

1. DISPOSITIBOAK

ELEKTRONIKA ZER DEN ETA NOLA KOKATZEN DEN HISTORIAN

Gaurko hiztegi entziklopediko batzuek azaltzen dutenez, **elektronika** “**elektroi askeek esku hartuz jazotzen diren gertakariak aztertzen dituen fisikaren atala eta jakintza horren ondoriozko teknologia**” da (Elhuyar).

Beste entziklopedia batzuetan agertzen den definizio honek dioenez, **elektronika gasetan, hutsean edo erdieroaleetan gertatzen den kargen mugimenduari buruzko zientzia eta teknologia da**. Beraz, metaletako kargen mugimendua ez da sartzen elektronikan, elektrikan baizik. Baina metalak elektronikan ere erabiltzen dira, noski. Elektronika eta elektrika definizio bakar batez bereiztea ez da, beraz, erraza.

Edonola ere, gaur egun, **elektronika informazioa garraiatzen duten seinale elektrikoak prozesatzeko behar diren sistema fisikoekin lotzen da**.

Elektronikak, XIX mendearen azken urteetan eta XX. mendearen hasieran egin zituen lehenengo urratsak, garai hartako hainbat gertakizun nabarmenen bitartez: elektroiaren aurkitzea (1897), lehenengo osagai elektronikoak fabrikatzea (izpi katodikoan hodia -1897-, hutseko diodoa -1904- eta triodoa -1906-) eta elektronikaren hain lotuta dagoen Irrati Difusioaren sortzea (1922).

Baina gaur egungo elektronika ahalbidetzen duen aurrerapena XX. mendearen erdialdeko urteetan gertatu zen: egoera solidoko elektronika sortu zen, material erdieroaleen ezaugarrietan oinarrituz. Gaurko elektronika guztien oinarria den **transistorea asmatzea** (1947) izan zen mugarri nagusia.

Hortik aurrera, dispositibo eta zirkuituen garapena oso azkarra izan bazen ere, **zirkuitu integratua** (1958) izan zen hurrengo mugarri nagusia . Horrek oinarri bakarrean osagai anitz fabrikatzea eta trinkotasun espazial izugarria ekarriko ditu. Haren garapenean ezinbestekoa izan zen plano bakarreko teknologia ia berehala sortu zen, eta lehenengo zirkuitu integratuak 1961an saldu ziren.

70eko hamarkadan, elektronikak azken urrats kualitatiboa egin zuen: INTEL etxeak lehenengo prozesadorea sortu zuen, 2.300 transistore txip bakarrean integratuz.

Ordutik hona, fabrikazio-teknologiaren garapena dela eta, integrazio eskala ikaragarriro handitu da: gaur egungo prozesadoreetan, 125 milioi transistore/cm² baino gehiago eraikitzen dira (eta 2016. urterako aurreikuspena 3.000 milioi transistore/cm² da).

ELEKTRONIKA TITULAZIOAN ETA TELEKOMUNIKAZIOETAKO INGENIARIAREN LANBIDEAN NON KOKATZEN DEN

Telekomunikazioek elektronikarekin harreman estua izan dute beti, eta beren baliabideak, elektronikarik gabe, pentsaezinak lirateke. Eta ez hori bakarrik: telekomunikazioa elektronikaren aplikazio (eta motibazio) nagusietakoa izan da. Hala, ingeniari elektronikoa eta telekomunikazio-ingeniaria sinonimoak izaten ziren XX. mendearen azken laurdeneraino.

Gaur egun, telekomunikazio-ingeniarien profilean, beste arlo “berriago” batzuk ere sartu dira (telematika eta seinaleen prozesatzea, besteak beste), baina elektronikak titulazioaren oinarrietako bat izaten jarraituko du.

Testuinguru horretan, Oinarrizko Elektronikako Laborategiarekin batera, Telekomunikazio Ingeniaritzako ikasleek Elektronikarekin duten lehenengo harremana izaten da irakasgai hau. Gero, beste hamar irakasgai *elektroniko* ikasten dira nahitaez. Gainera, irakasgai *ez elektroniko* batzuek elektronikaren garaturiko kontzeptuak -eta zer esanik ez, aparatu elektronikoak- erabiliko dituzte.

