

Troubleshooting. Guia tècnica de detecció de fallades en la implementació i posta en marxa de circuits electrònics

José Antonio Soria Pérez.

Departament d'Enginyeria Electrònica de l'Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

Resum

Com que la majoria de circuits que s'implementen a l'assignatura es fan manualment sobre placa 'Board', sovint, com a persones que som ens podem equivocar i cometre errades de muntatge de tot tipus. Aquestes errades, no tan sols poden provocar un mal funcionament de l'aplicació electrònica si no que també pot arribar a destruir els components que el formen, especialment els semiconductors, dels quals és molt difícil saber quan deixen de complir la seva funció degut a la complexitat de les seves característiques elèctriques. Com que una situació d'aquest tipus, sovint, pot resultar en un endarreriment en la realització de les activitats pràctiques del curs i el fet de solucionar problemes d'aquest tipus es considera positiu en aquesta assignatura, el present document té com a objectiu donar alguns consells, procediments i línies bàsiques d'actuació per prevenir i detectar avaries. L'aplicació d'aquestes tècniques estan dintre del que en l'àmbit científic i industrial es coneix com *troubleshooting*. Concretament, farem referència als aspectes de troubleshooting relacionats amb l'ús dels instruments de laboratori, la connexió de components i la detecció de fallades amb el tipus de semiconductors que s'utilitzaran en aquesta assignatura

1 Introducció

Probablement, per al enginyer tècnic l'habilitat més difícil d'aprendre és la capacitat de solucionar errors en qualsevol tipus de sistema. Aquest aspecte és el que en el món del sector industrial i l'enginyeria és conegut com el *troubleshooting*, el qual es defineix com l'acció d'intervenir en qualsevol tipus de sistema per corregir i solucionar problemes.

Per corregir problemes de funcionament, els tècnics i els enginyers han de determinar la **causa** simplement examinant el seu comportament o l'**efecte** no desitjat que ha tingut lloc, però rarament això es pot apreciar de manera directa ja que les relacions causa-efecte, sovint, són molt complexes inclús per sistemes que aparentment són simples. A vegades, els sistemes poden arribar a estar tan deteriorats i malmesos que pot donar lloc a creure que no hi ha cap possibilitat de tornar-lo a fer funcionar. Afortunadament en el cas dels circuits electrònics, tot i el comportament erroni segueixen funcionant fins a cert punt de manera que es possible **simular** i posteriorment **ajustar** en un procés de diagnòstic i reparació.

Per altra banda i al igual que la majoria de branques de l'enginyeria, el troubleshooting també és una barreja d'aplicació de procediments estàndard i creativitat. Existeixen procediments específics que s'utilitzen com una eina per localitzar i les causes d'avaría mitjançant els efectes però són insuficients si no es complementa amb una ment que tingui iniciativa, sigui creativa i que sovint es pregunti

el per què de les coses¹. A l'hora de solucionar errors, un moltes vegades ha d'improvisar la seva pròpia tècnica per solucionar un problema. La creativitat és important també quan és necessari enfocar els problemes des d'una altra perspectiva quan els procediments estàndard no funcionen.

A continuació s'exposaran una sèrie d'idees, consells i procediments que són aplicables alhora de trobar errors en prototips electrònics. Evidentment, totes aquestes pautes no arriben a cobrir el conjunt de fallades tècniques que poden arribar a donar-se en una aplicació electrònica. En aquestes pautes es considera que el lector té els coneixements científics d'enginyeria electrònica necessaris per entendre el funcionament dels prototips i els coneixements pràctics per agafar dades del seu funcionament (ús del multímetre, oscil·loscopi, etc). Per tant, es suposa que coneix qualsevol dada relacionada amb el seu comportament, ja s'hagin extret de les sessions teòriques, els exercicis o bé els estudis realitzats prèviament a la realització pràctica. En el següent apartat, es tractaran aquells consells que s'apliquen amb caràcter general independentment de la naturalesa de l'aplicació. En aquest sentit, un aspecte important a l'hora de solucionar el problema consisteix en fer una avaluació del funcionament. D'aquesta manera, els consells explicats en aquesta secció ajudaran, entre altres coses, a determinar quines causes són les menys o més probables que es poden donar. L'aïllament final de problemes tècnics es sol realitzar amb tècniques més específiques. Algunes d'aquestes tècniques tenen a veure amb els instruments i els muntatges que es realitzaran en l'assignatura i, per tant, s'explicaran en el tercer apartat. Per acabar, finalitzarem donant tota una sèrie de consells d'aplicació més directa amb els muntatges que es realitzen al laboratori.

