

Dispositius electrònics

Santiago Vilanova Àngeles

PID_00184737



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

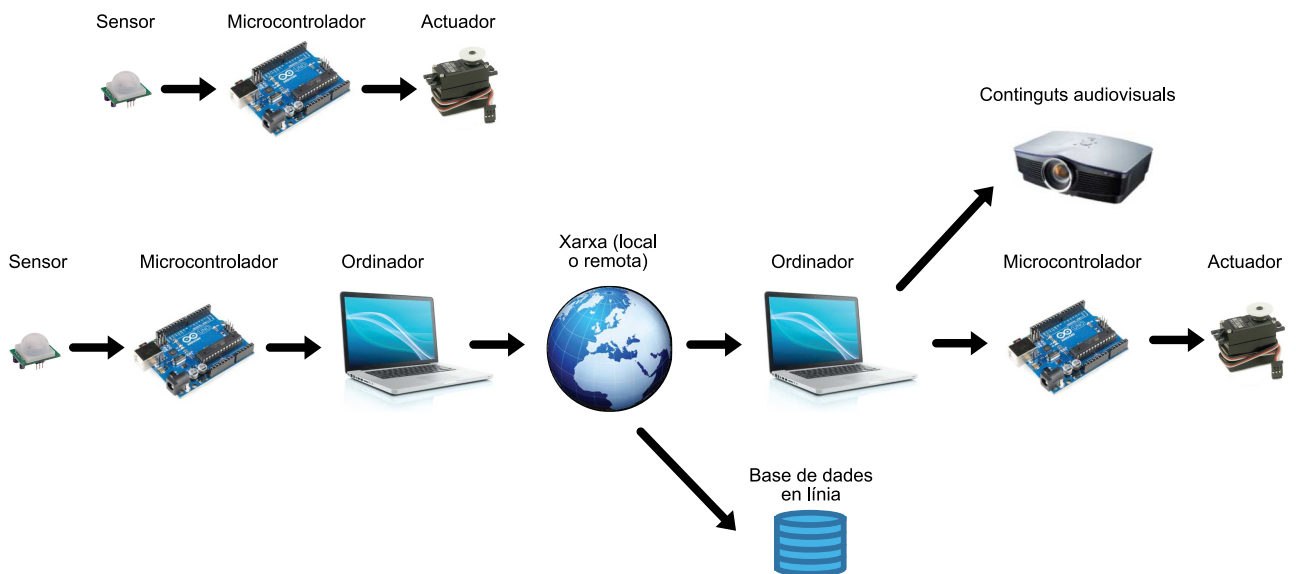
Introducció	5
Objectius	7
1. Conceptes teòrics	9
1.1. Breu introducció a la electrònica	9
1.1.1. DC/AC	9
1.1.2. Intensitat, voltatge i resistència. Llei d'Ohm	10
1.1.3. Resistències	10
1.1.4. Resistències variables	11
1.1.5. Condensadors	12
1.1.6. Díodes	12
1.1.7. Leds	13
1.1.8. Transistors	13
1.1.9. Relés	14
1.1.10. IC (Integrated Circuit)	14
1.1.11. PCB (<i>printed circuit board</i>)	15
1.1.12. Esquemàtiques	15
2. Les eines	17
2.1. Arduino	17
2.2. Sensors	19
2.3. Actuadors	21
2.4. Components electrònics	22
2.5. Cablejat i estany	22
2.6. Soldador	22
2.7. <i>Protoboard</i>	22
2.8. <i>Perfboard</i>	23
3. Dissenyant interaccions amb arduino	24
3.1. Utilització del <i>protoboard</i>	24
3.2. Microprogramari o <i>firmware</i>	24
3.3. Lectura d'un sensor analògic	24
3.4. Lectura d'un sensor digital	24
3.5. Connexió d'un actuator digital	25
3.6. Connexió d'un actuator analògic	25
3.7. Comunicació serial	25
4. Més enllà. Recursos i bibliografia específica	27
4.1. Xbee	27
4.2. Eagle i Fritzing	27

4.3.	Robòtica	27
4.4.	Bibliografia	28

Introducció

Una àrea molt extensa dins el camp del disseny d'interaccions és la del prototipatge i disseny de circuits i artefactes electrònics. Amb l'ús de xarxes de sensors i actuadors regulats per microcontroladors digitals es poden dissenyar interaccions basades en les dades rebudes pels sensors (d'humitat, de temperatura, de proximitat, de pressió, de flexió...). Aquestes dades recopilades pels sensors i interpretades pels microxips digitals poden, al seu torn, incidir en l'activació d'altres components electrònics com ara motors, pistons electro-magnètics, leds, etc. I donar lloc a un sistema interactiu electrònic autònom. De la mateixa manera que amb els actuadors, les dades provinents dels sensors es poden convertir en dades digitals que administrin un sistema de programari i que donin lloc a distints *events* controlables mitjançant ordinadors (disparaments d'àudio, de so, connexions a Internet...).

Observeu l'esquema que trobareu a continuació per tal d'entendre algunes de les possibilitats de connectivitat d'aquests sistemes electrònics sumats a un sistema informàtic:



Al llarg d'aquest modul estudiarem les distintes estratègies aplicables al disseny d'interaccions basades en sistemes electrònics. Prendrem com a plataforma d'estudi el sistema **Arduino**, una plataforma d'Open Hardware que ha suposat una revolució en el camp de les tecnologies DIY (fes-t'ho tu mateix). Es tracta d'una placa amb un microxip senzill però alhora fàcil d'utilitzar i amb moltes possibilitats. Utilitzant sensors o actuadors juntament amb Arduino es poden fer prototips interactius de manera econòmica i eficaç. Ha estat gràcies a la seva facilitat d'ús i al gran nombre d'usuaris que s'hi ha bolcat a Internet, creant una comunitat oberta de persones que intercanvien coneixements en

forma d'esquemes i diagrames electrònics, codis de programari i estratègies de comunicació, que Arduino ha esdevingut una de les eines més populars per a estudiar i investigar la interactivitat amb l'electrònica i dispositius físics.

Objectius

- 1.** Introduir els principis fonamentals de l'electrònica.
- 2.** Donar les claus per a l'aprenentatge dels conceptes bàsics del prototipatge.
- 3.** Enumerar alguns dels components principals de l'electrònica.
- 4.** Donar a conèixer algunes de les possibilitats del prototipatge electrònic en l'àmbit interactiu.
- 5.** Entendre com funciona un circuit senzill.
- 6.** Aportar el coneixement necessari perquè pugueu dissenyar el vostre propi circuit electrònic interactiu, treballat amb sensors i actuadors, confeccionat mitjançant la plataforma Arduino.