Lehenengo ikasturteko irakasgaien artean, Zirkuituen Teoria da irakasgairik antzekoena, baina haren helburuak eta Dispositiboen Elektronikarenak oso ezberdinak dira. Zirkuituen Teorian, osagaiak nahiko sinpleak izaten dira eta konplexutasuna, normalean, zirkuituen ebazpenean datza. Bertan, besteak beste zirkuitu abstraktuak ebazteko bideak azaltzen dira. Dispositiboen Elektronikaren, aldiz, osagai elektroniko batzuen ezaugarriak ondorioztatuko dira, gero -Zirkuituen Teorian oinarrituz- zenbait zirkuitu elektroniko

analizatzeke asmoz. Elektronikaren oinarriari eskainiko diogu gure arreta, eta erdieroaleen ezaugarriak, diodoa eta transistoreak analizatuko ditugu.

Geroago etorriko diren ikasgai *elektronikoetan*, zirkuitu analogiko mamitsuak analizatuko dira: amplifikadore operazionala, elikadura iturriak, osziladoreak, seinale-modulatzaileak ... eta, orobat, zirkuitu eta osagai elektroniko digital interesgarriak : seinale-digitalizatzaileak, mikroprozesadoreak, memoriak, dispositibo logiko programagarriak. Bide horretan, praktika ugari egingo dira, askotariko tresneria erabiliz.

Lanbide batzuetan, aparatu elektronikoak erabiltzeko, barneko funtzionamendua jakitea ez da beharrezkoa izaten. Eta nola dabilen jakiteko, osagai bakoitzaren barneko egitura edo funtzionamendua zehazki ezagutzea ere ez da beharrezkoa izaten. Baina hori jakitea beti dira komenigarriak.

Azaleko erabileran ez bagara geratzen eta, adibidez, zirkuitu berriak diseinatzeko baditugu, zehazki kontrolatu behar dugu osagaien erabilera. Eta horrek oinarri fisikoak jakitea eskatu ohi du. Zer esanik ez dispositiboen fabrikazioan, garapenean edo ikerkuntzan lan egiteko: orduan, barneko ezagutza hori, nahitaezko bilakatzen da.

1.1 Oinarrizko kontzeptuak

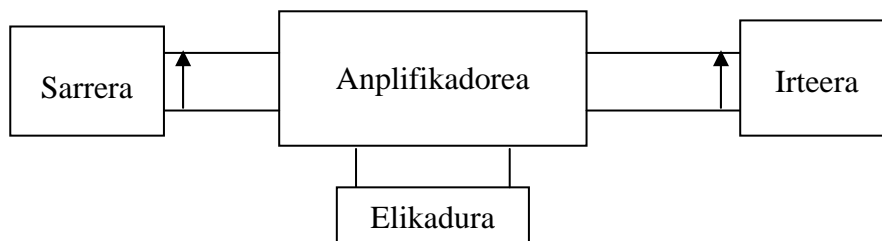
SISTEMAK: SARRERA, IRTEERA ETA POLARIZAZIOA

Bai zirkuitu elektroniko sinpleenetan bai sistema konplexuetan, informazio fluxuari dagokionez, zirkuituak *funtzio-kutxen* bidez ordezkatzeko dira. Normalean, seinalea ezkerretatik sartzen da eta, prozesatu eta gero, emaitza eskuinaldetik irteten da. Sistema konplexuak funtzio jakineko kutxa multzo batez osatzen dira.

Gure seinaleek izaera elektrikoa izaten dute -tentsio edo korranteak izaten dira-, baina bestelako itxura ere har dezakete. Sistema batean seinaleek egiten duten ibilbidea nahiko luzea eta korapilatsua gerta liteke, eta izaera ezberdinak har ditzake.

Adibidez, telebista-sistema batean, sarrera (sarrerako seinalea) objektuen argia izango da. Gero, kamarak argi hori tentsio bilakatzen du eta, egokitu ondoren, transmisio-sistemak uhin elektromagnetikoaren formarekin igortzen du antenatik. Mendiko errepikagailuak iristen zaion seinalea handitu, prozesatu, eta etxeetarantz barreiatzen du. Etxeko azpi-sistemak uhin elektromagnetikoa antenatik jaso, seinale elektriko bihurtu eta amplifikatzen du, eta, azkenean telebistara helarazten du. Bertan, argi bilakatzen da prozesatzearen amaieran, eta, fotoiek begietan seinale nerbioa eragin ondoren, burmuinean sentazio egokia sortzen da. Telekomunikazio-sistemaren irteera (irteerako seinalea), kasu honetan, argia izango da (telebista irudia).

Igorlean, errepikagailuan, etxeko sisteman, telebistan,... ia edonon, anplifikadoreak topatzen ditugu. Haien erabileraren eskemarik sinpleena 1.1 Irudikoa da.



