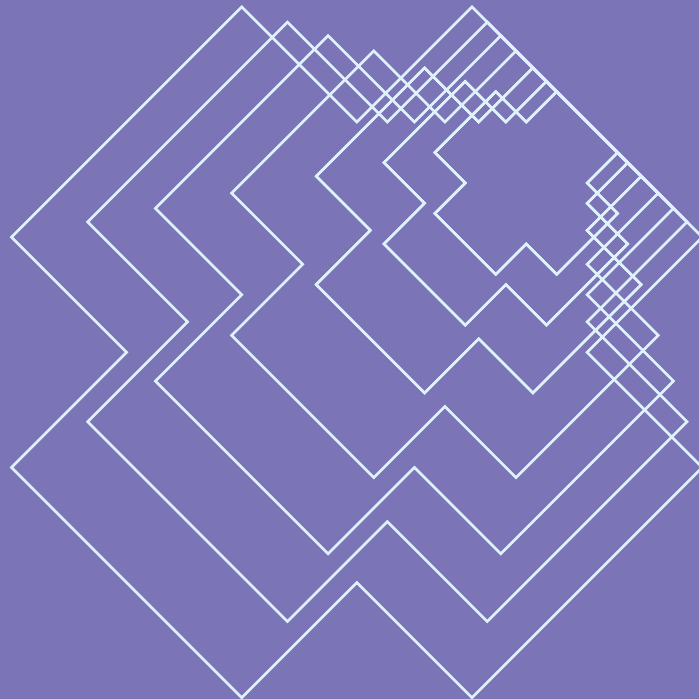
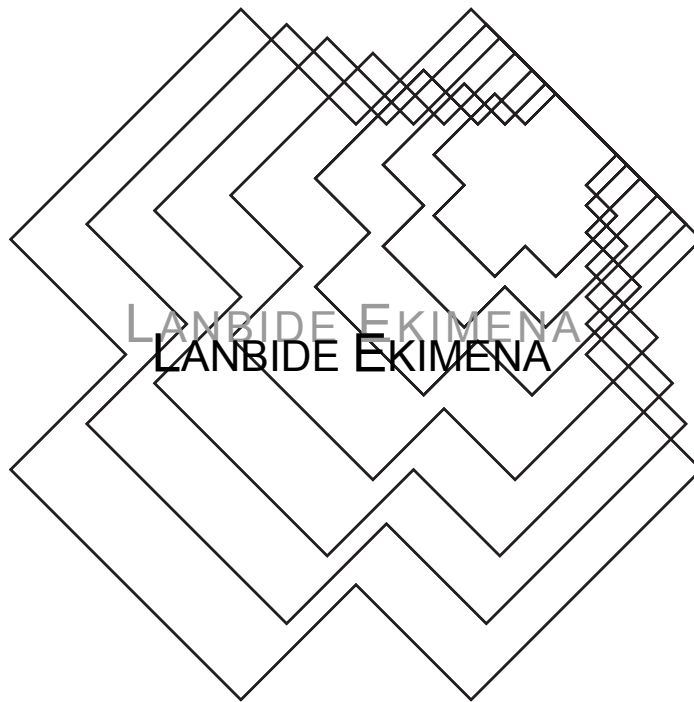


INFORMATIKA  
SISTEMEN  
ADMINISTRAZIOA

# Modulazioa eta erroreen tratamendua



LANBIDE  
EKIMENA



▣ **Proiektuaren bultzatzaileak**



ikasLAN  
Gipuzkoa



ikasLAN  
Bizkaia



ikasLAN  
Araba

▣ **Laguntzaileak**



HEZIKUNTA, UNIBERTSITATE  
ETA IKASLETA SAILA  
LANBIDE HEZIKETA  
DIBISIOA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,  
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN  
DIRECCIÓN DE  
FORMACIÓN PROFESIONAL



Bizkaiko Foru  
Aldundia

Lan eta Trebakuntza Saila

Diputación Foral  
de Bizkaia

Departamento de Empleo y  
Formación



Gipuzkoako Foru Aldundia  
Diputación Foral de Gipuzkoa

Gizarte eta Erakunde Harremanetarako  
Departamentua



▣ **Hizkuntz koordinazioa**

hizkuntz  
ELHUYAR  
zerbitzuak

*Egilea(k):* ETXEBERRIA ARTETXE, Kepa

*Zuzenketak:* Elhuyar Hizkuntz zerbitzuak

*Maketa:* Garbiñe Goikoetxea

*Azalaren diseinua:* Naiara Beasain

**2006an prestatua**



## Aurkibidea

1. KOMUNIKAZIO SISTEMAK.....	2
1.1. Prozesu telematikoak. Transmisioak eta komunikazioa.....	2
1.2. Arauak eta estandar-elkarteak .....	3
1.3. Komunikazio-lineak.....	6
✓ Linea motak, konexio-tipologiari erreparatuta .....	7
✓ Linea motak, jabeari erreparatuta .....	8
1.4. Multiplexazio motak .....	9
✓ Denbora-zatiketa bidezko multiplexazioa (DBM) .....	9
✓ Maiztasun-zatiketa bidezko multiplexazioa (mbm).....	10
1.5. Komunikazioan parte hartzen duten elementuak .....	11
1.6. Transmisio motak .....	11
✓ Sinkronismoaren arabera .....	11
✓ Transmittitu behar den seinalearen arabera .....	14
✓ Transmisio-lerro kopuruaren arabera.....	16
✓ Seinalearen modulazioa beharren arabera.....	16
1.7. Transmittitzeko erak .....	17
✓ Simplex (SX) edo noranzko bakarrekoa.....	17
✓ Half-Duplex (HDX).....	17
✓ Full-Duplex (FDX).....	17
2. TRANSMISIOAREN ALDE FISIKOA .....	18
2.1. Transmisioaren alde fisikoa .....	18
✓ Funtzioaren definizioa .....	18
✓ Funtzio sinusoidala.....	19
✓ Kontzeptu fisikoak .....	20

3. SEINALEEN MODULAZIOA ETA KODETZEA .....	23
3.1. Seinaleen modulazioa eta kodetzea.....	23
✓ Transmisio analogikoa.....	23
✓ Anplitude-modulazioa (ASK edo AM).....	25
✓ Maiztasun-modulazioa (FSK) .....	27
✓ Fase-modulazioa (PSK) .....	29
✓ Fase-modulazio diferentziala (DPSK) .....	31
✓ Anplitude koadratikoko modulazioa (QAM).....	33
✓ Ariketak.....	35
3.2. Komunikazio eta transmisio digitala .....	44
✓ Kode digitalak .....	44
✓ Errorerik detektatzen ez duten kodetzeak.....	45
✓ Erroreak detektatzen dituzten kodetzeak.....	48
✓ Ariketak.....	51
4. ERROREAK DETEKTATZEA ETA ZUZENTZEA.....	60
4.1. Erroreak detektatzea eta zuzentzea.....	60
✓ Erroreak detektatzeko sistemak .....	60
✓ Zirkuitu-proba edo oihartzuna .....	60
✓ Paritate lineala (bakoitia – bikoitia).....	60
✓ Blokeko paritatea edo bi dimentsioko paritatea .....	62
✓ Kode ziklikoak CRC.....	63
✓ Ariketak.....	66
4.2. Erroreak detektatzeko eta zuzentzeko sistemak.....	70
✓ Birtransmisio bidezko zuzentze-protokoloak .....	70
✓ Zuzentze automatikoa. Hamming kodeak.....	71
✓ Ariketak.....	74

# **Modulazioa eta erroreen tratamendua**

## 1 KOMUNIKAZIO SISTEMAK

Joana den XX. mendea teknologiaren mendea izenda dezakegu; etorri berria den XXI.a, berriz, komunikazio elektronikoaren hedapenarena.

Sistema elektronikoak ezin ditugu, orain arte egin dugun moduan, atal independentetzat hartu, gero eta beharrezkoagoa den komunikazio-saretzat baizik.

Erakundeek, enpresek eta erabiltzaile xumeok ere oso garrantzi txikia ematen diogu informazioaren kokapenari, baina oso handia, ordea, informazioaren erabilgarritasunari. Edozein enpresatako langileek eskura izan nahi dute behar duten informazioa, eta ez zaie ardua informazio hori edo bulego nagusian, edo sukurtsal baten edo azpikontrataturako enpresa baten bulegoan dagoen.

Erabiltzaileok ere berdin jokutzen dugu Interneten informazioa bilatzerakoan: adiago erreparatzen diogu informazioaren baliagarritasunari informazioaren sortzaile edo iturriari baino.

Beraz, gure sistemak ezin ditugu uhartetzat hartu informazioaren itsasoan. Izan ere, gero eta funtsezkoago dugu beste sistema batzuekin konektatzea eta denok informazio bera izatea.

### 1.1 Prozesu telematikoak. Transmisioak eta komunikazioa

Ordenagailu batean metatzen den informazioa ez dugu beti ordenagailu horretatik hartzen. Oso ohikoa da gaur egun konputagailuen artean informazioa trukitzea.

Hori dela eta, gero eta sistema indartsuagoak eta azkarragoak behar ditugu elkarrekin komunikatzeko. Informazio-truke horrek **telematika** sortu du.

**telematika:** **tele** (urrun), **matika** (zientzia)

Telematikak, izatez, ordenagailuen bidez eta ordenagailuen artean datuak transmititzeko erabiltzen ditugun teknika, protokolo eta arauak aztertzen ditu. Baina definizio horrek ezer gutxi azaltzen digu. Transmisioa komunikazio bihurtzen badugu eta ekipo informatikoen ordeztuak jartzen baditugu, definizio hau izango dugu: *gizakien arteko komunikazioa ordenagailuen bitartez*.

Askotan, transmisioa eta komunikazioa elkarrekin nahasten ditugu, baina ez dira gauza bera. Transmisioan edonolako seinalea eramaten dugu puntu batetik bestera, seinalea zer-nolakoa den kontuan hartu barik (argia, soinua, indar elektrikoa...). Komunikazioan, berriz, transmititu egiten dugu, baina transmititzen dugunak esanahia du, bai igorlearentzat, bai hartzailearentzat. Komunikazioan, informazioa transmititzen dugu.

Prozesu telematikoen garapenak aurrerapen harrigarria ekarri die komunikazio telematikoei, eta beraz, gizakien arteko komunikazioei. Horrek informazioa igarotzea areagotu du eta, horrekin batera, sare informatikoetan dabilen informazioa handiagotu du.

Prozesu telematikoak era askotakoak izan daitezke: igorle bakar baten eta hartzaile bakar baten artekoak, igorle baten eta hartzaile anitzen artekoak, igorle anitzen eta hartzaile anitzen artekoak edo igorle askoren eta hartzaile bakar baten artekoak.

Komunikazio telematikoak zuzenean egin daitezke, baita aurrez grabatuta ere.

Egun, Internet da prozesu telematikoetan garatuena; enpresek, herritarrek, erakundeek eta edonork sortutako informazioa erabiltzaileon esku jartzen du.

Telematikaren aukerak handiak dira, elektronikaren eta komunikazio-lineen aurrerakuntza kontuan hartuz. Gure ikastetxean bertan, munduko edozein tokitan sortutako informazioa gure esku izatea laguntza izugarri handia da irakasleentzat eta ikasleentzat, batez ere irakaste-ikaste prozesuan.

Edozein informazio-sarek, Internetek kasu, aplikazio anitzeko aukerak ematen dizkigu:

- ✓ Nork bere esperientziak, lanak edo kezkek plazaratzea.
- ✓ Lankide taldeak sortzea zein lekutan ari garen axola izan barik.
- ✓ Ikasleen eta irakasleon arteko informazio-trukatzea...

Komunikazio-prozesu batean, elementu hauek izango ditugu nahi eta nahi ez:

- › Igorlea: informazioa sortzen duena.
- › Hartzailea: informazioa hartzen duena.
- › Kanala: informazioaren bidea (airea, kablea...).
- › Mezua: transmititzen den informazioa.

## 1.2 Arauak eta estandar-elkarteak

Elektronikaren esparrua hain handia denez gero, oso ohikoa izaten da enpresa edo ekoizle bakoitzak bere produktuak diseinatu eta plazaratzea. Horrek arazo larriak eragiten ditu, eta bateragarritasuna da horietako bat.

Inoiz pentsatu duzu zergatik sar dezakezun kreditu-txartela munduko edozein kutxazainetan? Hain zuzen ere, txartelak egiteko plastiko-saltzaileek ISO 7810 izeneko estandarra betetzen dutelako. Estandar horrek plastikoaren neurriak definitzen ditu ( 85 mm luze, 54 zabal eta 0,8 lodi). Beste estandar batek, ISO 7811k alegia, grabaketaren eta banda magnetikoaren ezaugarriak definitzen ditu.

Aurreko hori estandarren adibide txiki bat baino ez da, baina inguruan ditugun produktu gehienek estandar-arau anitz betetzen dituzte.

Estandarizateak monopolioak eta jabetza itxiak saihesten ditu. Normalizatu gabeko (jabedun estandarra) elementu informatiko bat erosten dugunean, ez dago bermatuta elementu hori beste edozein enpresak ekoiztiko produktuekin bateragarria den; askotan marka edo eredu bereko elementuekin bakarrik izaten da bateragarria.

Bateragarritasunik ezaren ondorioz, zenbait enpresaren produktuak bateratzeko arauak eta estandarrek finkatzen dituzten erakundeak sortu ziren. Erakunde horien helburua da produktuak (elektronikoak, kasu) homogeenak edo bateragarriak izatea.

Estandarrak Europan 1865ean sortu ziren, Nazioarteko Telegrafia Elkarte (ITU, International Telegraph Union) eratu zenean. Erakunde hori telegrafiako arazoak konpontzeko sortu zuten. Erakunde hori izan zen, dudarik gabe, telegrafiaren eta trenbideen garapen handiaren arrazoietakoa bat. ITU izan zen, halaber, estandarren aitzindaria, eta gaur egun ere garrantzi handia du.

1884an, AEBn IEEE sortu zen (Institute of Electrical and Electronics Engineers), komunikazio-sareen estandarrek eratzten dituenak. 1918an, ANSI (American National Standards Institute) erakundea sortu zuten.

1947an, ISO (International Standards Organization) erakundea sortu zen. Erakunde horrek, elektronikaz gain, eremu guztietarako estandarrek eratzten ditu. ISOk eragin handia du komunikazio-sareetako alderdi fisikoan eta baita logikoan ere. Horren adibide dugu komunikazioetarako OSI ereduak.

Baina zer da estandarra? Edo zer da telekomunikazioetarako estandarra? "Komunikazio-sistematan izaten diren transmisioak arautzen dituzten arau eta gomendio teknikoak".

Protokoloak, estandarrek edo arauak ez dituzte beti erakundeek sortzen eta enpresek onartzen. Askotan, alderantziz gertatzen da: enpresa batek produktua sortu eta estandarren erakundeek arau moduan hartzen dute.

Estandar horiek ez dira gehienetan nahitaez bete behar produktuak diseinatzerakoan. Proposatutako egiten dira bakarrik, eta enpresek hartzen dute arau horiek betetzeko edo ez betetzeko erabakia.

Sortzeko erei erreparatuz gero, hiru estandar mota ditugu:

- ▶ **De facto:** merkatuan barra-barra erabiltzen direnak, baina erakunde ofizialek oraindik onartu ez dituztenak.
- ▶ **De jure:** estandar-erakunde batek sortua, merkatuko enpresek produktuak ekoizterakoan kontuan har dezaten.
- ▶ **Pribatua:** enpresa batek eratu eta bere produktuetan erabiltzen duena.

*De facto* estandarrak *de jure* estandarrak izango dira merkatuak eta erakunde ofizialek hala onartzen badituzte.

Estandar pribatuak beren bezeroak enpresaren produktuei “lotzeko” erabili ohi dituzte enpresek. Estandar pribatu bat *de facto* bihur daiteke, eta *de jure* ere bai (RS-232 kasu).

Estandar-erakundeetan, bi mota ditugu: ofizialak eta ekoizle-elkarteak. Elkarte ofizialak gobernuetako ordezkariak eta aholkulari independenteak osatzen dituzte. Garrantzitsuenak hauexek dira:

ANSI	American National Standards Institute	Lans eta Wans	<a href="http://www.ansi.org">www.ansi.org</a>
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Telekomunikazioak	<a href="http://www.etsi.org">www.etsi.org</a>
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineer	Lan eta Wan	<a href="http://www.ieee.org">www.ieee.org</a>
ISO	International Standards Organization	Informazio-teknologiak	<a href="http://www.iso.ch">www.iso.ch</a>
ITU	International Telecommunications Union	Telekomunikazioak	<a href="http://www.itu.ch">www.itu.ch</a>
SANS	System Administration Network Security	Sareetako segurtasuna	<a href="http://www.sans.org">www.sans.org</a>

Ekoizle-elkarteak, berriz, enpresek osatzen dituzte euren produktuak merkaturatzeko. Garrantzitsuenak honako hauek ditugu:

ADSL Forum	Assymmetric Digital Subscriber Line	ADSL teknologia	<a href="http://www.adsl.com">www.adsl.com</a>
ATM Forum	Asynchronous Transfer Mode	ATM teknologia	<a href="http://www.adsl.com">www.adsl.com</a>
GEA	Gigabyte Ethernet Alliance	Gigabyte Ethernet teknologia	<a href="http://www.gigabyte-ethernet.org">www.gigabyte-ethernet.org</a>
FR forum	Frame Relay	Frame Relay	<a href="http://www.frforum.com">www.frforum.com</a>
IETF	Internet Engineering Task Force	Internet	<a href="http://www.ietf.org">www.ietf.org</a>
IMTC	International Multimedia Teleconferencing Consortium	Tele-bideokonferentzia	<a href="http://www.imtc.org">www.imtc.org</a>
PCIA	Personal Communications Industry	Komunikazio pertsonalak	<a href="http://www.pcia.com">www.pcia.com</a>

Ekoizle-elkarreek sortutako estandarrak erakunde ofizialek sortutakoak baino arinago heltzen dira merkatura (Fast Ethernet 100 BaseT Gigabit Ethernet-ek sortutakoa, kasu).

Guretzat oso garrantzitsua da ISOren OSI. OSI eredu munduko komunikazioak arautzen dituen estandarra da. Eredu horrek zazpi maila ditu: aplikazio-maila, aurkezpen-maila, saio-maila, garraio-maila, sare-maila, datu-loturako maila eta maila fisikoa.

Eredu horretan, maila batetik haren gainean edo azpian dagoen mailara pasatzen da kontrola: aplikazio-mailan hasi eta maila fisikoan bukatuta transmititzean, eta alderantziz hartzean.

