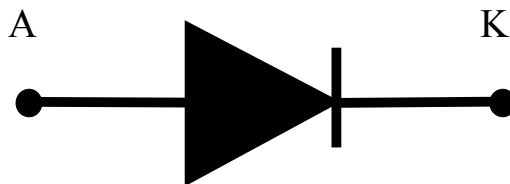


8. gaia:
Diodo, transistore eta
zirkuitu digitalak

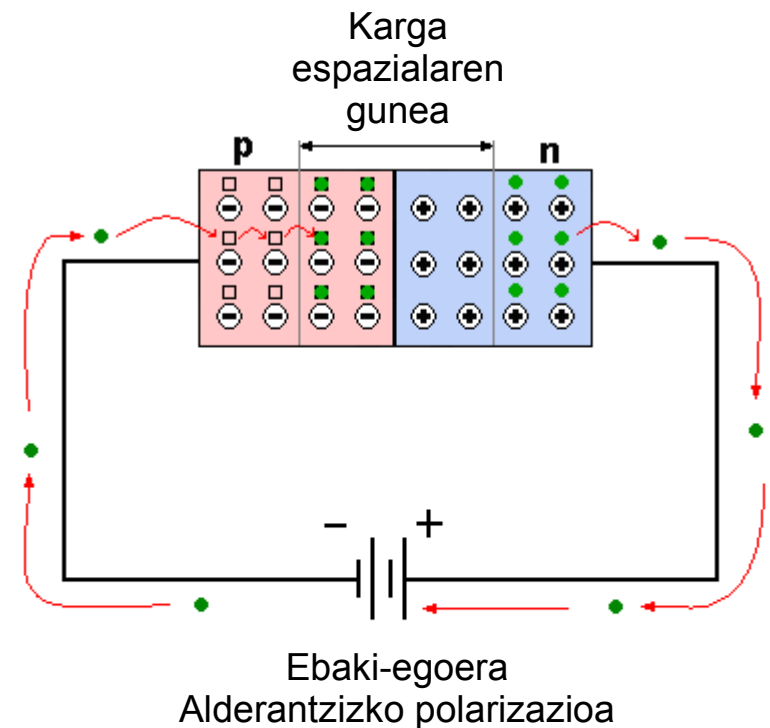
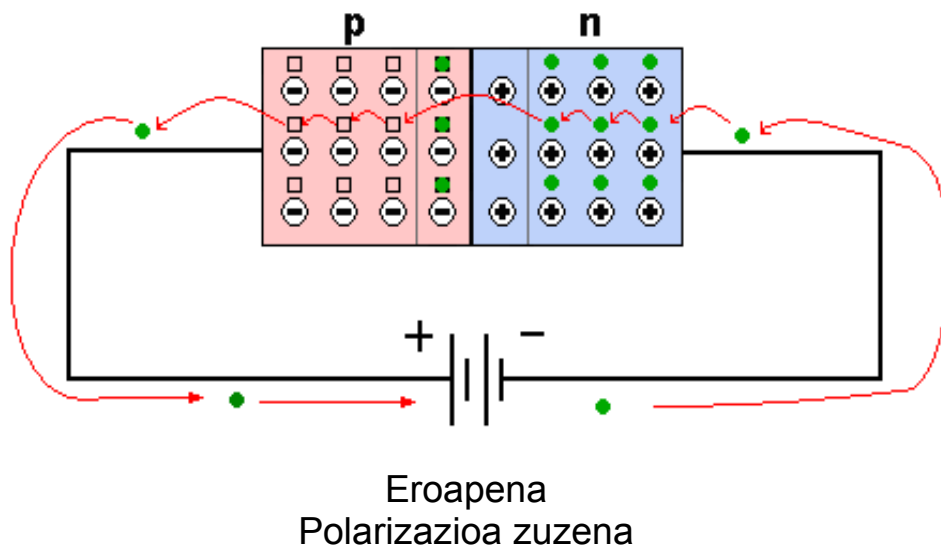
Erdieroale-diodea

- Diodotik **korronte elektrikoa noranzko bakar batean** pasa daiteke
- Bi terminalak ditu: **anodoa (A)** eta **katodoa (K)**
- **Eroapena (ON)** bakarrik gertatzen da anodoaren tentsioa katodoarena baino handiago denean (**polarizazio zuzena**)
- Tentsioa katodoan anodoan baino handiago denean (**alderantzizko polarizazioa**) ebaki-egoeran dago eta eroapenik ez dago (**OFF**)



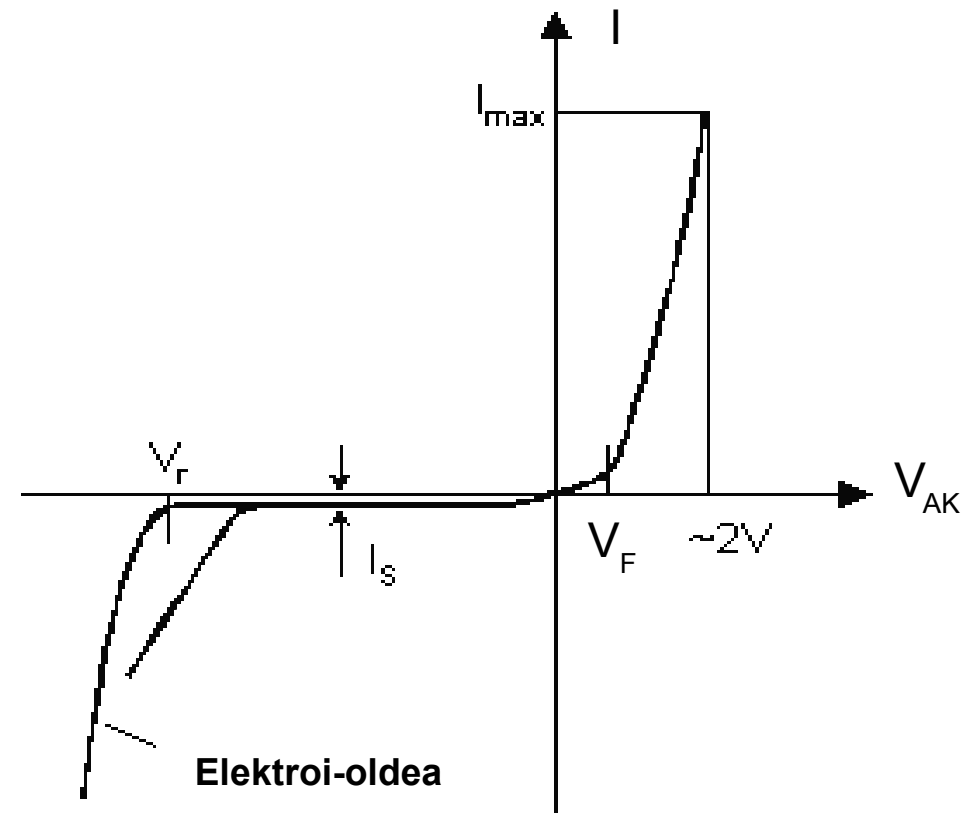
Erdieroale-diodea

- Bi alde duen erdieroalerez (Si edo Ge) osatuta daude: **P** aldean **elektroi gabezia** dago (**zuloak**) eta **N** aldean **elektroi gehiegi** dago
- P eta N-ren arteko junturan dagoen potentzialak **anodotik katodora korronte zirkulazioaren kontra** jotzen du



