Acceleròmetres, sensors de vibració



Un acceleròmetre és un dispositiu que permet mesurar el moviment i les vibracions a què està sotmès un robot (o una part d'ell), en el mode de mesurament dinàmic, i la inclinació (pel que fa a la gravetat), en el mode estàtic. .

Dels antics acceleròmetres mecànics, de mida gran i dificultosos de construir, perquè incloïen imants, ressorts i bobines (en alguns models), s'ha passat en aquesta època a dispositius integrats, amb els

elements sensibles creats sobre els mateixos microcircuits.

Aquests sensors, disponibles en forma de circuit integrat, són els que normalment s'utilitzen en robòtica experimental. Un dels acceleròmetres integrats més coneguts és l' **ADXL202** , molt petit, versàtil i de cost accessible.

Informació detallada -> [Sensores – Acelerómetros, sensores de vibración](#)

Sensors pendulars (inclinòmetres)



Queda clar que la inclinació d'un robot es pot mesurar amb facilitat fent servir les característiques de mesurament estàtic del sensor ADXL202 que descobrim aquí a dalt. Els avantatges d'aquest sensor són grans, a causa de la seva mida petita, sòlida integració i facilitat de connexió amb microcontroladors. De tota manera, hi ha altres solucions per determinar la posició de la vertical (en base a la força de la gravetat), i les llistarem breument.

El mercat ofereix dispositius amb diverses solucions mecàniques, totes basades en un pes, de vegades solt encara que flotant en un medi viscos, de vegades ubicat sobre una roda carregada sobre un costat de la seva circumferència, de vegades una esfera. Fins i tot hi ha sensors basats en el moviment d'un líquid viscos i conductor de l'electricitat dins d'una cavitat. Les parts mòbils en molts casos estan submergides en oli, per evitar que la massa que fa de pèndol quedi fent moviments oscil·lants. Els sensors poden estar basats en efecte capacitiu, electrolític, de torsió (piezoelèctric), magnètic (inducció sobre bobines) i variació resistiva.

Contactes de mercuri

També per mesurar inclinació, encara que en aquest cas sense obtenir valors intermedis, sinó simplement un contacte obert o tancat, hi ha les claus o contactes de mercuri, que consisteixen en un cilindre (en general de vidre) en què hi ha dos contactes a tancar i una quantitat suficient de mercuri que es pot lliscar a un extrem o altre del cilindre i tancar el contacte.



Giroscopis



El giròscop o giroscopi està basat en un fenomen físic conegut fa molt, molt de temps: una roda girant es resisteix que se li canviï el pla de gir (o el que és el mateix, la direcció de l'eix de rotació). Això és degut al que en física s'anomena «principi de conservació del moment angular».

En robots experimentals no se solen veure volants giratoris. El que és d'ús comú són uns sensors de mida petita, com els que s'utilitzen en models d'helicòpters i robots, basats en integrats l'ànima dels quals són petites llengüetes vibratòries, construïdes directament sobre el xip de silici. La seva detecció es basa que les peces ceràmiques en vibració són subjectes a una distorsió que es produeix per l'efecte Coriolis.

Información detallada -> [Sensores – Giròscopos](#)

Termistors



Un termistor és un resistor el valor del qual varia en funció de la temperatura. Hi ha dues classes de termistors: NTC (Negative Temperature Coefficient, Coeficient de Temperatura Negatiu), que és una resistència variable el valor de la qual es decremента a mesura que augmenta la temperatura; i PTC (Positive Temperature Coefficient, Coeficient de Temperatura Positiu), el valor del qual de resistència elèctrica augmenta quan augmenta la temperatura.

La lectura de temperatures en un robot, tant a l'interior com a l'exterior, pot ser extremadament important per protegir els circuits, motors i estructura de la possibilitat que, per fricció, esforç, traves o excessos mecànics de qualsevol tipus s'assoleixin nivells perillosos d'escalfament.

RTD (Termorresistències)



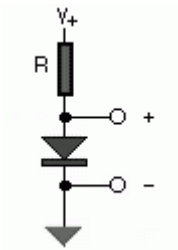
Els sensors RTD (Resistance Temperature Detector), basats en un conductor de platí i altres metalls, es fan servir per mesurar temperatures per contacte o immersió, i en especial per a un rang de temperatures elevades, on no es poden utilitzar semiconductors o altres materials sensibles. El seu funcionament es basa en el fet que en un metall, quan puja la temperatura, augmenta la resistència elèctrica.

Termoparell



El sensor d'una termocupla està format per la unió de dues peces de metalls diferents. La unió dels metalls genera un voltatge molt petit, que varia amb la temperatura. El seu valor està a l'ordre dels milivolts, i augmenta en proporció amb la temperatura. Aquest tipus de sensors cobreix un ampli rang de temperatures: -180-1370 °C.

Diodes per mesurar temperatura



Es pot fer servir un díode semiconductor ordinari com a sensor de temperatura. Un díode és el sensor de temperatura de menor cost que es pot trobar, i tot i ser tan barat és capaç de produir resultats més que satisfactoris. Només cal fer un bon calibratge i mantenir un corrent d'excitació ben estable. El voltatge sobre un díode conduïnt corrent en directe té un coeficient de temperatura al voltant de 2,3 mV/°C i la variació, dins un rang, és raonablement lineal. S'ha d'establir un corrent bàsic d'excitació, i és millor utilitzar una font de corrent constant, o sinó un resistor connectat a una font estable de voltatge.