1. Conceptes teòrics

1.1. Breu introducció a la electrònica

Abans d'entrar en profunditat en la matèria pròpia del disseny d'interacció mitjançant el prototipatge electrònic, hem de fer una introducció breu als conceptes bàsics de l'electrònica moderna.

Avui dia, definim l'**electrònica** com la part de la ciència i de la tècnica que tracta de l'estudi dels electrons i de les seves aplicacions en el tractament i la transmissió d'informació.

A continuació explicarem diversos conceptes clau per a entendre els principis de l'electrònica. Tot i que no pretenem fer una explicació exhaustiva sí que intentarem que sigui la informació necessària per a poder desenvolupar després els vostres prototips. Es tracta dels fonaments clau, i per tant, cal que poc a poc els assimileu. Al llarg del mòdul farem pràctiques i analitzarem diferents exemples, i aquesta llista us ha de servir com a diccionari de referència.

1.1.1. DC/AC

Podem considerar bàsicament dos tipus de corrent elèctric: el **corrent continu** (DC) i el **corrent altern** (AC).

- El corrent continu es caracteritza pel fet que en un circuit elèctric el desplaçament d'electrons es fa sempre en el mateix sentit, amb una tensió i intensitat constants en el temps.
- En canvi, el corrent altern es distingeix pel fet de ser un corrent variable en què les principals magnituds que el defineixen, tensió i intensitat, canvien contínuament de valor i de sentit (el corrent de la xarxa elèctrica domèstica és una ona sinusoidal a 50 Hz).

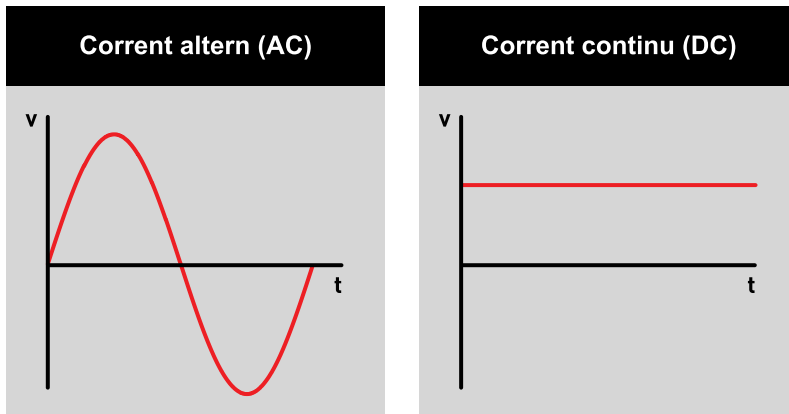
Els circuits electrònics (telèfons, comandaments a distància, calculadores, etc.) solen funcionar gairebé sempre amb DC, ja que, com hem vist, la seva funció és la del tractament i transmissió d'informació, més que no pas el subministrament i gestió de grans quantitats d'energia elèctrica. L'AC permet moure grans quantitats d'energia en circuits de llargues distàncies, i és la que s'utilitza per exemple, en els electrodomèstics i en les fàbriques, ja que permet activar motors potents, il·luminar grans superfícies, etc.

Exemple

És el corrent que proporciona, per exemple, les piles i les bateries.

Exemple

És el corrent que es fa servir majoritàriament, tant als habitatges com a les indústries. Quan connectem un aparell a un endoll li estem subministrant corrent altern.



1.1.2. Intensitat, voltatge i resistència. Llei d'Ohm

- **Intensitat (o corrent):** mesurada en ampers (A), es defineix com el flux de càrrega elèctrica per unitat de temps que recorre un material.
- **Voltatge:** diferència de potencial elèctric entre dos punts. Es mesura en volts (v).
- **Resistència:** la resistència elèctrica d'un objecte és una mesura de la seva oposició al pas de corrent.

La **Llei d'Ohm** estableix que el corrent que travessa un circuit elèctric és directament proporcional a la diferència de potencial que hi ha entre els seus extrems i inversament proporcional a la resistència del circuit.

En termes matemàtics la llei s'expressa per mitjà de l'equació $I = V/R$.

on V és la caiguda de voltatge o diferència de potencial i I és el corrent. L'equació dóna com a resultat la constant de proporcionalitat R , que és la **resistència elèctrica del circuit**.

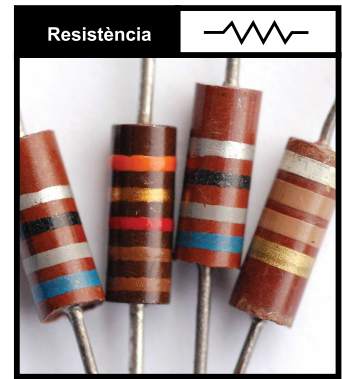
1.1.3. Resistències

Els resistors són components que ofereixen una determinada resistència al pas del corrent elèctric.

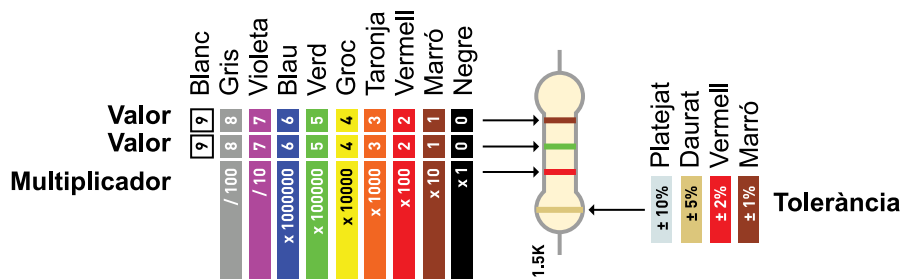
És molt habitual trobar-los en circuits electrònics i es fan servir, sobretot, per a limitar la intensitat del corrent elèctric en un punt determinat del circuit o per a dividir el valor total de la tensió.

Com a exemple per a entendre una de les aplicacions dels resistors, per tal de connectar un led a una sortida d'Arduino, necessitarem fer-ho a través d'una resistència de 220 ohms, per tal de reduir la tensió de sortida d'Arduino des de 5 v fins a 3,3 v, que és el voltatge màxim al qual pot treballar un led estàndard. Una resistència serveix doncs, en aquest cas, per a atenuar el voltatge d'una font d'alimentació fins al led.