2 Consells generals

Quan ens enfrontem per primera vegada davant d'un un prototip defectuós sovint no se sap per on començar. Abans d'afrontar qualsevol acció per solucionar el problema, però, a vegades és de gran ajuda fer-se alguna de les següents reflexions: *funcionava anteriorment?, amb quina celeritat s'ha de solucionar el problema?, quines precaucions hem de prendre prèviament?, quines són les relacions indirectes del mal funcionament del dispositiu respecte a altres processos externs i que es pot fer per solucionar el problema sense causar cap interrupció en la producció?*

Les respostes a aquestes preguntes preliminars no són trivials tot i que, al mateix temps, són indispensables per realitzar una reparació òptima i segura, especialment quan el sistema electrònic és gran, perillós i costos. Algunes vegades, la persona que el repara es veurà sotmès a treballar mentre el sistema té un funcionament parcial. En aquest cas, quan es determinen les causes es solen aplicar **accions correctores**. Tot i que aquesta no és la situació que es donarà en el nostre cas, és important saber que corregir un sistema important o d'alt risc sense desconnectar-lo o es pot convertir en un repte que pot requerir **planificació**.

Les següents estratègies de solució no s'expliquen al detall, però proporcionen al reparador tota una sèrie de qüestions que convé realitzar per començar a aïllar el problema. Per tant, més que procediments serveixen com a punt de partida en la resolució del problema tècnic.

¹ Aquest concepte és, fins i tot, molt útil quan s'aplica als sistemes electrònics en el moment que aquests funcionen correctament ja que quan s'espantllen permet localitzar més ràpidament les causes d'error

2.1 Quan ja ha succeït prèviament

Quan és conegut que el dispositiu ja ha fallat anteriorment per un motiu concret i les condicions que van donar lloc a aquest error no han canviat gaire, explora aquesta possibilitat en primer lloc. Una actitud bastant encertada en aquest sentit consistiria en anotar i guardar tots els detalls de la fallada produïda i la solució adoptada.

Exemple: “S’observa que el motor del cotxe s’ha escalfat excessivament. Les dues últimes vegades que va passar es va donar la situació de que hi havia poc líquid refrigerant”

Què haig de fer? : “Mira el nivell de refrigerant en primer lloc”. Evidentment, els esdeveniments que van tindre lloc fa un temps no garanteixen que els símptomes actuals estiguin causats pel mateix problema, però com és la causa més probable, llavors té sentit que la comprovem en primer lloc. En cas contrari, pensarem que en aquest cas l’error no és degut a aquest motiu i seguirem buscant.

2.2 Alteracions recents del sistema

Si el sistema ha començat a tenir problemes de funcionament després d’haver realitzat algun tipus de manteniment o canvi, el/s problema/es molt probablement tenen bastant a veure amb aquests canvis.

Exemple: “L’últim dia que vaig connectar el circuit de pràctiques al laboratori funcionava i quan va acabar la classe i vaig tornar cap a casa vaig posar la placa ‘Board’ juntament amb els apunts de classe dins de la bossa”

Què haig de fer? : “Probablement amb el moviment sofert per la bossa durant el viatge s’ha produït la desconexió involuntària d’alguns fil o component. En aquest cas comprovaré les connexions del circuit amb l’esquema elèctric abans de fer qualsevol altre actuació en el circuit”

2.3 Funciona vs. No funciona

Si el sistema electrònic no està funcionant correctament, identifica que és el que està funcionant correctament. En altres paraules, localitza la part del circuit on no hi ha cap problema de funcionament i centra els esforços en algun altre lloc.

Exemple: “Dues etapes amplificadores connectades en sèrie. Al connectar la font d’alimentació i el generador de funcions no s’observa cap senyal a la sortida del circuit global, però sí que hi ha senyal a la sortida de la primera etapa”

Què haig de fer? : “Comprovar el funcionament de la segona etapa”

Si és possible detectar les seccions del sistema que funcionen correctament és reduïx considerablement la magnitud del problema i fa més eficient la detecció de fallades.

2.4 Plantejament d’hipòtesis

Partint del coneixement que es té sobre el funcionament del sistema, pensa en possibles causes que poden estar provocant aquest problema. Normalment, aquest pas es contempla quan els casos anteriors no han donat els seus fruits. Al mateix temps, sol ser un dels passos que més temps requereix per resoldre el problema, ja que en cas de desconeixement del funcionament obliga a cercar informació en alguna altre font abans de resoldre el problema.

Exemple: “L’etapa amplificadora no funciona correctament. El punt de polarització del transistor no és l’esperat ni tampoc el guany”

Què haig de fer? : “Plantejat possibles causes: Funciona correctament el BJT? Hi ha algun error de càlcul del disseny? M’he equivocat en el valor d’alguna resistència? Funciona correctament el multímetre? Fes un ‘*brainstorming*’ amb totes aquestes possibilitats abans de buscar una alternativa d’implementació al prototip actual”

3 Tècniques específiques

Després d’aplicar algun dels consells vistos anteriorment per reduir fins a cert grau el punt de localització del problema, existeixen altre tipus de tècniques més específiques que són útils per aïllar-lo d’una manera definitiva. El conjunt d’aquestes tècniques sol ser molt ampli en la majoria de branques de l’enginyeria i del seu coneixement depèn moltes vegades el grau d’expertesa que finalment es té en la cerca i reparació de fallades. En aquest apartat en teniu les més habituals.

