

0. Sarrera

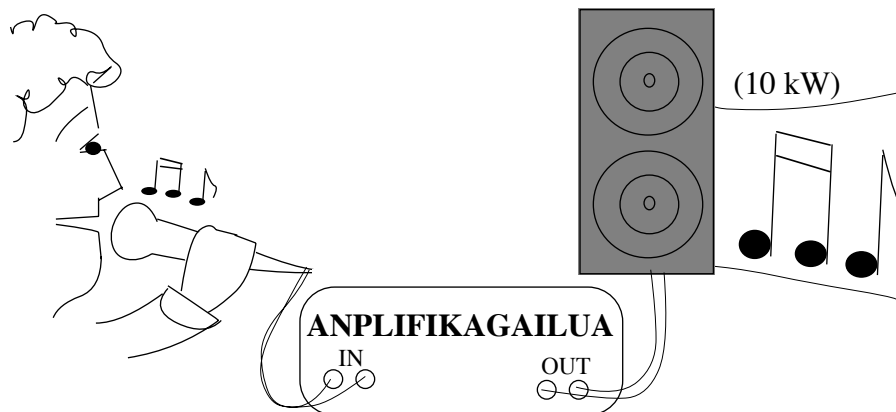
Liburu honen aztergaia zirkuitu elektriko eta elektronikoak dira, helburua zirkuituen portaeraren analisia egitea izanik; hots, zirkuituak matematikoki aztertu eta, kalkuluak egin ondoren, zirkuituaren "soluzioa" aurkitzea: zirkuitua osatzen duten elementu guztietako tentsio eta korrante elektrikoak kalkulatzeko, hain zuzen ere.

Baina mamian sartu baino lehen, merezi du zenbait gauza argitzea, geure burua kokatzeko.

• Zer dira zirkuituak?

Zirkuituak mota bereziko sistemak dira, sistema izanik helburu jakin bat lortzeko asmoz elkarrekin funtzionatzen duten gailu edo osagaien multzoa.

Bereziki, zirkuitu elektriko edo elektronikoak hauxe da: energiaren edo informazioaren garraioa egiteko asmoz elkarrekin konektatu diren gailu edo osagai elektriko edota elektronikoen multzoa. Osagaien elkarketak baldintza bat bete behar du zirkuitua osatzeko: osagaiek ibilbide itxi bat (gutxienez) osatu behar dute, bertatik korrante elektrikoak igarotzeko modukoa. (Oharra: baldintza hori bete ezean, sare baten aurrean geundeko).



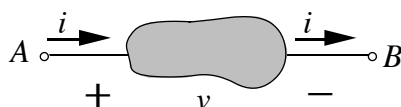
Baina errealitatean aurki ditzakegun zirkuituak konplexuak izan ohi dira; horrexegatik, benetako zirkuitu fisiko baten portaera teorikoki aztertzeko, zirkuituaren eredu teoriko bat sortu behar da, bertan zirkuitu fisikoko osagaiak beraien ereduez ordezkatzuz.

Osagaien ereduak idealak izan ohi dira, osagai fisikoaren portaera era sinplifikatu batean islatzen baitute. Hau da, osagaien portaera fisikoaren hurbilketak egiten dira, oro har, portaeran parte hartzen duten magnitude fisikoak —tentsio eta korrante elektrikoak, normalean— ekuazio matematikoen bidez erlazionatuz, eta horrela abstrakzio- edo konplexutasun-maila desberdinetako eredu desberdinak lortzen dira, iritsi nahi den zehaztasunaren arabera. Dena den, hurbilketa baten ondorioa izan arren, osagaien ereduak zehazki definituta daude.