1.1 Irudia. Anplifikadore baten eskema

Anplifikadorearen eginkizuna seinalea handitzea da, eta, horretarako, oinarria transistoreetan duten zirkuituak erabiltzen dira. Baina irteera sarrera baino handiagoa izateko (potentzia edo energia gehiago izateko) ez da nahikoa zirkuitu anplifikadorea erdian jartzea: Zirkuitu hori elikatu behar da, ohiko indar elektrikoaz, bateria-sistema batez, gasoliozko sorgailu batez edo sorgailu fotonvoltaikoez. Egokiro lan egiteko, kanpotik jarri behar den energia iturria, *elikadura-iturri* edo *elikadura* izendatuko dugu.

Sarrera: Sarrerako seinalea sorgailu eta serieko inpedantzia (erresistentzia) batez adierazten da normalean. Fisikoki sistema oso bat izan daiteke, baina baita transduktore sinple bat ere (tenperatura-sentsorea da transduktorearen adibide bat. Horrek, behin elikatuz gero, tenperaturarekiko proportzionala den tentsioa ematen du; -adibidez, $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ -).

Anplifikatze zirkuitua eta polarizazioa: Sarrerak (transduktoreak, adibidez) ematen duen seinalea oso txikia izaten denez, erabili baino lehen anplifikatu behar izaten dugu. Horretarako erabiltzen den zirkuitu anplifikadorea era askotakoa izan daiteke: transistore batez eta bi erresistentziaz antola dezakegu, zirkuitu integratuak erabil daitezke, edo sistema nahiko konplexu bat egin daiteke. Lorturiko anplifikatze-irabazia 10-100.000 ingurukoa izan daiteke, baina, edozein kasutan, zirkuitua kanpotik elikatu beharko dugu. Zirkuitua *polarizatu* behar dugu.

Irteera: Irteerako seinalea sarrerakoa baino egokiagoa da lan egiteko eta, adibidez, mikrokontrolagailu batera sartzeko prest legoke (nolabait, deskribatzen ari garen irteera hau, hurrengo etaparen sarrera da) Irteerako seinaleak aurkituko duen zirkuitua (kasu honetan, mikrokontrolagailua) inpedantzia batez adierazten da. Inpedantzia horri *karga* deitzen diogu.

SEINALE JARRAITUAK ETA SEINALE ALTERNOAK

Badira denboran zehar aldatzen ez diren seinaleak. Seinale horiei **jarraituak** edo **zuzenak** deritze. Adibidez, 1.5 volteko pila baten bi terminaletan edo tenperatura neurtzen duen sentzore baten irteeran dagoen tentsioa (voltmetroa jartzen badugu, neurketa gutxi aldatzen da momentu batetik bestera).

Aldiz, ahotsari dagokion seinalea (hau da, mikrofonotik lortzen den tentsioa), adibidez, oso azkar aldatzen da. Tentsio edo korrante horri **seinale alterno** deitzen diogu. Seinale baten batez besteko balioa nulua denean, berriz, **alterno garbia deritzogu**