3.1 Canviar components idèntics entre ells

Si el prototip està format per subsistemes paral·lels que tenen els mateixos components, intercanvia els seus components i comprova si el problema es mou d’un lloc a l’altre. En cas afirmatiu això dona una indicació clara de que s’ha traslladat el component defectuós, en cas contrari s’ha de continuar buscant.

Aquest mètode és molt potent, perquè dona al tècnic una visió positiva i un altre negativa dels components que s’han mogut, això vol dir que si la part defectuosa es canvia entre els dos subsistemes, el sistema defectuós començarà funcionar i el que funcionava bé o deixarà de fer.

Ocasionalment, es pot donar el fet de que al intercanviar el component ens trobem amb que el problema encara persisteix però el comportament ha canviat en cert grau. Aquest fet és indicatiu de que els components que s’han intercanviat són, en alguna característica **diferents** (funcionen diferent, han canviat les seves propietats per algun motiu o tenen una calibració diferent). En aquests casos no s’ha de menysprear aquesta informació simplement perquè no et porten a la solució directa del problema. El que s’ha de fer és tractar de buscar canvis alternatius que donin més informació del comportament global del sistema com per poder entendre la naturalesa del problema mitjançant aquests canvis.

Per altra banda, s’ha d’anar en compte amb aquesta tècnica perquè també pot causar danys addicionals. Un únic component defectuós pot afectar l’estat i funcionament de la resta de components del sistema. Quan aquest es el cas, l’intercanvi no només provoca un mal funcionament del subsistema que abans funcionava bé si no

que a més pot deixar-lo defectuós de manera permanent, amb la qual cosa empitjorem la situació ja que tots dos sistemes deixen de funcionar. Per tant, aquesta és una tècnica que només serveix quan s'intercanvien **tots** els components defectuosos o és coneix amb certa seguretat que l'intercanvi no serà destructiu.

Exemple 1 : “S'està treballant en un procés que requereix la utilització d'un màquina de control numèric CNC que té eixos X, Y i Z. L'eix Y no funciona, però els altres dos sí. Els tres eixos utilitzen els mateixos components: Realimentació, encoders, motors, etc.”

Què haig de fer? : “Intercanvia els components un a un (l'eix Y amb l'eix X o Z) i comprova després de cada intercanvi si el problema es mou d'un lloc a l'altre.

Exemple 2 : “Un equip de so 'stereo' no funciona per l'altaveu esquerre però el dret sí”

Què haig de fer? : ” Intercanvia els altaveus que hi ha als dos canals per veure si el problema es mou d'esquerra a dreta. Si és així, s'ha aconseguit trobar el component defectuós perquè s'ha pogut esbrinar que l'altaveu esquerre estava defectuós. En canvi, si el problema continua estant en la mateixa banda que abans estava bé el problema pot estar en algun altre lloc (probablement en la connexió del altaveu o en l'etapa de sortida del propi amplificador)”.

3.2 Desconnexió de components que funcionen paral·lelament

Si el sistema electrònic està format per blocs funcionals treballant de forma redundat o paral·lela que es poden extreure sense perill de carregar-se el funcionament del sistema sencer, comença a extreure aquests blocs (un per un) per mirar si podem aconseguir que el sistema torni a funcionar un altre cop.

Exemple 1: “ La comunicació en una xarxa d'ordinadors formant una topologia en 'estrella' acaba de fallar i és impossible que es comuniquin entre ells”

Què haig de fer? : “Intenta desconnectar els ordinadors de la xarxa (un per un) a veure si la xarxa torna a funcionar correctament després de desconnectar un ordinador. Si aquest és el cas, l'ordinador desconnectat és el que estava provocant problemes, (probablement havia penjat la comunicació degut a que estava tota l'estona intentant enviar dades o provocant un problema elèctric a la xarxa) ”

Exemple 2: “ L'interruptor diferencial general de la xarxa elèctrica domèstica salta després d'haver de funcionar durant un temps determinat”

Què haig de fer? : “ Desconnecta electrodomèstics del circuit elèctric al qual pertany l'interruptor en qüestió. Si és possible solucionar el problema desconnectant només un electrodomèstic, probablement aquest electrodomèstic està defectuós. Si el problema es soluciona després de desconnectar varis electrodomèstics, és bastant probable que cap dels electrodomèstics estigui defectuós. Simplement, la xarxa elèctrica estava massa carregada d'electrodomèstics”

3.2 Divisió del sistema en blocs funcionals o seccions

Si es tracta d'un sistema electrònic amb múltiples blocs funcionals o seccions, mesura els senyals elèctrics que entren i surten a cada bloc funcional per veure si la cosa rutlla

Exemple 1: “ La radio no funciona (no s'escolta cap so a l'altaveu i, a més, estem segurs de que aquest element funciona correctament i les connexions són correctes perquè ho hem comprovat abans)”

Què haig de fer? : “ Divideix el circuit en etapes: Font d'alimentació, etapes que barregen el senyal, etapes amplificadores, etapes de potència. Mesura els senyals en els punts de prova rellevants (entrades i sortides de cada etapa) i comprova si tot està correcte.