### 1.3 Komunikazio-lineak

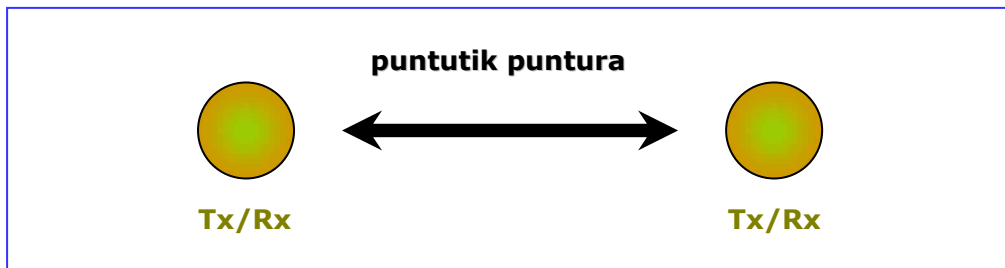
Linea hauen bitartez, bi ekipok informazioa trukutzen dute elkarrekin eta, horrela, komunikazio-sarea sortzen dute.

## Linea motak, konexio-tipologiari erreparatuta

### ▶ Puntutik punturakoa

Linea fisikoa dago ekipo biren artean, eta ekipo horiek biek bakarrik erabil dezakete.

- ✓ Ez dago lineen arteko lehiarik.
- ✓ Oso erraza da konexio horretarako protokoloa diseinatzea.
- ✓ Garestia da, linea asko behar baitira ekipoak konektatzeko.

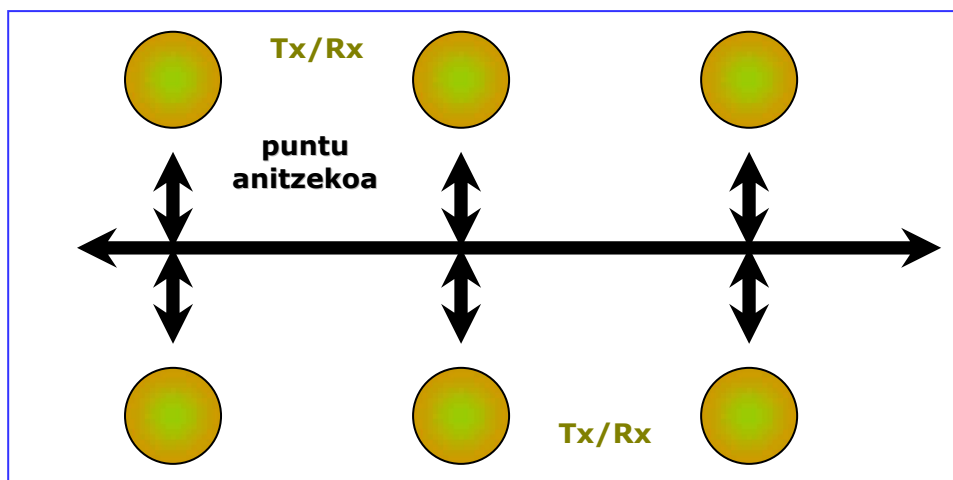


### ▶ Puntu anitzeko linea

Informazio-bus bat dago, eta ekipo guztiak bus horretara daude konektatuta. Ekipo guztiek linea bera izango dute.

- ✓ Linea okupatzeko lehia dago.
- ✓ Komunikazio-prozesua zailagoa izaten da.
- ✓ Merkeagoa da linea bakarra dutelako.

Linea horietan ezin dute nodo bik batera transmititu, baina nodo bik batera har dezakete informazioa (*broadcast*) difusio-sistema erabiliz.



## ■ Linea motak, jabeari erreparatuta

### ▶ Alokatuak (*leased line*)

Jabeak telefonia-konpainiak izaten dira, eta bezeroei alokatzen dizkiete herri edo hiri bereko bi eraikin konektatzeko edo bi hiritan edo herritan dauden eraikinak konektatzeko.

Enpresak, sistemaren instalazioa kobratzeaz gain, hilero edo urtero kobrantzak egingo dizkigu. Ordaindu beharrekoa distantziaren arabera izango da.

Linea horiek egokiak izaten dira informazio-zirkulazio handia dagoenean edota zirkulazio hori jarraikia denean, banketxeetan edo administrazioan kasu.

Abantailak:

- ✓ Banda-zabalera handia.
- ✓ Informazioa bidali eta jasotzeko pribatutasuna.
- ✓ Hileroko kuota finkoa izaten da.
- ✓ Linea ordu guztietan da erabilgarria.

Desabantailak:

- ✓ Hileko kuotak garesti samarrak izaten dira.
- ✓ Toki guztiek ez daukate horrelako linea izateko aukera.
- ✓ Horrelako linea bat behar dugu interkonektatu behar dugun puntu bakoitzarentzat.

### ▶ Kommutatuak (*switched edo dial-up line*)

Linea hauek aukera ematen dute sare telefonikora sarbidea duen edozein puntu konektatzeko.

Sare hau erabili nahi duen edonork zenbaki bat markatu beharko du modem baten bidez.

Sistema honek telefonia-zerbitzu arruntaren moduan funtzionatzen du. Zentral batek puntu biak kontaktuan jartzen ditu. Informazioa alde batetik bestera transmititzen da, eta kontaktua abian jarri duenak konexioa eten dezake noiznahi.

Linea hauek egokiak dira informazio-zirkulazioa txikia denean edota informazio-zirkulazioa noizbehinkakoa denean. Aproposak dira informazio gutxi transmititzen duten enpresentzat, norberaren etxerako...

Abantailak:

- ✓ Linea hauen bidezko komunikazioa leku askotara hel daiteke. Sare telefonikoa dagoen lekuan, horrelako konexioa egon daiteke.
- ✓ Kuotak ez dira oso garestiak.
- ✓ Modem bat eta konputagailua bakarrik behar ditugu konektatzeko.
- ✓ Linea zenbat ordutan erabili, hainbatekoa izango da kostua.

Desabantailak:

- ✓ Ez dute pribatutasun handia eskaintzen.
- ✓ Sarbidea lortzeko zenbaki bat markatu behar dugu.
- ✓ Komunikazioa edozein unetan eten diezagukete.
- ✓ Banda-zabalerak muga du.

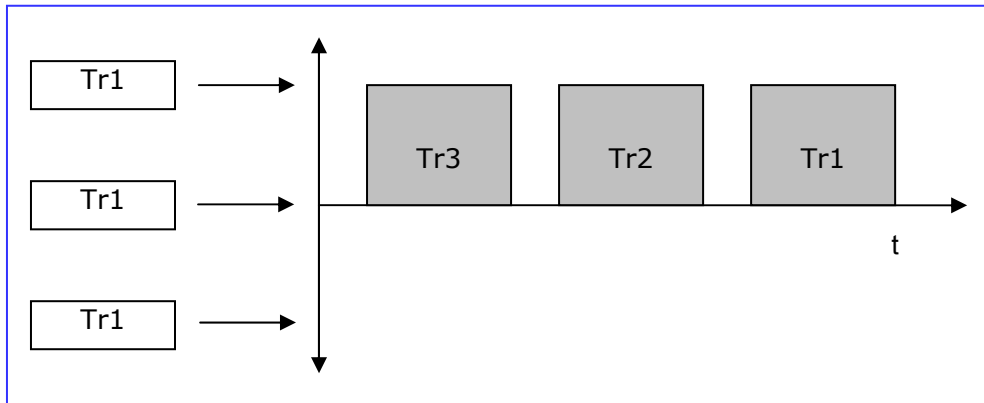
### 1.4 Multiplexazio motak

Multiplexazioa transmisio-sistema da, edo hobeto esan, transmisioei errendimendu handia ateratzeko sistema. Sistema honen bidez, linea beretik transmisio bat baino gehiago igor ditzakegu, batak bestea oztopatu barik. Ahots-sistemetan, eramaile batean kanal bat baino gehiago izatea edo kable ardazkide edo kable parekatu batean kanal anitz izatea. Multiplexazioa denbora banatuan edo maiztasun banatuan egin dezakegu.

#### Denbora-zatiketa bidezko multiplexazioa (DBM)

Multiplexazio-sistema honek komunikazio-zirkuitu batean aldi berean kanal asko izatea ahalbidetzen du.

Igorle bakoitza denbora-kanal baten jabe da, eta denbora-tarte egokian bidali behar du bere informazioa. Hartzaileak, denbora-kanal bakoitza demodulatzerakoan, igorle bakoitzari dagokion kanalean uzten du informazioa.

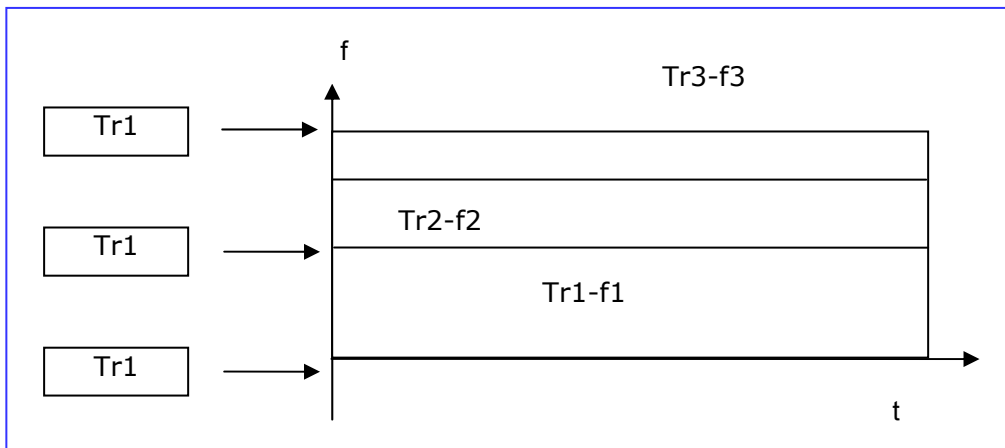


**Maiztasun-zatiketa bidezko multiplexazioa (mbm)**

Multiplexazio-sistema honek komunikazio-zirkuitu batean maiztasun berean kanal asko izatea ahalbidetzen du.

Igorle bakoitza maiztasun-kanal baten jabe da, eta maiztasun horretan transmitituko du informazio guztia. Horrelakoetan ez dago, DBMn bezala, denbora-tarterik; beraz, ez daukagu denbora-mugarik transmisioak egiteko.

Sistema honek teknologia garestiagoa behar du, eta horrez gain, maiztasunen arteko interferentziak gerta daitezke maiztasunen tartekak nahiko handiak ez badira.

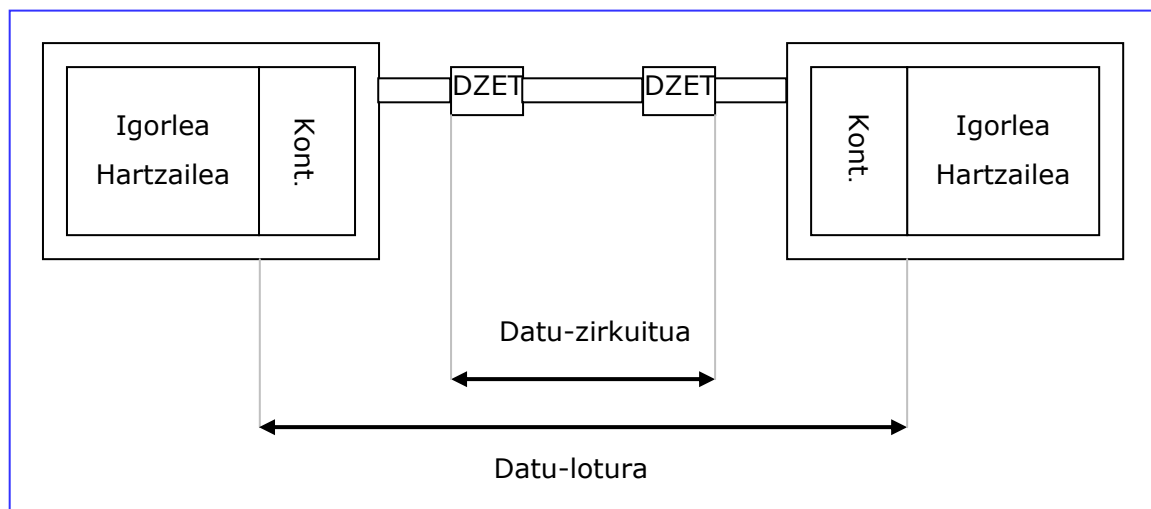


## 1.5 Komunikazioan parte hartzen duten elementuak

DET datuetako ekipo-terminala: datu-iturri eta datu-helburu gisa funtzionatzen du. Ordenagailua, inprimagailua...

DZET datu-zirkuituko ekipo-terminala: transmisio-lineatik doazen datuak moldatzen ditu. Datu horiek DETek ulertzeko moduko formatuan egoten dira. Adibidez, modema.

- ▶ **Transmisio-linea:** DZET bi lotzen dira linea honen bidez transmisioa aurrera eramateko.
- ▶ **Datu-lotura:** DZETek eta transmisio-lineak osatzen duten multzoa, komunikazioa kudeatzen duten kontroladoreak barne.
- ▶ **Datu-zirkuitua:** DZETek eta transmisio-lineak osatzen duten multzoa.



## 1.6 Transmisio motak

### ■ Sinkronismoaren arabera

Transmisioa erlojuz kontrolatzen da beti; horrela, ekipo hartzaileak kontuan izango du noiz etorriko zaion informazioa.

**Sinkronismoa:** mekanismo honen bidez, igorleak eta hartzaileak denbora-koadroa adosten dute; horrela, datuak une egokian detektatu eta bereiziko dituzte.

Erlojuaren seinalea nolakoa den, transmisioak sinkronoak edo asinkronoak izango dira.

**a) Sinkronismo-mailak**

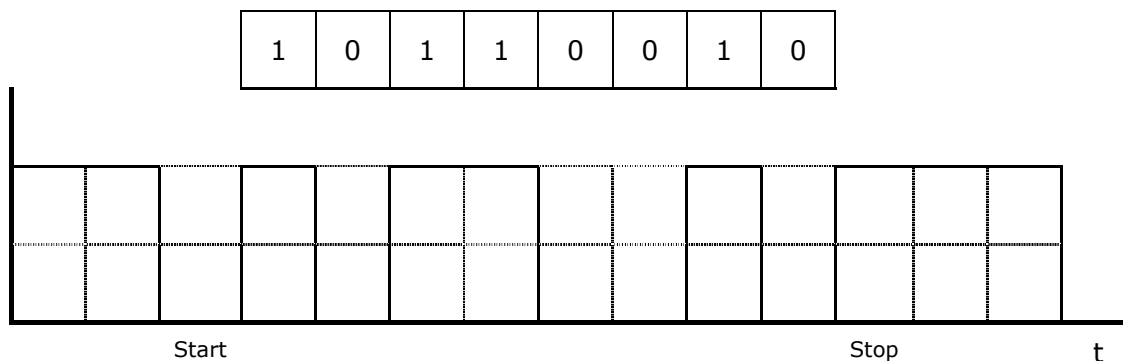
Bit sinkronismoa: sistema honen bidez, bitaren hasiera eta amaiera doitzen dira.

- **Karaktere-sinkronismoa:** hartzaileak, karaktere bakoitzaren bit kopurua jakin beharko du.
- **Bloke-sinkronismoa:** hartzaileak eta igorleak komunikazioaren unitatearen karaktere kopurua jakin behar dute. Komunikazio unitate bakoitza hartu eta gero, erroreak tratatuko dira.

**b) Transmisio asinkronoa**

Honelako transmisioetan, igorleak erabakitzen du noiz bidali behar duen informazioa. Hartzaileak ez daki noiz hartuko duen informazioa; beraz, informazioa bidaltzerakoan, seinale bereziren bat jarri beharko du informazioaren hasieran eta amaieran.

- ✓ Informazioa karaktereen bidez transmititzen da.
- ✓ Transmisio-linea geldirik dagoenean, 1 balio logikoa dauka..
- ✓ Karaktere bakoitza START bit baten atzetik doa. Bit horrek 0 balioa du. Horren atzetik, karakterea bidaltzen da, eta amaitzeko, 1, 1,5 edo 2 biteko STOP bita.
- ✓ START bita ekipo biak sinkronizatzeko erabiltzen da.
- ✓ STOP bita karaktere bakoitza bereizteko erabiltzen da.



Transmisio asinkronoen errendimendua ez da oso ona. 7 informazio-bit, paritate-bit bat, hasiera-bit bat eta bukaerako 2 bit dituen transmisioak % 72ko errendimendua du.

Abantailak:

- ✓ Erroreak daudenean, karaktere kopuru txikia galtzen da, informazioa karakterez karaktere transmititzen baita.
- ✓ Ez du behar teknologia konplexurik; beraz, ez da oso garestia.
- ✓ Informazio-fluxu irregularra duten aplikazioekin ondo moldatzen da.
- ✓ Oso egokiak dira abiadura handirik behar ez denean.

Desabantailarik nabarmenena transmisioaren errendimendu txikia da.

Sistema honek erlojua martxan jartzen du start bita hartzen duen unean, eta igorlearen erlojuaren maiztasuna berdina denez gero, informazio-bit bakoitza une egokian irakurtzen du.

### c) Transmisio sinkronoa

Transmisio honetan, igorleak eta hartzaileak erloju seinale bera daukate. Seinale hori linea independente batetik (RS-232) edo informazioaren lineatik bidal daiteke (*Manchester kodifikazioa*).

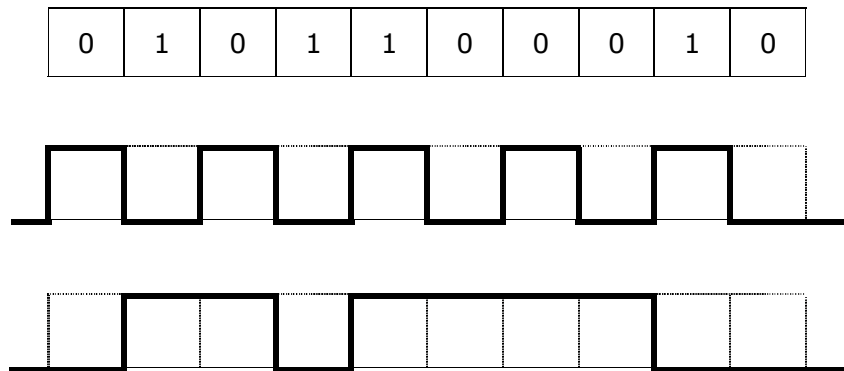
Transmisio sinkronoaren ezaugarri nagusiak hauek dira:

- ✓ Blokearen tamaina 128 eta 1024 bit artekoa da.
- ✓ DETek edo modemak sor ditzake igorlearen sinkronismo-seinaleak.
- ✓ 1024 biteko transmisioan 10 kontrol-bit erabiltzen baditugu, % 99ko errendimendua lor dezakegu.

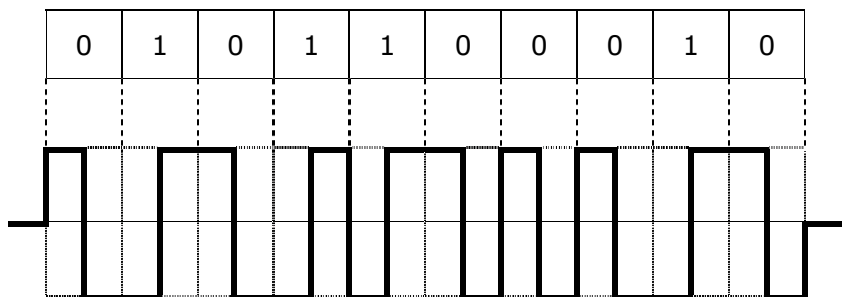
Sistema honen abantailak eta desabantailak:

- ✓ Errendimendu handia ematen du.
- ✓ Behar dituen ekipamenduak konplexuak eta garesti samarrak dira.
- ✓ Oso egokiak dira abiadura handiko transmisioetan.
- ✓ Datu-fluxua erregularra izaten da.