El seu valor, que es mesura en ohms, pot estar escrit directament a la cara exterior del component, tot i que, generalment, es determina a partir d'un codi internacional de colors.



Font: Steve Lodefink (cc).

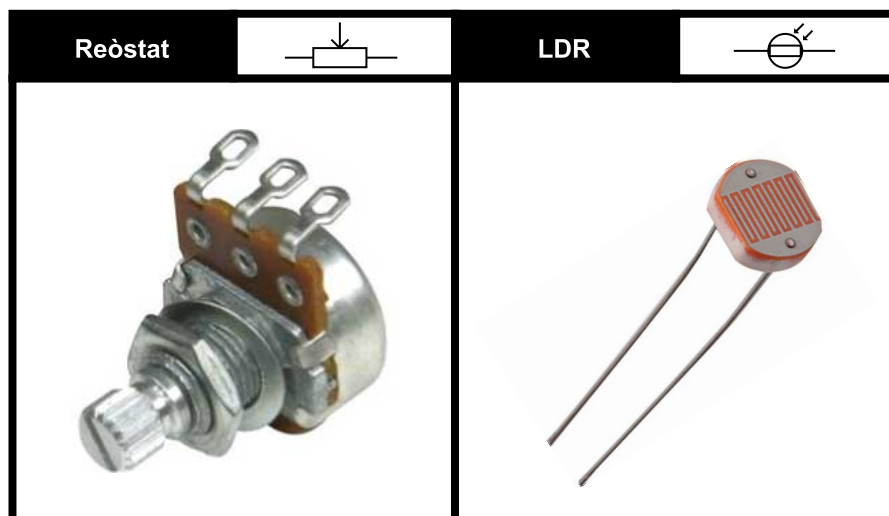


1.1.4. Resistències variables

Els potenciómetres o reòstats són resistors variables que es poden graduar manualment.

Serveixen, per exemple, per a variar el volum d'un aparell de música, la intensitat de llum d'una bombeta o la velocitat d'un motor.

Hi ha altres resistors variables, com ara les cèl·lules fotoelèctriques, que graduen el seu nivell de resistència en funció de la llum que capten.



1.1.5. Condensadors

En electrònica és necessari, en ocasions, disposar de components capaços d'emmagatzemar electricitat temporalment i descarregar-la de cop en un determinat instant; per exemple, el flaix d'una màquina fotogràfica. Aquests components són els condensadors.

El condensador és, doncs, un component que serveix per a **emmagatzemar temporalment càrregues elèctriques** sobre una superfície relativament petita. La capacitat dels condensadors es mesura en farads (F).

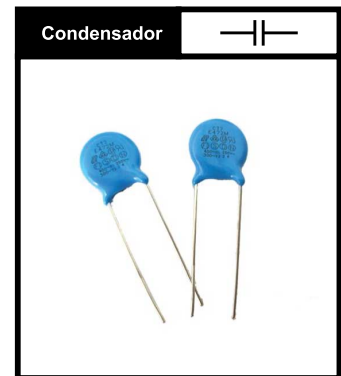
Els condensadors són, després dels resistors, els components electrònics més utilitzats. Es fan servir, entre altres aplicacions, en fonts d'alimentació, en filtres electrònics i en circuits de sintonització de senyals de radiofreqüència. Pràcticament tots els aparells electrònics empen condensadors: ordinadors, telèfons mòbils, televisors, cassets de butxaca, etc.

1.1.6. Díodes

Els díodes són uns components electrònics actius que permeten el pas del corrent en un únic sentit.

El díode és segurament el component semiconductor més senzill. Té dos terminals, anomenats *ànode* i *càtode*.

Si es connecta el born positiu d'una pila o font d'alimentació a l'ànode i el negatiu al càtode, el díode condueix (estat de conducció) i permet el pas del corrent a través seu. Quan es troba en aquest estat, el díode té polarització directa i podem dir que es comporta com un interruptor tancat. Si invertim la polaritat, el positiu el connectem al càtode i el negatiu a l'ànode, el díode no condueix (estat de blocatge) i no permet el pas de corrent a través seu. El díode es troba en polarització inversa i es comporta com un interruptor obert (un interruptor tancat fa que el circuit funcioni ja que connecta el circuit i en permet la circulació; en canvi, un interruptor obert no fa contacte i no permet el pas de l'electricitat).



Font: Wikipedia (cc).

Els díodes són molt utilitzats en fonts d'alimentació com a rectificadors, és a dir, per a convertir en corrent continu el corrent altern de la xarxa elèctrica. També s'utilitzen en circuits limitadors, en funcions lògiques i com a elements de protecció.

1.1.7. Leds

Hi ha un tipus especial de díode, anomenat **díode led** (*light emitting diode*), molt popularitzat i utilitzat com a indicador lluminós de l'estat d'un aparell (encès, apagat, en espera, etc.), que té com a característica principal l'emissió de llum quan condueix.

El led és un component electrònic que **emet llum** quan és travessat per un corrent elèctric.

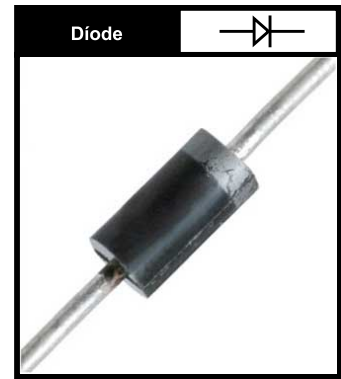
Es tracta d'un díode semiconductor, semblant a efectes electrònics al que has estudiat, però que té la propietat de transformar l'energia elèctrica en energia lluminosa. Els avantatges més importants que presenten els leds, respecte de les bombetes pilot de filament, són: alt rendiment energètic, poca producció de calor, vida útil molt elevada, mida reduïda, carcassa resistent, disponibilitat de diversos colors i consum baix.

1.1.8. Transistors

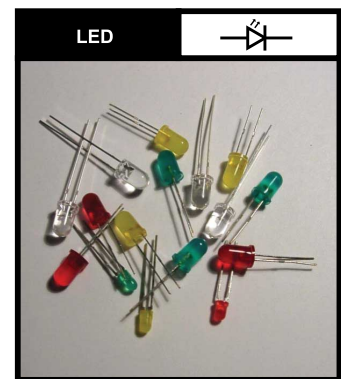
Tot i que existeixen desenes de tecnologies distintes de transistors (Mosfets, Bipolars, CMOS...) amb estructures internes diferents, a grans trets podríem definir el transistor com un component electrònic format internament per tres capes de material semiconductor, i que consta de tres parts ben diferenciades: emissor (E), base (B) i col·lector (C). Físicament, la base sempre està enmig de l'emissor i el col·lector, deixant als extrems l'emissor i el col·lector.