Exemple 2: “ El sumador analògic de la Fig. 1 no funciona”

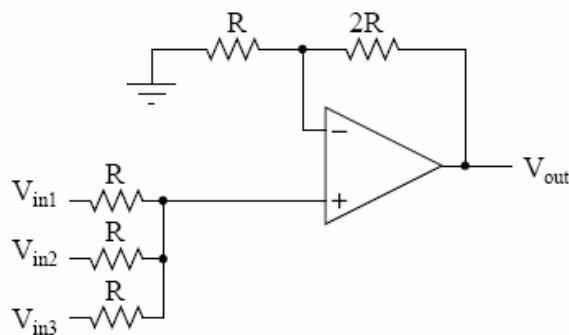


Figura 1.- Sumador analògic no inversor amb amplificador operacional

Què haig de fer? : “ Un mètode possible podria ser el següent. Dividim el circuit en tres blocs: La xarxa de tres resistències que hi ha a l'entrada, l'amplificador operacional i la xarxa de resistències R, 2R que formen la realimentació. Primer comprovaríem si als terminals d'alimentació arriba la tensió que necessita l'amplificador operacional per funcionar. Després miraríem si el primer bloc (en aquest cas, la xarxa de resistències) està realitzant la seva funció de fixar un voltatge en el terminal + d'acord amb el valor d'aquestes resistències. Després comprovaria si aquest voltatge apareix al terminal - (o la diferència entre tots dos és zero). I d'aquesta manera continuariem realitzant mesures per veure si ens trobem amb els voltatges i corrents esperats.

3.3 Simplifica el disseny i torna a construir

Aquesta tècnica és bastant semblant a l'anterior però probablement està més orientada a la realització de nous circuits, màquines o sistemes. Normalment, sempre és més fàcil dissenyar i provar sistemes fent progressos petits(pas a pas) per al final arribar a construir un sistema bastant més complex, en comptes de tractar de construir el sistema complet d'una sola tacada i solucionar els problemes de cop.

Si posem per exemple la construcció d'un automòbil fet a mesura, un pot pensar que probablement és una bajanada intentar ensamblar el vehicle sencer sense anar comprovant cadascuna de les seves parts al mateix temps que es va construint. Normalment, el constructor del vehicle aniria comprovant cadascuna de les operacions realitzades en el vehicle: arrencar i ajustar el motor abans de fixar-lo al xassís i als

engranatges que el connecten amb la tracció de les rodes, comprovar si n'hi ha problemes de connexió dels cables abans no és fixi el panell en el seu lloc, comprovar els frens, etc.

Moltes vegades, un fet que acostuma a produir-se bastant sovint en el laboratori durant la realització de prototips experimentals complexos és que **no es dedica el temps suficient durant els muntatges per comprovar si cada part està realitzant la seva funció**: comprovar les resistències abans de connectar-les al circuit, assegurar-se que els instruments estan connectats i convenientment ajustats al circuit, etc. Probablement, són bastants les persones que tenen una actitud innata per construir sistemes ja que moltes vegades s'està sotmès a la pressió que comporta complir uns objectius clarament definits, però per altra banda, també és cert que quan els sistemes no també es pot perdre més temps intentant trobant l'error que el temps que trigariem comprovant cada bloc funcional durant el procés de construcció.

En aquest sentit, si tornem agafar l'exemple del sumador no inversor de la Fig. 1 un es podria preguntar com podríem simplificar el circuit per comprovar cadascuna de les seves parts. Una opció possible seria connectar l'amplificador com a 'buffer' i veure si a la sortida tenim la mateixa tensió que l'entrada. Si el dispositiu no és capaç d'implementar aquesta funció tan simple, segurament mai serà capaç d'implementar una altra de més complexa.

3.3 Monitoritzar els senyals

Quan els problemes apareixen de manera intermitent és possible que la situació requereixi la necessitat de monitoritzar els senyals durant certs intervals de temps. En aquest cas ens haurem d'ajudar del instrumental indicat (Oscil·loscopi, Data-logger, Targes d'adquisició de dades, etc)

Exemple: “ Una alarma s'activa de manera incorrecta i es sospita que això pot ser a una mala connexió del seu sistema de cablejat. Malauradament, el problema és bastant difícil de tractar perquè és molt difícil detectar-lo en un funcionament real”.