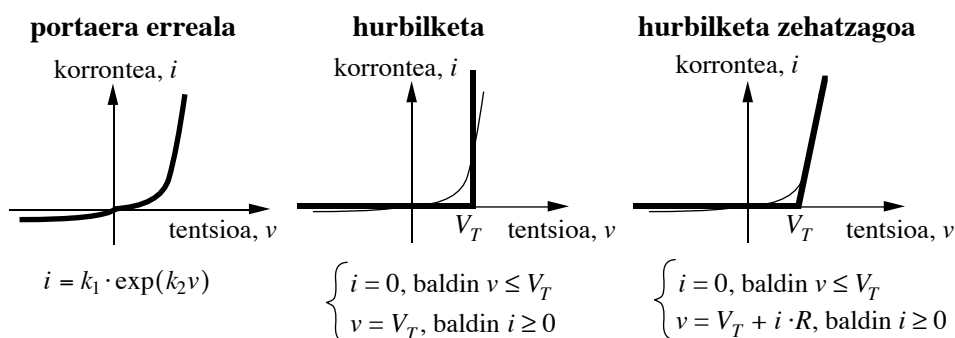
Horretan oinarriturik, zirkuitu-elementuen ereduak erlazio matematiko finkoa betetzen dute beren portaeran parte hartzen duten magnitudeen artean. Horixe izan daiteke zirkuitu-elementuaren definizioa.

Adibidez:

zirkuitu-elementua edo osagaia:



i eta v -ren arteko erlazio matematiko finkoa, $i = f(v)$



Beraz, hemendik aurrera zirkuitu hitza ikusten dugunean, oso garbi izan behar dugu eredu teoriko batez ari garela, eta ez zirkuitu fisiko batez. Dena den, ereduak baliagarriak dira oso, zirkuitu fisikoaren portaera aurreikustea bideratzen dutelako, eta, halaber, zirkuitu fisiko hobeak egitea.

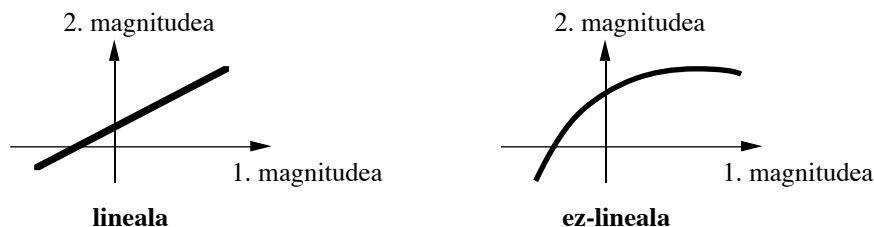
Laburbilduz, liburu honetan zirkuitu elektriko eta elektronikoak teorikoki aztertu nahi ditugunez gero, zirkuitu-ereduak hartuko ditugu aintzakotzat. Zirkuitu horietako osagaiak ere ereduak izango dira, hala nola erresistentziak, kondentsadoreak, tentsio- edota korronte-sorgailuak, diodoak, transistore bipolarrak, eta abar.

Baina gaia oso zabala izanik, erabat beharrezkoa da mugak jartzea, interesatzen zaiguna soilik aztertzeko. Hona hemen muga horiek.

• Sailkapen bat: zirkuitu linealak eta ez-linealak

Esan dugun legez, zirkuituetako osagaien ereduak ekuazio matematikoetan oinarritzen dira eta ekuazio horiek errazak edo konplexuak izan daitezke, iritsi nahi den zehaztasunaren arabera. Horretan oinarriturik, lehenengo sailkapen bat egingo dugu: zirkuituak linealak edo ez-linealak izango dira, osagaien portaera islatzeko hartu diren ekuazio-moten arabera.

Osagaiak linealak dira beren portaeran garrantzitsuak diren magnitudeen arteko erlazio matematikoa lerro zuzen baten ekuazioa baldin bada (proportzionala, alegia). Ekuazio matematikoa konplexuagoa denean, osagaiak ez-linealak izango dira. Ondorioz, zirkuitu bat lineala izango da beraren osagai guztiak linealak direnean, bestela —osagaien bat lineala ez bada, alegia— zirkuitua ez-lineala izango da.