Erloju-seinalea linea independente batean (RS-232)



Erlojuaren seinalea informazioaren linean doa (Manchester)

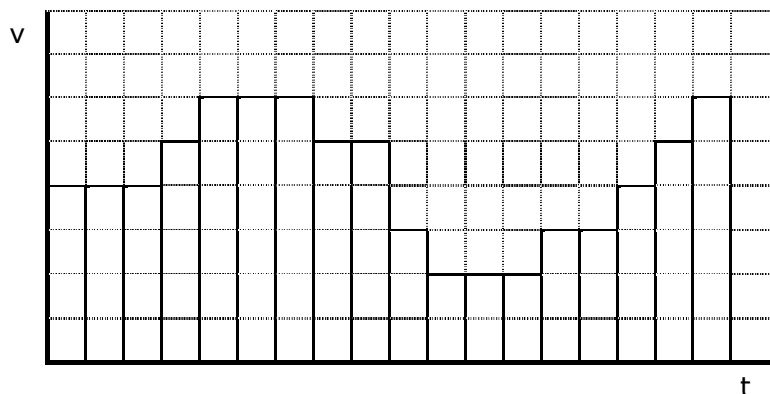


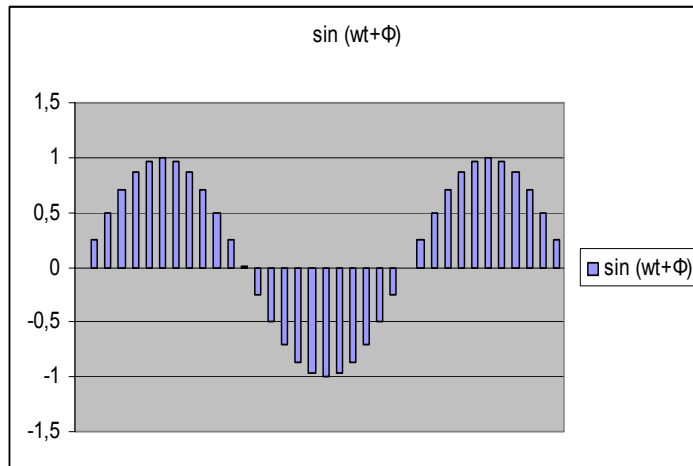
**Transmititu behar den seinalearen arabera**

Transmisio-lineek ezin izaten dituzte edonolako transmisioak egin. Linea bakoitza transmisio mota bat egiteko dago prestatua. Horregatik, seinalearen arabera, transmisioak bi eratakoak dira:

**a) Digitalak**

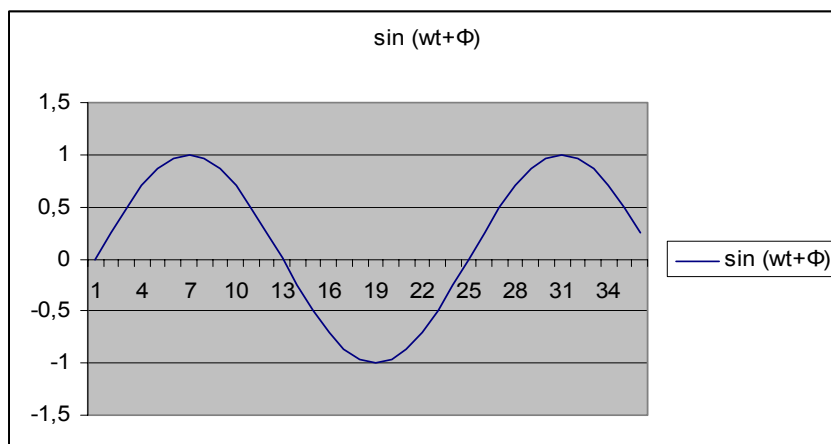
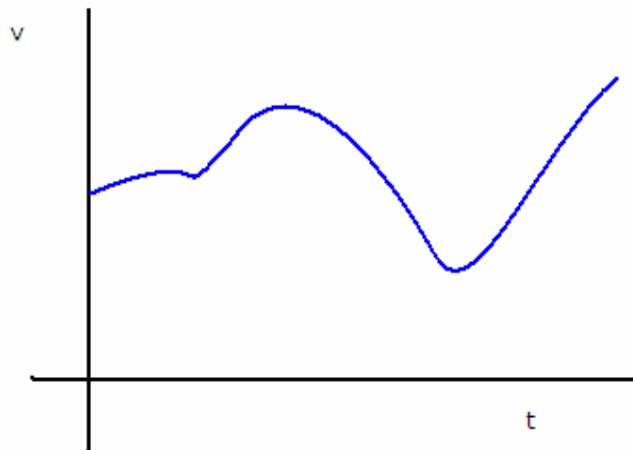
Seinaleak balio finko batzuk baino ezin ditu hartu.





**b) Analogikoak**

Seinaleak edozein balio har dezake tarte jakin baten barruan.



## ■ Transmisio-lerro kopuruaren arabera

### ▶ Seriean

Bitak kanal bakar batetik jarraian transmititzen dira. Kontrol-linea ere badago, baina datu-linea bakar bat. Adibidez, teklatuaren konexioa.

### ▶ Paraleloan

Karaktereko bit bakoitza linea batetik doa (8 normalean). Distantziak laburrak direnean erabiltzen da gehienbat. Informazio-bit bakoitzeko linea bat behar du, eta kontrolerako linea gehiago behar ditu. Interferentziek ere eragin handia daukate transmisio hauetan. Adibidez, inprimagailuetako konexio batzuk.

## ■ Seinalearen modulazioa beharren arabera

### ▶ Oinarri-banda

Sistema hauek kanal bateko kodifikazio digitala erabiltzen dute. Oinarrizko banda erabiltzen duten sistemek kanal osoa erabiltzen dute datu-seinale bat transmititzeko.

Banda-zabalerak datuak transmititzeko gaitasuna adierazten du, transmititzeko abiadura bit segundotan neurtuta (bps).

### ▶ Banda zabala

Banda zabala erabiltzen duten sistemek seinale analogikoak eta maiztasun-tartea erabiltzen dituzte. Seinaleak jarraikiak dira eta ez diskretuak. Banda zabalean seinaleak noranzko bakarrean transmititzen dira.

Transmisio analogikoa erabiltzen duten sistema anitzek kable bera erabil dezakete transmisioak egiteko, banda-zabalera egokia bada, noski.

Transmisio bakoitzari banda-zabalera zati bat dagokio; hortaz, irudiak maiztasun batean, ahotsa beste batean eta datuak beste batean.

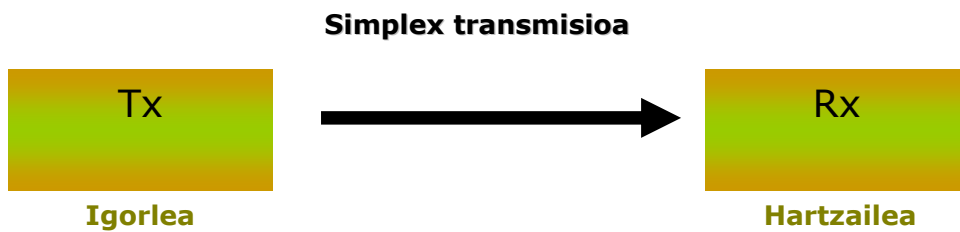
Banda zabaleko transmisioak noranzko bakarrean transmititzen dira; beraz, bi bide egongo dira: bata, datuak transmititzeko; eta bestea, berriz, datuak igortzeko.

## 1.7 Transmiltzeko erak

Terminalak, konputagailuak, modemak eta lineak sailkatzeko, nola transmititzen duten izango dugu kontuan. Hiru modu daude: Simplex, Half-Duplex eta Full-Duplex.

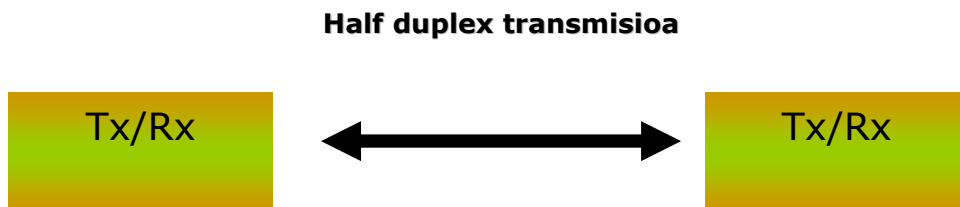
### ■ Simplex (SX) edo noranzko bakarrekoa

Transmisio haueetan, igorleak hartzaileari informazioa bidaltzen dio, baina hartzaileak ezin du erantzun. Telebista eta irratia, adibidez.



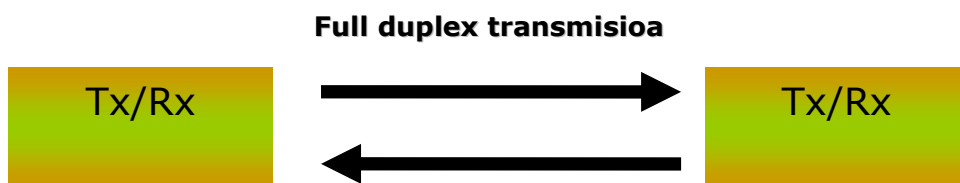
### ■ Half-Duplex (HDX)

Transmisio honetan, informazioa noranzko bietan ibil daiteke, baina une bakoitzean alde batetik bestera bakarrik; ezin ditu transmititu informazio bi batera.



### ■ Full-Duplex (FDX)

Noranzko bietako transmisioa onartzen du. Edozein unetan noranzko bietan egin ditzakegu transmisioak.



## 2 TRANSMISIOAREN ALDE FISIKOA

### 2.1 Transmisioaren alde fisikoa

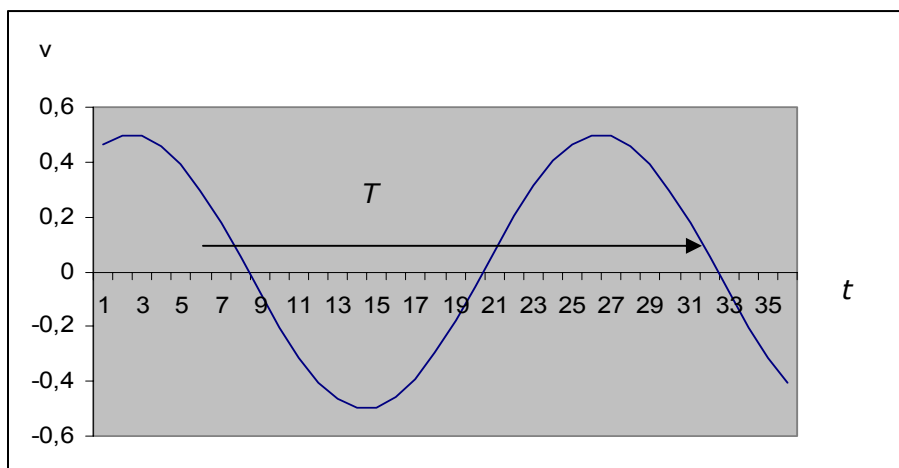
Transmisioa egiteko, haritik doan seinalean aldaketaren bat sortu behar da; tentsioaren edo korrontearen aldaketa, adibidez. Aldaketa horiek matematikoki azter ditzakegu, eta horixe jorratuko dugu, hain zuzen ere, kapitulu honetan.

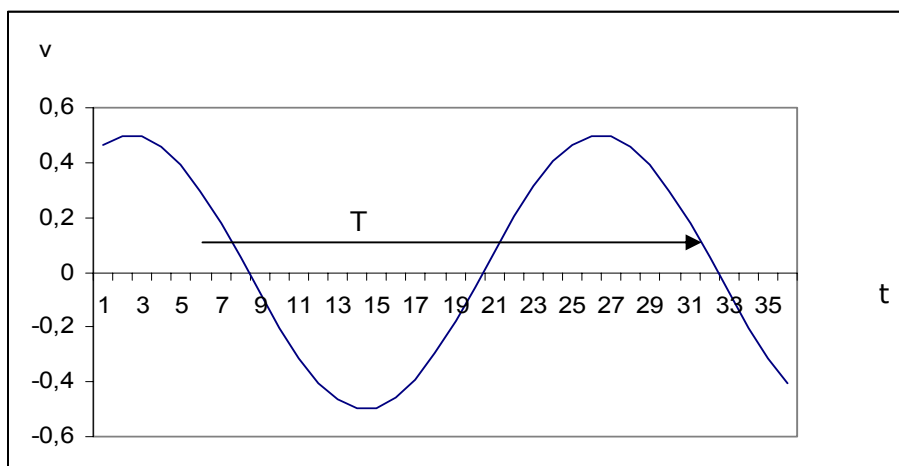
#### Funtzioaren definizioa

Funtzio periodikoa izango du transmisiorako erabiltzen dugun seinaleak. Funtzio periodiko horrek balio berdinak hartzen ditu  $T$  denbora-tarte jakin bat igarotzean. Beraz, funtzio horrek balio finkoak ditu, eta, periodoa betetzen denean, balioak errepikatu egingo dira.

$$F(t)=f(t+T)=f(t+2T)$$

Funtzioak balio bera du,  $t$  denboran edo  $t+T$  edo  $t+2T$  denboran.



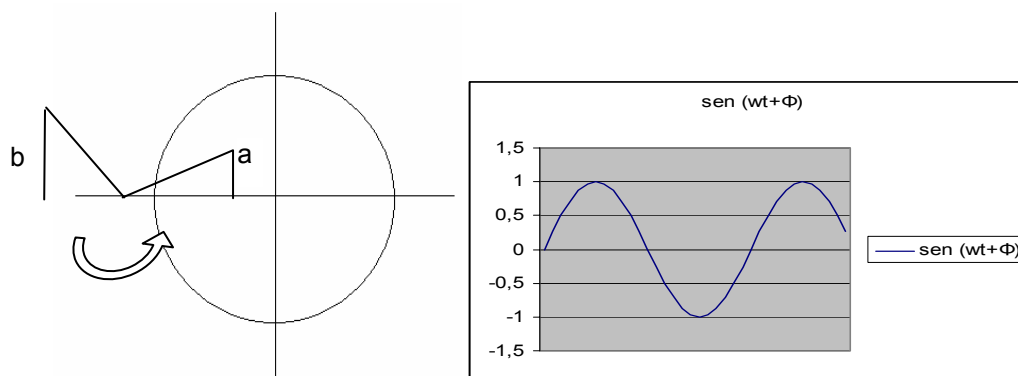


**Funtzio sinusoidala**

Funtzio periodikoetan, funtzio sinusoidala da errazena. Gehienetan sin eta cos funtzioak erabiltzen dira.

$$A(t) = \sin(\omega t + \Phi)$$

Funtzio hau sinuaren izaera periodikoan oinarritzen da:



$$\sin 30 = \sin (30+360) = \sin (30+720) = a$$

$$\sin 120 = \sin (42+360) = \sin (42+720) = b$$

$$A(t) = \sin (\omega t + \Phi)$$

Eta hor:

$A$  = anplitudea, funtzioaren baliorik handiena edo txikiena

$\omega$  = maiztasun angeluarra, segundoko radianetan neurtua

$T$  = periodoa, funtzioak ziklo bat betetzen ematen duen denbora

$f$  = maiztasuna, epe jakin batean betetzen diren zikloak.  $f = 1/T$ .

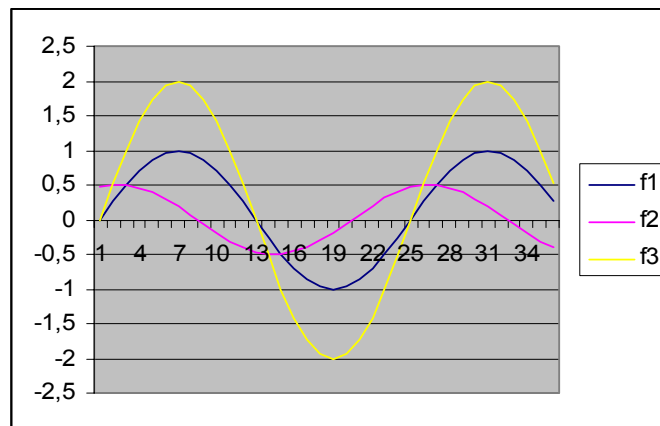
$\phi$  = desfasea. Funtzioak denboraren hasieran duen hasierako desplazamendua

$t$  = denbora, aldagaia

## ■ Kontzeptu fisikoak

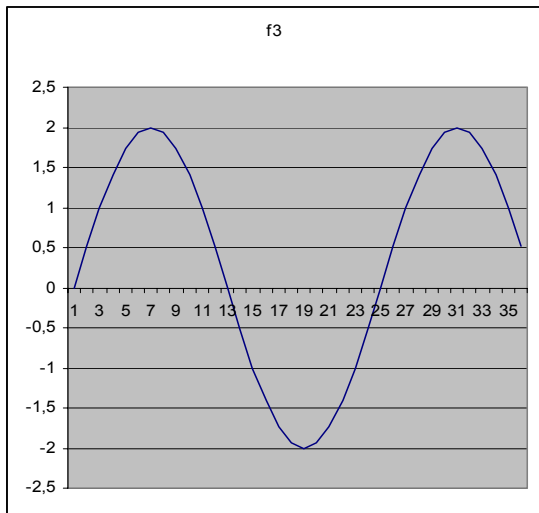
### ► Kanalaren banda-zabalera

Kanal batek transmiti dezakeen maiztasun maximoaren eta minimoaren artean dagoen aldea. Seinale bat ezin da kanal batetik transmititu, kanalaren banda-zabaleraren barruan ez badago seinalearen espektrorik.

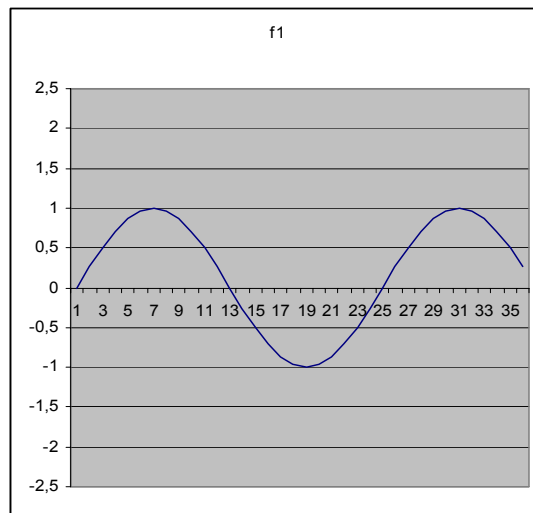


### ► Indargabetzea

Kanal baten bidez garraiatzean, indarra edo anplitudea gal dezakete seinaleek. Indar-galtze horri indargabetzea deitzen diogu. Hori da sareen luzera mugatua egotearen arrazoa. Sare batetik dabilen seinalea oso ahula bada, hartzaileak arazo larriak izango ditu seinalea bere onean hartu eta ulertzeko.