Erdieroale-diodoa

- **Polarizazio zuzenean**, ipinitako tentsioak juntura potentziala gainditzen du \rightarrow Diodoa **eroapenean** dago, potentziala ia konstante da
- **Alderantzizko polarizazioan**, ipinitako tentsioak juntura potentzialaren alde jokutzen du \rightarrow Diodoa **ebaki-egoeran** dago eta **intensitatea zero** da
- Tentsioa altuegia denean, **elektroi-olde** gertatuko da eta **alderantzizko polarizazioan eroapena** gertatzen da tentsio konstantean



Erdieroale-diodoaren V-I kurba ezaugarria

Erdieroale-diodea

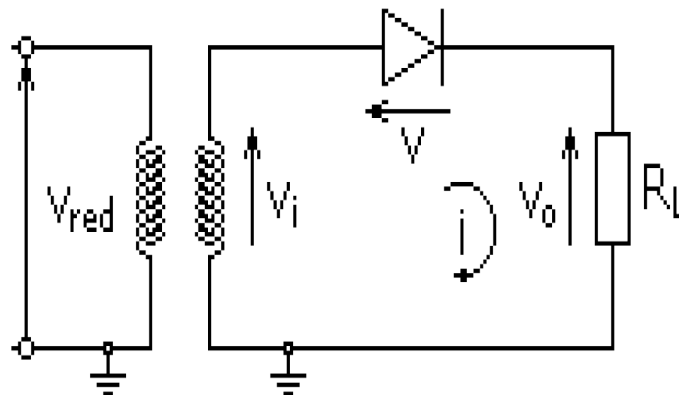
- **Diodo erreala** bakarrik sartzen da eroapenean polarizazio zuzeneko **tentsioa atariko balioa baino handiago denean**($\approx 0,7 \text{ V}$)
- Balio hori gainditzen denean, intentsitatea azkar handitzen da tentsioarekin batera

	1. hurbilketa	2. hurbilketa	3. hurbilketa
Polarizazio zuzena	$I=0$ $V_{AK} \leq 0$	$I=0$ $V_{AK} \leq 0,7 \text{ V}$	$I=0$ $V_{AK} \leq 0,7 \text{ V}$
Alderantzizko polarizazioa	$I \geq 0$ $V_{AK} = 0$	$I \geq 0$ $V_{AK} = 0,7 \text{ V}$	$I \geq 0$ $V_{AK} = 0,7 + r \cdot I$

r: Diodoaren barne-erresistentzia($0,5\Omega < r < 1\Omega$)

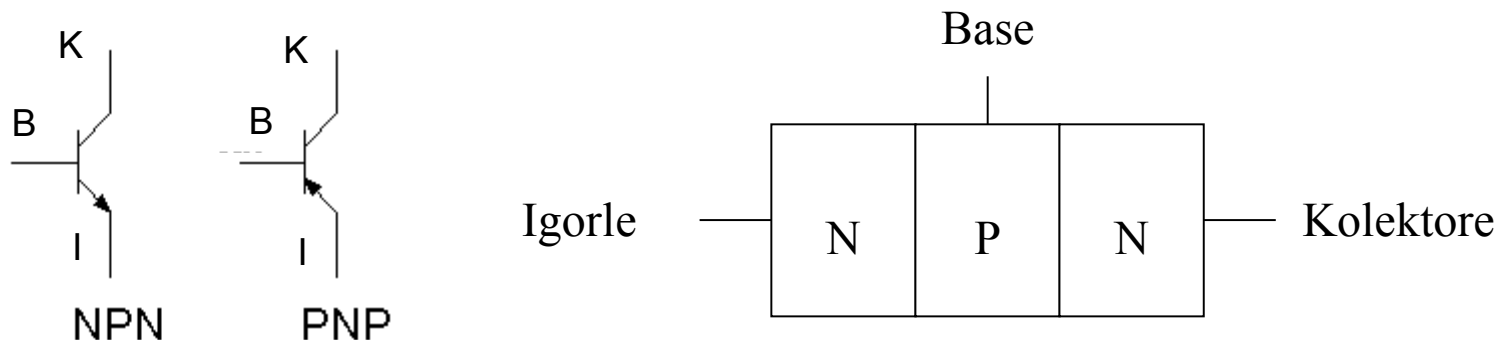
Erdieroale-diodea

- Aplikazio askotan erabiltzen da diodea:
 - ✓ **LED**: eroapenean argia emititzen du
 - ✓ **Zener**: alderantzizko polarizazioan tentsio konstantea mantentzen du
 - ✓ **Sentsore fotoelektrikoa**: argia jasotzen duenean, aktibatzen da
 - ✓ **Zezula fotoboltaikoa**: argiztapen handiago, intentsitatea altuago
- Aplikazio hedatuena **artezgailua** da: tentsio alternoa tentsio zuzenean bihurtzen du (**AC/DC**)



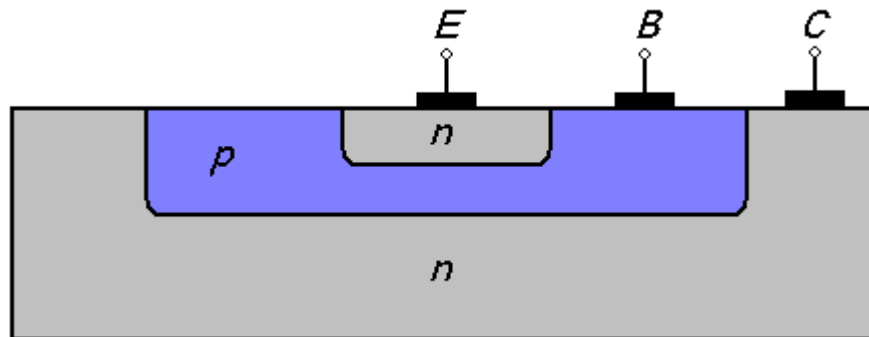
BJT transistore bipolarra

- **BJT** transistoren bidez **korrontea kontrolatu daiteke**, ebaki-egoeratik (OFF) eroapen egoeraraino (ON)
- I (igorle) eta K (kolektore) terminaletik pasatzen den intentsitatea, B (**basea**) terminaletik sartzen den **intentsitatearekiko proportzionala da** → **Anplifikadorea**
- Kolektoreko korrontea handiegia denean baseko korrontearen bidez kontrolatuta izateko (**saturazioa**), **transistoreak eroaten du**, kolektore eta igorleren arteko, tentsio alde minimoa izanda ($\approx 0,2 \text{ V}$)



BJT transistore bipolarra

- **Baseko intentsitatea 0** denean, kolektoreko intentsitatea ere bai da 0 → **Etengailua ebaki-egoeran**
- Baseko intentsitatea **saturazio balio baino handiago** denean, kolektore-igorleko tentsioa oso txikia da, eta kolektoreko intentsitatea ez dago kontrolatuta → **Etengailua eroapenean**
- Transistorea azaleko moduan ekoizten da, N P N edo P N P konfigurazioan eta konektoreak azalean