Liburu honetan, oro har, zirkuitu linealak aztertuko ditugu eta elementuren bat ez-lineala denean (diodoak eta transistoreak, esate baterako) hurbilketa linealak erabiliko ditugu.

• Beste sailkapen bat: zirkuitu bilduak eta banatuak

Zirkuitu elektriko eta elektronikoetan erabili ohi diren seinaleak (tentsioak eta korronteak), normalean periodikoak izan ohi dira, errepikakorrek alegia, seinalea segundo batean zenbat aldiz errepikatzen den adierazten duen parametroa maiztasuna edo frekuentzia izanik (maiztasunaren unitatea: 1 Hertz = 1 Hz = errepikapen bat segundoko).

Gaur egungo gailu eta aplikazio elektronikoetan oso maiztasun desberdinetako seinaleak erabiltzen dira: 0 Hz-etik (seinaleak konstante direnekoa, alegia) gigahertzetara (1 GHz = 10^9 Hz) telekomunikazio-aplikazioetan. Hori dela eta, zirkuituen portaera oso desberdina izango da maiztasun desberdinetan eta, ondorioz, zirkuitu fisiko bat aztertzeke erabiltzen den eredu teorikoa ere desberdina izango da.

Uhin elektromagnetiko baten uhin-luzera maiztasunaren alderantziz proportzionala dela kontuan hartuz, maiztasun baxuko seinaleei uhin-luzera handia dagokie (km) eta maiztasun oso altuko seinaleei, berriz, oso uhin-luzera txikiak (cm edo mm).

Zirkuitu batean prozesatzen diren seinaleen uhin-luzerarik txikiena zirkuituaren tamaina baino askoz handiagoa bada (beraz, maiztasun baxuko seinaleak erabiltzen badira), orduan elementu bakoitzaren portaera ongi bereiz daiteke besteenetik eta zirkuitu fisikoko elementuak beren eredu teorikoez ordezkari daitezke: orduan esaten da zirkuitua bildua edo "kontzentratua" dela.

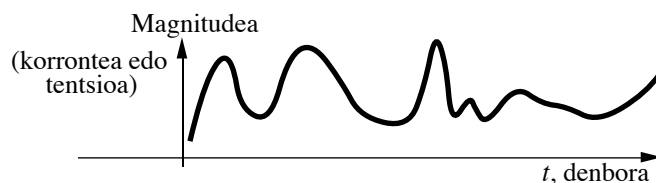
Maiztasunak oso altuak direnean (telekomunikazio-aplikazioak) edota zirkuituaren tamaina oso handia denean (energia elektrikorako garraio-sareak, esate baterako) berriz, zirkuituko elementuen eraginak bata besteari gainjartzen zaizkio, eta ezinezkoa da elementuen portaerak bereiztea. Kasu horretan esaten da zirkuitua banatua dela; eta teorialoki aztertzeke, Maxwell-en ekuazioak erabili behar dira edo elementu bilduen segida infinitu bat dela suposatzen. Edozein kasutan, zirkuitu hauen analisia arraz konplexua izan ohi da.

Liburu honetan, zirkuitu bilduak ditugu aztergai, beraien elementuak hauexek izanik: erresistentziak, kondentsadoreak...

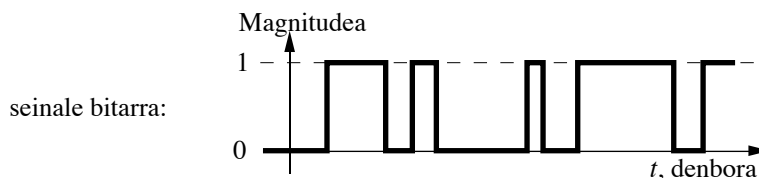
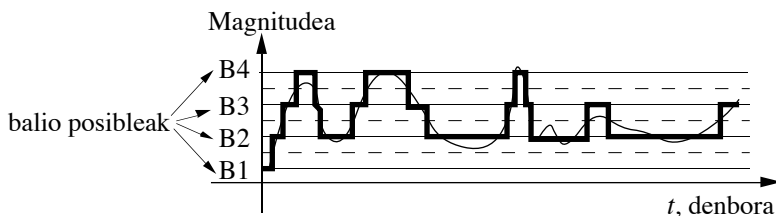
• Beste sailkapen bat: zirkuitu analogikoak eta digitalak