Jatorrizko seinalea



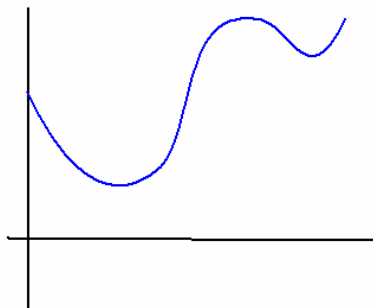
Seinale indargabetua

► **Inpedantzia**

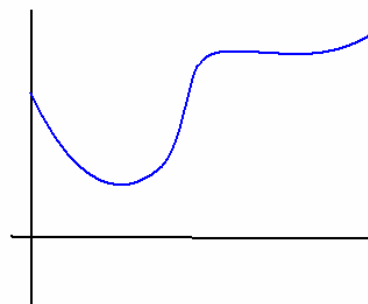
Kanalek maiztasun-aldaketarekiko jartzen duten erresistentzia.

► **Distortsioa**

Kanalek, nolako maiztasuna halako jokaera dutenez gero, seinalean eragiten duten deformazioa.



Jatorrizko seinalea



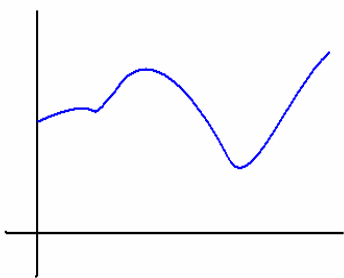
Seinale distortsionatua

► **Kapazitantzia**

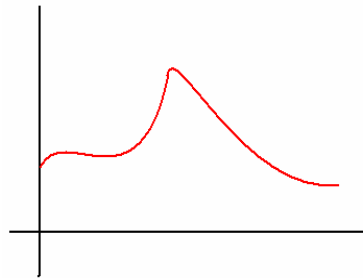
Kanalean metatuta dagoen energia-kopurua.

► **Interferentzia**

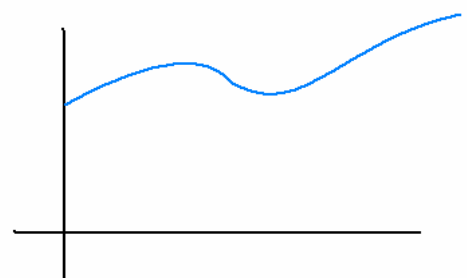
Kanal batean doan seinaleari nahi ez dugun seinalea gehitzen zaionean, interferentzia sortzen da.



Jatorrizko seinalea



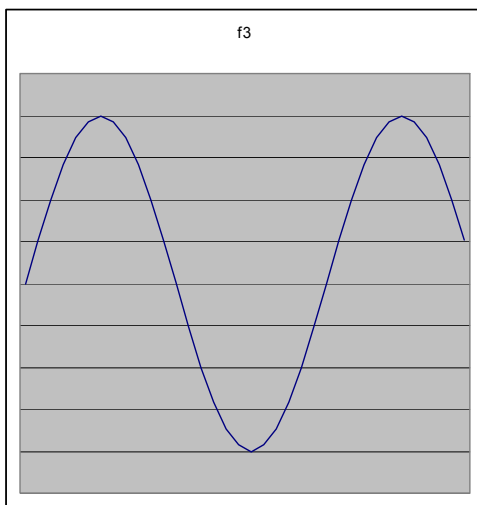
Interferentzia



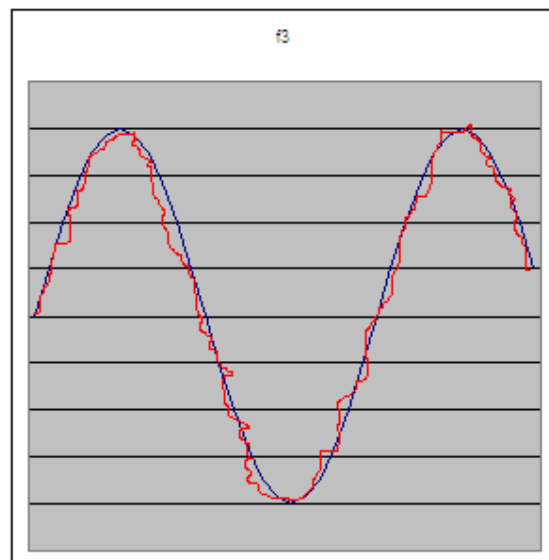
Emaitza

► **Zarata**

Elkarren aldamenean ditugun kanal edo apatuek sortutako seinaleen interferentziek oinarrizko seinalean sortzen duten deformazioa.



Jatorrizko seinalea



Seinalea zaratarekin

## 3 SEINALEEN MODULAZIOA ETA KODETZEA

### 3.1 Seinaleen modulazioa eta kodetzea

Komunikazio elektronikoak indar elektrikoa erabiltzen du informazioa transmititzeko, eta horren bidez, elkarrengandik urruti dauden elementu biren artean datuak truka ditzakegu.

Komunikazio elektrikoan, besteak beste, transmisio mota bi izaten dira bereziki:

- ✓ Transmisio analogikoa
- ✓ Transmisio digitala

#### Transmisio analogikoa

Distantzia handiko komunikazioak egiteko, linea telefoniko analogikoa behar dugu. Gure konputagailua linea telefoniko horrekin konektatzeko, MODEM izeneko aparatua behar da (MODulagailua – DEModulagailua).

MODEM horren bidez, gure ordenagailuak sortzen dituen seinale analogikoak seinale digital bilakatzen dira, eta digitalak analogiko.

#### ► Modulazioa

Seinale baten forma aldatzen duen teknika da, informazioa galdu gabe eta ingurune jakin batetik hedatzekotan.

Modulazioa ulertzeko, termino hauek behar ditugu:

- ✓ Seinale modulatzaileria
- ✓ Seinale eramailea
- ✓ Seinale modulatu

Modulazioa hiru motatan bana dezakegu:

- ✓ Analogikoa-analogikoa
- ✓ Digitala-digitala
- ✓ Analogikoa-digitala eta digitala-analogikoa

Lehen ikusi dugun moduan, seinale digitalak seinale analogiko eta seinale analogikoak seinale digital bilakatzen dituen teknikak aztertuko ditugu.

Modulazio-teknikak asko dira, baina garrantzitsuenak honako hauek dira:

ASK, PSK, DPSK, QAM.

ASK, PSK eta DPSK bi eratara molda daitezke, monobit modulazioan edo multibit modulazioan. QAM modulazioa, ordea, era bakar batean molda daiteke.

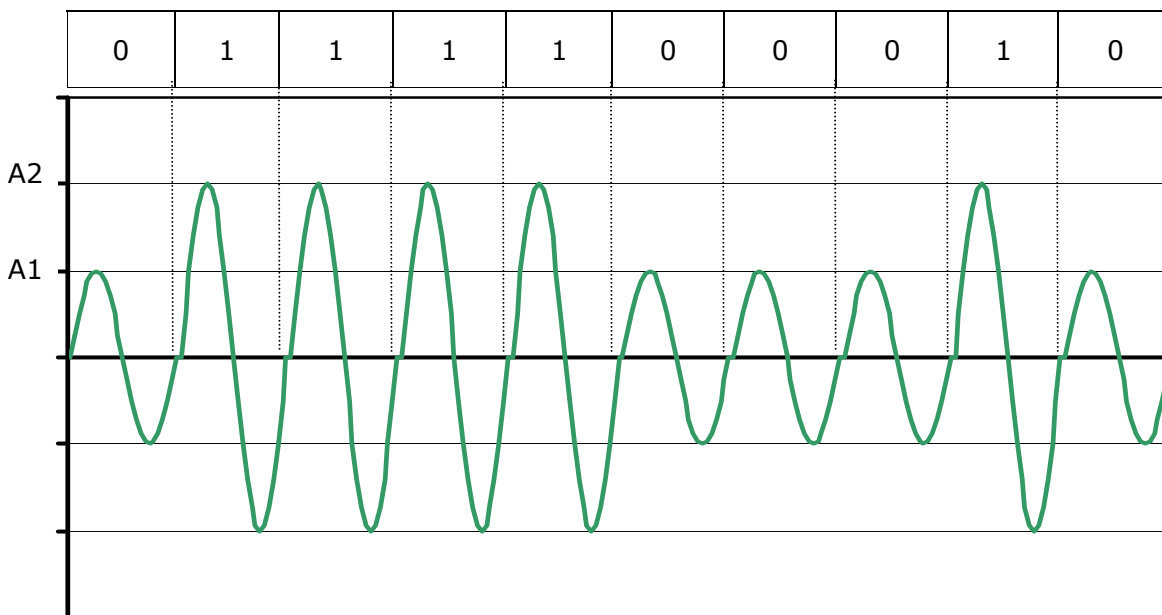
- ▶ **Monobit modulazioa:** modulazio horren bidez bit bakar bat hartzen da kontuan modulazioa egitean.
- ▶ **Multibit modulazioa:** sistema horren bidez, modulazioa egitean 2, 3 edo bit gehiagoko taldeak hartu behar dira kontuan. Sistema hori monobit modulazioa baino azkarragoa da.

## ■ Anplitude-modulazioa (ASK edo AM)

### ► Monobit modulazioa

ASK (*amplitude shift keying*) modulazioan, seinale eramaileko anplitudean aldaketak sortzen dira seinale digitalean balio-aldaketak izaten diren heinean.

ANPLITUDEA	
0	A1
1	A2



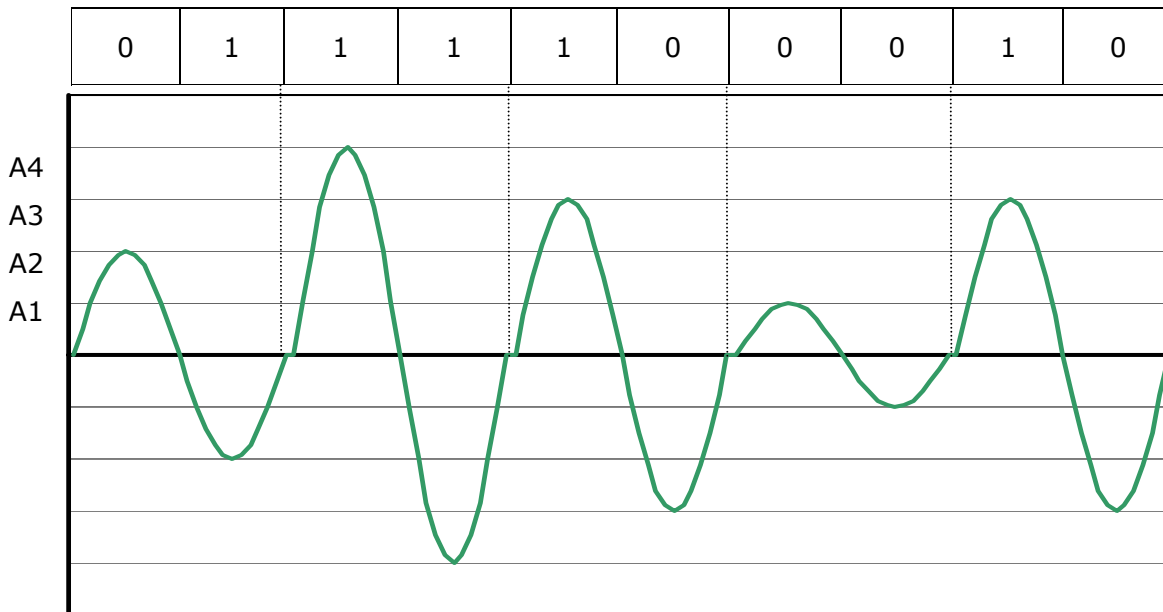
Teknika hau oso gutxitan erabiltzen da bera bakarrik, zaratarekiko oso sentikorra da eta. Gainera, denbora gehiegi behar du seinalearen anplitudea detektatzeko.

Demodulazioa ere askotan zaila izaten da, transmisio-bidean izaten den indargabetzeagatik.

► **Multibit modulazioa**

Honelakoetan, n bit talde bakoitzari  $2^n$  anplitude-mailetatik bat dagokio. Adibidez:

ANPLITUDEA	
00	A1
01	A2
10	A3
11	A4

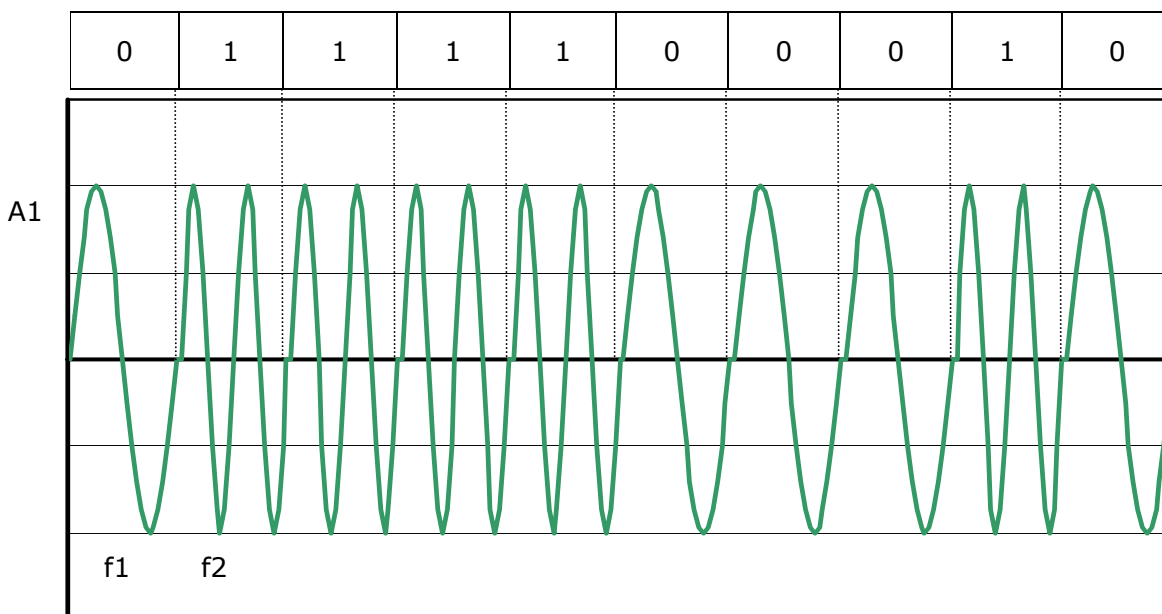


## Maiztasun-modulazioa (FSK)

### ► Monobit modulazioa

FSK (*frequency shift keying*) modulazioan, seinale eramaileko maiztasunean aldaketak sortzen dira seinale digitalean balio-aldaketak izaten diren heinean.

MAIZTASUNA	
0	f1
1	f2



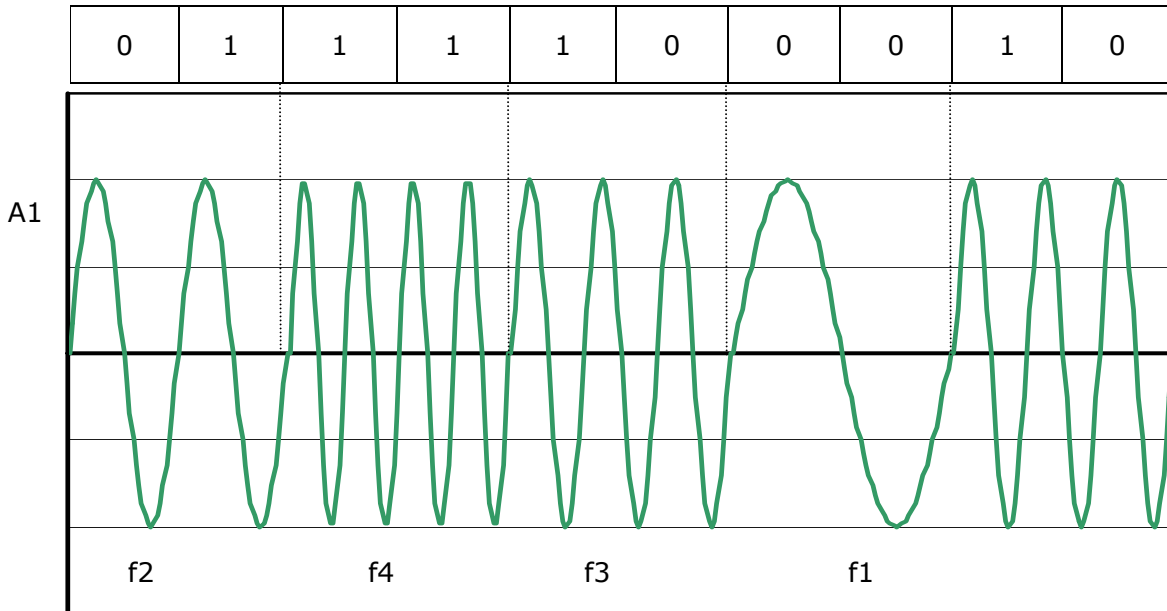
Teknika honen bidez, demodulazioan, maiztasun bat edo beste bat detektatu eta bereiztea ez da oso zaila izaten, frekuentzia-aldaketarik ez baita izaten. Oso egokia da teknika hau transmisio asinkronoetan; erloju-seinalerik ez dagoenean, alegia.

Zarata dagoenean, modulazio honek ASK-k baino errendimendu hobea ematen du, baina teknika honek banda-zabalera handiagoa behar du.

