



# Produktuen diseinuaren ezkutuko faktoreak

**Eduardo Zabala Lekue\***

Sistema bat diseinatzeko ez da funtzio-zehaztapenak ondo betetzen diren soilik egiaztatu behar: ez da nahikoa prototipo baten funtzionamendua egiaztatzea.

Sistemaren ezaugarrien artean FIDAGARRITASUNA eta MANTENIGARRITASUNA hartu behar dira kontutan; sistemak bete behar dituen funtzioak burutzeko berme-maila minimoa ezarri behar da eta noski, sistemaren mantenimendua egiteko politika aurreikusitu.

Artikulu honetan, diseinu elektronikoen zerikusia duten faktoreak azaltzen dira.

**K**ontsumo-merkatuaren garaiaren aurrerabidean, produktuaren sorreran eragiten duten arloak gero eta garrantzi handiagoa hartuz joan dira.

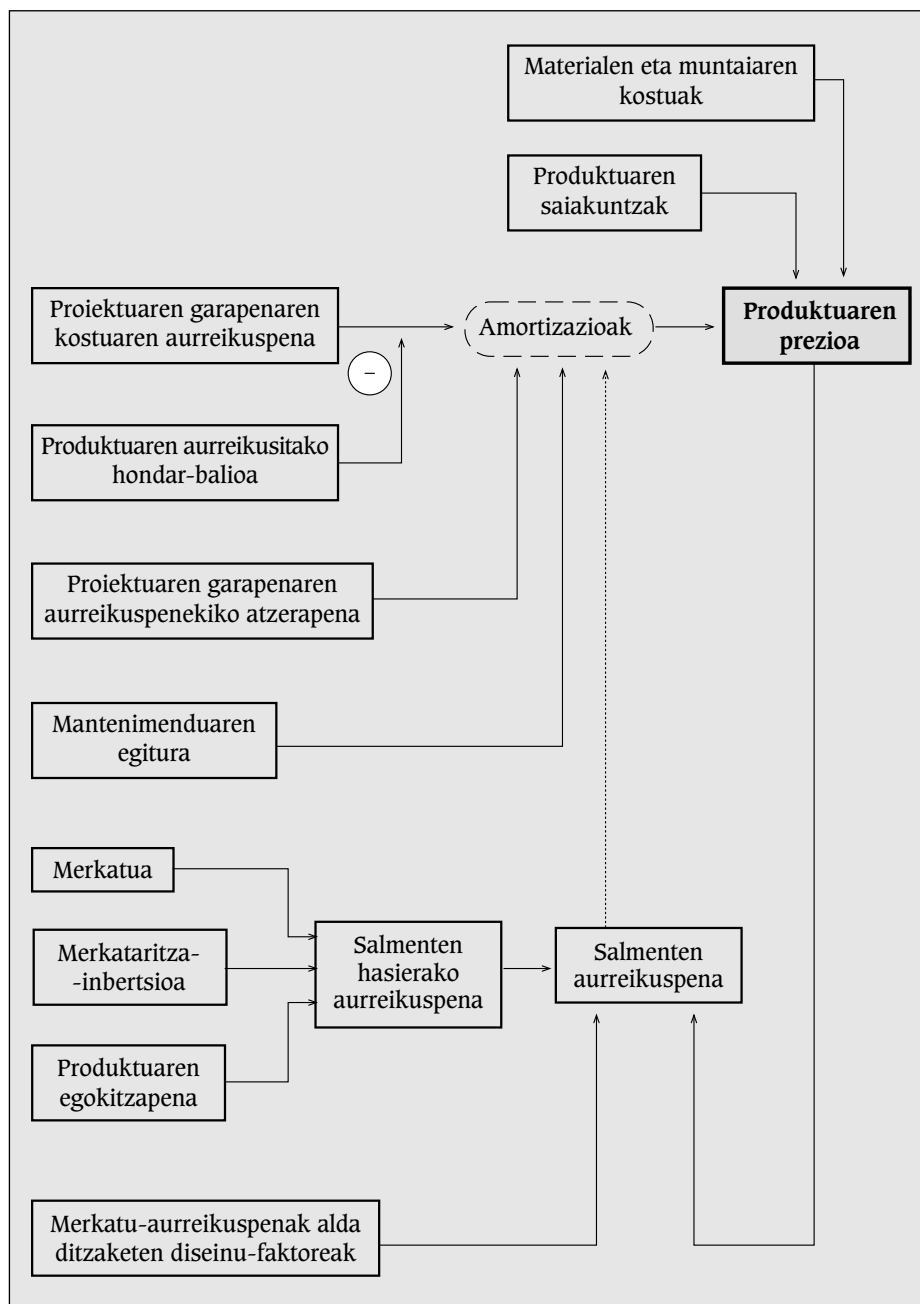
Produktua ez da erabilpen jakin baterako diseinaturik dagoen zerbait soilik; bezeroen beharrak aseko dituen zerbait ere bada. Horregatik funtzionalki antzeko beste bat baino hobea den produktuak, hark baino arrakasta txikiagoa izan dezake, haren merkaturatze-planteamendua (salmenta-politika, publizitatea...) egokia izan ez bada. Bezeroen beharrak bete ahal izateko, produktuak bezero horiengana behintzat heldu behar du. Eta horixe da marketing-ak duen garrantziaren arrazoia.