El transistor, per tant, és una espècie de sandvitx entre capes de material semiconductor de signe oposat (P(positiu) o N(negatiu)).

La combinació d'aquestes parts de semiconductor de classe P o N dóna lloc a dos tipus de transistors: transistor PNP i transistor NPN, i depenent de la funcionalitat o el tipus de component que necessitem associar al transistor en necessitem d'un o altre tipus (en una tira de leds comercial, per exemple, la regulació de la intensitat dels colors RGB es fa a través dels terminals negatius, ja que solen tractar-se de díodes led d'ànode comú i, per tant, necessitem fer servir un transistor NPN).



Font: Wikipedia (cc).



Font: Wikipedia (cc).

Amb l'aplicació d'un petit corrent a través de la unió base-emissor, s'estableix un corrent molt més gran entre la unió col·lector-emissor.

Així doncs, el transistor es un component electrònic que ens deixa "amplificar" voltatges elèctrics i que permet convertir petites tensions elèctriques en tensions més grans.

Aquest component serà útil si, per exemple, volem operar un motor de 12 v mitjançant les sortides analògiques d'Arduino, que treballen a un màxim de 5 v.

1.1.9. Relés

El relé és un **interruptor** elèctric que s'acciona per mitjà d'un **electroimant**.

Està format per una bobina que, quan hi circula un corrent elèctric, atreu una làmina metàl·lica que acciona un contacte, el qual s'obre o es tanca. Quan el corrent deixa de circular per la bobina de l'electroimant, una molla fa retornar la làmina metàl·lica i el contacte a la seva posició original. Els relés són molt útils i es fan servir molt, perquè, amb corrents de poca intensitat, permeten controlar altres circuits d'intensitat molt més gran, i també perquè poden ser governats a distància. El corrent que circula per la bobina del relé rep el nom de *corrent de maniobra* o *de comandament*, mentre que el que circula pel segon circuit (és a dir, pels contactes) rep el nom de *corrent principal* o *de potència*.

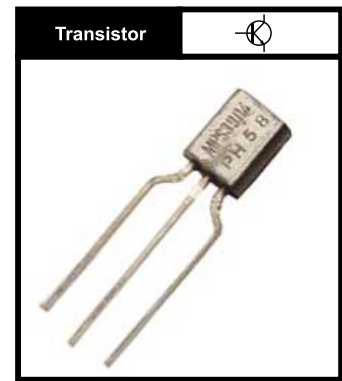
Exemple

Per exemple, un relé de 9 volts de corrent contínua el podem accionar fent servir una pila de 9 volts per al circuit de maniobra; en canvi, en el circuit de potència, a través dels contactes del relé, podem connectar una bombeta de 220 volts de corrent altern que s'encendrà quan donem corrent al relé de 9 volts. Podem manipular així aparells de corrent de 220 v mitjançant un circuit que funciona amb piles de 9 v.

1.1.10. IC (Integrated Circuit)

Un circuit integrat o xip és un **dispositiu electrònic de petites dimensions** consistent en un conjunt d'elements, com ara díodes, transistors, resistors i condensadors, connectats permanentment i íntimament a un material semiconductor (generalment, silici), que formen un **circuit miniaturitzat**.

Sens dubte el circuit integrat ha estat l'element bàsic de la revolució tecnològica de la segona meitat del segle xx. El trobem present en molts aparells d'ús quotidià: ordinadors, televisors, telèfons, aparells d'àudio i vídeo, equips



Font: Wikipedia (cc).



Font: Wikipedia (cc).

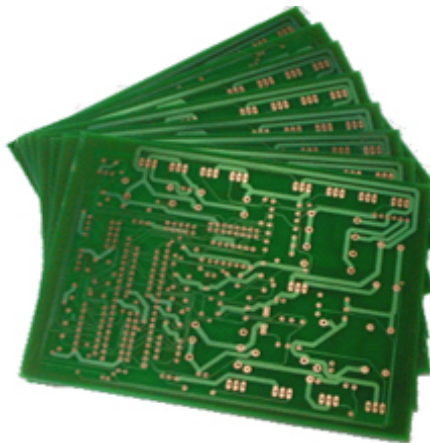
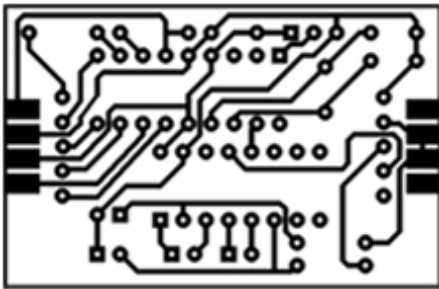
de música, electrodomèstics, automòbils, rellotges... I fins i tot, trobem petits xips (microxips) en algunes targetes intel·ligents, com ara targetes de crèdit, moneder, telefòniques, passaports, etc.

De fet, el cor del mateix Arduino és un microxip, l'Atmega328. Aquest microxip, responsable de la gestió d'entrades i sortides de la placa, és reprogramable mitjançant el llenguatge propi d'Arduino, fet que permet configurar el comportament del microxip segons la lectura dels sensors i decidir quina acció han de fer els actuadors en conseqüència. Veurem exemples amb Arduino més endavant en aquest document.

1.1.11. PCB (*printed circuit board*)

Un PCB (*printed circuit board*) és una placa dissenyada per a acollir circuits electrònics amb múltiples components.

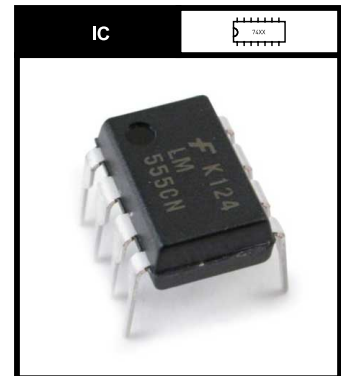
Aquestes plaques disposen de pistes de material conductor (generalment estany o coure) que connecten els diferents components electrònics. Actualment, gràcies a les eines de disseny CAD com Eagle és relativament senzill dissenyar PCB a casa, que després poden ser fabricats mitjançant sistemes industrials o de fabricació casolana.



Disseny previ de PCB fet mitjançant eines CAD i placa impresa final.
Font: Wikipedia (cc).