► Multibit modulazioa

Honelakoetan, n bit-talde bakoitzari  $2^n$  maiztasun-mailetatik bat dagokio. Adibidez:

MAIZTASUNA	
00	f1
01	f2
10	f3
11	f4



## ■ Fase-modulazioa (PSK)

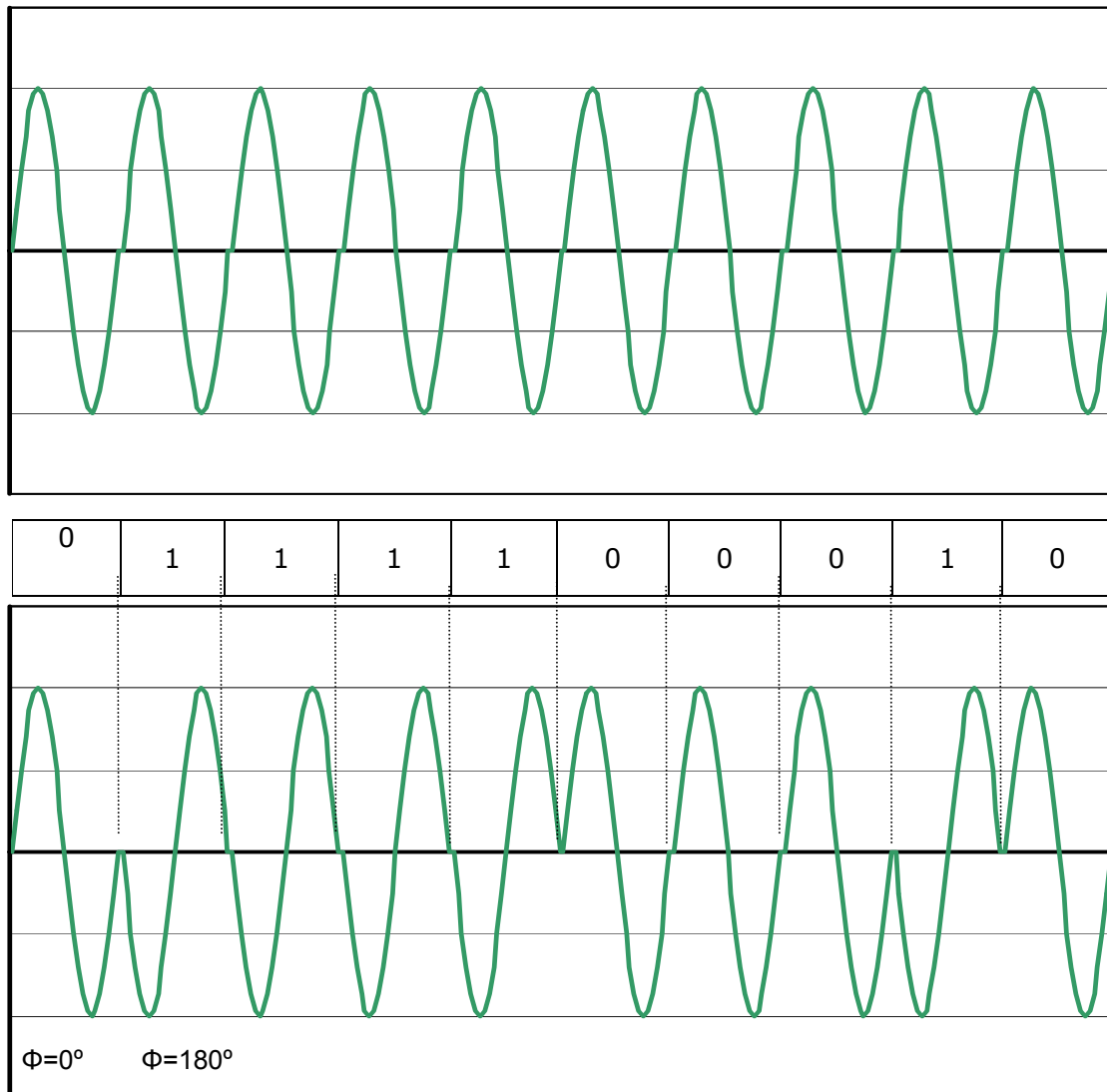
### ► Monobit modulazioa

PSK (phase shift keying) modulazioan, seinale eramaileko faseak aldaketak izaten ditu erreferentzia fasearekiko, seinale digitalaren arabera.

Seinale eramailean desfaseak sortuko dira kodifikazio digitaleko 0en eta 1en arabera.

DEFASEA		
0	$\Phi=0^\circ$	0 <sup>o</sup> -ko desfasea erreferentzia-fasearekiko
1	$\Phi=90^\circ$	180 <sup>o</sup> -ko desfasea erreferentzia-fasearekiko

Erreferentzia-uhina hau da:



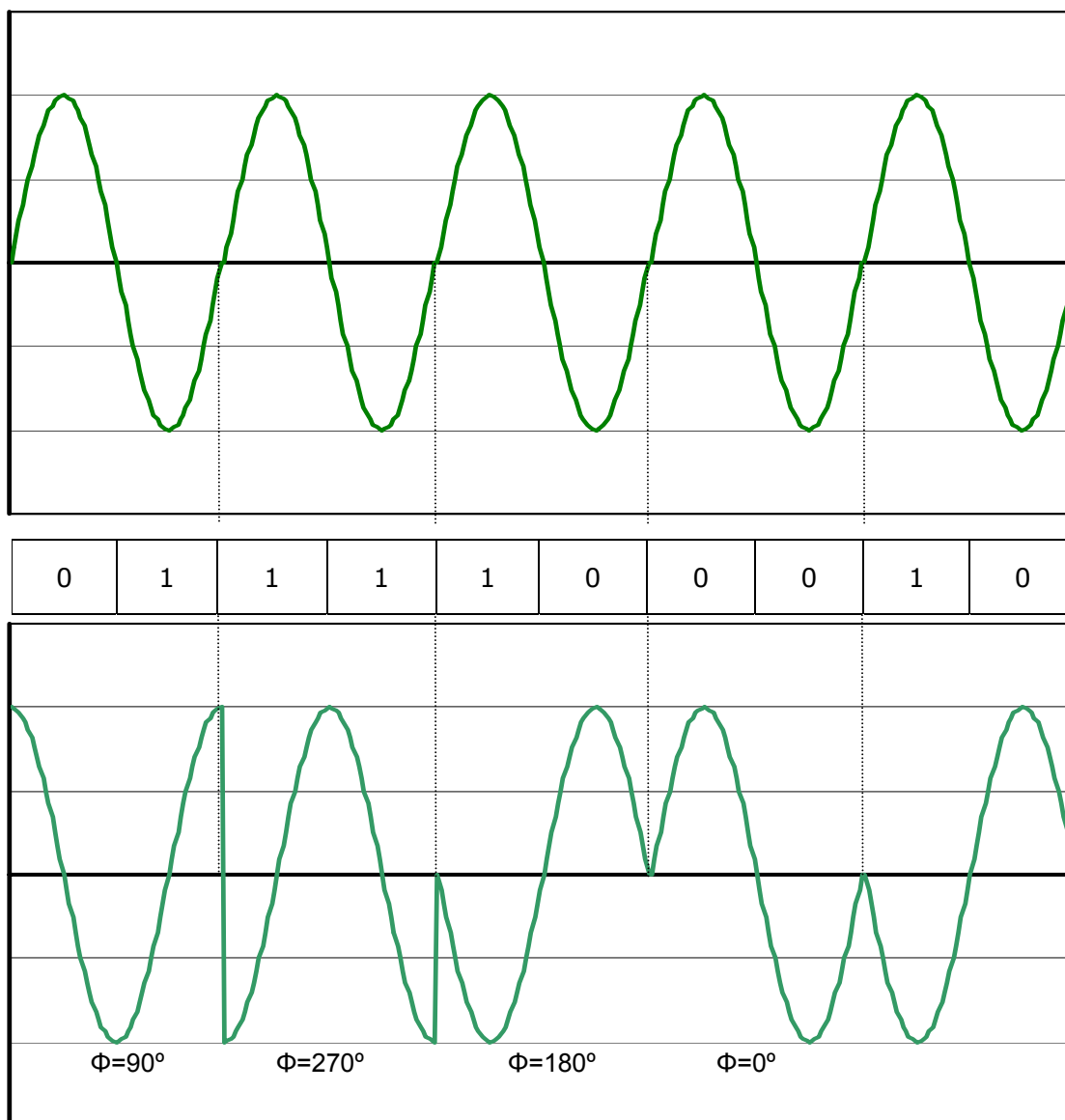
Teknika hau oso fidagarria da, eta oso erabilia abiadura handiko modemetan.

► **Multibit modulazioa**

Honelakoetan, n bit talde bakoitzari  $2^n$  desfase-mailetatik bat dagokio. Adibidez:

DEFASEA		
00	$\Phi=0^\circ$	0°-ko desfasea erreferentzia-fasearekiko
01	$\Phi=90^\circ$	90°-ko desfasea erreferentzia-fasearekiko
10	$\Phi=180^\circ$	180°-ko desfasea erreferentzia-fasearekiko
11	$\Phi=270^\circ$	270°-ko desfasea erreferentzia-fasearekiko

Erreferentzia-uhina hauxe da:

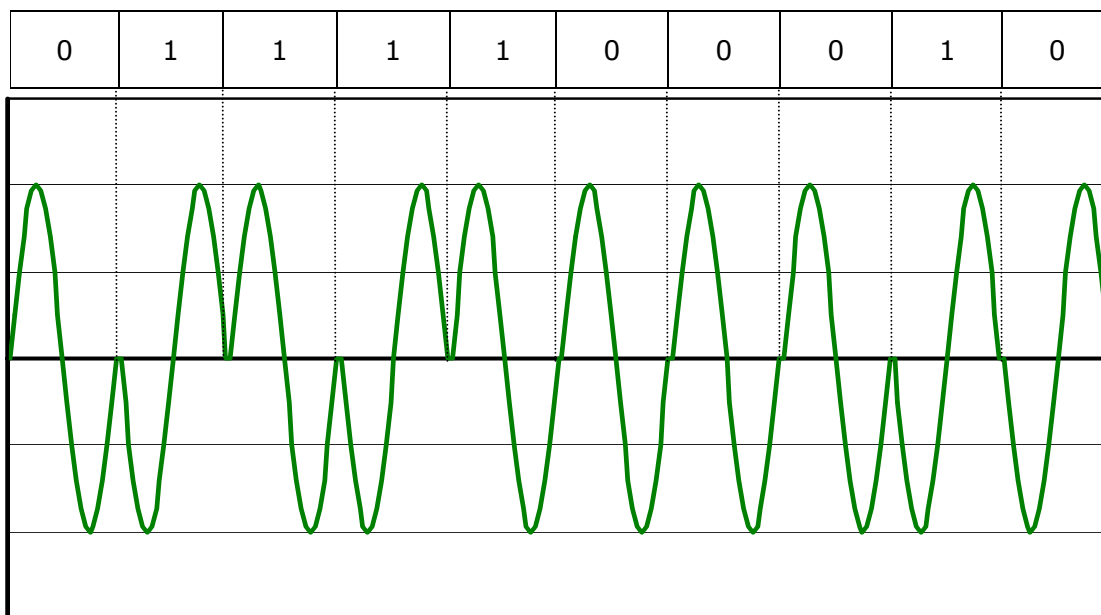


## ■ Fase-modulazio diferentziala (DPSK)

### ► Monobit modulazioa

PSK modulazioaren antz handia dauka. Modulazio-diferentzialean, desfasea aurreko uhinaren fasearen amaieraren arabera da. 0 digitala datorrenean, aurreko fasearen amaierarekiko desfasea  $0^\circ$ -koa da. Eta 1 digitala datorrenean, aurreko fasearekiko desfasea  $180^\circ$ -koa da.

DESFASEA	
0	$\Phi=0^\circ$
1	$\Phi=180^\circ$



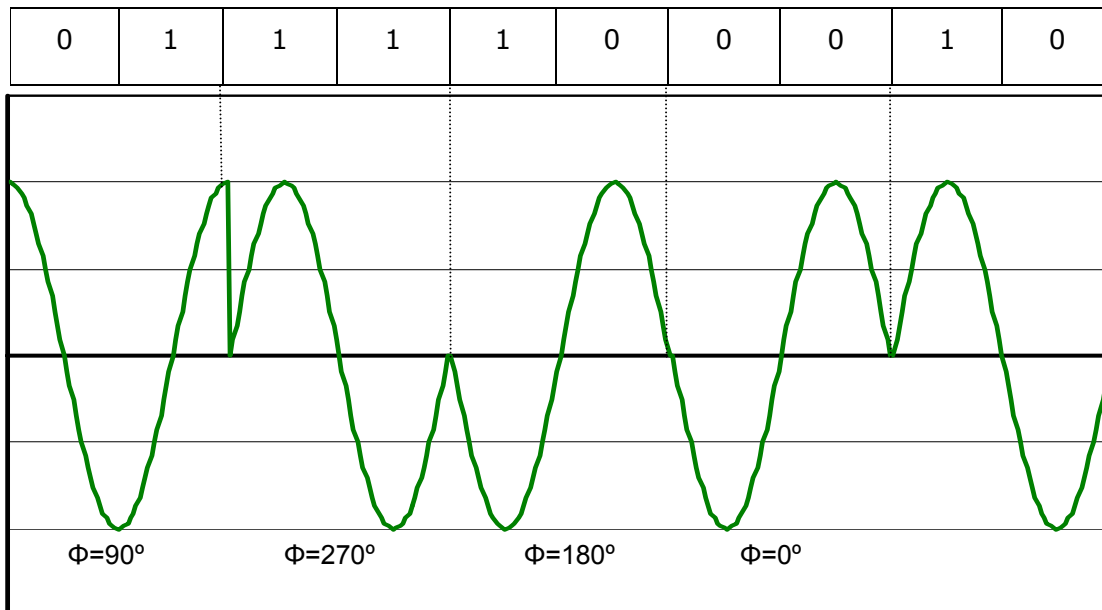
PSK eta DPSK modulazioetan, FSK modulazioan baino azkarrago eta errore gutxiagorekin transmiti daitezke datuak, baina transmisioak egiteko erabiltzen diren dispositiboak garesti samarrak dira.

DPSK modulazioan, sinkronizazioak sortutako errore gutxiago izaten dira PSK modulazioan baino; gainera, hartzaileak errazago ateratzen du desfasea.

► **Multibit modulazioa**

Horrelakoetan, n bit talde bakoitzari  $2^n$  desfase-mailetatik bat dagokio. Hauek izan ohi dira aurreko uhinaren amaieraren fasearekiko desfaseak:

DESFASEA	
00	$\Phi=0^\circ$
01	$\Phi=90^\circ$
10	$\Phi=180^\circ$
11	$\Phi=270^\circ$



### ■ Anplitude koadratikoko modulazioa (QAM)

QAM (*quadrature amplitude modulation*) modulazioak DPSKren abantailak ditu, eta seinalearen anplitudearen kontrola. Modulazio hau 3 bitetik gorako modulazioan izaten da.

Horrelakoetan, anplitudea eta fasea konbinatuz, bit-konbinazio gehiago lor ditzakegu, eta horrela, uhinaren fase batean informazio gehiago transmiti dezakegu.

Bi biteko DPSK<sub>n</sub>, 4 desfase-maila sortzen dira; beraz, bi seinale logiko transmiti ditzakegu batera. Horri anplitude-maila bi lotuz, hiru seinale logiko transmiti ditzakegu batera. Beraz, teorikoki, seinalearen errendimendua hirukoiztu egingo genuke.

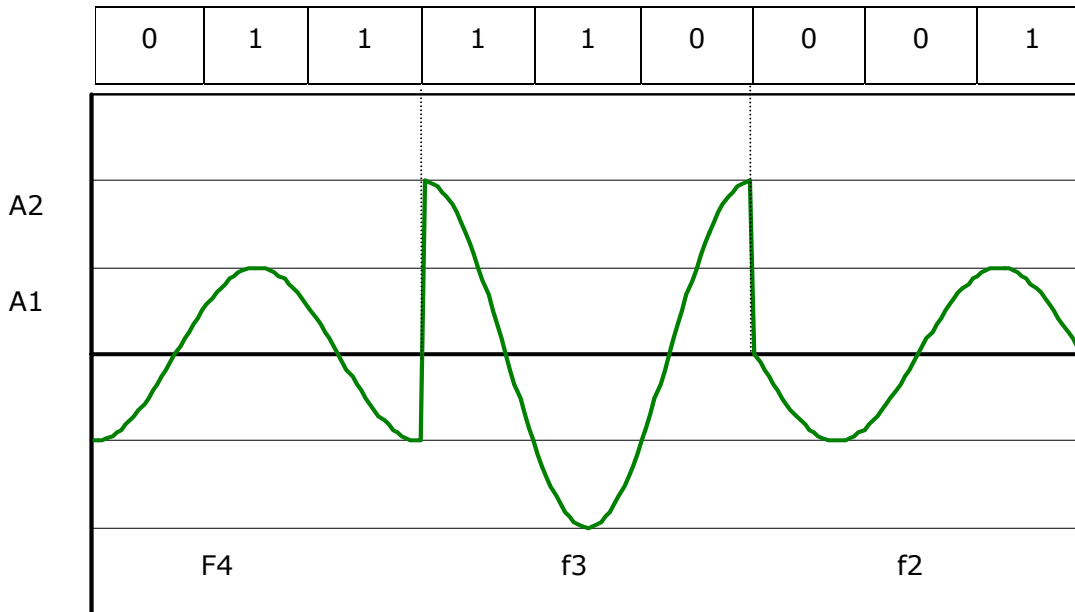
Ikusten dugunez, anplitude-mailak gehituz, transmisioaren errendimendua hobetu egiten da.

Demagun 3 biteko QAM modulazioa; lehenengo bitak anplitudea adieraziko du, eta bigarren eta hirugarren bitak, berriz, maiztasuna.

ANPLITUDEA	
0	A1
1	A2

DEFASEA	
00	$\Phi=0^\circ$
01	$\Phi=90^\circ$
10	$\Phi=180^\circ$
11	$\Phi=270^\circ$

	Anp.	Anp.	$\Phi$	$\Phi$
000	0	A1	00	$0^\circ$
001	0	A1	01	$90^\circ$
010	0	A1	10	$180^\circ$
011	0	A1	11	$270^\circ$
100	1	A2	00	$0^\circ$
101	1	A2	01	$90^\circ$
110	1	A2	10	$180^\circ$
111	1	A2	11	$270^\circ$

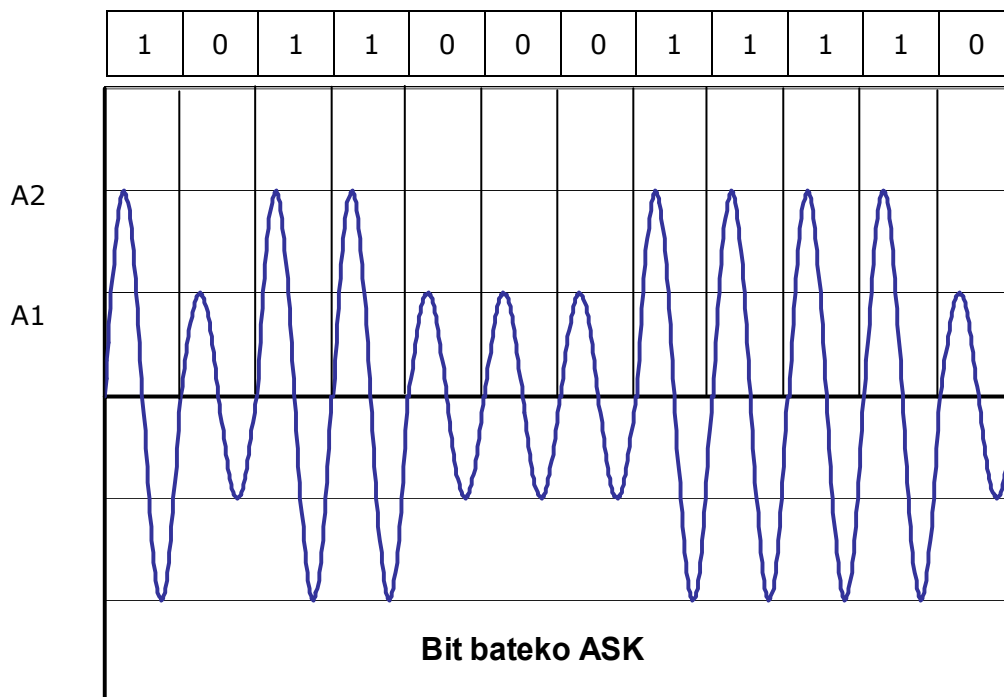


Modulazio honetan, abiadura handiagoak lortzen dira. Kontuan izan behar da, hala ere, seinalea konplexuagoa dela eta, beraz, zaratarekiko sentikorragoa dela, eta horrek detektatze-sistema hobek erabiltzea eragiten duela.