Què haig de fer? : “ Molts multímetres digitals moderns estan equipats amb mecanismes amb els que es pot monitoritzar un voltatge, corrent o resistència i detectar si aquests valors es desvien considerablement respecte a un valor de referència.” Aquest tipus d'eines són de molta ajuda en un gran nombre d'aplicacions electròniques, si bé també solen tenir un cost més elevat que els multímetres convencionals.

4 Guia d'actuació al laboratori

Encara que es desconeix la proporció en que es cometen els errors en la construcció de sistemes electrònics, la comunitat científica accepta de manera general la llista (o 'ranking') que a continuació mostrarem com les principals causes d'error en el cas que es conegui, amb un alt grau de probabilitat, que el prototip implementat hauria de funcionar correctament.

4.1.- Error humà

La causa més freqüent dels errors que es produeixen, tant en els prototips que s'implementen al laboratori com un procés industrial està bastant relacionat amb els operaris i les persones que estan manipulant el sistema, però evidentment la probabilitat

real d'admetre que aquesta ha estat la causa depèn en gran part de la persona responsable en qüestió. En la majoria de casos en la indústria, quan la causa ha estat un error humà rarament és considerada abans no es realitza una investigació. En aquest sentit, l'autor d'aquest document no vol fer creure que els operaris de processos són persones incompetents i irresponsables - tot al contrari, moltes vegades poden arribar a convertir-se en els millors professors que un pot tenir per entendre de manera pràctica el funcionament d'un sistema quan aquest necessita ser reparat – però l'experiència i la realitat ens diu que mai podem passar per alt aquests errors. En aquests casos, una **actitud positiva** davant d'una situació (que per sí sola ja és suficientment problemàtica) combinat amb unes bones **aptituds interpersonals** per part de les persones implicades, es pot aconseguir avançar notablement en la seva resolució inclús en situacions veritablement complexes.

En el laboratori, en canvi, no arribarem a aquests extrems i els errors deguts a factors humans estaran més relacionats amb l'**ús incorrecte dels instruments** o la **mala interpretació del esquema elèctric** probablement perquè l'usuari desconeix en cert grau com utilitzar l'instrument i els components, o perquè hi ha una pèrdua de concentració per interpretar la informació i realitzar les actuacions pertinents al sistema:

4.1.1. Connexió incorrecta dels cables dels instruments de mesura: Aquest error acostuma a aparèixer en les següents situacions:

- No connectar el terminal de massa entre dos dels quatre terminals de la font per realitzar una **tensió simètrica**.
- No connectar el terminal de massa del generador de funcions al negatiu de la font d'alimentació.

Efecte: En tots dos casos es poden generar tensions flotants que poden provocar comportaments inestables en el circuit elèctric que s'està mesurant

- En l'oscil·loscopi, no connectar al mateix punt del circuit el terminal **negatiu** dels canals CH1 i CH2. Aquest error provoca un curt-circuit ja que internament, l'instrument té connectat aquests dos punts. Això pot afectar a la part del circuit que està connectada entre aquests danyant els seus components. L'instrument, en canvi, marca una mesura errònia però no es veu afectat.
- Intentar mesurar un corrent quan el els cables i el multímetre està configurat per mesurar una tensió. En aquest cas pot es pot danyar el funcionament del multímetre.
- Connectar accidentalment la sortida del generador de funcions a punts actius del circuit com, per exemple, bateries, sortides de fonts d'alimentació o etapes d'alta potència. En aquest cas les etapes de sortida dels sistemes involucrats poden quedar danyades.

4.1.2. Configuració dels instruments inapropiada: L'efecte no és destructiu com en el subapartat anterior si no que, més aviat, es comet un error de mesura. Els motius poden ser bastant diversos:

- En el multímetre: Posició incorrecta del selector i els botons per mesurar la variable o magnitud.
- En l'oscil·loscopi: Posició inadecuada del selector de canal, sensibilitat, base de temps, mecanisme de 'trigger' i/o acoblament.

4.1.3. **Realitzar una lectura incorrecta del diagrama de connexions que estableix l'esquema elèctric:** La concentració mental per identificar totes les connexions que existeixen en el diagrama elèctric i els components que intervenen es bastant important en aquest punt. Sovint les confusions més importants apareixen quan en l'esquema hi han línies que creuen amb d'altres, generant així un dubte sobre si aquestes estan connectades o no. Normalment per evitar aquestes situacions es dibuixa un punt d'unió sobre el creuament que indica que existeix una connexió, o que no existeix, en cas contrari.