1.1.12. Esquemàtiques

Un **diagrama electrònic**, també conegut com a **esquema elèctric** o **esquemàtica**, és una representació pictòrica d'un circuit elèctric.



Font: Wikipedia (cc).

Mostra els diferents components del circuit de manera simple i amb **pictogrames** estandarditzats d'acord amb normes, i les connexions d'alimentació i de senyal entre els distints dispositius. La disposició dels components i interconnexions a l'esquema generalment no corresponen a les seves ubicacions físiques en el dispositiu acabat.

Generalment, les mateixes eines per al disseny de PCB permeten confeccionar esquemàtiques, ja que incorporen biblioteques amb els símbols dels components electrònics i s'adapten a la normativa de dibuix d'aquest tipus de diagrames.

Recomanem l'ús del software lliure Fritzing per al disseny dels vostres diagrames i PCB, ja que s'integra molt bé amb la plataforma Arduino i és una eina senzilla i versàtil.

Al wiki de la comunitat Arduino i al de l'aula podreu trobar també la documentació necessària per tal de poder interpretar amb un simple cop d'ull les esquemàtiques que necessiteu consultar a la xarxa.

A més d'aquest resum general, recomanem la lectura dels diferents materials sobre electrònica que trobareu referenciats a l'aula i a la bibliografia.

Història de l'electrònica

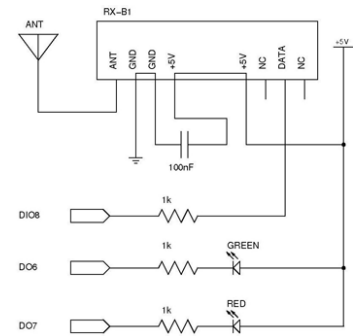
L'origen de l'electrònica se sol situar a finals del segle XIX, quan, l'any 1883, Thomas A. Edison va descobrir l'efecte termiònic, en observar que quan s'escalfava un material metàl·lic es produïa una emissió d'electrons. J.A. Fleming va aprofitar aquest descobriment per a construir, el 1904, la vàlvula de buit, amb la qual va detectar senyals de ràdio, i que es considera el primer component electrònic.

El 1948 les vàlvules de buit comencen a ser substituïdes per díodes i transistors fabricats amb materials semiconductors, com el silici o el germani, el qual representà un salt qualitatiu important en l'electrònica, atès que gaudien d'avantatges considerables: eren més sòlids i robusts, més resistents als cops, d'un volum molt més reduït, d'una vida útil més llarga i milloraven el tractament del senyal.

El 1960 va aparèixer el primer **circuit integrat (xip)**, la qual cosa va permetre miniaturitzar encara més els equips electrònics. El 1971 l'empresa Intel va fabricar el primer xip microprocessador i va donar un nou impuls al progrés tecnològic i a la investigació en electrònica. Tots aquests avenços de l'electrònica han estat fonamentals per al desenvolupament de diferents camps d'aplicació industrial i domèstica: automatització, control i regulació de processos, informàtica, robòtica, telecomunicacions, transports, electromedicina, investigació científica i espacial, làser, electrònica de consum, electroacústica, etc. L'àmbit d'investigació i de desenvolupament de l'electrònica consisteix a dissenyar nous circuits basats en el comportament dels electrons en els materials. És per això que la seva evolució pràctica va lligada al coneixement tecnològic dels materials.

Avui en dia estem rodejats de components electrònics. Un dels camps d'investigació més emergents és la nanotecnologia, on s'investiga la possibilitat de seguir reduint la mida dels xips fins a mesures nanomètriques i la construcció de circuits moleculars.

Font: Wikipedia.



Font: Wikipedia (cc).

2. Les eines

2.1. Arduino

Arduino és una plataforma de maquinari lliure, basada en una **placa** amb un **microcontrolador** i un entorn de desenvolupament, dissenyada per a **facilitar l'ús de l'electrònica en projectes multidisciplinars**.

El maquinari consisteix en una placa amb un microcontrolador Atmel AVR i ports d'entrada/sortida. El programari consisteix en un entorn de desenvolupament que implementa el llenguatge de programació Processing/Wiring i el carregador d'arrencada (*boot loader*) que corre a la placa.

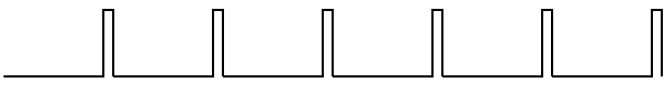


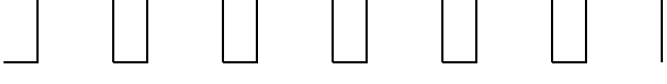
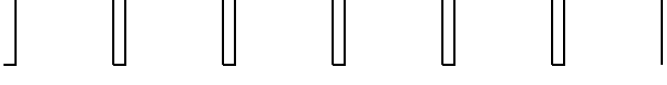
Arduino es pot utilitzar per a desenvolupar objectes interactius autònoms o connectar-se a software de l'ordinador (per exemple: Macromedia Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data). Les plaques poden muntar-se a mà o adquirir-se. L'entorn de desenvolupament integrat lliure pot descarregar-se gratuïtament.

En tractar-se d'**Open Hardware**, tant el seu disseny com la seva distribució és lliure. És a dir, pot utilitzar-se lliurement per al desenvolupament de qualsevol tipus de projecte sense haver de pagar per una llicència, ja que és una llicència oberta (Creative Commons).

Consta de 14 entrades digitals configurables com a entrada o sortida que operen a 5 volts. Cada pin pot proporcionar o rebre com a màxim 40 mA. Aquestes entrades i sortides digitals permeten la connexió de sensors i actuadors i la seva operació en mode binari, és a dir, alternant entre dos estats (en el cas de la connexió d'un led com a actuator, per exemple, només podríem alternar-ne entre el 0% i el 100% de lluminositat, i òbviament tots els valors de lluminositat intermedis).

Els pins 3, 5, 6, 8, 10 i 11 poden proporcionar una sortida PWM (*pulse width modulation*). La tècnica de la modulació d'amplada de pols permet simular el comportament d'un corrent analògic, a través de la modulació d'un senyal de voltatge digital mitjançant la variació de la simetria de les ones quadrades. A efectes pràctics, mitjançant PWM podem obtenir un corrent regulat entre 0-5 v obtenint-ne tots els valors intermedis (per exemple, 3,3 v) a diferència del comportament de les sortides digitals. L'escriptura de valors PWM a un actuator connectat a Arduino oscil·larà entre valors numèrics dins el rang 0-255.