**Ariketak****► Ariketa**

Bit-serie eta anplitude-maila hauek kontuan hartuz, marraztu ASK monobit modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

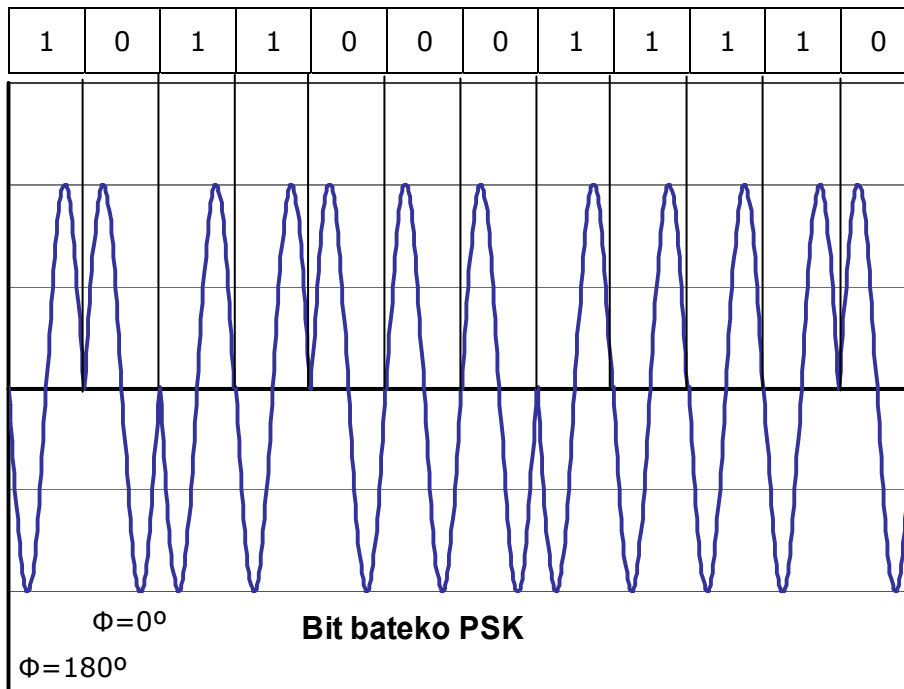
ANPLITUDEA	
0	A1
1	A2



► 2. Ariketa

Lehen aipatutako bit-seriea eta fase hauek kontuan hartuz, eman PSK monobit modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

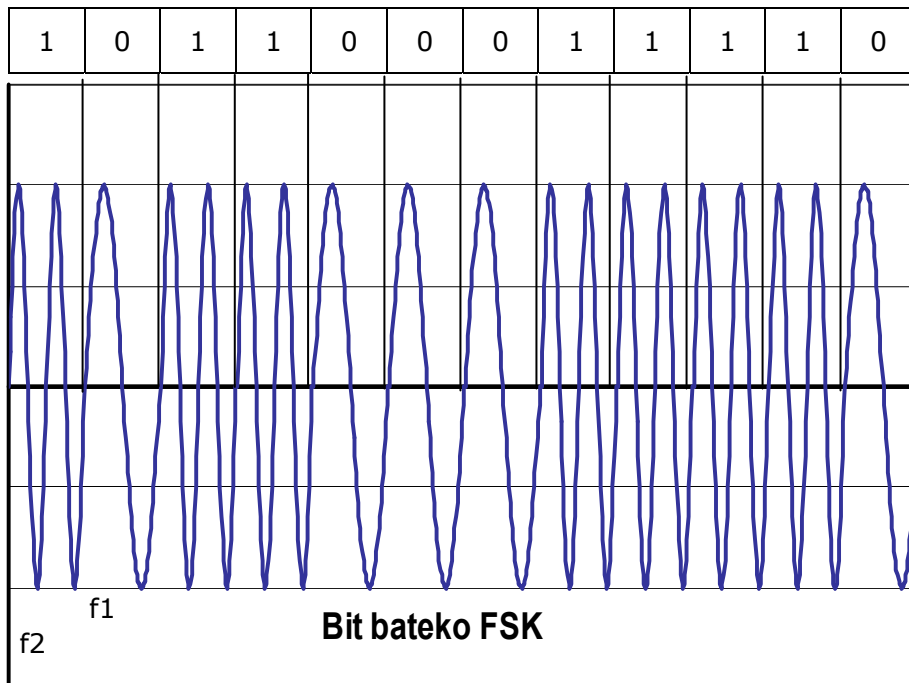
DESFASEA	
0	$\Phi=0^\circ$
1	$\Phi=180^\circ$



**► 3. Ariketa**

Lehen aipatutako bit-seriea eta maiztasun hauek kontuan hartuz, eman FSK monobit modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

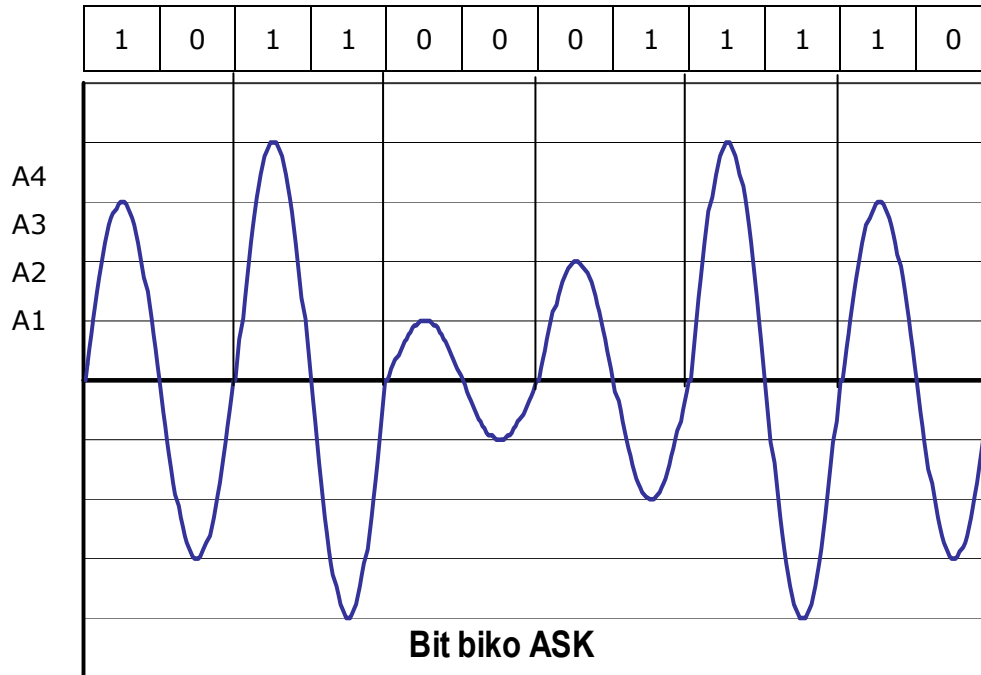
MAIZTASUNA	
0	f1
1	f2



► 4. Ariketa

Lehen aipatutako bit-seriea eta honako anplitude hauek erabiliz, eman bi biteko ASK modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

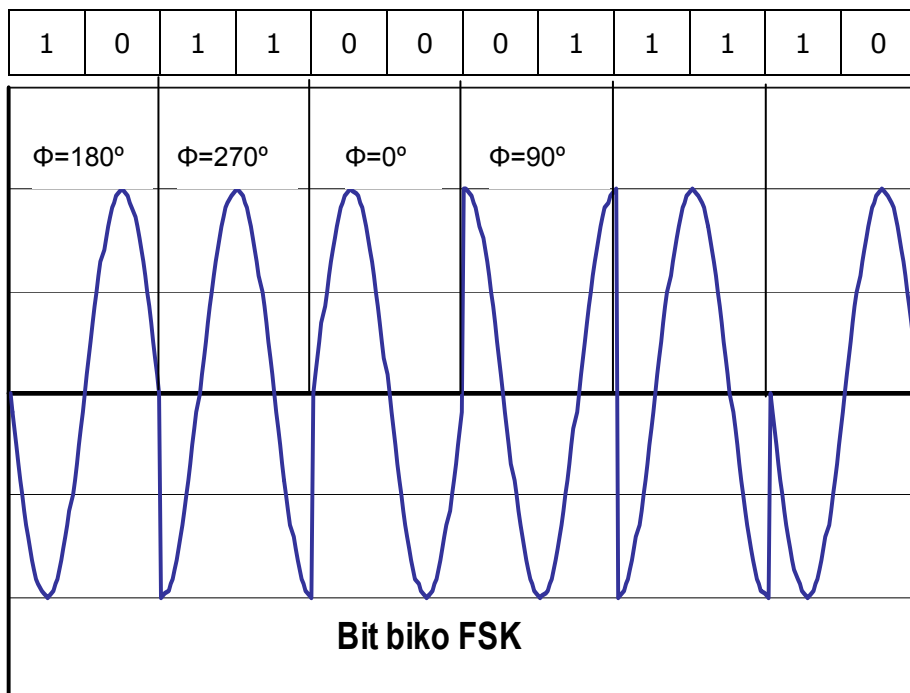
ANPLITUDEA	
00	A1
01	A2
10	A3
11	A4



## ► 5. Ariketa

Lehen aipatutako bit-seriea eta honako desfase hauek erabiliz, eman bi biteko PSK modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

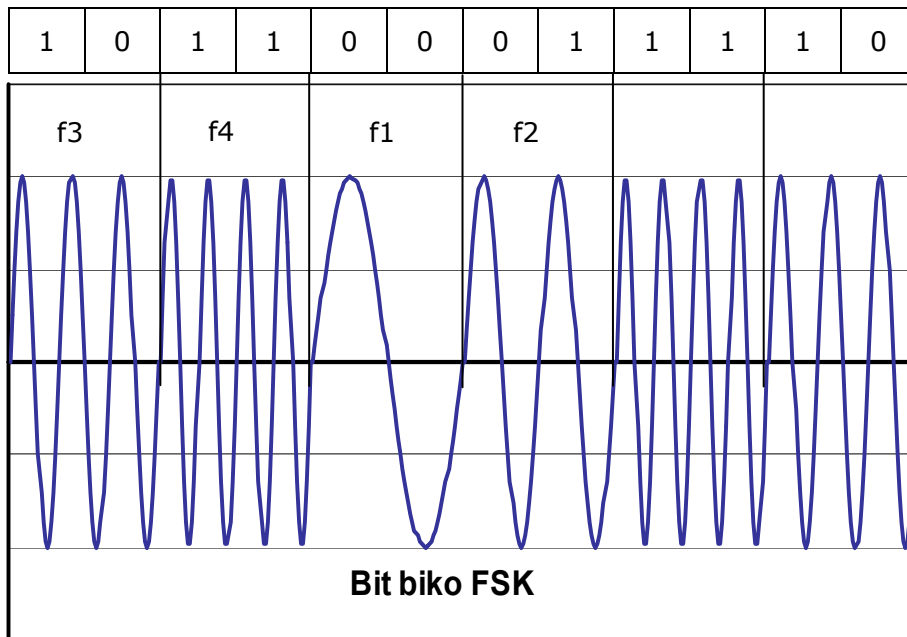
DESFASEA	
00	$\Phi=0^\circ$
01	$\Phi=90^\circ$
10	$\Phi=180^\circ$
11	$\Phi=270^\circ$



► 6. Ariketa

Lehen aipatutako bit-seriea eta honako maiztasun hauek erabiliz, eman bi biteko FSK modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

MAIZTASUNA	
00	f1
01	f2
10	f3
11	f4

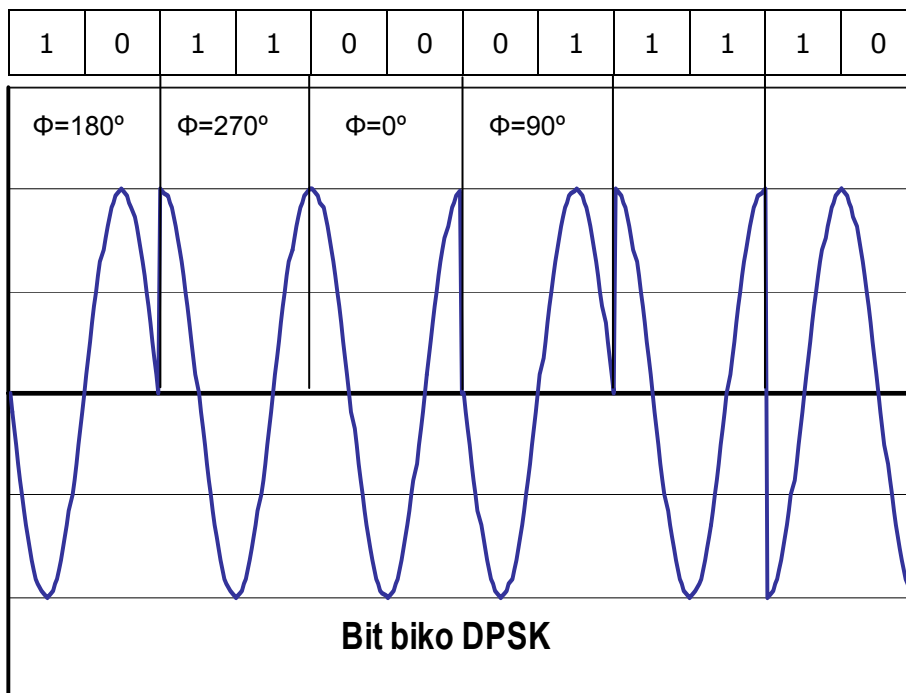


## ► 7. Ariketa

Lehen aipatutako bit-seriea eta honako desfase hauek erabiliz, eman bi biteko DPSK modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

DESFASEA	
00	$\Phi=0^\circ$
01	$\Phi=90^\circ$
10	$\Phi=180^\circ$
11	$\Phi=270^\circ$

Kontuan izan oinarrizko uhinaren desfasea  $\Phi=0^\circ$  dela.



► 8. Ariketa

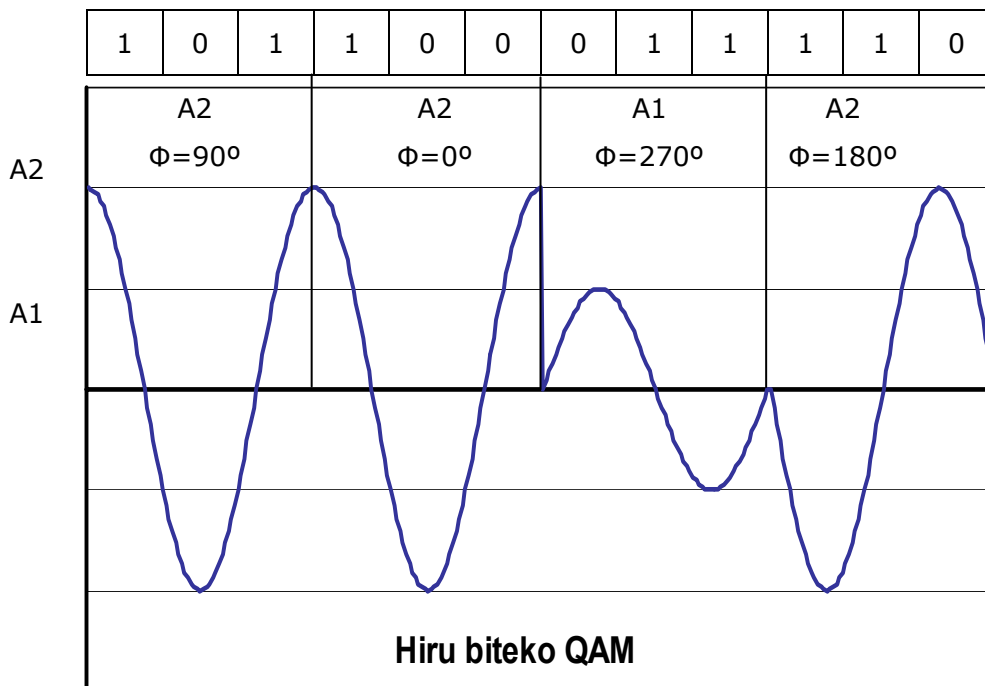
Lehen aipatutako bit-seriea eta honako irizpide hauek kontuan hartuz, eman hiru biteko QAM modulazioaren bidez lortuko dugun uhina:

Lehen bitak anplitudea adieraziko du, eta bigarrenak eta hirugarrenak, berriz, desfasea

ANPLITUDEA		DEFASEA	
0	A1	00	$\Phi=0^\circ$
1	A2	01	$\Phi=90^\circ$
		10	$\Phi=180^\circ$
		11	$\Phi=270^\circ$

Kontuan izan oinarritzko uhinaren desfasea  $\Phi=0^\circ$  dela.

Bit seriea	A	$\phi$	
000	0	00	A1 $\Phi=0^\circ$
001	0	01	A1 $\Phi=90^\circ$
010	0	10	A1 $\Phi=180^\circ$
011	0	11	A1 $\Phi=270^\circ$
100	1	00	A2 $\Phi=0^\circ$
101	1	01	A2 $\Phi=90^\circ$
110	1	10	A2 $\Phi=180^\circ$
111	1	11	A2 $\Phi=270^\circ$



► 9. Ariketa

Lehen aipatutako bit-seriea eta honako irizpide hauek kontuan hartuz, eman lau biteko QAM modula-  
zioaren bidez lortuko dugun uhina:

Lehen bitak anplitudea adieraziko du, eta bigarrenak eta hirugarrenak, berriz, desfasea

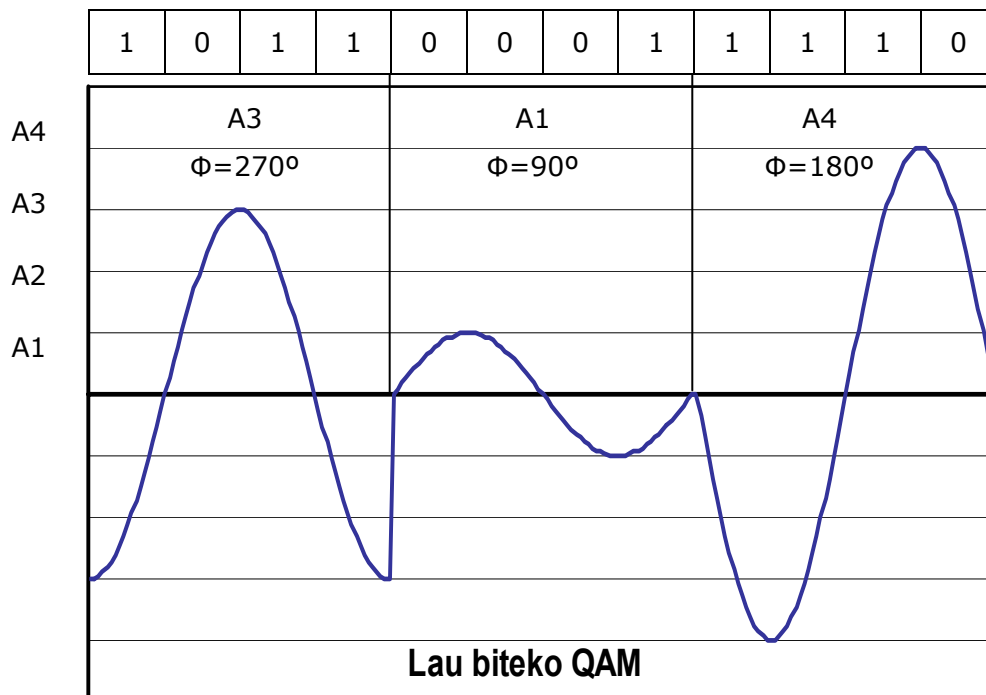
ANPLITUDEA	
00	A1
01	A2
10	A3
11	A4

DEFASEA	
00	$\Phi=0^\circ$
01	$\Phi=90^\circ$
10	$\Phi=180^\circ$
11	$\Phi=270^\circ$

Kontuan izan oinarrizko uhinaren desfasea  $\Phi=0^\circ$  dela.