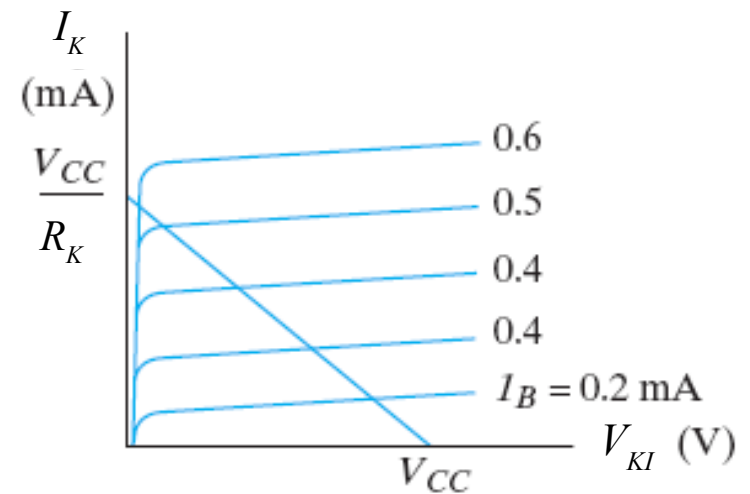
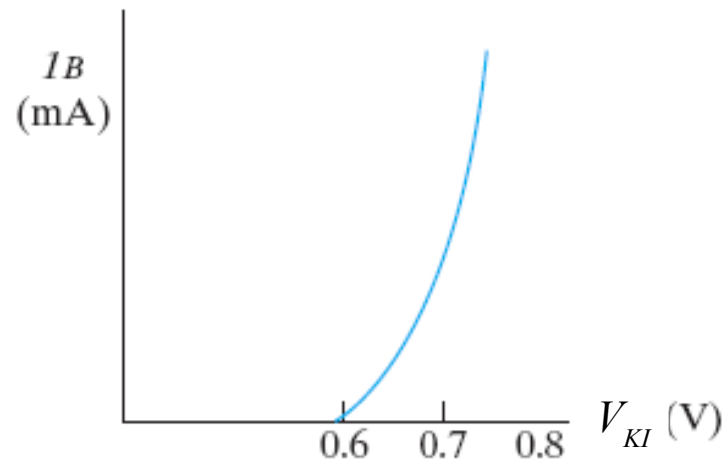
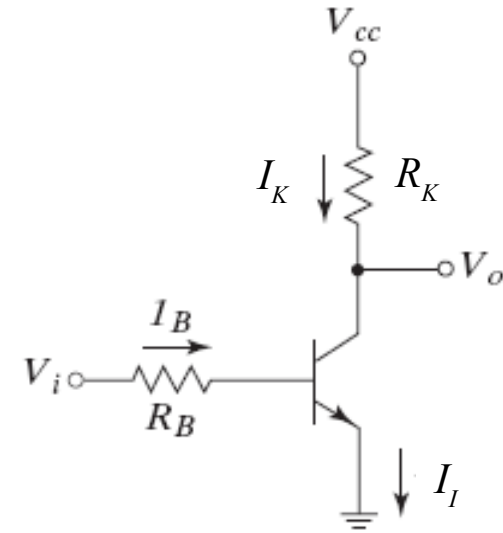


BJT transistore bipolarra : Igorle komuna

$$V_i=0; I_B=0; I_K=0; V_O=V_{CC}$$

$$V_i=V_{CC}; I_B>0,6\text{mA}; V_O=V_{KI}\approx 0,2\text{ V}$$

Portaera hau **NOT** atearena da



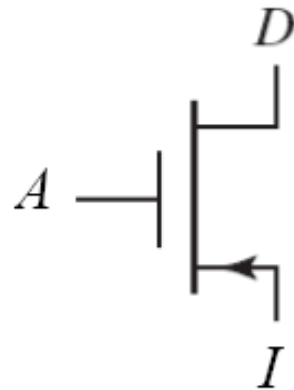
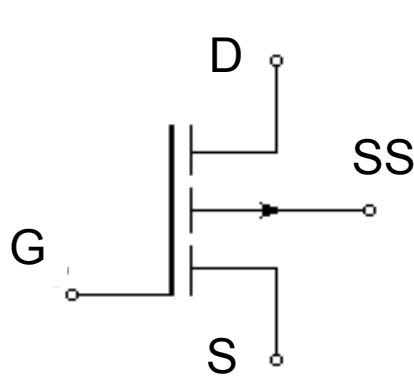
BJT transistorearen **V-I ezaugarri-kurbak**

BJT transistore bipolarra

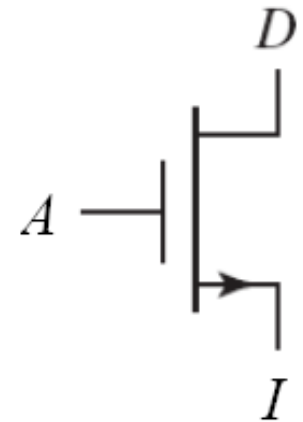
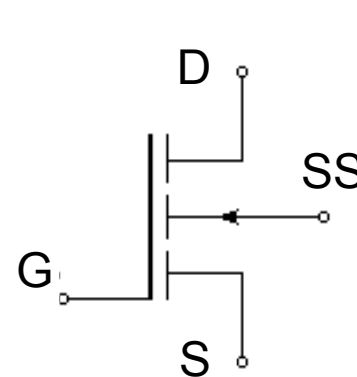
- Aplikazio hedatuena da **anplifikadore analogiko** moduan: kolektoreko korrontea (irteera) baseko korrontearetikiko (sarrera) proporzionala da
- **Elektronika digitalean etengailu** gisa erabiltzen da, ebakidura eta saturazioen artean
- BJT transistorea **TTL** familiako zirkuitu integratuen oinarria da

MOSFET eremu-efektuko transistorea

- **MOSFET** transistoreak **intentsitatearen kontrola** ahalbidetzen du ebakiduratik (OFF) eroapenera (ON)
- D (dranatzailea) eta I (iturria) konektoretik igarotzen den intentsitatea A (atea) konektoreko **tentsioarekiko proportzionala da** → **Amplifikadorea**



P kanaleko transistorea (PMOS)