(En el cas de la connexió d'un led com a actuator, per exemple, podríem generar rampes d'interpolació de la lluminositat des de 0% al 100% passant per tots els valors de lluminositat intermedis.)

% de pols en estat HIGH		Voltatge resultant de la modulació d'un corrent 0-5 V
10%		0.5 v
25%		1.25 v
50%		2.5 v
75%		3.75 v
90%		4.5 v

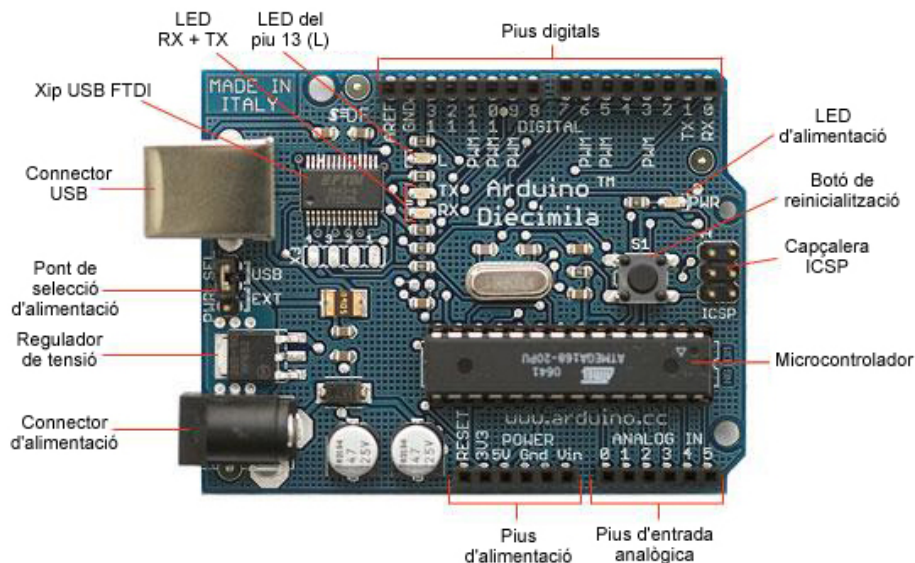
Si es connecta qualsevol sensor o actuator als pins 0 i 1 interferirà amb la comunicació USB, ja que a través d'aquests dos pins es gestiona la comunicació serial. Hem d'anar en compte, doncs, i ser conscients que si volem fer servir aquests ports com a part del nostre disseny haurem de desconnectar qualsevol cosa que hi tinguem connectada cada cop que vulguem actualitzar el microprogramari o *firmware*, o si volem fer servir les capacitats de comunicació serial amb un ordinador.

L'Arduino també te 6 entrades analògiques que proporcionen una resolució de 10 bits. Per defecte mesuren de 0 volts (massa) fins 5 volts. La lectura dels valors d'un sensor a Arduino oscil·larà entre valors numèrics dins el rang 0-1024.

Un dels punts forts de la plataforma Arduino és la seva comunitat en línia.

Gràcies a un sistema de fòrums (arduino.cc/forums), tutorials i exemples (arduino.cc/playground) en línia ben organitzats, Arduino aconsegueix resoldre les necessitats d'aquells que, sense coneixements previs d'electrònica i programació, volen introduir-se en el món del disseny d'interaccions mitjançant el prototipatge electrònic.

Recomanem de manera entusiasta que consulteu els fòrums i el *playground* d'Arduino, ja que constitueixen una font inacabable d'inspiració, coneixements i suport durant el procés d'aprenentatge.



Font: sparkfun (cc).

2.2. Sensors

Un sensor és un dispositiu que detecta magnituds físiques o químiques i les transforma en variables elèctriques. Les magnituds que mesura un sensor poden ser, per exemple, humitat, temperatura, proximitat, pressió, flexió, vibració, intensitat lumínica...

Generalment trobarem dos tipus de sensors, segons el seu mode de funcionament: analògics o digitals. Habitualment, els sensors analògics retornen **un rang de voltatges** entre 0 i N volts (en les pràctiques que realitzarem, $N = 5$) depenent de la magnitud de lectura (la quantitat de pressió que exercim sobre el sensor, la temperatura que hi apliquem, etc.).

A més, **els sensors digitals retornen només dos valors** (HIGH, LOW), generalment 0 v per a l'estat LOW o Nv per a l'estat HIGH. En molts casos (per exemple, la lectura dels sensors de distància per ultrasons) els valors intermedis es poden obtenir a partir de la **mesura de freqüència** de l'alternança entre aquests dos valors LOW i HIGH.

A continuació referenciem la taula d'un article de la *Wikipedia* amb enllaços que us poden fer conèixer alguns dels nombrosos sensors que existeixen avui en dia.

Magnitud	Transductor
Posició lineal o angular	Potenciòmetre
	Encoder
	Sensor Hall
Desplaçament i deformació	Transformador diferencial de variació lineal
	Galga extensiomètrica
	Magnetostrictius
	Magnetorresistius
	LVDT
Velocitat lineal i angular	Dinamo tacomètrica
	Encoder
	Detector inductiu
	Servoinclinòmetres
	RVDT
	Giroscopi
Acceleració	Acceleròmetre
	Servoacceleròmetre
Força i par (deformació)	Galga extensiomètrica
	Triaxials
Pressió	Membranes
	Piezoelèctrics
	Manòmetres Digitals
Cabal	Turbina
	Magnètic
Temperatura	Termopar
	RTD
	Termistor - NTC
	Termistor - PTC
	[Bimetal - Termostat]
Sensors de presència	Inductius
	Capacitius
	Òptics
Sensors tàctils	Matriu de contactes

Magnitud	Transductor
	Pell artificial
Sensor de proximitat	Sensor final de carrera
	Sensor capacitiu
	Sensor inductiu
	Sensor fotoelèctric
Sensor acústic (pressió sonora)	Micròfon
Sensor de llum	Fotodiode
	Fotorresistència
	Fototransistor
	Cèl·lula fotoelèctrica

Font: Wikipedia

Generalment, connectarem aquests sensors a les entrades analògiques d'Arduino, directament o a través d'un circuit que manipuli o ajusti el senyal (si el rang de senyal elèctric que ofereix el sensor és distint a 0v-5v, o si necessitem algun tipus de filtratge del senyal a través de resistències).