Beste alde batetik, produktuaren kalitate-mailari dagokionean, merkatuak eskatutakoari egokitzten zaiola bermatu behar da. Bestela, produktua onartua izateko aukerak merkatuaren eskari-mailak eta konkurrentziak zehaztuko dituzte.

Produktuaren kalitatearekin lotura estua duten faktoreak fidagarritasuna, saiagarritasuna eta mantenigarritasuna dira. Kalitate-kontrolak produkzioarekin zerikusi handia badu, fidagarritasun-teknikek denboran zehar produktuaren kalitatea ziurtatzeko ere balio dute. Produktuaren saiagarritasunak haren egoerari buruzko argibideak ematen ditu, matxuratuta egonez gero, azkenik, konponbideak iradokiz. Mantenigarritasunak produktua bezeroen esku jarri ondoren, matxuratzeko hura konpontzeko bideak eskaintzen ditu.

Ondoko eskeman, produktu baten diseinuan eta bere bizitzan zehar agertzen diren faktore nagusien arteko erlazioak laburbiltzen dira.

Produktuaren prezioan zuzenean eragiten duten faktoreak materialak eskuratzearen, muntaiaren eta egindako saiakuntzen kostuak



**Produktu baten antolaketa eta garapenerako faktoreak.**

dira. Horiez gain, produktuaren prezioan amortizazio batzuen kostua ere hartu behar da kontutan.

Sistemaren fidagarritasuna tarte batean funtzio jakin batzuk betetzeko probabilitatea da, baldintza konkretu batzuen arabera. Fidagarritasuna lortzeko bide onena, hutsegite gutxien izango dituen produktua garatzea da. Hori ez

gertatzeko, modulu erredundanteak erabiltzen dira: haietariko batek huts eginez gero, ondo segitzen dutenek beteko lituzkete beharrezko funtzioak.

Sistema batentzat zehaztu diren fidagarritasun- eta mantengarritasun-mailak diseinuaren hasierako faseetatik hartu behar dira kontutan; hots, diseinuaren arlo bat gehiago dela onartu behar da. Bizitza osoan hutsik egin gabe funtzionatzea oso sistema gutxitan gertatzen den zerbait da. Beraz, funtzionamendua desegokia izateak aurreikuspenen barruan egon behar du.

Horren guztiaren ondorio gisa, sistema matxuratzeko arriskua dagoelako, mantengarritasun-maila egokia antolatu behar da. Hori errazteko, diseinuaren lehen faseetatik hartu behar da kontutan.