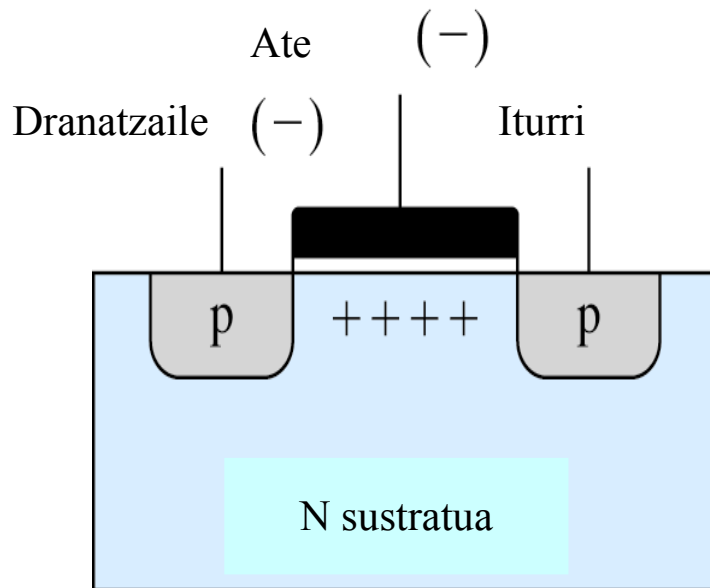
N kanaleko transistorea (NMOS)

MOSFET eremu-efektuko transistorea

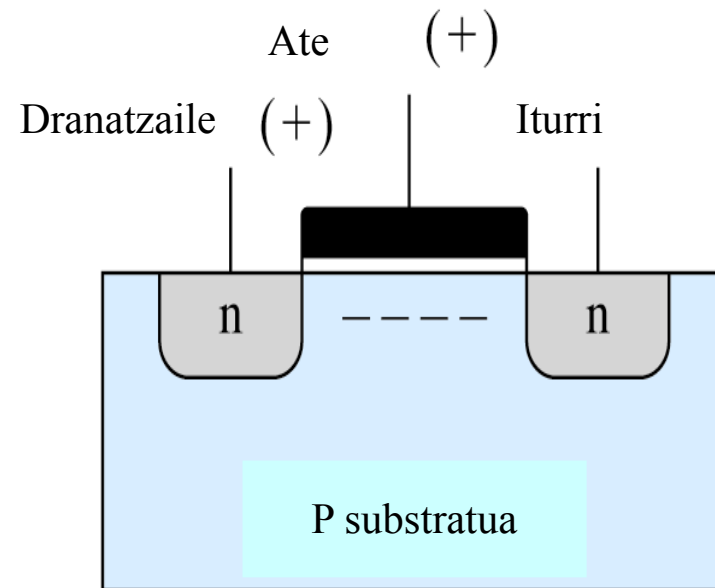
- **Atetik ezin da korronterik sartu**, transistoretik isolaturik badago erdieroale oxido geruza bat tartean dagoelako
- Atea eta iturrien arteko **tentsioa zero** denean, transistorea **ebaki-egoeran** dago
- Dranatzailleko korrontea handiegia denean ateko tentsioaren bidez kontrolatuta izateko (**saturazioa**), transistoreak **eroaten** du, dranatzaille eta iturriaren arteko tentsio alde minimoa izanda ($\approx 0,2$ V)

MOSFET eremu-efektuko transistorea

- **Atean tentsioa** jartzen denean, isolatzailearen polarizazioa gertatzen da, eta **transistorearen barruan karga agertzen da** → **Kanala**
- Kanaleko kargaren zeinua eta dranatzaile eta iturriko karga eramailena berdina da → **Intentsitatea igarotzen da**