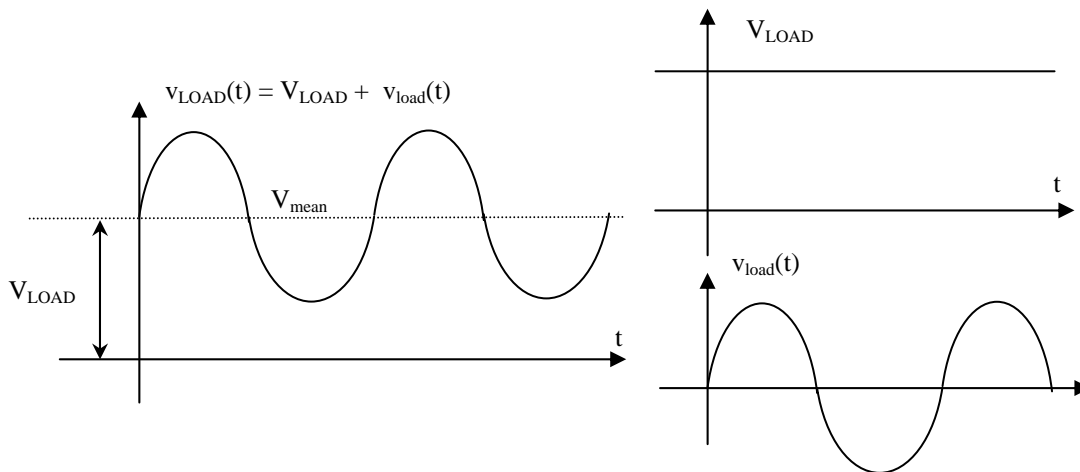
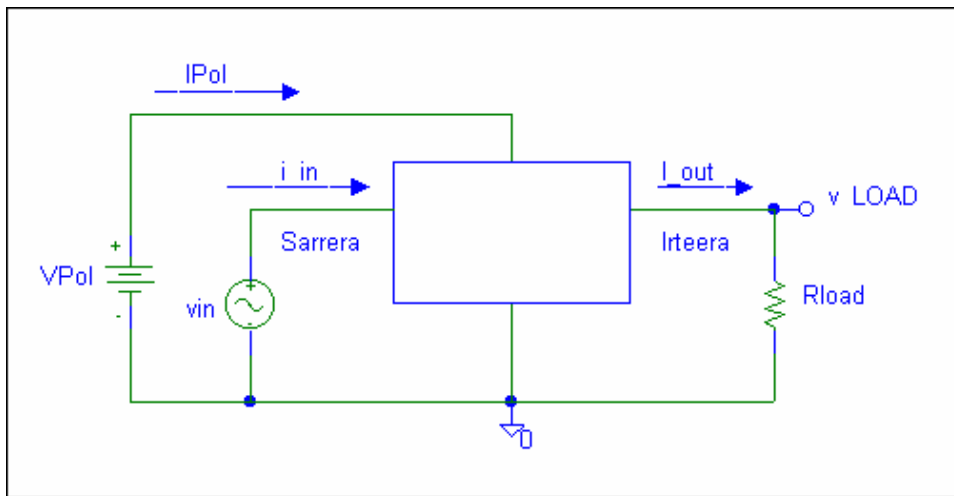
Askotan, errazago lan egitearren, seinale osoak oinarrizko bi osagaitan deskonposatzen ditugu: batetik, jarraitua (seinalearen batez besteko balioa) eta, bestetik, alternoa (seinale osoari batez bestekoa kenduz lortzen dena: forma bereko seinalea, baina batez besteko balio hutsekoa). Informazioa, gehienetan, osagai alternoan ageri da.

Bereizteko asmoz, seinalearen osagaiak honela adierazten dira:

- Jarraituko osagaiak, letra larriz eta azpi-indize larriz.
- Alternoko osagaiak, letra xehez eta azpi-indize xehez.
- Seinale osoak, letra xehez eta azpi-indize larriz.

1.2 Irudiko eskeman, sarrerako tentsioa (v_i), seinale alternoa da; polarizaziokoa (V_{PP}), aldiz, jarraitua; eta irteerako seinaleak bi osagai ditu, jarraitua eta alternoa (tentsioari dagokionez, V_L –zuzena- eta v_l –alternoa-; korrontearen bi osagaiak I_L –zuzena- eta i_l –alternoa-). Seinale osoa v_L edo i_L da. L *load* (karga) hitzetik dator, baina, batzuetan, O azpi-indizea erabiltzen da (output hitzetik). Sarrerako seinaleetarako, I azpi-indizea (ingelesezko *in* hitzetik) erabiltzen da.

Etxean erabiltzen ditugun aparatuetan (ordenadorean, adibidez), jatorrizko elikadura 220 volteko tentsio alternoa da (sare elektrikotik, entxufetik, jasotzen duguna, hain zuzen ere). Aparatuen barneko zirkuitu elektronikoetan elikadura gisa seinale jarraituak erabili ohi direnez (adibidez, ordenadorearen CPU delakoa edo disko gogorra elikatzeke, 5 edo 3.5 volteko tentsioa erabili ohi da), normalean, , tentsio alternoa jarraitu bihurtzeko bloke bat egoten da aparatuan sartu bezain laster. Bloke hori **elikadura-iturria** da.



1.2 Irudia. *Seinale jarraituak edo zuzenak eta alternoak. Hitzartutako ikurrak.*

1.2 Dispositiboen ereduak

Azkenean, zirkuitu batean dispositibo bat erabili behar badugu, gehien interesatzen zaiguna beraren portaera aurreikustea da. Eta portaera horren ezaugarri nagusiak kanpoko terminal metalikoetan agertuko diren tentsio eta korronteen arteko erlazioak dira. Erlazio horiek matematikoki edo grafikoki (I-V kurben bidez) adierazi ohi dira.