## Diseinu-faktoreak

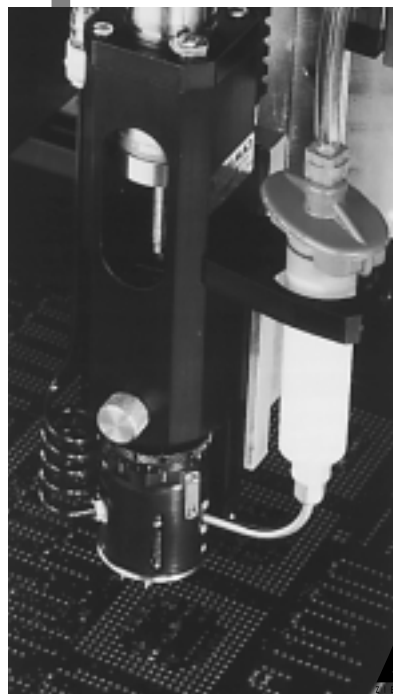
Produktu bat diseinatzea erabakitzen denean, merkatuaren erantzuna nolakoa izango den eta diseinuaren zailtasuna dira kontutan hartu beharreko alderdi nagusiak.

Diseinuaren zailtasuna linealki igotzen den bitartean, diseinurako denbora eta inbertsioa esponentzialki handiagotzen dira. Hori justifikatzeko, merkatu-aurreikuspenak onak izan beharoko lirateke.

Halaber, diseinuaren antolaketa eta gestioa martxa onerako faktore garrantzitsuenak dira.

Proiektua behar den moduan eramateko, proiektuaren diseinatzailen eragina aldagai askoren

**Produktu bat diseinatzea erabakitzen denean, merkatuaren erantzuna nolakoa izango den eta diseinuaren zailtasuna dira kontutan hartu beharreko alderdi nagusiak.**





Diseinurako emuladorea.

menpe dago. Horien artean garrantzitsuenetako bat **proiektuaren errendimendu-maila** orokorra da. Lan-errendimendua txarra izatearen arrazoiak oso desberdinak izan daitezke. Arrazoi horiek batera gertatuz gero, errendimendua esponentzialki jaisten da. Errendimendua % 80-koa baino handiagoa izatea oso zaila izaten da.

Goiko argazkian, diseinuari laguntzeko erabiltzen den emuladorea erakusten da.

## Fidagarritasuna

Sistemaren fidagarritasuna, hardwarearen eta softwarearen fidagarritasunaren emaitza da. Proiektuak txikiak edo erdi-mailakoak direnean, ez da oro har,

fidagarritasun-kalkulu edo -frogarik egiten. Izan ere, horrelakotan produktua garatzeko diru gutxi egoten da eta fidagarritasuna eta horren beharra ez dira askotan ezagutzen.

Fidagarritasunaren garapenean sortzen diren atzerapenen arriskurik handiena proiektuaren hasieratik kontutan hartu ez denean gertatzen da; fidagarritasunaren beharra, prototipoak onetsi ondoko proiektuaren bukaerako faseetan kontutan hartzen bada, alegia.

Sistemaren fidagarritasunaren adierazlea **MTBF** (*Mean Time Between Failures*), hau da, *huts egin arteko batezbesteko denbora*, da; bestela esanda, funtzionamendu-tarte osoaren eta hutsegite-kopuruaren arteko erlazioa. Fidagarritasuna, oro har, **MIL-HDBK-217** arategiaren bidez, sistemaren **MTBF** begiz joz kalkulaten da. Horrela lortutako emaitzak oso kontserbadoreak izaten dira.

Produktu baten fidagarritasun-maila, kasu batzuetan, proiektuaren zehaztapenarekin bat dator. Kasu gehienetan, hala ere, fidagarritasuna produktuaren zehaztu gabeko eta bete beharreko eskakizuna izaten da.

Fidagarritasun-ezagatik sor daitezkeen arriskuak merkatuak eskatutako **MTBF** minimoak zehazten ditu.

## Fidagarritasun-saiakuntzak

Diseinuaren benetako fidagarritasuna neurtzeko, saiakuntza bereziak prestatu behar dira.