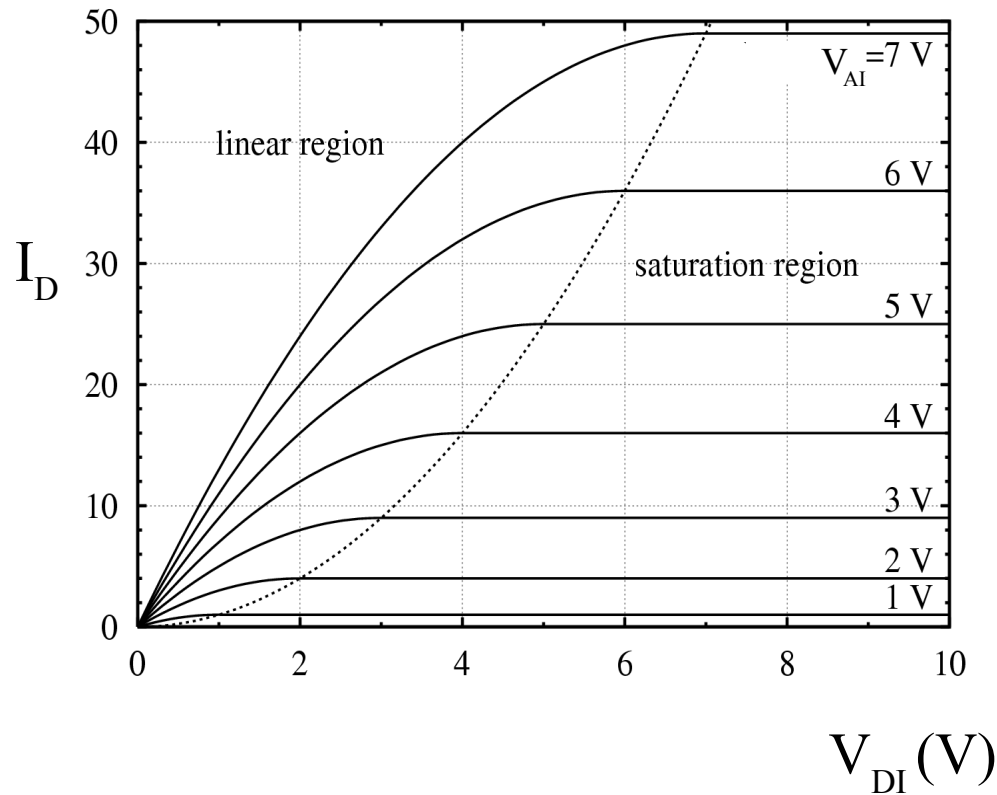


P kanala



N kanala

MOSFET eremu-efektuko transistorea



MOSFET n kanaleko V-I
ezaugarri-kurba

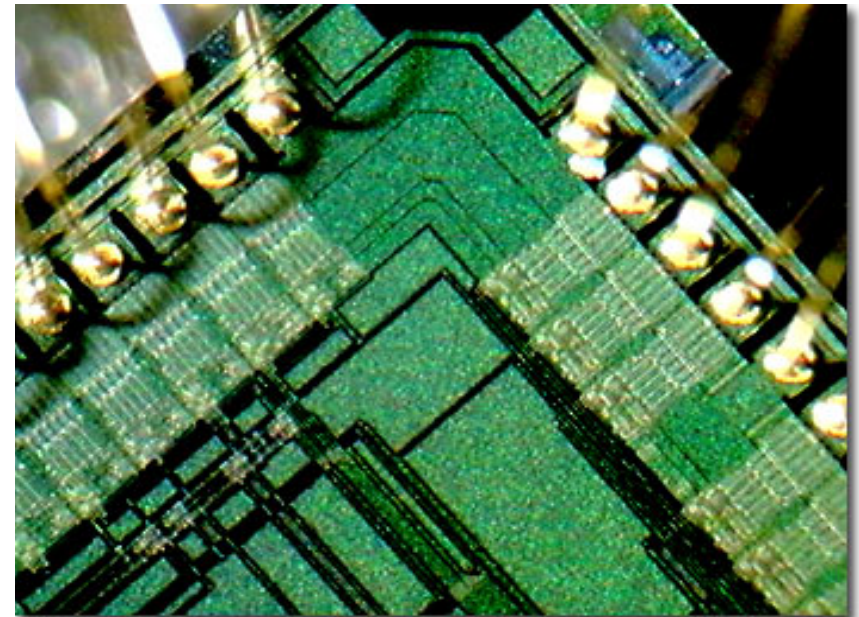
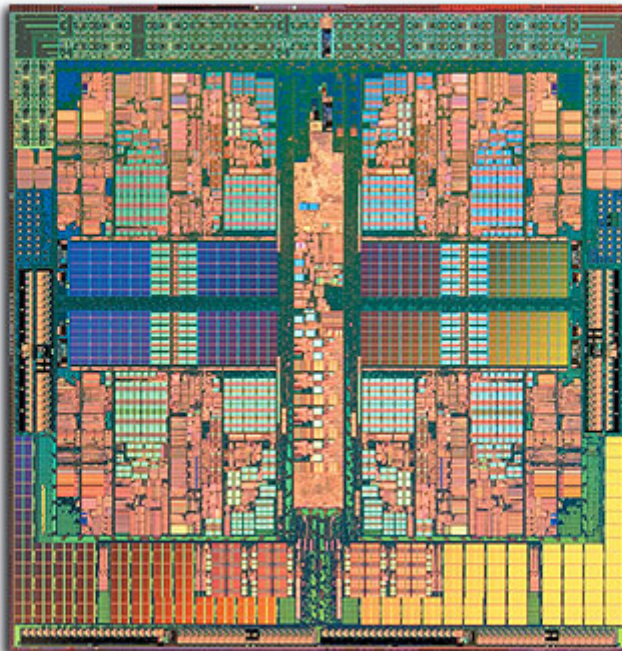
- N kanaleko transistoreak (**NMOS**) **eroaten** du ate-iturriko **tentsio positiboa** dagoenean; P kanaleko transistoreak (**PMOS**) **eroaten** du ate-iturriko **tentsio negatiboa** dagoenean
- Bi transistorearen portaera oso antzekoa da, baina **karga-eramaileak mota bakarrekoak** dira: NMOS kasuan elektroiak dira eta zuloak PMOS kasuan

MOSFET eremu-efektuko transistorea

- MOSFET eta **BJT** transistorearen aplikazioak **berdinak** dira, baina ebaki-egoeratik eroapenera aldatzeko kontrola **tentsioaren bidez** lortzen da
- Tentsioaren bidez erangidako etengailu gisa, **CMOS zirkuitu integratuaren** familiaren oinarria da

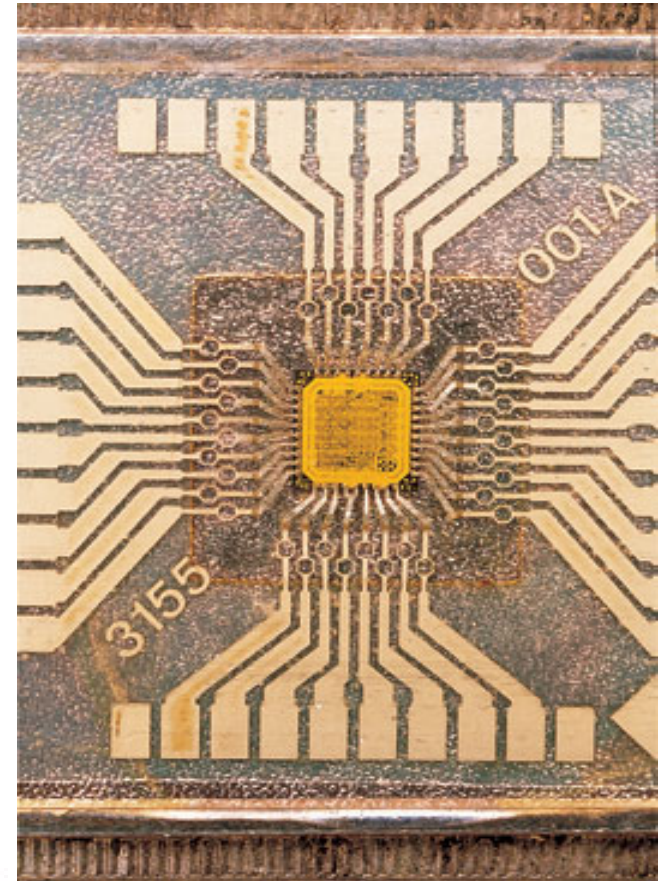
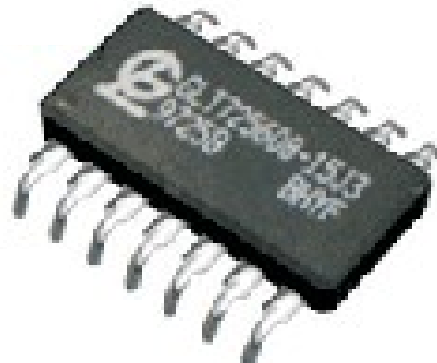
Zirkuitu integratuen teknologia

- Zirkuitu integratuak **erdieroaleak** dira, bere azalean sortzen direla p eta n aldeko eredu bat
- Eredu horren eraginagatik, erdieroaleren zenbait alde transistore, resistore eta kondentsadorearen portaera hartzen dute, **zirkuitu oso bat sortuz**



Zirkuitu integratuen teknologia

- Zirkuitu **konexio** puntuetan, geruza metalikoak jartzen dira, eta horiek kanpora konektatzen dira **kableen** bidez
- Zirkuitu osoa gai **isolatzaile** (plastikoa, zeramika) batekin estaltzen da, konektoreak bakarrik kanpora heltzen direla → **Enkapsulatua**