4.1.4. **Errades alhora d'identificar el encapsulat i/o patillatge dels components:** Bastant habitual quan hem d'esbrinar el patillatge dels components. En dispositius discrets com transistors, com per exemple el BJT 2N2222 de la Fig. 2. L'error més habitual es creure en aquest cas que el dibuix de l'esquerra correspon a representació del component vist per *sobre*, quan en realitat la normativa existent referent a la representació física de components estableix que aquesta representació correspon a la visió del component vist per *sota*, amb la qual cosa s'estaria identificant incorrectament el col·lector i l'emissor del component

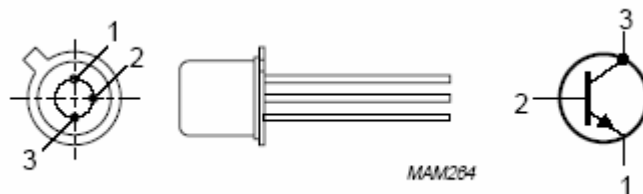


Figura 2.- Identificació física de terminals en el transistor BJT 2N2222

Pel que respecta als dispositius integrats, l'error d'identificació apareix quan no s'identifiquen correctament les marques que indiquen la localització del primer pin, o bé es segueix un ordre de numeració de pins incorrecte.

Per evitar la majoria d'errors d'aquest tipus és bastant important anar supervisant totes les operacions que es van fent. Existeixen diferents tàctiques que es poden utilitzar en aquest sentit. Respecte als instruments, és de bastant ajuda tenir consciència del tipus de mesures o senyals que esperem obtenir, ja que això permet ajustar els instruments de manera coherent abans d'alimentar qualsevol part del circuit. Respecte als esquemes elèctrics, una tècnica que utilitza moltes persones quan el circuit és bastant complex, consisteix en fer una llista de totes les connexions i els terminals dels components que intervenen en cada una d'elles (el que es coneix en el disseny electrònic com un *netlist*) i anar marcant les connexions al mateix temps que es realitzen.

4.2.- Connexions deficientes

Per altra banda, encara que a més d'un li pugui semblar estrany, un alt percentatge dels problemes electrònics estan causats per un problema molt simple: **connexions deficientes**. Això és cert, sobretot, davant d'ambients relativament hostils com vibracions i atmosferes corrosives. Altres zones de risc important són les connexions en determinats connectors, ja siguin Plug-&-Socket, els forats de la placa 'Board' o els contactes mecànics dels interruptors. També les terminacions inapropiades dels fils poden fer aparèixer altes impedàncies que, després d'un cert temps pot alterar el funcionament del prototip. Un altre problema comú relacionat amb les connexions són els falsos contactes de massa on un conductor accidentalment fa contacte amb la presa de terra o bé la massa del xassís. Això pot alterar els voltatges presents en alguns conductors, incloent la pròpia massa, causant comportaments estranys en el funcionament del sistema i danys personals.

Al laboratori, moltes d'aquestes errades tenen a veure amb l'**estat de la placa 'Board'** i els **fils de connexió** utilitzats en la interconnexió de components amb la qual cosa, és bastant important *revisar* freqüentment el material de laboratori, sobretot pel que respecta a les sondes del oscil·loscopi, els cables de connexió de la font d'alimentació i el multímetre. Per detectar aquests errors tots els multímetres que es venen en el mercat tenen una utilitat amb la que es pot verificar la continuïtat de les connexions (*test de continuïtat*). El seu funcionament consisteix en emetre un to sonor si la resistència que és mesura entre els dos terminals, tal i com succeeix en molts cables de connexió, és molt baixa ($0-30\Omega$). D'aquesta manera, amb l'ajut del esquema elèctric es pot comprovar si hi ha connexions errònies o bé hi ha punts del circuit que no fan un bon contacte.

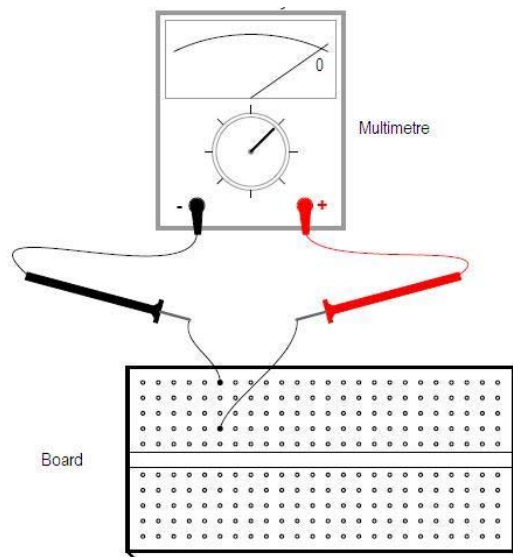


Figura 3.- Exemple de comprovació de continuïtat en unes de les línies d'una placa Board.

4.3.- Problemes d'alimentació

En aquest cas els problemes estan més associats amb els components de protecció de la font en qüestió: protecció de sobrecorrent o sobre-tensió; els quals, pateixen danys per escalfament. No entrarem a parlar en detall de tots aquests aspectes

ja que, a nivell de coneixement d'enginyeria, existeix bibliografia científica molt diversa que entra a fons en tots aquests aspectes.