Un cop connectats els sensors a Arduino, carregant el codi adequat podrem procedir a la lectura de les dades recollides pels sensors, i el seu posterior ús com a part integrant d'un disseny interactiu.

2.3. Actuadors

Un actuador és un dispositiu que transforma energia elèctrica (o hidràulica o neumàtica) en moviment, llum, so...

Exemple

Exemples clars d'actuadors serien els motors, leds, cristalls piezoelèctrics, però també els components electrònics que actuen com a interfície de potència d'altres dispositius com ara els relés o els transistors. A aquests últims elements se'ls anomena generalment pre-actuadors.

De la mateixa manera que amb els sensors, els actuadors poden ser analògics o digitals, segons el seu mode de funcionament. Si els actuadors accepten **rangs de tensió elèctrica** (per exemple, els leds) direm que són actuadors **analògics**. Al contrari, si només accepten **dos estats elèctrics (LOW i HIGH)** direm que són actuadors **digitals**.

De la mateixa manera que els sensors, per a connectar els actuadors a Arduino haurem de tenir en compte la tensió elèctrica que necessiten per a funcionar. Si aquesta tensió varia entre 0 i 5v podem connectar els actuadors directament a Arduino. En cas contrari, necessitarem un circuit condicionador del senyal, a través de l'ús de transistors, resistències, relés, etc.

2.4. Components electrònics

En la primera part teòrica d'aquest mòdul hem fet un repàs dels components més comuns utilitzats en el prototipatge electrònic. Depenent de quin sigui el circuit que dissenyem, és possible que necessitem diferents components electrònics que ens permetin condicionar els senyals elèctrics per tal que es comportin de la manera que necessita el nostre disseny.

2.5. Cablejat i estany

Per tal de fer les connexions entre components amb la placa de proves es fa servir cable unifilar de diversos colors.

En el cas de circuits amb un pas més de finalització, fets mitjançant plaques perforades de baquelita, es fa servir estany per tal de fer els camins de soldadura.

2.6. Soldador

Tot i que les pràctiques fetes mitjançant *protoboards* no necessiten l'ús del soldador, ja que tots els circuits es munten sobre una placa de proves que no necessita soldadura, hem de tenir en compte que el soldador, o l'estació de soldadura, és un element imprescindible a l'hora de dissenyar prototips electrònics funcionals, ja que ens permet dibuixar pistes permanents d'estany en una placa perforada, mètode que dóna lloc a una aproximació relativament fidel a un producte electrònic acabat.

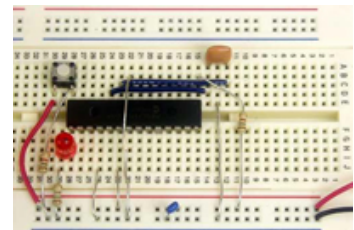
2.7. Protoboard

Una **placa de proves**, també coneguda com *protoboard* o *breadboard*, és una placa d'ús genèric reutilizable o semipermanent, usada per a construir prototips de circuits electrònics amb o sense soldadura.

Normalment s'utilitzen per a la realització de proves experimentals. En un *protoboard* comú els distints forats estan connectats de la manera següent:



Font: Wikipedia (cc).



Font: Wikipedia (cc).

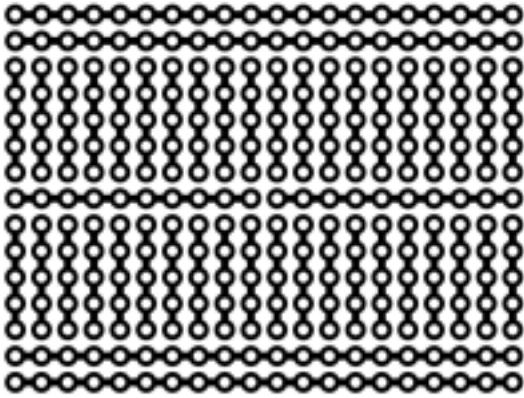
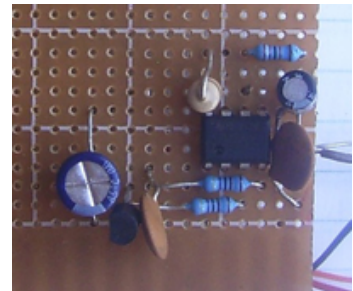


Diagrama de connexions internes de les pistes conductives en una placa de proves.
Font: Wikipedia (cc).

2.8. *Perfboard*

Placa de circuit perforada amb forats envoltats per material conductor, usualment de coure, però que no estan interconnectats.

Aquest tipus de plaques requereixen que cada component estigui soldat a la placa i que a més les interconnexions es facin a través de cables o camins de soldadura, normalment fets amb estany.



Font: Wikipedia (cc).

3. Dissenyant interaccions amb arduino

3.1. Utilització del *protoboard*

Com hem vist en els punts anteriors, el *protoboard* és molt útil per tal de fer proves ràpides de circuits. Hem de tenir en compte el diagrama de connexions internes de la placa, i connectar als laterals els pols positiu i negatiu del corrent elèctric, que en la majoria de casos serà de +5v dc.

Vegeu també

Vegeu el diagrama de l'apartat 2.7 d'aquest mateix mòdul.

Un cop connectats a la *protoboard*, aquestes senyals de voltatge positiu i negatiu es poden portar a qualsevol altre punt del *protoboard*, facilitant-ne el disseny i reduint el nombre i llargada dels cables que haurem d'utilitzar.

3.2. Microprogramari o *firmware*

Arduino és un sistema combinat de maquinari i programari. El comportament i la relació entre les entrades i les sortides es defineix a través de codis de programari (*firmwares*) que poden ser carregats en la memòria de la placa. Ens permet, doncs, mitjançant programació modificar el comportament del microxip (canviant la informació del microprogramari) per tal de fer que funcioni de la manera desitjada segons el circuit que hàgim dissenyat. Arduino disposa d'una IDE (entorn de desenvolupament) pròpia, que permet l'entrada de codi (basat en el llenguatge C). Depenent del tipus de projecte que volem fer, necessitarem microprogramaris diferents que podem programar nosaltres mateixos fent ús de la referència en línia del llenguatge de programació i de l'ajut de les comunitats en línia d'aficionats.

3.3. Lectura d'un sensor analògic

Els sensors analògics, connectats a Arduino, provoquen en aquest una lectura de valors dins el rang numèric 0-1024. A través de distintes manipulacions numèriques o algorismes de programació podem condicionar aquestes dades per tal que es comportin de la manera desitjada.