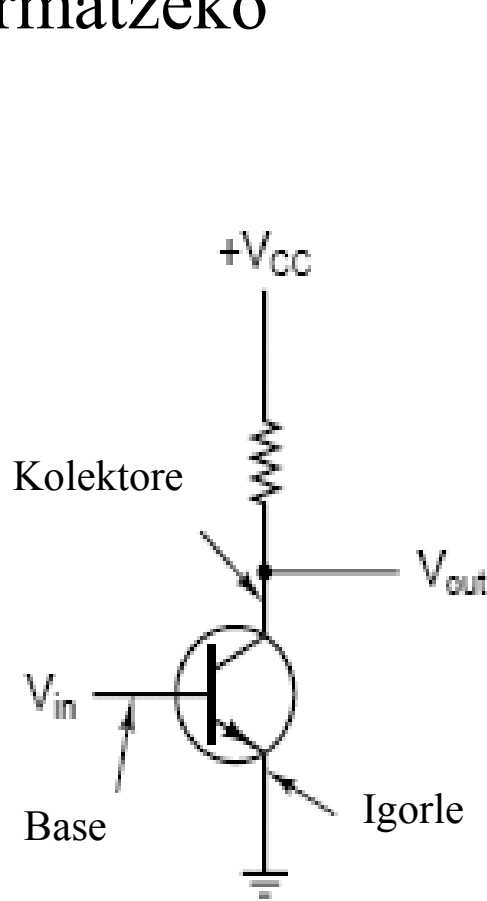


Zirkuitu integratuen teknologia

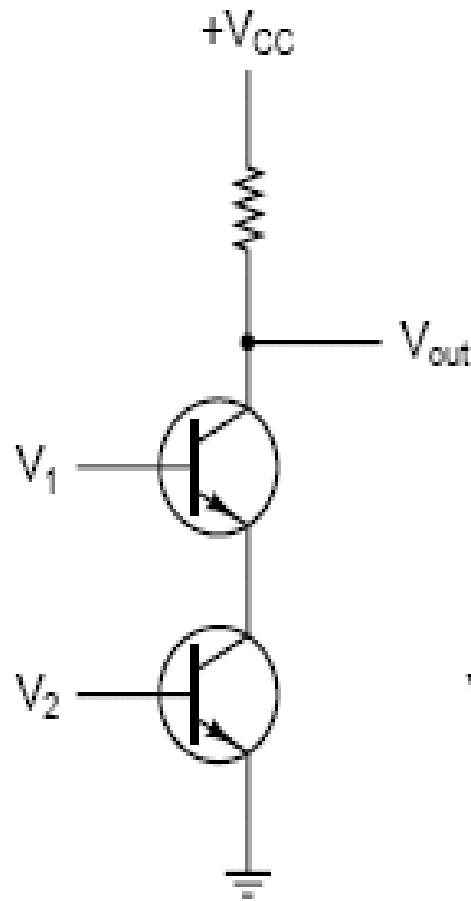
- Zirkuitu integratuak **familiatan** sailkatzen dira, erabilitako osagai elektronikoen arabera
- **TTL** eta **CMOS** dira familia hedatuenak
- **TTL** familia **BJT transistorean** oinarritzen da, eta azkarrena da
- **CMOS** familia **NMOS eta PMOS transistoreko** pareetan oinarritzen da, eta kontsumo txikieneko eta integrazio eskala handienekoa da

Familia logikoak: TTL

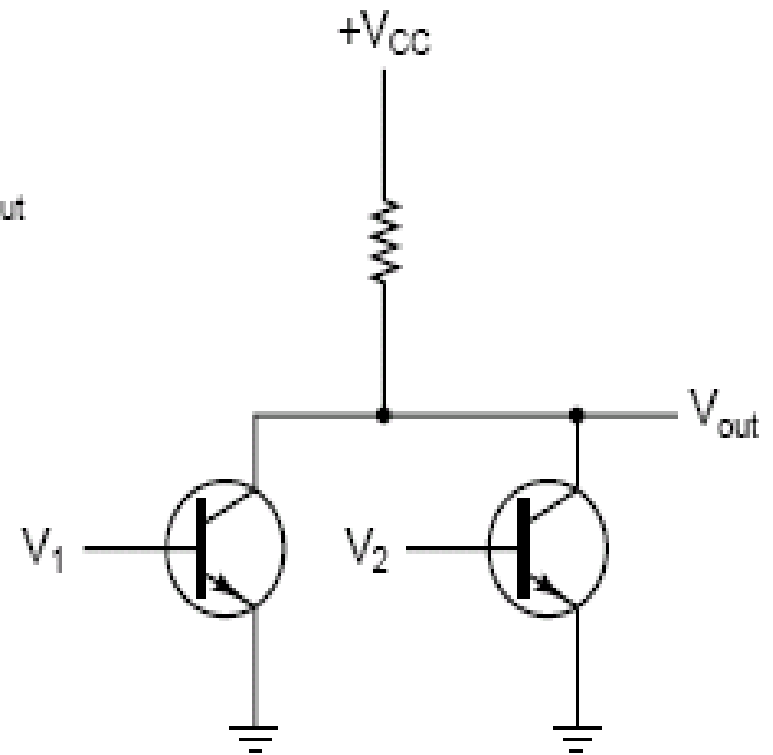
Benetako zirkuitu integratuek zenbait anplifikadore eta egonkortzaile daukate barruan, tentsio eta korronteko mailak bermatzeko