Osagai elektronikoen bizitzaren hasieran hutsegite-probabilitatea oso handia da, **hutsegite goiztiar** deritzonagatik. Hori ez gertatzeko, saiakuntza funtzionala egin baino lehen, osagaiak beroketa prozesu bat (**errekuntza**) jasan behar du. Honen bidez, erdieroaleen barneko erreakzio kimikoak arintzen dira, ten-

peratura altuko astebeteko funtzionamendua tenperatura baxuagotan hilabete batzuetan izango litzatekeenaren baliokide izanik.

Beroketaren eraginaren koantifikazioa Ahrreniusen ekuazioaren bidez hurbil daiteke:

$$Q = A_e - \left( \frac{E_a}{kT} \right)$$

non:

Q = erreakzio kimikoaren abiadura

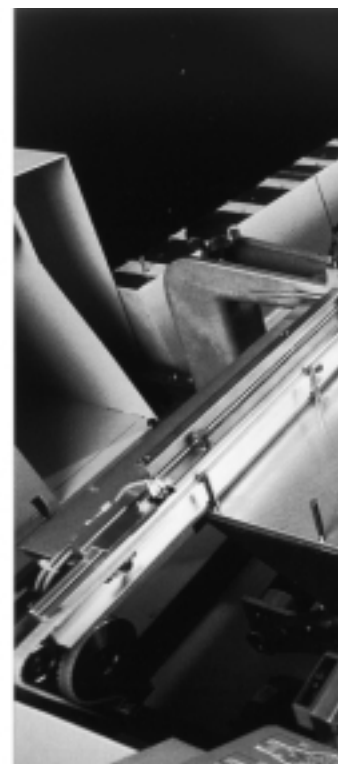
A = konstantea

E<sub>a</sub> = erreakzio kimikoaren aktibazio-energia (eV)

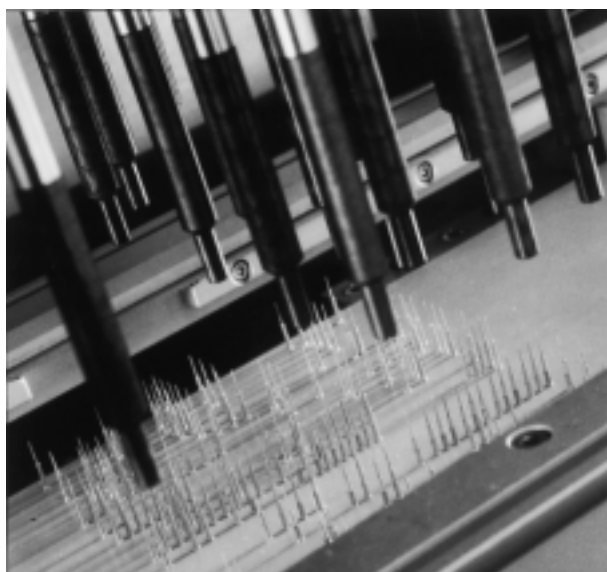
K = Boltzman konstantea (8.61.10<sup>-5</sup>eV/°K), eta

T = erreakzioaren tenperatura absolutua (°K) dira.

Bide hau erabiliz, esate baterako, 40 °C-tan funtzionatzen duen osagai bati 125 °C-ko tenperatu-



ra lortzen duen beroketa jasan arazten bazaio, eta, hutsegite goiztiarreko 20 asteko tartea suposatuz, ordu-erdiko beroketa-tartea nahikoa izango luke. Hala ere, baimendutako giro-tenperatura maximoa kondentsadore eta plastikoz egindako osagaiak zehaztuko lukete; aipatu kasua 60-90 °C mailakoa da. Hutsegite goiztiarra gainditzeko tartea (**errekuntzaren kasuan**) 48-168 ordukoa izaten da; osagaien arabera gertatzen denez, balore egokiena esperientziak ematen duena izango da beti. Fidagarritasunaren errakuntza-saiakuntzaren abantaila handia, funtzionamendu-datu batzuk lortzeaz gain, **epe luzeko sistemaren akatsak ezagutzea** da. Akats hauek fidagarritasunaren saiakuntzan zehar agertuz doaz eta beraz, diseinua zuzentzeko aukera ematen dute. MTBFaren kalkuluan edo fidagarritasunaren saiakuntzaren bidez