Circuits integrats per mesurar temperatura



Hi ha una àmplia varietat de circuits integrats sensors de temperatura (es pot trobar una llista al link de sota amb la **informació detallada**). Aquests sensors s'agrupen en quatre categories principals: eixida de voltatge, eixida de corrent, eixida de resistència i eixida digital. Amb sortida de voltatge podem trobar els molt comuns **LM35** (°C) i **LM34** (°K) de National Semiconductor. Amb sortida de corrent un dels més coneguts és l' **AD590** , d'Analog Devices. Amb sortida digital són coneguts el **LM56** i **LM75** (també de National). Els de sortida de resistència són menys comuns, fabricats per Phillips i Siemens.

Informació detallada -> [Sensores – Integrados para medir temperatura](#)

Pirosensores (sensores de llama a distància)

Hi ha sensors que, basats en la detecció d'una gamma molt estreta d'ultraviolats, permeten determinar la presència d'un foc a bona distància. Amb els circuits que proveeix el fabricant, un sensor d'aquests (construït amb el bulb **UVTron**) pot detectar a 5 metres de distància un fòsfor (sumilla) encès dins d'una habitació assolellada. Al



mercat de sensors industrials es pot trobar una varietat àmplia de sensors de flama a distància, alguns que detecten també ultraviolada i altres que es basen en els infrarojos, encara que pel que vaig poder veure, la majoria són de mida força gran. Un altre sensor que s'utilitza en robòtica, en aquest cas sensible als infrarojos, és el mòdul **TPA81**.

Informació detallada -> [Sensores – Piro sensores a distància](#)

Sensors d'humitat



La detecció d'humitat és important en un sistema si aquest s'ha de desenvolupar en entorns que no es coneixen per endavant. Una humitat excessiva pot afectar els circuits i també la mecànica d'un robot. Per aquesta raó cal tenir en compte una varietat de sensors d'humitat disponibles, entre els quals els capacitius i resistius, més simples, i alguns integrats amb diferents nivells de complexitat i prestacions.

Per a l'ús en robòtica, per sort, es pot comptar amb mòduls petits, versàtils i de cost accessible, com ara

el **SHT11** de Sensirion.

Informació detallada -> [Sensores – Humitat](#)

Sensors magnètics



En robòtica, algunes situacions de mesura de l'entorn poden requerir l'ús d'elements de detecció sensibles als camps magnètics. En principi, si el nostre robot s'ha de moure en ambients externs a un laboratori, una aplicació important és una brúixola que formi part d'un sistema d'orientació per al nostre robot.

Una altra aplicació és el mesurament directe de camps magnètics presents als voltants, que podrien tornar-se perillosos per al «cervell» del nostre robot si la seva intensitat és important.

Una tercera aplicació és el mesurament de sobrecorrents a la part motriu (detectant la intensitat del camp magnètic que genera un conductor a la font d'alimentació). També es podran trobar sensors magnètics en el mesurament de moviments, com l'ús de detectors de zero moviment i tacòmetres basats en sensors per efecte Hall o pickups magnètics.

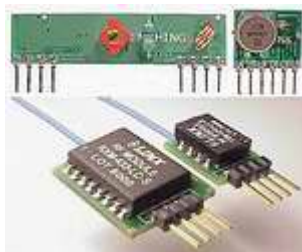
Informació detallada -> [Sensores – Magnetismo](#)

Sistema de posicionamiento global

Si bé ens pot semblar massa luxe per als nostres experiments, la veritat és que un sistema de posicionament global (GPS, Global Positioning System) aporta una sèrie de dades que poden ser molt útils per a un robot avançat. Un exemple d'aquest servei és el mòdul **DS-GPM**, fabricat per Total Robots, que lliura dades de latitud, longitud, altitud, velocitat, hora i data i posició satelital.

Aquestes dades es comuniquen des dels registres del mòdul mitjançant interfícies **I2C** i RS232. Tot i que no és barat, en realitat no és tan inaccessible.

Receptores de radiobalizas



Per mitjà d'un grup d'emissors de radiofreqüència codificats, ubicats en llocs coneguts pel sistema, és possible establir amb precisió la posició d'un robot, només fent una triangulació. A aquest efecte el robot ha de posseir una antena de recepció direccional (amb reflector parabòlic, o similar) que pugui girar 360°, i així determini la posició de les radiobalises. Al robot és possible usar receptors integrats molt petits i de baix cost, com el **RWS-433**, o el **RXLC-434**, i altres similars, que treballen en freqüències d'entre 303 i 433 Mhz. L'elecció dels transmissors dependran de la distància a què s'ubiquin les radiobalises, però si es tracta d'àrees acotades és possible utilitzar els mòduls transmissors agermanats amb els anteriors, com

el **TWS-433** y el **TXLC-434**.

Información detallada -> [Sensores – Receptores \(y transmisores\) de RF](#)

Sensors de proximitat



Els sensors de proximitat que s'obtenen a la indústria són resultat de la necessitat de comptar amb indicadors de posició en què no hi ha contacte mecànic entre l'actuador i el detector. Poden ser de tipus lineal (detectors de desplaçament) o de tipus commutador (la commutació entre dos estats indica una posició particular). Hi ha dos tipus de detectors de proximitat molt utilitzats a la indústria: inductius i capacitius.

Els detectors de proximitat inductius es basen en el fenomen d'esmoreïment que es produeix en un camp magnètic a causa dels corrents induïts (corrents de Foucault) en materials situats a les rodalies. El material ha de ser metàl·lic. Els capacitius funcionen detectant les variacions de la capacitat paràsita que s'origina entre el detector pròpiament dit i l'objecte la distància del qual es vol mesurar. S'utilitzen per mesurar distàncies a objectes metàl·lics i no metàl·lics, com la fusta, els líquids i els materials plàstics.