NOT atea

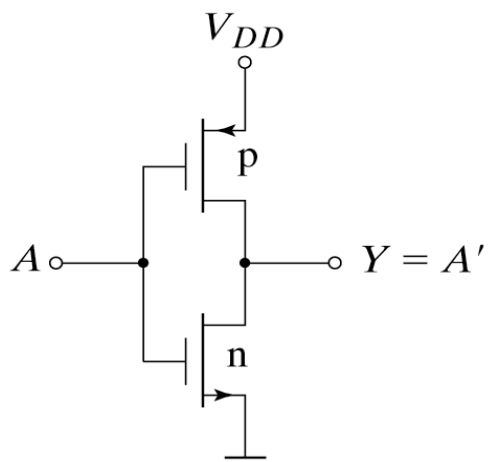


NAND atea

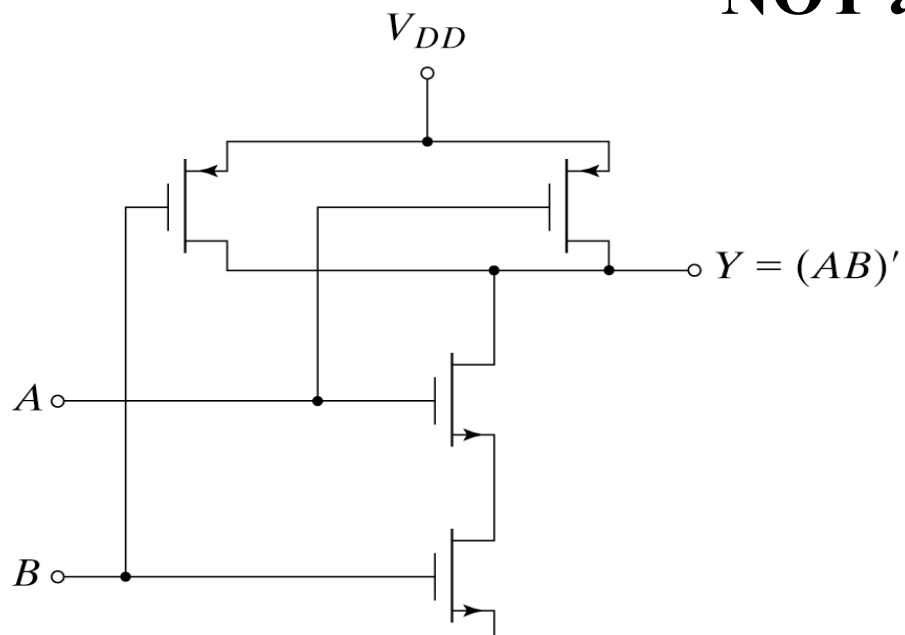


NOR atea

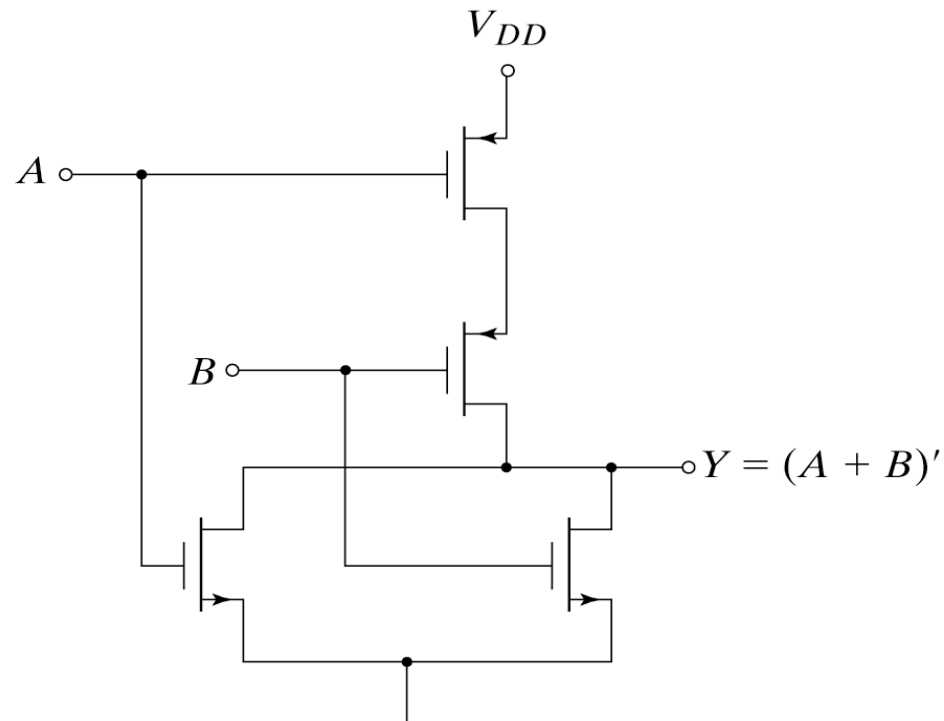
Familia logikoak: CMOS



NOT atea



NAND atea



NOR atea

Zirkuitu integratuen ezaugarriak

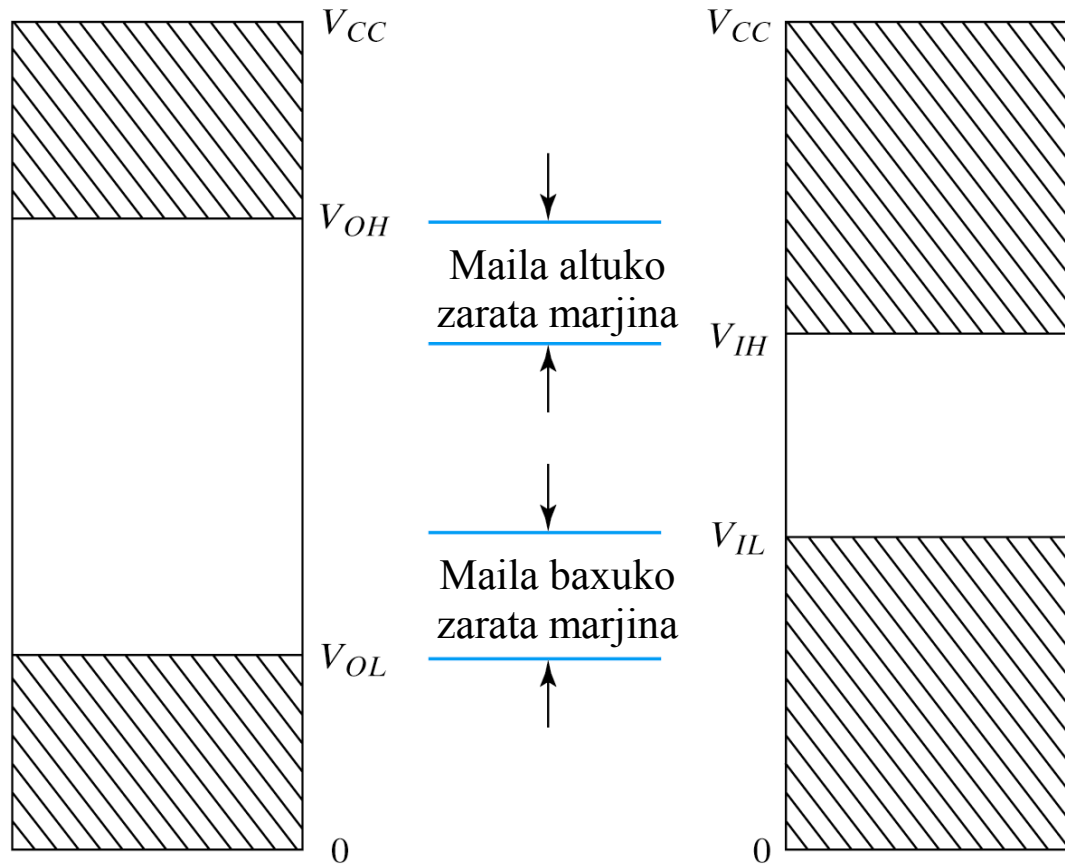
- Familia bat edo zirkuitu integratuko eredu baten **aukeratzea**, bere **ezaugarriak gure aplikazioaren espezifikazioak** betetzearen menpe dago
- Garrantzitsuenak dira:
 - **Elikadura: Tentsio eta korronteko mailak**
 - **Zarata marjina**
 - **Fan-out**
 - **Hedapen-atzerapen denbora**
 - **Potentzia**

Zirkuitu integratuen ezaugarriak

- Zirkuitu batek bere irteeran sortzen dituen eta bere sarreran atzeman ditzaken **tentsio eta intentsitate** mailak, **balio baxu** eta **balio altuan** definitzen dira
- Balio horren arabera, familia bakoitzeko zirkuituko **elikadura tentsioa definitzen da**

	Familia TTL (V_{CC})	Familia CMOS (V_{DD})
Elikadura tentsioa	4,5-5 V	3-18 V
Maila BAXUko sarrerako tentsio maximoa	0,8 V	$0,3 \cdot V_{DD}$
Maila BAXUko irteerako tentsio maximoa	0,5 V	0 V
Maila ALTUko sarrerako tentsio maximoa	2 V	$0,7 \cdot V_{DD}$
Maila ALTUko irteerako tentsio maximoa	2,7 V	V_{DD}