3.4. Lectura d'un sensor digital

Els sensors digitals, connectats a Arduino, provoquen en aquest una lectura de valors binaris: HIGH o LOW. De nou, a través de distintes manipulacions numèriques o algorismes de programació podem condicionar aquestes dades per tal que es comportin de la manera desitjada.

3.5. Connexió d'un actuator digital

Arduino disposa de nombrosos pins de sortida digital. Aquestes sortides només tenen dos estats: HIGH o LOW. Quan es troben en estat HIGH, les sortides entreguen 5v de sortida, i quan es troben en estat LOW entreguen 0v de sortida.

Aquests pins estan pensats per a ser utilitzats amb actuadors que només necessitem que tinguin dos estats.

Un relé, per exemple, és un tipus d'actuator binari que encaixaria amb aquest tipus de sortida.

Si hi connectéssim un led, per exemple, només podríem variar-ne la lluminositat entre dos estats: apagat, i encès a màxima intensitat lluminosa, i perdria tots els valors de lluminositat intermèdia.

3.6. Connexió d'un actuator analògic

Tot i que Arduino no disposa de sortides analògiques reals, ofereix una "emulació" d'aquestes a través del sistema PWM (modulació de l'amplada de pols). El funcionament és el següent: per tal de donar una intensitat de 2,5 v es modula la freqüència en què s'envia 0 i 5 v per tal que la mitjana sigui de 2,5. Per tant, aquestes sortides digitals permeten resultats "analògics" ja que faciliten la regulació del voltatge de sortida dins el rang dels 0-5 v dc.

Connectant-hi un led, per exemple, i regulant el voltatge de sortida, podem controlar el nivell d'intensitat lumínica que genera la llum led.

El rang de valors en què funciona Arduino per al control de sortides analògiques oscil·la dins el rang 0-255.

3.7. Comunicació serial

A més de llegir sensors o intervenir sobre actuadors, podem enviar o rebre informació a un ordinador a través del **cable USB**. Així, les dades recollides per un sensor poden ser analitzades i enviades a una computadora per a ampliar les possibilitats del disseny d'interacció i fer, per exemple, que aquestes dades recollides formin part d'una base de dades en línia o disparar imatges de vídeo en funció de la lectura d'un sensor. Tanmateix, podem generar comunicació en el sentit contrari, és a dir, enviar dades cap a Arduino des de l'ordinador per tal d'activar un sistema d'actuadors (motors, leds, etc.) i posar en relació altres estratègies de disseny interactiu (anàlisi d'àudio, visió artificial o *computer vision*) amb un sistema electrònic. Tant **Processing** com la majoria d'entorns de programació interactiva (Max/MSP, flash, PD, OpenFrameworks...) incorporen funcionalitats de comunicació a través de port serial.

La comunicació serial¹ es fa a través dels pins digitals 0 (RX) i 1 (TX), i també amb l'ordinador mitjançant USB. Per tant, si utilitzeu aquestes funcions, no podeu fer servir els pins 0 i 1 com entrada o sortida digital. La transferència de dades per serial implica la transferència d'informació bit a bit.

⁽¹⁾La paraula *serial* significa 'un després d'un altre'.

La informació es passa bidireccionalment entre l'ordinador i Arduino mitjançant l'alternança d'estats HIGH i LOW (1 i 0) d'un pin. De la mateixa manera que engeguem i apaguem un LED, podem també enviar dades codificades. Podríem fer una analogia amb el codi Morse, on fem servir punts i ratlles per a enviar missatges telegràfics.

Per sort existeixen llibreries de comunicació que ens permeten fer totes aquestes accions sense haver de programar-ho des de zero.

Un bit pot tenir dos valors: 0 i 1

Es poden agrupar 8 bits, fet que dona lloc a un **byte**.

Un byte pot emmagatzemar valors numèrics fins al nombre 256.

Per tal d'enviar dades numèriques majors de 256 a través de serial necessitem dissenyar un protocol que ens permeti dividir un únic nombre en dos paquets de missatges distints que després seran reassemblats mitjançant operacions matemàtiques, o enviar cada xifra del nombre com un paquet separat a través del codi ASCII.

4. Més enllà. Recursos i bibliografia específica

El món de la electrònica és molt extens, i no en va hi ha estudis universitaris d'alt nivell sobre aquesta disciplina. Per tant hi ha un volum enorme de documentació al respecte que òbviament no podem citar en aquest document. Recomanem que feu cerques específiques si us trobeu amb problemes o necessitats concretes a l'hora d'encarar els vostres dissenys interactius basats en electrònica. No obstant això, ens agradaria fer referència a diverses tècniques generalitzades dins la comunitat de dissenyadors d'interacció i que poden estar al nostre abast amb els nostres coneixements actuals:

4.1. Xbee

Xbee és un sistema de transmissió de dades sense fil compatible amb Arduino, que pot ajudar-nos a dissenyar sistemes que es comuniquen sense cables.

<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoXbeeShield>

4.2. Eagle i Fritzing

Tant Eagle com Fritzing són eines de disseny de diagrames i circuits electrònics assistits per ordinador que ens ajuden en el càlcul de posicionament de les pistes conductives. Eagle és l'estàndard industrial en aquest tipus de sistemes CAD, mentre que Fritzing és un projecte Open Source pensat específicament per a Arduino i orientat a usuaris sense coneixements previs d'electrònica.

<http://fritzing.org/>

<http://www.cadsoftusa.com/>

4.3. Robòtica

La robòtica és una disciplina molt atractiva que hibrida diferents àrees de coneixement i que està a l'abast de les nostres mans amb els coneixements de què disposem. La robòtica mescla el disseny de sistemes electrònics, la mecànica i la intel·ligència artificial (programari). Hi ha nombroses plataformes de robòtica educativa que estan al nostre abast i que poden servir de punt d'inici per a introduir-nos en aquesta disciplina.

<http://mindstorms.lego.com/en-us/Default.aspx>

http://www.robotis.com/x/bioloid_en

4.4. Bibliografia

A més, ens agradaria recomanar els llibres següents, que en major o menor mesura ofereixen coneixements relacionats amb el prototipatge electrònic i Arduino:

Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware (1a. edició). Apress. 28 de desembre de 2009.

Programming Interactivity: A Designer's Guide to Processing, Arduino, and openFrameworks (1a. edició). O'Reilly Media. 15 de juliol de 2009.

Getting Started with Arduino (1a. edició). Make Books. 24 de març de 2009.