Zirkuituko saiakuntza egiteko, ekipoei osagai bakoitzaren parametroen saiakuntzak egiten dituzte, saiakuntza-puntuak osatzen duten untze-ohearen bidez.

lortutako emaitzak behar baino txarragoak direnean, sistemaren **fidagarritasunaren hobekuntza** garatu beharko litzateke.

Honek, osagai berezi edo teknika erredundanteen beharra izateaz aparte, diseinu osoa birplanteatu beharra ekar dezake; eta jakina denez, diseinuaren kostua garestitu egin dezake.

Fidagarritasuna ziurtatzeko beste saiakuntza bat dardara da. Saio horren bidez, beroketan aurki daitezkeen hutsegite-motetatik at, beste hutsegite-mota batzuk ere ager daitezke, soldadura txarrak eta aldizkako hutsegiteak batez ere.

## Sistema erredundanteak

Ekipo askoren kasuan, husegite batzuen eragina guztiz onartezina izaten da. Horretarako, sistemaren osagaiak kontutan hartuz, beharrezko fidagarritasun-maila ezin bada lortu, hutsegiteak jasan ditzaketen moduluak diseinatu behar dira, teknika erredundanteen bidez.

Hutsegite bat gertatzerakoan, hiru ekintza-mota buru daiteke:

- Sistemak haren ezaugarririk ez galtzea: erredundantzia gabeko konputagailu-sistema batek

batezbesteko 0.99ko erabilgarritasuna badu, erredundante batek 0.999999ko erabilgarritasuna izan dezake.

- Sistemak, nahiz eta funtzionatzen segitzerik izan ezaugarriren bat galdu egiten du (*graceful degradation* deiturikoa).
- Sistemak ezin du funtzionamenduan segitu, baina egoera seguru batean gelditzen da (*safe shutdown*).

## Softwarearen fidagarritasuna

Hardware eta softwarearen fidagarritasunaren ikuspuntuak nahiko desberdinak dira. Hardware hutseko sistemetan, fidagarritasun gutxiko portaera osagaien hutsegiteek eragiten dute, ez diseinu-akatsak. Softwarearen hutsak, berriz, diseinatzailearen akats zuzenak dira, eta oso egoera zehaztuta ematen dira.

Softwarearen fidagarritasuna lortzeko biderik gomendagarriena hutsik gabe kodetzea da; tolerantzi teknika aplikatu behar izatekotan, kostuak handiagoak izango lirateke eta. Horrelako teknika erabiltzeko arrazoiek oso nabariak izan behar dute.

Teknika hauek tolerantzia gabekoak baino konplexuagoak badira



Produktu baten fidagarritasun-maila, kasu batzuetan, proiektuaren zehaztapenarekin bat dator. Kasu gehienetan, hala ere, fidagarritasuna produktuaren zehaztu gabeko eta bete beharreko eskakizuna izaten da.

ere, haien gestioa ez da horrelakoa; hau da, zein mailalara heldu behar den, produktuak bete behar dituzten baldintzetan guztiz zehaztuta egongo da.

Softwarearen kodetzea eta arazketa egin ondoren, haren kalitate-maila neurtu behar da, produktua eta merkatuaren eskakizunak kontutan hartuz.

Softwarearen fidagarritasuna neurtzeko metodoak ez dira erabiltzeko errazak izaten. Oztopo handienetako bat garapen- eta datu-eskurapenaren arteko hutsaltasunak sortzen du.

1973 garatzen hasi zen MUSAren metodoa da gehien erabiltzen dena. Metodo honen bidez, garapen-fase bakoitzeko huts-kopurua begiz jo daiteke.