Zirkuituetan bi seinale-mota erabiltzen dira: seinale analogikoak edo seinale digitalak; eta hortik sortzen da zirkuituen sailkapen hau, zirkuituak prozesatzen dituen seinaleen arabera.

Zirkuitu analogikoek seinale analogikoak prozesatzen dituzte, hots, denboran zehar edozein balio har dezaketen seinaleak (konstanteak kasu partikularra izanik).



Zirkuitu digitalen seinale digitalak prozesatzen dituzte, hots, balio jakin batzuk besterik hartu ezin dituzten seinaleak (kasu partikularra, seinale bitarrak dira, bi balio besterik hartzen ez dutenak).

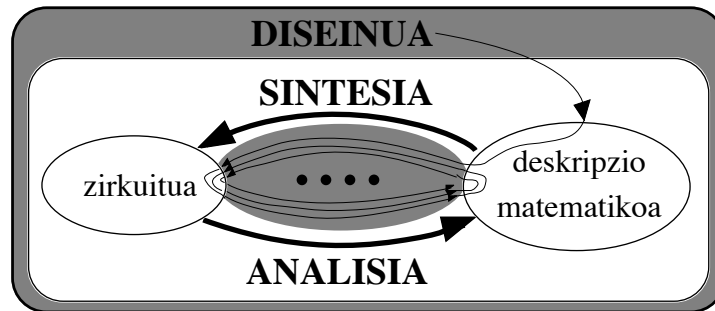


Liburu honetan, zirkuitu analogikoak aztertuko ditugu soilik.

• Zirkuituen gainera ikuspuntuak

Oro har, edozein sistemaren gainera hiru ikuspegi desberdin izan ditzakegu:

- 1) **Analisia:** Zirkuitu ezagun baten portaera matematikoki deskribatzean datza. Azken batean, gorago esan dugun legez, zirkuitu ezagun baten azterketa egin eta soluzioa bilatzea.
- 2) **Sintesia:** Zirkuitu baterako nahi den portaeraren deskripzio matematikotik abiatuz, zirkuitua osatuko duten osagaiak eta bilatzen den emaitza lortzeko nola konektatu behar diren finkatzeko prozesua.
- 3) **Diseinua:** Lortu nahi den portaeratik abiatuz, lehendabizi portaera horren deskripzio matematikoa lortu behar da, gero zirkuituaren sintesia egin eta, bukatzeko, horrela lortutako zirkuituaren analisia egin, ea nahi den portaera islatzen duen. Ezezkoan, prozesua behin eta berrirerrepikatu behar da, analisiaren emaitza eta abiapuntuko portaera berdina izan arte.



Liburu honetan zehar analisisa da landuko dugun ikuspegia; hots, zirkuituen eskematik abiatuta, analisisa egin nahi dugu: portaeraren ekuazio matematikoak bilatu, gero soluzioa emateko. Dena den, ariketa gutxi batzuetan, sintesia ere aurkeztuko da, interesgarria baita.

• Zirkuituen ezaugarriak eta egoera

Zirkuitu bat osorik definitzeko, beraren ezaugarriak ezagutarazi behar dira, honako hauek izanik:

- zirkuitua osatzen duten osagaiak (erresistentziak, kondentsadoreak, sorgailuak, diodoak, transistoreak, ...) eta dagozkien balioak ($5\ \Omega$, $47\ \mu\text{F}$, $10\ \text{V}$, ...);
- zirkuituaren topologia, hots, elementuak nola dauden konektatuta.