Respecte a les qüestions relacionades amb la font d'alimentació, només destacar que bastant dels curtcircuits que es produeixen de manera accidental (semiconductors i dispositius integrats) provoquen un augment considerable en el consum global de corrent de tot el sistema. Com que la majoria de fonts d'alimentació tenen un indicador d'aquest corrent, en ocasions és possible detectar avaries en el sistema quan és produeix un increment sobtat en aquest indicador.

4.4.- Components defectuosos

Per últim, quan estem més segurs les causes que acabem de veure no són les que estan provocant el mal funcionament del sistema, només queda la possibilitat de que hi hagin algun/s component/s que no estigui realitzant la seva funció. En aquest sentit resulta bastant pràctic saber distingir els efectes que provoquen tant els components **actius** (amplificadors) com els components **passius** (no-amplificadors). Els actius acostumen a fer-se malbé amb més regularitat que no pas els components passius, bàsicament degut a la seva complexitat de construcció i la seva tendència de ser bastant sensibles a condicions de sobre-tensió i corrent que experimenten en l'amplificació. També acostumen a escalfar-se considerablement abans de fer-se malbé, si bé també és cert que en alguns casos la ruptura pot esdevenir tan bruscament que n'és difícil detectar el moment en que s'ha produït. En aquest mateix sentit, els dispositius integrats encara són més sensibles. En canvi, els defectes de funcionament dels components passius estan més relacionats amb les condicions ambientals que no pas les elèctriques. Així, els condensadors tenen una tendència provocar un curtcircuit amb el temps (especialment els electrolítics) ja que el dielèctric va perdent la seva humitat, els components com inductors, bobines o transformadors acostumen a fer un curtcircuit o obrir-se per la degradació de les seves propietats magnètiques (nucli) o l'aïllament, mentre que les resistències acostumen a variar el seu valor quan s'escalfen (arribant a obrir un circuit).

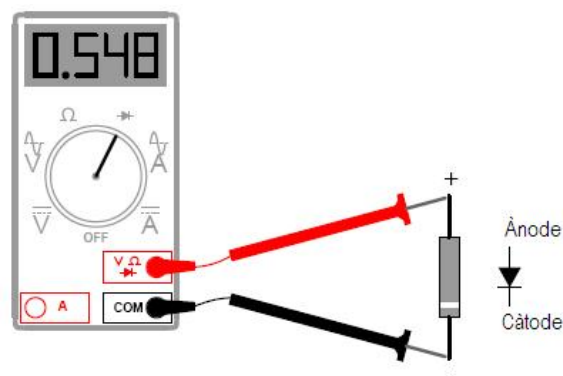


Figura 4.- Comprovació d'un díode bipolar amb un multímetre convencional

En aquests casos haurem de començar a aplicar algunes de les tècniques generals i/o específiques que s'han comentat prèviament però, com hem vist, no sempre obtindrem els resultats esperats. En aquests casos, haurem de recórrer a instrumental específicament dedicat a la comprovació de components. La majoria de multímetres també porten una eina per comprovar díodes (Fig. 4) que a vegades permet actuar, inclús, sobre el mateix sistema electrònic. També n'hi ha d'altres que porten eines per comprovar transistors bipolars però no acostumen a ser massa fiable ja que el

mecanisme de funcionament consisteix en mesurar el factor h_{FE} . Per acabar aquest punt, destacar que comercialment existeixen equips de test que permeten la verificació de dispositius especials com amplificadors operacionals, lògica TTL i CMOS i lògica seqüencial entre d'altres tot i que s'ha de dir que el cost econòmic sols ser bastant elevat.

5 Actituds errònies al voltant de la solució d'averies en els sistemes electrònics

Els raonaments realitzats de forma enganyosa i, probablement, les aptituds interpersonals pobres no fan més que agreujar els problemes que qualsevol altre impediment tècnic. Amb aquest principi en ment, la persona que aspira a tenir un molt bon 'background' de *troubleshooting* necessita estar familiaritzat amb alguns errors típics que s'han d'evitar.

5.1.1. *Confiar que els components acabats d'adquirir sempre funcionen.* Tot i que habitualment els nous components funcionen correctament, això no és **sempre** cert.

5.1.2. *No comprovar periòdicament l'estat del material i els equips de mesura.* Això és especialment cert amb equips de mesura que funcionen amb bateries. Bateries parcialment carregades donen mesures poc fiables. Per això, de tant en tant és convenient comprovar el material i els equips abans o després d'utilitzar-los.

5.1.3. *Creure que només hi ha un únic defecte que està provocant el problema.* Sistemes amb un sol defecte són ideals per utilitzar com exemples didàctics, però a la pràctica els problemes poden aparèixer en diferents quantitats. Hi ha casos on la ruptura pot portar a una condició de funcionament que malmet alguna altra part del sistema. Fins i tot hi ha casos en que un component defectuós que es troba realitzant una funció molt marginal, pot passar desapercebut durant molt de temps i quan un altre component aliè deixa de funcionar el sistema pateix pels problemes causats pels **dos** components, complicant de manera important la reparació.