MUSAren metodoaren oinarria, softwarearen MTBF saiakuntzen ordu-kopuruaz esponentzialki igotzen dela da.

## Mantenigarritasuna

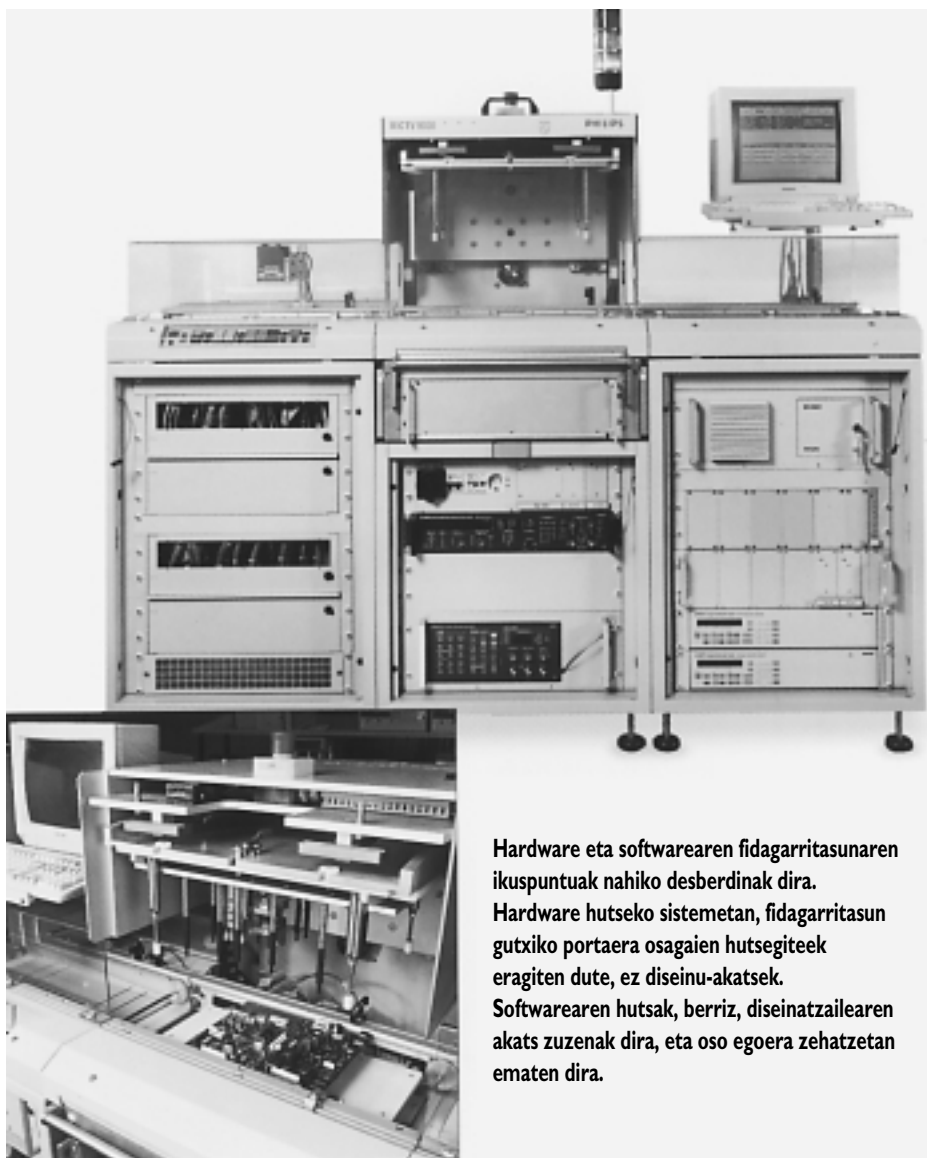
Mantenigarritasunak mantentimendua eta konponketa hartzen ditu bere baitan. Mantenigarritasun-egitarauak errentagarri diren inbertsio garrantzitsuak burutzera behartzen du sistemaren bizitzaren une desberdinetan: hala nola, aurre-diseinuan, diseinuan eta fabrikazioan.