Bit seriea	A	$\Phi$	
<b>0000</b>	00	00	A1 $\Phi=0^\circ$
<b>0001</b>	00	01	A1 $\Phi=90^\circ$
<b>0010</b>	00	10	A1 $\Phi=180^\circ$
<b>0011</b>	00	11	A1 $\Phi=270^\circ$
<b>0100</b>	01	00	A2 $\Phi=0^\circ$
<b>0101</b>	01	01	A2 $\Phi=90^\circ$
<b>0110</b>	01	10	A2 $\Phi=180^\circ$
<b>0111</b>	01	11	A2 $\Phi=270^\circ$

Bit seriea	A	$\Phi$	
<b>1000</b>	10	00	A3 $\Phi=0^\circ$
<b>1001</b>	10	01	A3 $\Phi=90^\circ$
<b>1010</b>	10	10	A3 $\Phi=180^\circ$
<b>1011</b>	10	11	A3 $\Phi=270^\circ$
<b>1100</b>	11	00	A4 $\Phi=0^\circ$
<b>1101</b>	11	01	A4 $\Phi=90^\circ$
<b>1110</b>	11	10	A4 $\Phi=180^\circ$
<b>1111</b>	11	11	A4 $\Phi=270^\circ$



## 3.2 Komunikazio eta transmisio digitala

Elektronika digitala agertu zenetik, gero eta jende gehiagok erabiltzen dugu transmisio digitala, 0ak eta 1ak transmititzean seinale jarraitu bat transmititu beharrean.

Seinale digitalak transmititzeak analogikoak transmititzeak baino abantaila handiagoak ditu. Honako hauek, adibidez:

- ✓ Zirkuitu digitalak ez dira hain sentikorrek distortsio eta interferentziekiko.
- ✓ Seinale digitalak lehenera ekar ditzakegu loturaren luzera areagotzeko, zaratarik eta interferentziarik gabe.
- ✓ Errore-tasak txikitu egiten dira.
- ✓ Euskarri batean zerbitzu anitz izan daitezke; ahotsa, datuak eta irudiak kasu.

### ■ Kode digitalak

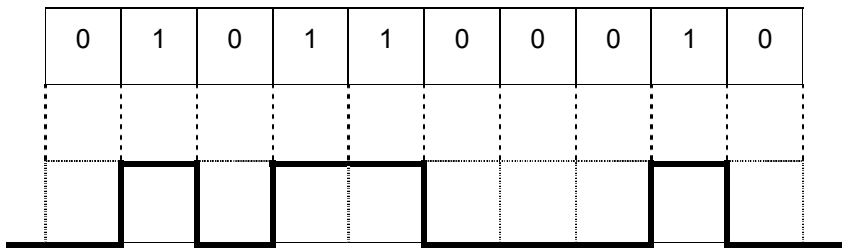
Transmisio digitalean, linearen berezitasunak kontuan hartu behar ditugu, eta horretarako, oinarrizko seinalea kodetzea behar dugu. Moldaketa horretan honako alde hauek biak hartu behar ditugu kontuan:

- ✓ Jarraitasuna kentzea.
- ✓ Transmisioa hartzean erloju-seinalea berreraikitze behar diren aldaketak egitea.

## ■ Errorerik detektatzen ez duten kodetzeak

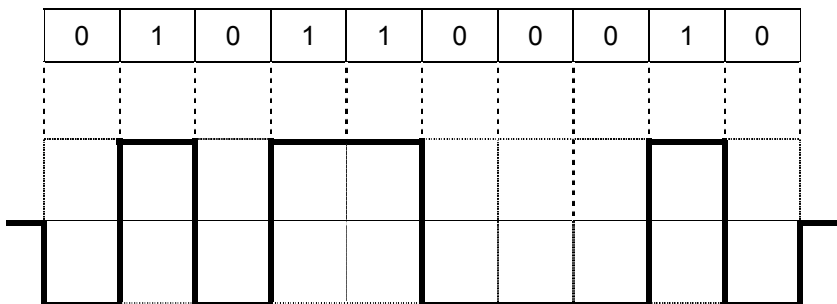
### ► Kodetze unipolarra (NRZ-L non return to zero level)

0ari 0 maila dagokio eta 1ari +V (V erreferentzia-tentsioa)



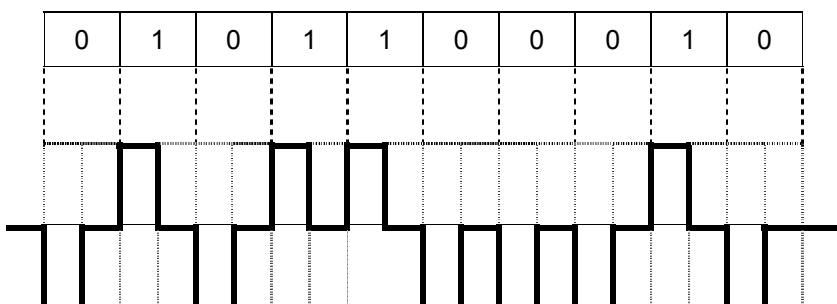
### ► Kodetze polarra NRZ (non return to zero)

0ari -V dagokio eta 1ari +V



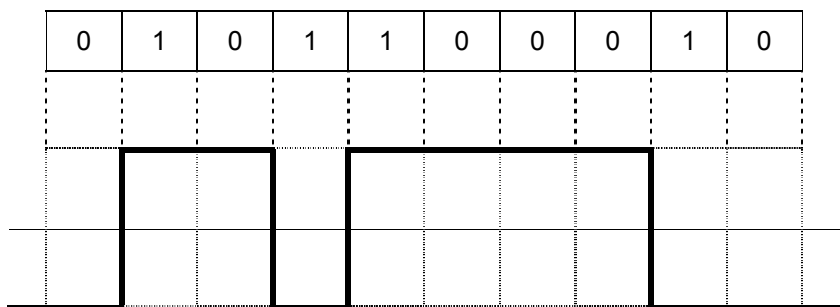
### ► Kodetze polarra RZ (return to zero)

Aurrekoaren antzeko sistema da, baina seinalea 0ra pasatzen da bitaren erdian.



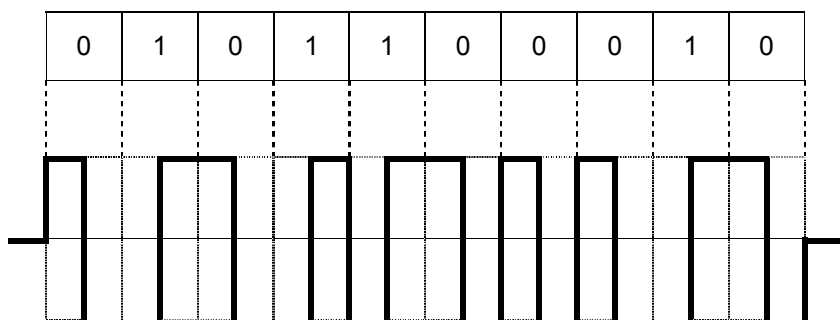
► **NRZ kodetze diferentziala**

0arekin ez da aurreko seinalea aldatzen; 1arekin, ordea, aurreko seinalea aldatu egiten da. Aurreko seinalea kontuan hartu behar da.



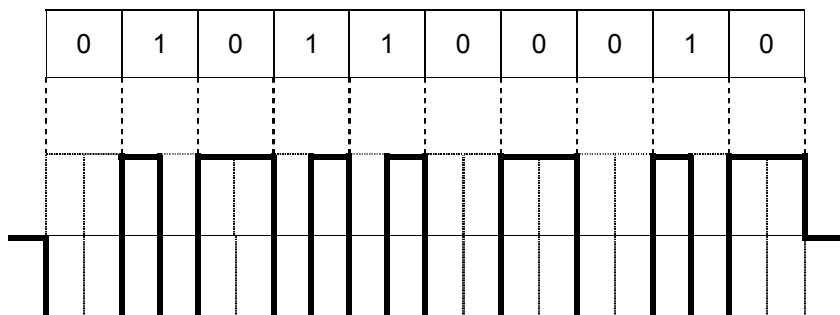
► **Manchester kodetzea edo Bifase-L**

Bit guztien erdialdean trantsizio bat izaten da. Trantsizio hori +V-tik -V-ra izango da 0 bat dagoenean, eta -V-tik +V-ra 1 bat dagoenean.



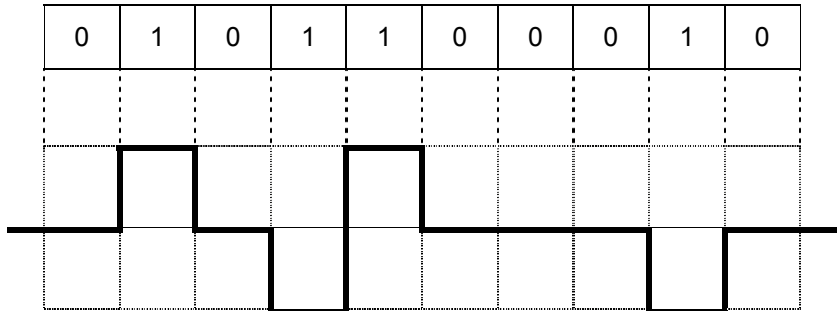
► **Bifase-M kodetzea**

Bitaren hasieran beti izaten da trantsizioa. Gainera, 1 dagoenean, bitaren erdian beste trantsizio bat egingo da, eta 0 dagoenean, ez da trantsiziorik egingo.



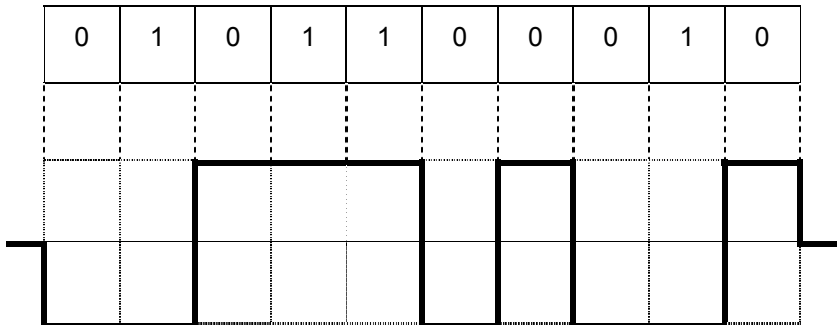
► **Kodetze bipolarra edo AMI (alternate mark inversion)**

Kode bipolarretan bit bat tentsio-maila birekin kodetzen da. Kasu horretan, 0ari 0 V-ko maila dagokio, eta 1ari -V eta +V dagozkio. Aurreko 1ak -V maila izan badu, oraingoak +V izango du, eta alderantziz.



► **NRZI kodetzea (non return to zero inverted)**

Honen funtzionamendua NRZ diferentzialaren alderantzizkoa da: 0ak aldaketa sortzen du linearen egoera elektrikoan, eta 1ak eutsi egiten dio.

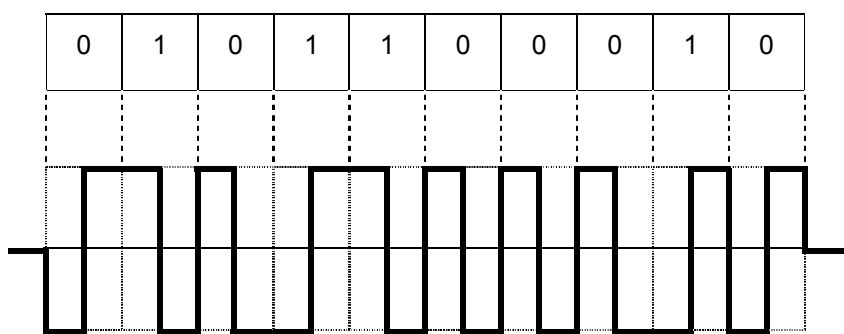


■ Erroreak detektatzen dituzten kodetzeak

► Manchester kodetze diferentziala

Manchester kodetzean biten araberrako aldaketak finkoak dira, baina kasu honetan, egoera bakoitza aurreko egoeraren araberrakoa da:

- ✓ 0 hasieran aldaketa eta erdian aldaketa
- ✓ 1 erdian aldaketa
- ✓ “J” eta “K” kontrol- eta sinkronizazio-seinaleak

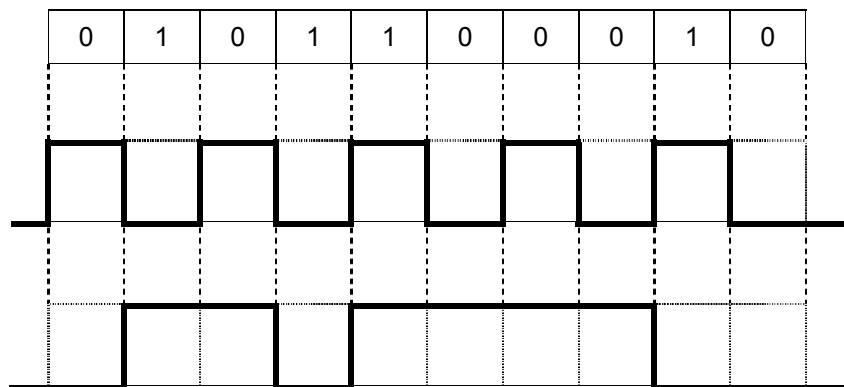


► Banda-seinalea Cambridge eraztunean

Cambridge eraztunean 4 hari eta kanal bi erabiltzen dira transmisiorako; horrela, erroreak errazago detektatzen dira. Sistema honetan, honako kode hauek erabiltzen dira:

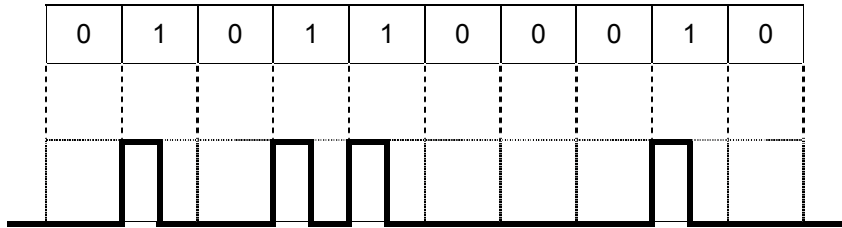
- 0: kanal bakar batean izaten da aldaketa.
- 1: kanal bietan izaten da aldaketa.

**Errorea:** ez dago aldaketarik ez kanal batean ez bestean ere.



► **Kodetze unipolarra RZ (return to zero)**

Energia-kopuruaren erdia bakarrik behar du. 1ak bitaren tamainaren % 50 betetzen du +V tentsioarekin, eta 0ak GND tentsioan uzten du linea.

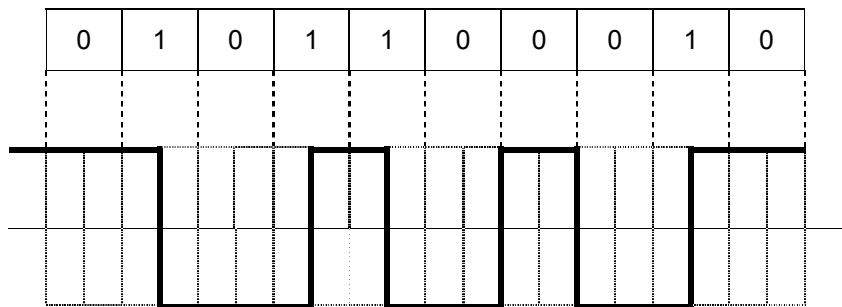


► **Atzerapen-modulazioa (Miller modulazioa)**

Honako arau hauek bete behar ditu:

1: Trantsizioa egingo da tartearen erdian.

0: Haren atzetik 1 badator, ez dago trantsiziorik; 0 badator, ordea, trantsizioa egiten da tartearen amaieran.

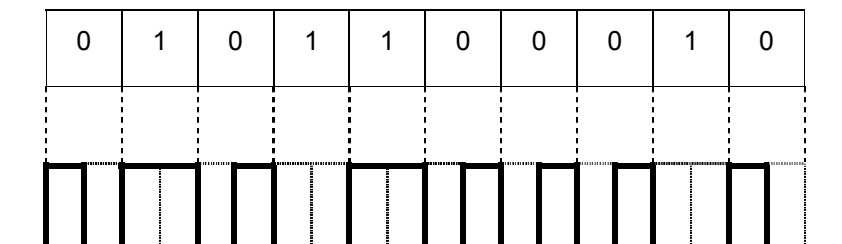


► **Bifase-S kodetzea (space)**

Manchester kodifikazioaren antzerakoa da; beti egiten da trantsizioa bitaren hasieran, eta gainera

0: Trantsizioa egiten da bitaren erdian.

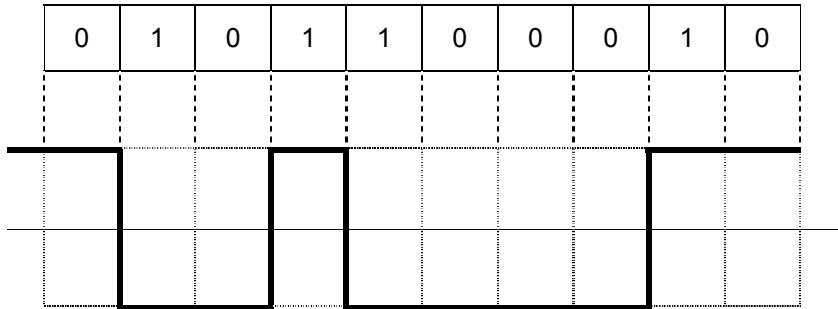
1: Ez dago aldaketarik bitaren erdian.



► **NRZ-M kodetzea (non return to zero mark)**

1: Tartearen hasieran trantsizioa egiten da.