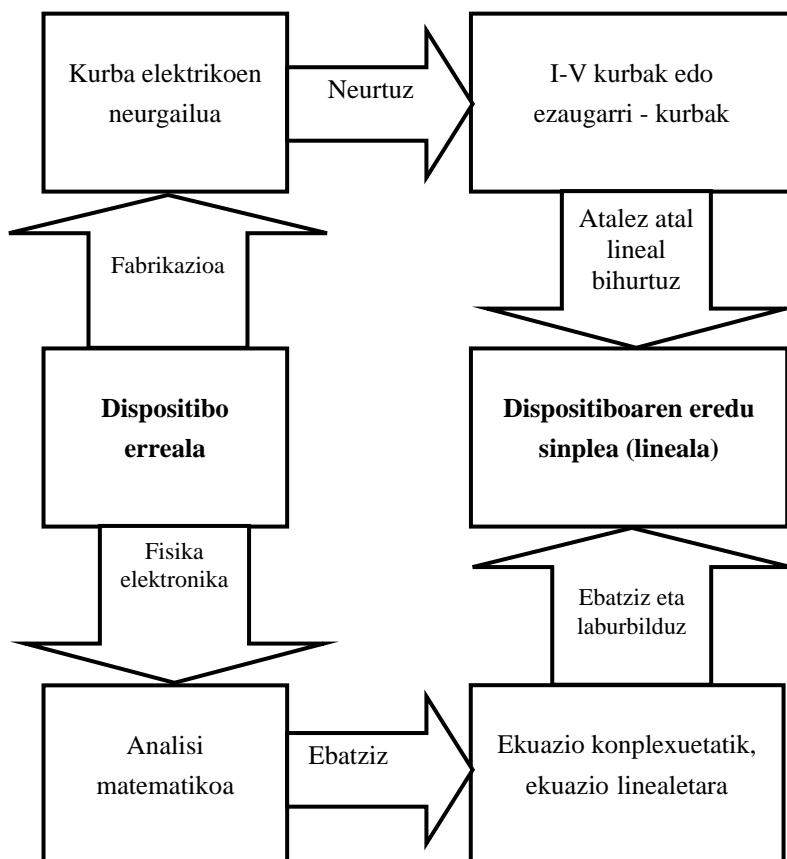
Osagai elektroniko baten funtzionamendua edo I-V kurbak zehaztasun osoz jakiteko, ekuazio fisikoetatik abia gaitezke. Baina horien ebazpena latza da (ordenadorea behar izaten da, haren analisi fisikotik sortzen diren ekuazio multzoa ebaztea ezinezkoa bailitzateke bestela).

I-V kurbak lortzeko beste bide bat, osagaia hartu eta zuzenean neurtzea da. Dispositiboen deskribapenik onena dira kurba experimental horiek, eta fabrikatzaileek dispositibo-multzo bakoitzari dagozkionak datu-liburuetan islatzen dituzte.

Baina osagaia modelo lineal simple batez ordeztea edo modelatzea da erabilgarriena. Sinplea izanik, eredia hurbilketa bat besterik ez da izango (ez da zehatza izango), eta, ziur aski, egoera oso berezietan ez da baliagarria izango, baina guri interesatzen zaigun tartean –gure lan-puntuaren- dispositiboaren portaera nahiko ongi deskribatzen badu, erabilgarria izango da.

Modelo linealera iristeko bi bide ditugu (ikus 1.3 Irudia):

- Ekuazio zehatz guztiak planteatu ondoren, zenbait fenomeno edo ekuazio hutsiritziz, ekuazio sinpleagoak lortuz eta ebatziz modelo linealera, sinplera, heltzea.
- Neurtutako kurbetatik zenbait hurbilketa eginez, kurba horien ekuazio baliokideak sortzea.



1.3 Irudia. Osagaien modelaketa eta I-V kurben erabilera

Hala, dispositiboen adierazpenak hiru forma izan ditzake:

- Zirkuitu-ikurra: zirkuituetan osagaia irudikatzeko marrazkia. Batzuetan, balio nominala jartzen da ondoan.
- Ekuazio matematikoa: $v = i \cdot R$ (v volt, i anpere).
- Ezaugarri-kurbak edo dispositiboaren kurba karakteristikoak: ekuazio matematikoen adierazpen grafikoa. Kurbak teorikoak izan daitezke, baina erabilgarriagoak dira datu-liburuetako kurba esperimentalak.

1.3 Dispositiboen ezaugarri-kurbak: korrante-tentsio eta transferentzi kurbak

1.3.1 ATE BAKARREKO OSAGAIK: KORRONTE TENTSIOAREN EZAUGARRI KURBA

Ate bakarreko dispositiboetan bi nodo edo terminal daudenez, tentsio bakar bat eta korrante bakar bat ezar daitezke. Beraz, bi aldagai daude: I eta V .