Matxuratutako sistema baten konponketa-tartean eragin handia duen faktorea konponketa-zerbitzua eta bezeroen arteko distantzia da.

Ekipoak zenbat eta saiagarritasun handiagoa izan, gero eta errazagoa izango da suntsitutako modulua aurkitzea. Bestela, txarto dagoen osagaia zein den jakiteko, tresna eta ezaguera bereziak derrigorrezkoak izango dira.

Oro har, hiru mantentimendupolitika egon daitezke:

- **Huts egin ondorengo mantentimendua:** hutsegitea gerta-



Hardware eta softwarearen fidagarritasunaren ikuspuntuak nahiko desberdinak dira. Hardware hutseko sistemetan, fidagarritasun gutxioko portaera osagaien hutsegiteek eragiten dute, ez diseinu-akatsak. Softwarearen hutsak, berriz, diseinatzailearen akats zuzenak dira, eta oso egoera zehatzetan ematen dira.

tu arte ez da inolako mantentimendurik egiten.

- **Aurreikusitako mantentimendua:** tarte jakinetan, data eta osagaiaren adinaren arabera, konponketa eta aldaketa batzuk burutzen dira.

- **Baldintzatutako mantentimendua:** sistemaren kontrol ugarien bidez, haren ezagutza sakona lortzen da eta aldatu behar den osagaia hark huts egin aurretik ezagutzen da.

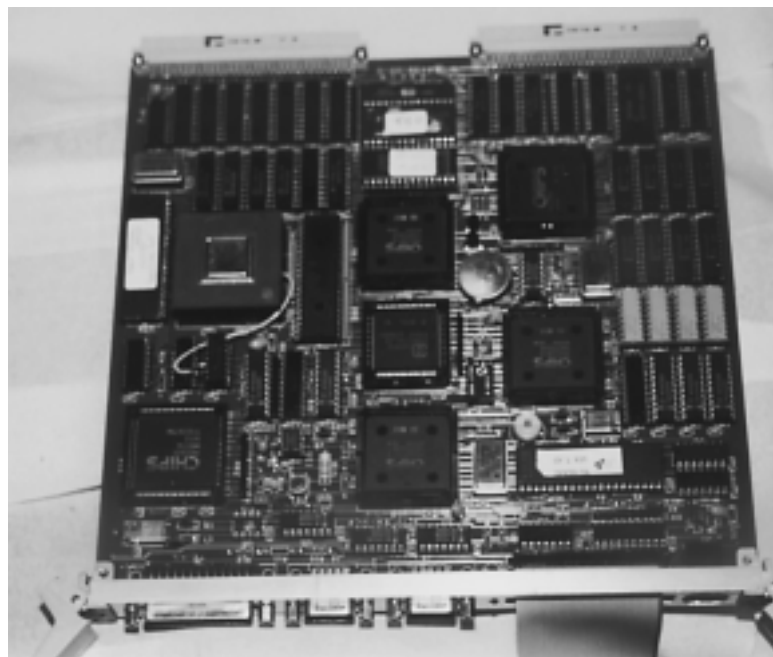
## Erabilgarritasuna

Sistemak funtzionatu behar duen tartean zein proportziotan

ondo funtzionatzen ari den adierazten duen aldagaia ERABILGARRITASUNA da.

$$\text{ERABILGARRITASUNA} = A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

**MTTR**, sistemaren mantentimendua-mailaren adierazlea dena, konpontzeko batezbesteko denbora (*Mean Time To Repair*) da, hau da, tarte bateko hutsegite guztiak konpontzeko erabilitako denbora osoa eta hutsegite-kopuruaren arteko erlazioa.



Mikroprozesadoretan oinarritutako sistemen saiagarritasuna bertan osatzeko erraza da.

Horrela, sistema konpontzeko erraza balitz, (MTTR txikia izanik) erabilgarritasuna altua izango litzateke, nahiz eta fidagarritasuna (MTBF) oso ona izan ez.