5.1.4. *Creure sempre que perquè un determinat event hagi tingut lloc en el mateix moment de l'avaría, aquest n'és la causa del problema.* Només perquè dos successos hagin tingut lloc al mateix temps **no** significa necessàriament que un ha **causat** l'altre. Tant poden estar derivats de la mateixa causa com que no tinguin res que veure. En aquest cas, intenteu reproduir un altre cop la condició de funcionament i comproveu si els events que són sospitosos tornen a succeir un altre cop. Si no és així, això significa que no hi ha cap relació entre ells com inicialment s'havia suposat o que probablement tenen alguna relació, però no la que es sospitava des d'un bon començament.

5.1.5. *Que una actitud pessimista pugui afectar alhora de trobar la solució del problema.* Després d'haver utilitzat tots els mitjans possibles per trobar l'error i reparar l'avaría sense èxit, un pot acabar cansat i deixar de prestar atenció als petits detalls que a posteriori són vitals per solucionar el problema. En aquest cas, pren un descans i deixa que un altre ho provi. Per altra banda, tampoc és una bona idea demanar ajut just al començament del

problema sense ni tan sols haver intentat esbrinar la causa. A vegades, solucionar de manera efectiva un problema de funcionament implica raonar a varis nivells que, malauradament, no és fàcil de compartir entre companys quan es tracta el problema.

5.1.6. *No preguntar als altres que han intentat fer per solucionar el problema.*

Això que pot semblar una mica cínica, en la pràctica és bastant útil. Degut a que, com hem recalcat, és bastant fàcil menysprear detalls importants de la informació que puguem tenir d'altres persones s'ha d'analitzar abans de procedir a solucionar l'error de manera personal. Aquesta és una situació habitual quan hi ha un canvi de torn i l'operari sortint deixa el treball sense terminar a l'operari entrant. L'intercanvi d'informació és important, però en ocasions **no** sempre s'ha d'**assumir** que la persona ha comprovat tot el que ha dit que ha comprovat. No seria la primera vegada que una situació d'aquest estil pogués dificultar els esforços d'un simplement per cometre l'error de no verificar el que altres han dit que han verificat.

5.1.7. *Pressió per solucionar el problema.*

Quan un sistema o procés important falla és possible que altres persones intentin ficar pressió per solucionar el problema el més aviat possible. Com molts empresaris diuen: *el temps costa diners*. Algunes vegades aquesta necessitat és comprensible, però en molt casos existeix una prioritat encara més alta: *precaució*. Si el sistema és realment perillós, aquestes pressions poden resultar indirectament en ferides greus o inclús la mort. Algunes avaries poden ser reparades en poc temps si es realitzen de manera intel·ligent, però les reparacions precipitades no solsament poden causar altres danys a la llarga, si no que aquests poden endarrerir encara més la recuperació del funcionament normal del sistema. Si el risc suposa un perill real, es necessari intentar controlar la pressió dels demés de la manera més elegant possible i mantenir la serenitat. En aquest cas les aptituds interpersonals són tan importants com les habilitats tècniques.

5.1.8. *Buscar culpables.*

És molt fàcil culpar a un altre simplement per qüestions d'ignorància, orgull o qualsevol altre faceta que pugui tenir l'ésser humà. Quan la responsabilitat d'un determinat procés recau sobre diferents departaments els esforços per trobar la solució als problemes solen ser, sovint, dificultat per algú. Comentaris com: "*És un problema mecànic... és un problema elèctric... és un problema electrònic...*" són molt comuns en el lloc de treball. Una possible posició que es pot adoptar en una situació semblant és la d'**intentar apaivagar els ànims**. Com a experiència personal de l'autor, comentar que una vegada va ser criticat alhora d'arreglar un problema en un sistema hidràulic que, inicialment, es creia que era degut a les mesures electròniques i el control. Quan es va posar mans a l'obra, va aconseguir aïllar la causa real del problema, la qual, era deguda a un comportament defectuós del sistema mecànic de la vàlvula. Al mateix temps, l'autor també era conscient del gran caràcter que tenia l'altre operari que en un principi s'hauria d'encarregar del tema, per la qual cosa, sospitava que podrien haver altres problemes si simplement passava l'assumpte al seu departament. En comptes d'això, va citar-lo a ell i el seu encarregat i, de manera respectuosa, va explicar la naturalesa del problema i el raonament que hi havia darrera. Després, tot i que no era la seva responsabilitat, va

ajudar en la substitució de la vàlvula danyada. Com a resultat de tot plegat, el problema es va solucionar i l'autor es va guanyar el respecte tant de l'altre operari com del seu encarregat.