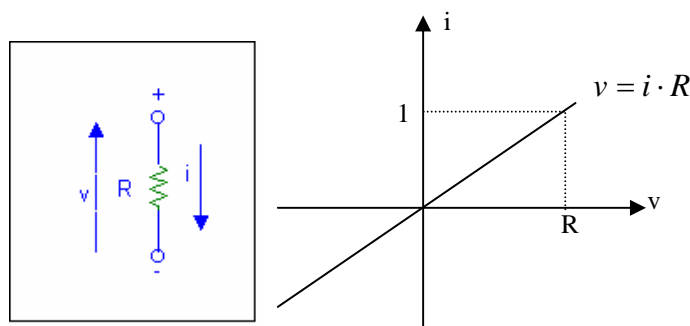
Dispositiboen izaerak bi aldagaien arteko *erlazio bat* (ekuazio bat) ematen digu.

Osagaia zirkuitu batean sartzean, zirkuituak finkatzen du korrante eta tentsioaren arteko bigarren erlazioa.

Beraz, bi ekuazioetatik bi aldagaiak ebatziz, I eta V jakingo ditugu.

Jarraian, ate bakarreko dispositibo batzuen adierazpenak aurkeztuko ditugu.

Erresistentzia

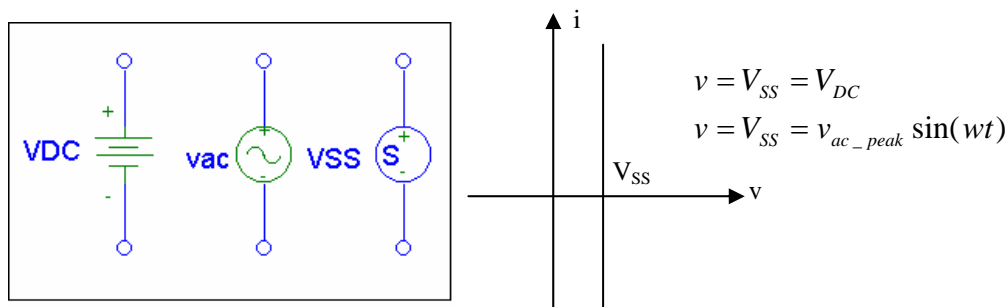


1.4 Irudia. Erresistentziaren ikurra, I-V kurba eta ekuazioa

Hau da, $R(\Omega)$ balioko erresistentzian erortzen den tentsioa hura bera zeharkatzen duen korrantearekiko proportzionala da, eta R da proportzioaren konstantea.

V_{ss} balioko Tentsio Sorgailu Independentea

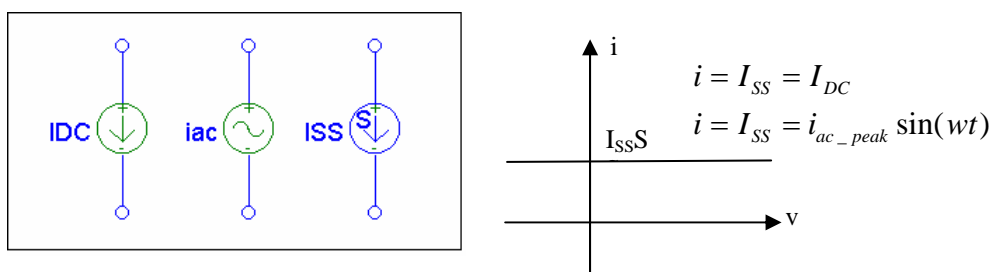
Sorgailu horrek V_{SS} balioan mantentzen du tentsioa beti, eta, horretarako, zirkuituak eskatzen duen korronea ematen dio (edo hartu).



1.5 Irudia. Tentsio Sorgailu Independentearen ikurra, I-V kurba eta ekuazioa

I_{ss} balioko Korrone Zuzeneko Sorgailu Independentea:

Osagai horrek I_{SS} korronea injektatzen du beti zirkuitura, eta horretarako behar den tentsioa ematen du edo jasanten du.



1.6 Irudia. Korrone Sorgailu Independentearen ikurra, I-V kurba eta ekuazioa

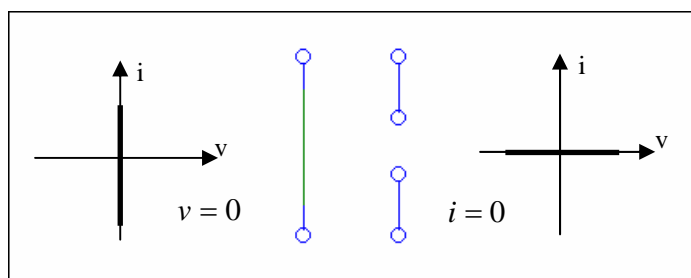
Zirkuitulaburra eta zirkuitu irekia

Zirkuitulaburra ON egoeran dagoen etengailuaren (edo kable baten) parekoa da. Erresistentzia nuluko osagaia denez, $v = 0$ beteko da beti. Kanpoko zirkuituak finkatuko du korronea.