**RAM** (*Reliability, Availability, Maintainability, fidagarritasuna, erabilgarritasuna, mantenigarritasuna* alegia) deituriko aldagaia **erabilgarritasunaren** adierazlea da.

## Saiagarritasuna

Hutsegitearen detekzioaren erakusgarria argia eta ikusterraza izatea komenigarria da, mantenimendua errazteko. Sistema elektronikoetan, asko hobetu dira horrelako metodoak, batez ere mikroprozesadoreak dituztenak. Saiakuntza-sistemak hurrengo mailetan sailka ditzakegu:

- **ESKU-SAIKUNTZA:** saiakuntza pertsona batek egiten du, esku-tresnak erabiliz. Hau, motela bada ere, nahikoa fidagarria izaten da.

- **SAIAKUNTZA ERDIAUTOMATIKOA:** pertsonaren lana denbora osoaren %2 eta %50 artean dagoenean. Hau, antzeko sistemen saiakuntzak egin behar direnean da interesgarria.
- **SAIAKUNTZA AUTOMATIKOA:** beharginen mantenimendu-lanak gutxiagotzeko ekipoa erabiltzen da. Orokorki, azterketa zehatza egin eta hutsegiteren bat topatu ondoren, beharginari jakinarazten dio, datuak ikertu eta erabakiak hartzen. Lan-denbora ez da saiakuntza-denbora osoaren %2ra heltzen.
- **SISTEMAN BERTAN OSATUTAKO SAIKUNTZA:** saiakuntzarako osagaiak sisteman bertan txertatuta daude edo diagnostikorako seinaleak atera daitezke, kanpoko beste sistema batek azter ditzan.

Txartel elektronikoaren saiakuntza egiteko gehien erabili izan den ekipoa **saiakuntza funtzionala** egitekoa da. Honelako

ekipo batek hutsegiteen %95 aurki ditzake. Haren kostua handia izateaz gain, teknikari aditu batek programatzen pasatu behar duen denbora ere handia izaten da, erabiltzen duen softwarea oso konplexua baita.

**Zirkuituko saiakuntza** egiteko, ekipoek osagai bakoitzaren parametroen saiakuntzak egiten dituzte, saiakuntza-puntuek osatzen duten untze-ohearen bidez. Hura programatzea erraza izaten da, eta hutsegiteak detektatzeko batezbesteko efizientzia % 80koa.

Zirkuituko ekipoen erabilera interesgarriena saiakuntza funtzionala egiten dutenekin konbinatzea izaten da, hau da, saiakuntza funtzionalerako ekipoari zamaren zati bat kentzea; parametroak muga batzuetatik kanpo dituzten osagaiak zeintzuk diren finkatzea hain zuzen ere.

Prototipoen saiakuntzaren bidezko produktuen onespenerako era on bakarra, kasu txarrenaren funtzionamendua egiaztatzea izaten da. Hau da, saiakuntza-giro egoera (beroa, hezetasuna, dardara...) eta osagai elektronikoaren funtzionamendu-mailak, zehaztapenetan onar daitekeen edozein egoerari erantzuteko gai izan behar dute.

\* **LABEINgo** langilea eta **Bilboko ETSII** eta **TELEKO**ko irakaslea.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Zabala, Eduardo: "Fidagarritasun, saiagarritasun eta mantenimenduko sistemen modelizazioaren bidezko diseinu elektronikoaren hoberenketa", Doktorego tesia, ETSII eta teleko, Bilbo, 1994.
- (2) Siewiorek, D.P./Swarz, R. S.: "The theory and practice of reliable syst design" Digital Press, 1982.
- (3) Lie, C.H. & Chun, Y.H.: "An algorithm for preventive maintenance policy", IEEE transactions on reliability, Apirila, 1986.
- (4) Turner, M. \* Zacharda, A.: "Simulation verifies system designs faster Electronic Design, Maiatza, 1987.
- (5) Milne, Bob: "1985 technology forecast: testability", Electronic Desig, Urtarrila, 1985..