Ezaugarri horiek grafikoki adieraztean, zirkuituaren eskema lortzen da, hori izanik adierazpiderik arruntena, baina ez bakarra (konputagailuen bidezko simulazioak egitean, konexio-zerrendak ere erabiltzen baitira zirkuituak definitzeko, esate baterako).

Zirkuitua definitu ondoren, analisisa egiten da, eta analisiaren emaitzak zirkuituaren egoera adierazten du; hots, zirkuitua "elektrikoki" nola dagoen. Egoera-aldagai izenez ezaugarritzen diren honako magnitude hauen bitartez adierazten da zirkuitu baten egoera:

- osagai guztietako tentsioa eta korrontea;
- energia edo potentzia osagai bakoitzean, energia hori metatua, emandakoa ala xurgatutakoa den esan behar delarik.

Normalean egoera-aldagai batzuk besteak baino garrantzi handiagokoak dira: batzuk zirkuituaren kitzikapena edo sarrerak direlako (hau da, zirkuituaren portaera baldintzatzen dutenak) eta beste batzuk zirkuituaren erantzuna edo irteerak direlako, hau da, zirkuitutik jaso nahi dena (energia dela, informazioa dela). Sarrerez eta irteerez gain, bitarteko egoera-aldagai asko izan ohi da zirkuituetan.

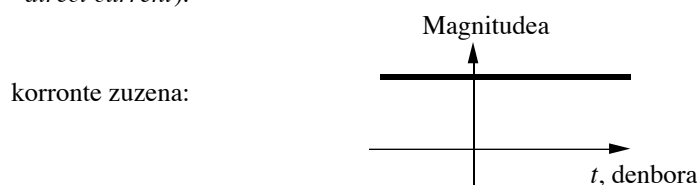


Matematikoki honelaxe adierazten da zirkuituaren egoera: osagai guztietako tentsioak ($v_j = j$ osagaiko tentsioa) eta korronteak ($i_j = j$ osagaitik igarotzen den korronte elektrikoaren intentsitatea) \mathbf{X} izeneko bektore batean elkartzen dira, \mathbf{X} egoera-aldagaien bektorea izanik. Ondoren, zirkuituaren portaera adierazten duten ekuazioak idazten dira, non egoera-aldagaiak eta horien denborarekiko deribatuak, zirkuituaren sarrerak (\mathbf{W} sarrera-bektorea) eta denbora azaltzen diren. Matrizialki, honelaxe adierazten da:

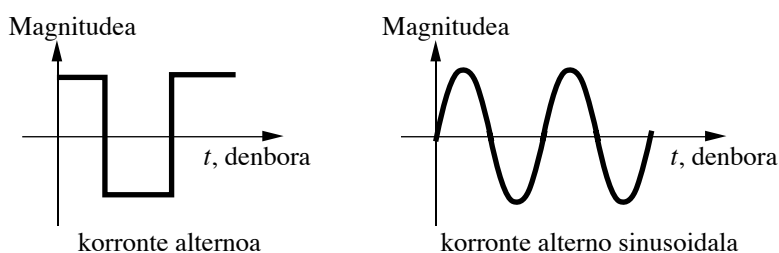
$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = f(\mathbf{X}, \mathbf{W}, t)$$

• Korronte-motak: zuzena eta alternoa

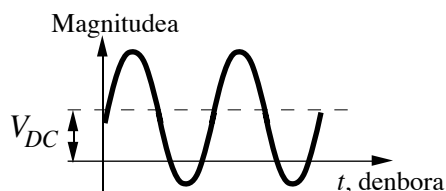
Zirkuitu baten sarrerak konstante edo aldakorak izan daitezke denboran zehar. Lehenengo kasuan, konstante direnean alegia, korronte zuzena (k. z.) dela esaten da, (ingelesez, DC = *direct current*).