Beste ikuspuntu batetik, zero balioko tentsio-sorgailua ere bada.

Zirkuitu irekia, OFF egoeran dagoen etengailuaren (edo erresistentzia infinitu baten) parekoa da. Korronea, pasabiderik ez duenez, nulua da eta $i = 0$ beteko da beti. Gainontzeko zirkuituek finkatzen dute tentsioa.

Beraz, zero balioko korrante-sorgailutzat ere har daiteke, nolabait.

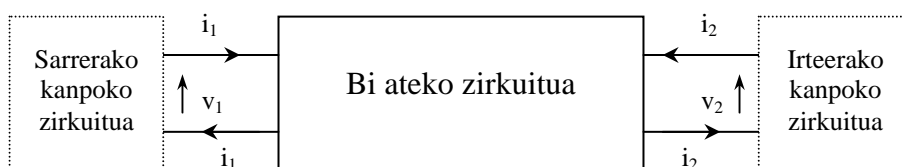


1.7 Irudia. Zirkuitulaburraren (ezk) eta zirkuitu irekiaren (esk) ezaugarri-kurbak, ikurrak eta ekuazioak

1.3.2 BI ATEKO DISPOSITIBOAK: SARRERA, IRTEERA ETA TRANSFERENTZIA KURBA KARAKTERISTIKOAK

Dispositibo edo zirkuitu askok bi ate dituzte kanpoaldearekin komunikatzeko. Ate horietako bat sarreratzat hartzen da eta bestea, irteeratzat.

Ate bakoitzean, bi nodo edo terminal daude, eta batetik joaten den korronea bestetik itzultzen da. Kutxaren barruan dagoena nahi dugun bezain sinplea edo konplikatuia izan daiteke.



1.8 Irudia. Bi ateko zirkuitua

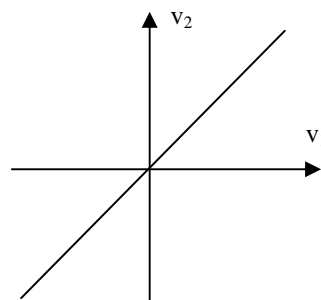
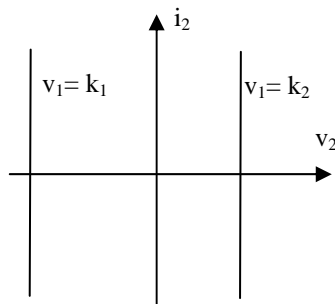
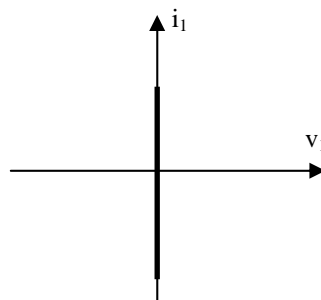
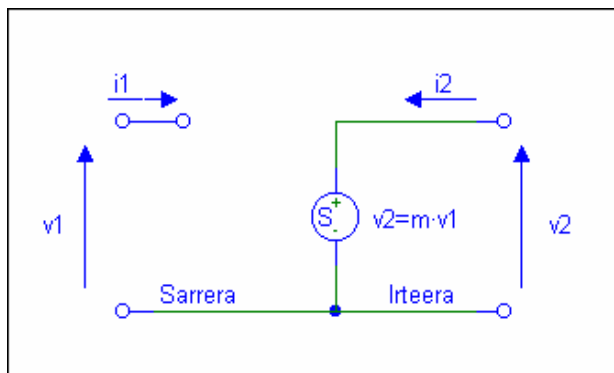
1.8 Irudian ikusten denez, badaude *lau aldagai* ezagutzen ez ditugunak, eta zirkuituak haien arteko bi erlazio ematen dizkigu. Kanpoko bi zirkuituek ekuazio bana emanaz, lau erlazio eta lau aldagai dituen sistema ebazten da.

Grafikoki adierazteko, bi erlazio izatea(?) nahikoa izan arren arren, normalean hiru kurba aurkezten dira: sarrerako I-V kurba, irteerako I-V kurba eta sarreratik irteerarako transferentzia-kurba. Zer da transferitzen (edo pasatzen) da? Batzuetan tentsioa, bestetan korronea edo potentzia, baina, azkenean, informazioa.

Ondoren, bi ateko dispositibo batzuk aurkeztuko ditugu.