Zirkuitu integratuen ezaugarriak



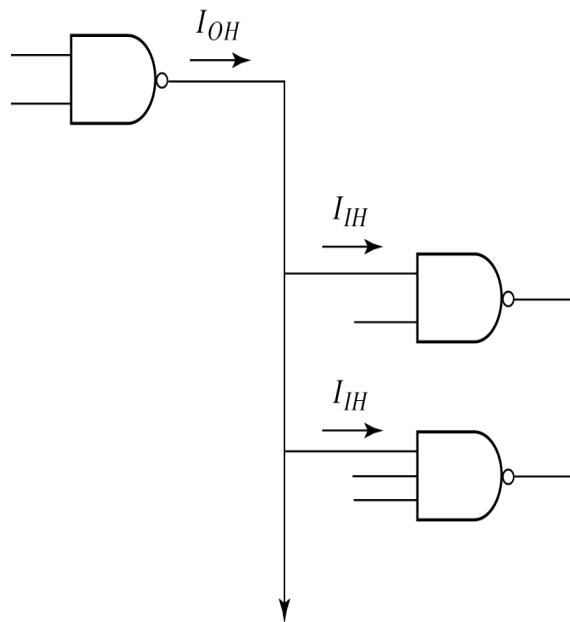
Irteerako tentsio tartea

Sarrerako tentsio tartea

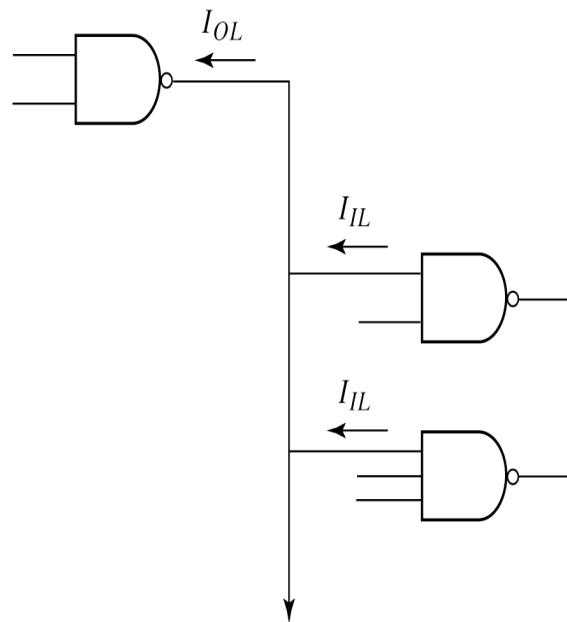
Sarrera eta irteerako balioen arteko aldeak esaten du zein den **sarrerako seinalearen aldaketa**, seinalearen balioa aldatzen ez duena (0 edo 1) **→ Zarata marjina**

Seinale digitaleko **zarata marjina**

Zirkuitu integratuen ezaugarriak



Beste
sarrerak



Beste
sarrerak

Irteera tentsio altuan

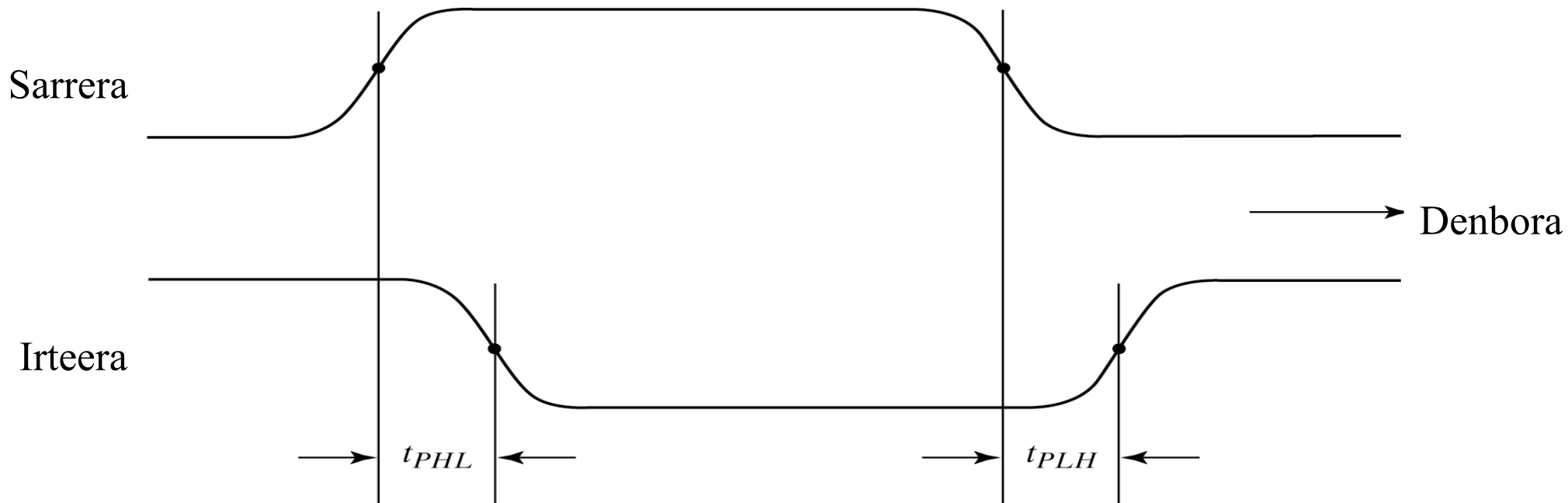
Irteera tentsio baxuan

Irteerako dibertentzia (**fan-out**)

- Ate batetik ateratzen den **intentsitatea** konektore horretan **konektatuko** ate guztiaren artean **banatzen** da
- **Fan-out** irteera konektore batean **konektatu** daitezken **ate kopuru** **maximoa** da, seinale guztiak **korronte** **maila** **betetzeko**

Zirkuitu integratuen ezaugarriak

Zirkuitu baten sarrerako balioa aldatu denetik, **irteera aldatu arte igarotzen den denbora-tartea** hedapen-atzerapen denbora da



Hedapen atzerapen-denbora

Zirkuitu integratuen ezaugarriak

- Zirkuitu integratuaren funtzionamenduagatik, zenbait korronte eta tentsio ezartzen dira zirkuituaren barruan
- Tentsio eta korronte horren **energia kontsumoa denbora unitateetan** da zirkutuek xahutzen duen **potentzia** → **Beroa**
- Zirkuitu baten ate bakoitzak potentzia xahutzen du, beraz **integrazio eskala handiago denean, potentzia handiagoa da**
- Elikadura tentsioa igotzen denean, zirkuituaren arintasuna handiagoa da eta potentzia handiagoa da → **Potentzia·abiadura biderketa**

Zirkuitu integratuen ezaugarriak

Ezaugarria	Ikurra	74 ALS familia	74HCT familia
Elikadura tentsioa (V)		4,5-5,5	4,5-5,5
Hedapen denbora tipikoa (ns)		5	6
Ateko potentzia kontsumoa (mW)		1,3	0,01
Potentzia-abiadura biderkadura (pJ)		6,5	0,06
Maila BAXUko sarrerako tentsioa (V)	$V_{ILm\acute{a}x}$	0,8	0,8
Maila BAXUko irteerako tentsioa (V)	$V_{OLm\acute{a}x}$	0,5	0,1
Maila ALTUko sarrerako tentsioa (V)	$V_{IHm\acute{i}n}$	2,0	2,0
Maila ALTUko irteerako tentsioa (V)	$V_{OHm\acute{i}n}$	2,7	4,4
Maila BAXUko sarrerako korrontea (mA)	$I_{ILm\acute{a}x}$	-0,2	-0,001
Maila BAXUko irteerako korrontea (mA)	$I_{OLm\acute{a}x}$	8	25
Maila ALTUko sarrerako korrontea (μ A)	$I_{IHm\acute{i}n}$	20	1
Maila ALTUko irteerako korrontea (mA)	$I_{OHm\acute{i}n}$	-0,4	-25