Zirkuituari ezarritako sarrerak denboran zehar periodikoki aldatzen direnean, korronte alternoa (k. a.) dela esaten da (ingelesez, AC = *alternate current*). Korronte alternorik ezagunena sinusoidala da, horixe baita sare elektrikoetan erabiltzen dena, baina kasu partikularra besterik ez da.



Dena den, seinale alterno batek korronte zuzeneko osagaia (V_{DC}) izan dezake, seinale aldakorren batez besteko balioa horixe izanik, hau da, ardatz horizontalarekiko desplazamendua.



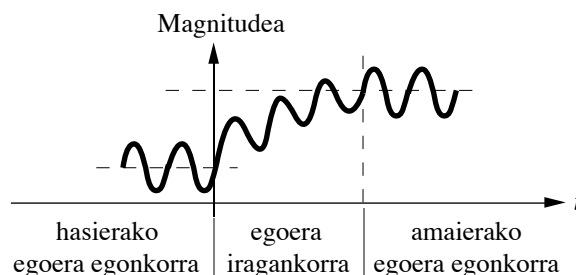
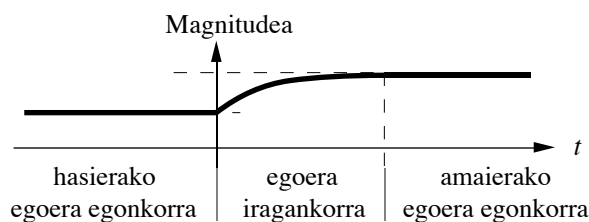
Liburu honetan, korronte zuzeneko zirkuituak aztertuko ditugu soilik.

• Funtzionamendu-egoerak: egonkorra eta iragankorra

Ikusi berri dugunez, zirkuituaren egoera da zirkuituaren portaerari buruz informazioa ematen diguna. Oro har, bi funtzionamendu-egoera bereizten dira zirkuituetan: egoera egonkorra eta egoera iragankorra.

Zirkuitu bat egoera egonkorrean dagoela esaten da, zirkuituak denbora luzez baldintza ezagun batzuen menpe funtzionatzeko duenean, baldintzek denboran zehar aldaketarik jasanez gabe (adi egon, azken honek ez baitu esan nahi zirkuituaren egoera-aldagaiak konstante direnik). Liburu honetan, 5. kapituluak izan ezik, egoera egonkorraz arduratuko gara.

Zirkuitu bat egoera iragankorrean dago zirkuitua baldintza batzuetan funtzionatzenetik beste baldintza batzuen menpe funtzionatzera igarotzen denean; beraz, aldaketak gertatzen dira denbora-tarte horretan zehar. Kasu honetan, zirkuitua analizatzean, kontuan hartu behar da denbora aldagaia. 5. kapituluak egoera iragankorrerako sarrera laburra aurkeztuko da.



• Liburuari buruzkoa

Gorago esan dugun legez, liburu honetan zirkuitu elektriko eta elektronikoak ditugu aztergai, ariketa ebatzien bilduma zabala dela medio. Dena den, zirkuitu baten portaera matematikoki bilatu ahal izateko, guztiz beharrezkoa da kontzeptu teorikoen ezagutza minimoa izatea. Hori dela eta, kapituluak hiru zatitan banatu ditugu: lehendabizikoan, kapitulu horretan jorratuko diren zirkuituetan berriak diren kontzeptu teorikoak azaltzen dira modu laburrean; bigarren zatian, kapituluari dagozkion ariketa ebatziak aurkezten dira. Kapituluari amaiera egokia emateko asmoz, proposaturiko ariketa-bilduma zabala gehitu dugu.

- **Xedea**

Argibidetxo honi bukaera eman baino lehen, honako hau azpimarratu nahi dugu: zirkuituen portaera aztertzeko zirkuitu-teorian erabiltzen diren metodo batzuk landuko ditugun arren, gure helburua ez da metodo horiek ikastea soilik; benetako xedea zirkuitu baten portaera aztertzeko gauza izatea da, erabilitako metodoa bitarteko bat besterik ez izanik.