Tentsioaren bidez kontrolatutako tentsio-sorgailua:

Erlazioak honako hauek dira: $i_1 = 0$
 $v_2 = \mu \cdot v_1$



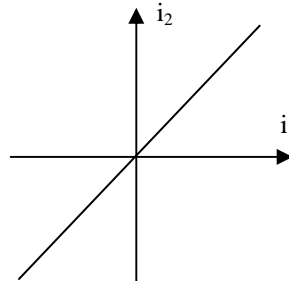
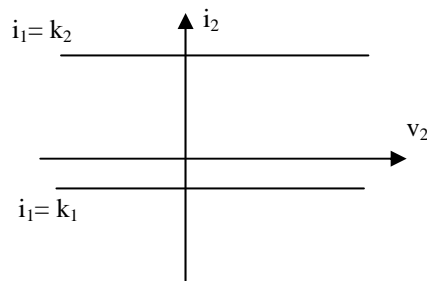
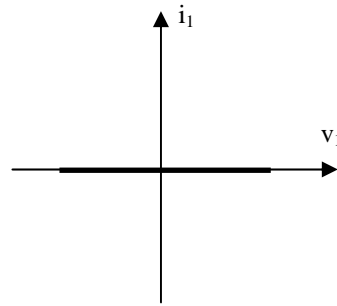
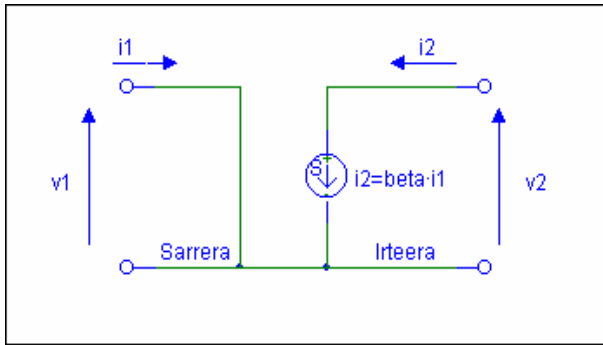
1.9 Irudia. Tentsioaren menpeko tentsio-sorgailua: a) ikurra b) sarrerako ezaugarria c) irteerako ezaugarria d) transferentzia-kurba

Sarrera eta irteera erlazionatzen dituen konstantea (μ) transmitantzia da. 1.9.c Irudian i_2 korrontearen eta v_2 tentsioaren arteko erlazioa adierazteko, v_1 tentsioari balio jakin batzuk eman behar zaizkio.

Korrontearen bidez kontrolatutako korronte-sorgailua:

Erlazio analitikoak honako hauek dira: $v_1 = 0$
 $i_2 = \beta \cdot i_1$

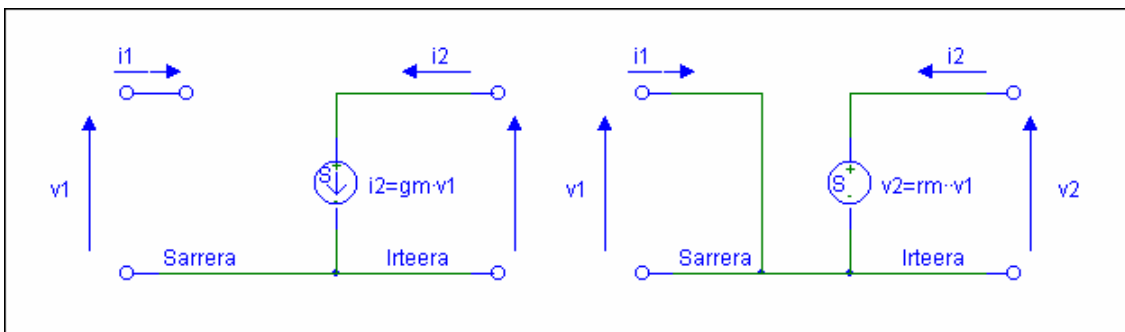
Irteera eta sarrera erlazionatzen dituen konstantea (β) transmitantzia da. 1.10.c Irudian i_2 eta v_2 aldagaien arteko erlazioa adierazteko, i_1 parametro gisa erabiltzen da.



1.10 Irudia. Korronte menpeko korronte-sorgailua. a) ikurra b) sarrerako ezaugarria c) irteerako ezaugarria d) transferentzi kurba

Bi ateko beste dispositibo batzuk

1.11 Irudian, korrontez kontrolatutako tentsio-sorgailua ($v_1 = 0$; $v_2 = r_m \times i_1$) eta tentsioz kontrolatutako korronte-sorgailua ($i_1 = 0$; $i_2 = g_m \times v_1$) irudikatu dira.



a)

b)

1.11 Irudia. Tentsioz kontrolatutako korronte-sorgailua (a) eta korrontez kontrolatutako tentsio-sorgailua (b)