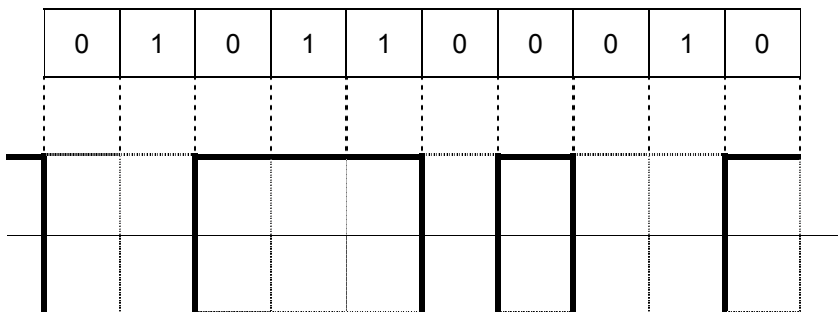
0: Ez dago trantsiziorik.



► **NRZ-S kodetzea (non return to zero space)**

✓ Tartearen hasieran trantsizioa egiten da.

✓ Ez dago trantsiziorik.



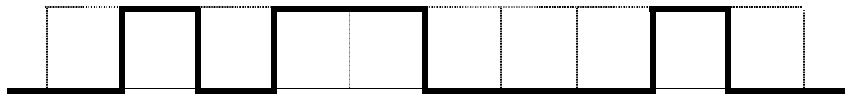
**Ariketak**

**1. Ariketa**

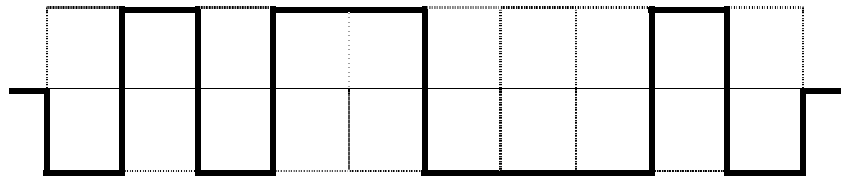
Kodifikatu honako bit-bilbe hau aztertutako era guztietan: 0101100010

**NRZ-L**

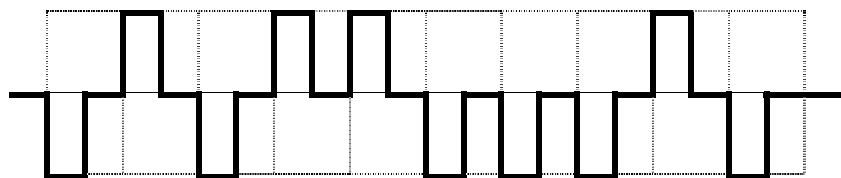
0	1	0	1	1	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



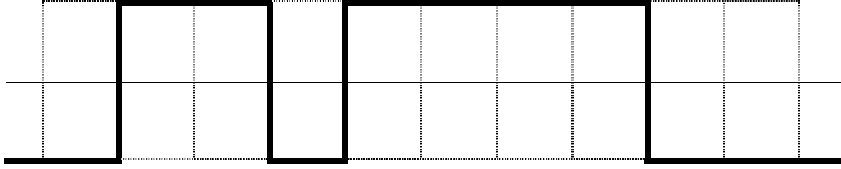
**NRZ**



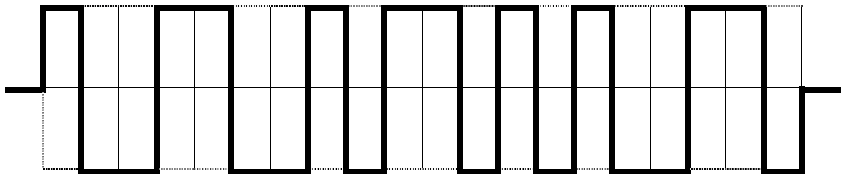
**RZ**



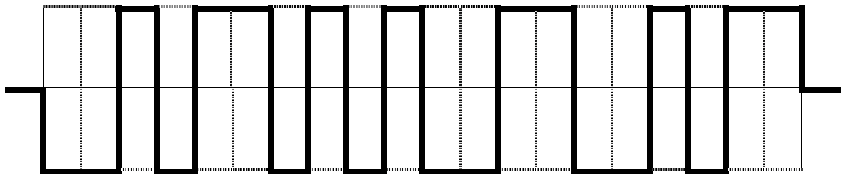
NRZ diferentziala



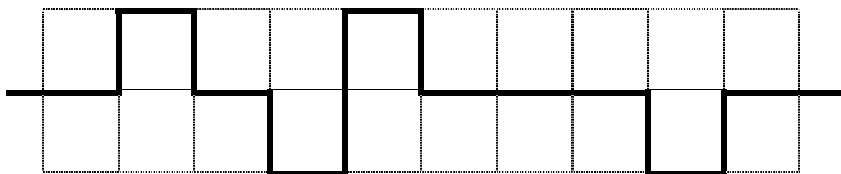
Manchester edo Bifase L



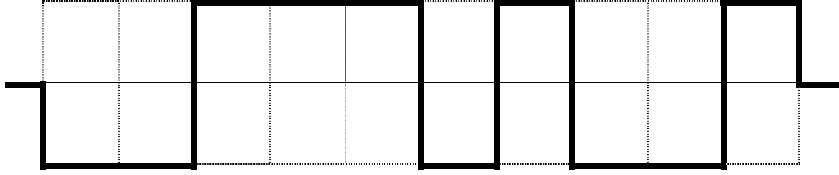
Bifase-M



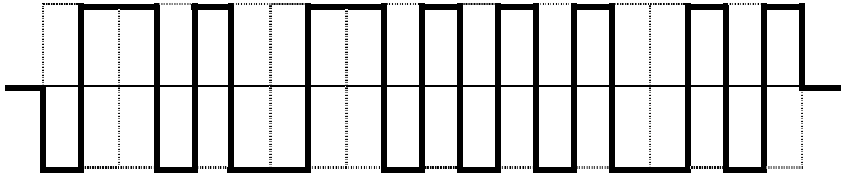
Bipolar edo AMI



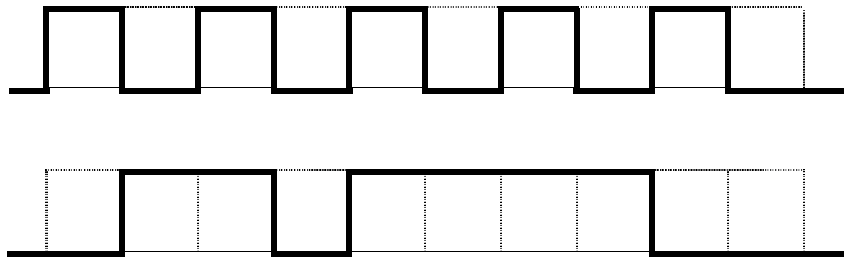
NRZI



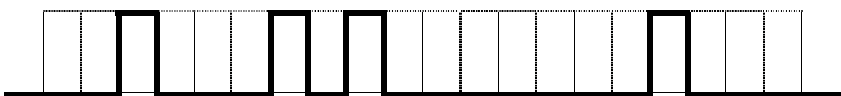
Manchester diferentziala



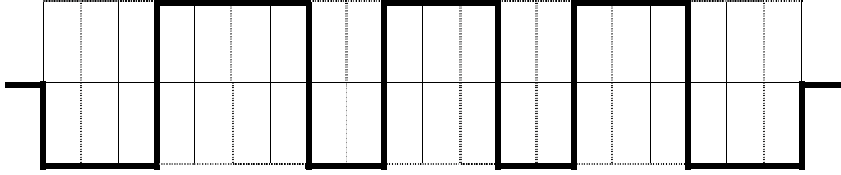
Banda-seinalea Cambridge eratzunean



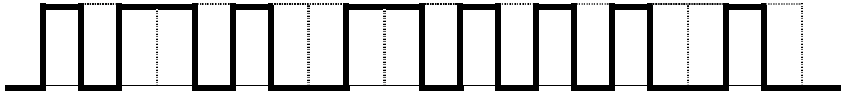
RZ unipolarra



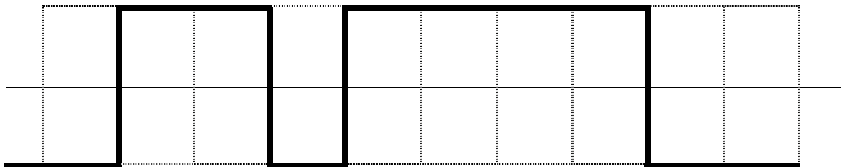
Atzerapen-modulazioa



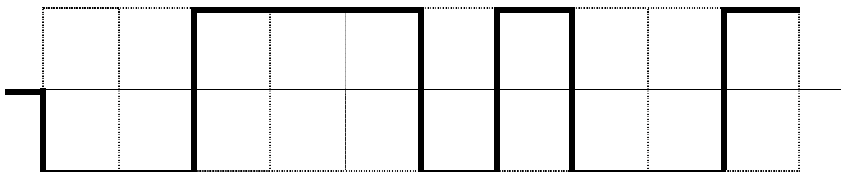
Bifase-S



NRZ-M



NRZ-S



► 2. Ariketa

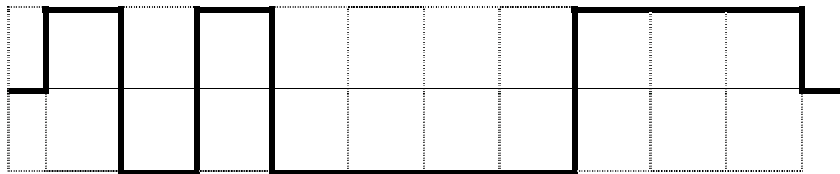
Kodifikatu honako bit-bilbe hau aztertutako era guztietan: 1010000111

NRZ-L

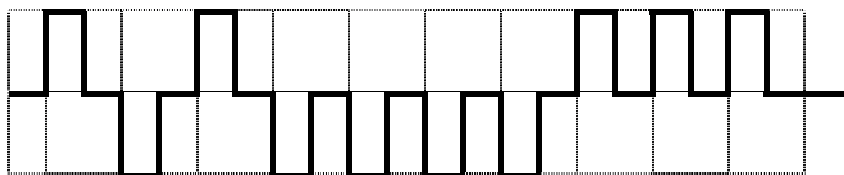
1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



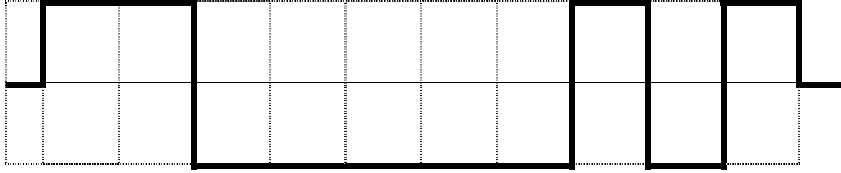
NRZ



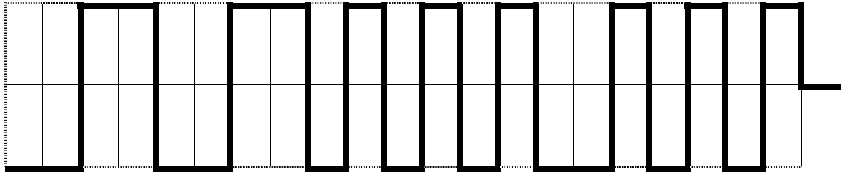
RZ



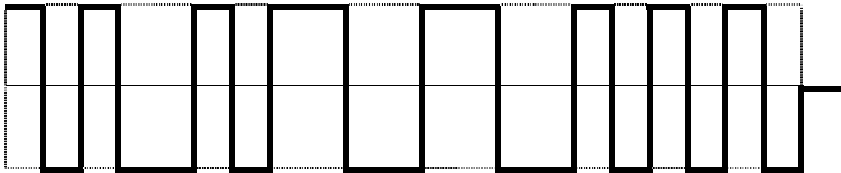
NRZ diferentziala



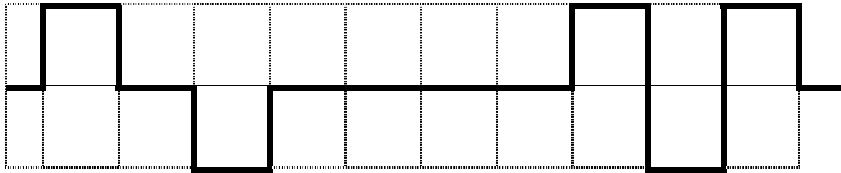
Manchester edo Bifase L



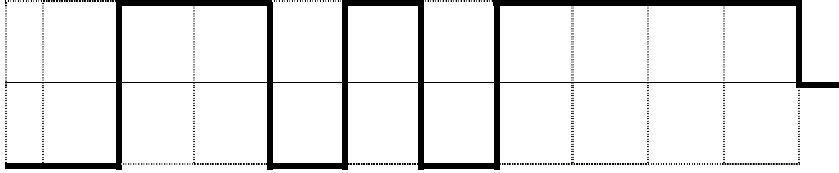
Bifase-M



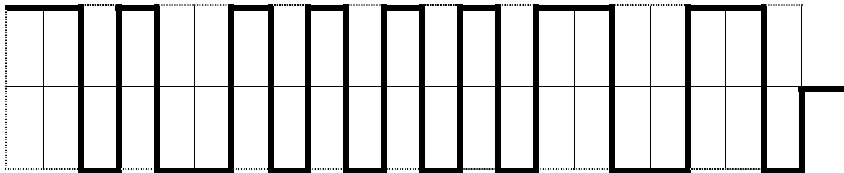
Bipolar edo AMI



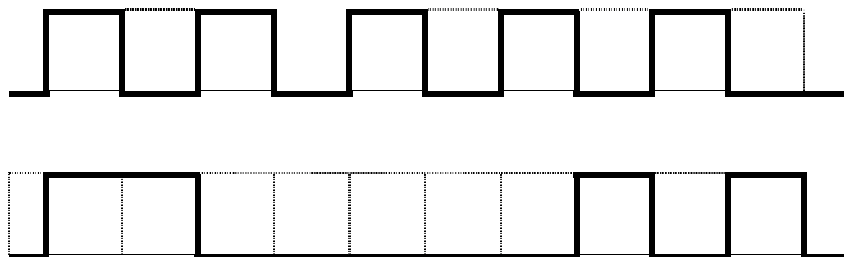
NRZI



Manchester diferentziala



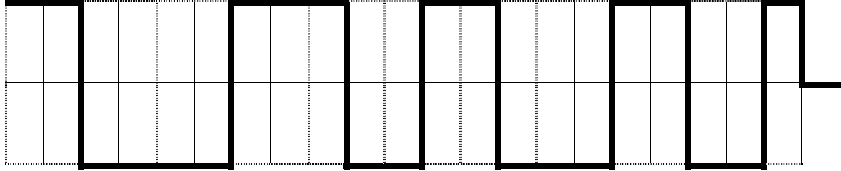
Banda-seinalea Cambridge eraztunean



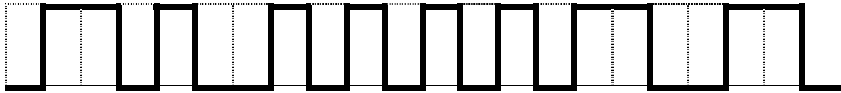
RZ unipolarra



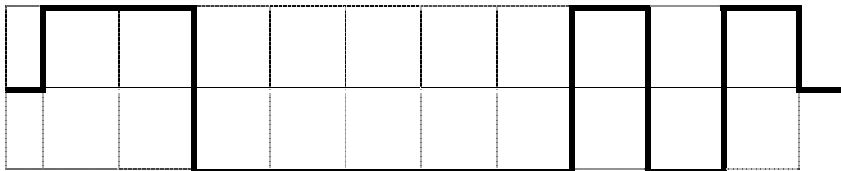
Atzerapen-modulazioa



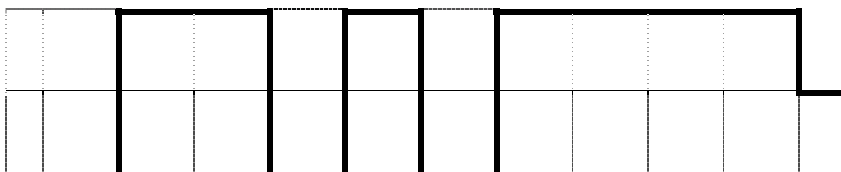
Bifase-S



NRZ-M



NRZ-S



► **3. Ariketa**

Kodifikatu honako bit-bilbe hau aztertutako era guztietan: 0001001011

## 4 ERROREAK DETEKTATZEA ETA ZUZENTZEA

### 4.1 Erroreak detektatzea eta zuzentzea

Transmisioak egiterakoan ahalegin guztiak egin beharko ditugu bide fisikoa ahalik eta ondoen eratzen. Baina, hori bermatu ondoren, bide edo kanal horretatik doan informazioa hartzaileak bere horretan hartu duen ala ez jakitea izaten dugu aztergai. Eta are gehiago, hartzaileak duen informazioa zuzena izan ez bada, hori zuzentzeko ahaleginak egin beharko ditugu.

#### Erroreak detektatzeko sistemak

Lehen esan dugun moduan, hartzailearengana heltzen den informazioa ez da beti igorleak bidaltzen duena. Hori detektatzeko sistema anitz ditugu; hona hemen horietako batzuk.

#### Zirkuitu-proba edo oihartzuna

Erroreak detektatzeko sistemarik errazena da. Sistema horren bidez, hartu duen mezuaren kopia bat bidaltzen dio informazioaren hartzaileak igorleari. Igorleak, berak bidalitakoarenaren berdina den egiaztatuz, errorerik egon den edo ez jakin dezake.

Sistema hau oso oinarrizkoa da, linea informazioz kargatzen du eta errore gutxiko sistemetan oso errendimendu txikia du. Horrez gain, informazioa askotan errepikatzeko arriskuan gaude, mezuak joaneko edo etorriko bidean izan baititzake erroreak.

#### Paritate lineala (bakoitia – bikoitia)

Sistema honetan, informazioari bit bat gehitzen diogu; paritate-bita, alegia. Paritatea bikoitia (*even*) edo bakoitia (*odd*) izan daiteke.

Paritatea bakoitia bada, informazioaren (paritate bita barne) baten kopuruak bakoitia izan behar du. Paritatea bikoitia bada, baten kopuruak bikoitia izan behar du.

Sistema hau inplementatzea oso erraza da eta ez du asko moteltzen errendimendua (% 11, zortzi biteko hitzetan), baina ezin ditu errore bikoitiak detektatu eta ezin dugu jakin zein bitetan dagoen errorea.

	INFORMAZIOA								PB
Paritate bikoitia	1	0	1	0	0	1	1	0	0
Paritate bakoitia	1	0	1	0	0	1	1	0	1

Sistema hau inplementatzeko, XOR ( $\oplus$ ) eragiketa bitarra erabiltzen dugu:

✓ Paritate bikoitirako  $Pb = b_1 \oplus b_2 \oplus b_3 \oplus \dots \oplus b_n$

✓ Paritate bakoitirako  $Pb = \text{NOT}(b_1 \oplus b_2 \oplus b_3 \oplus \dots \oplus b_n)$

Gurean:

✓ Paritate bikoitirako  $Pb = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$

✓ Paritate bakoitirako  $Pb = \text{NOT}(1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0) = 1$

#### ► Ariketa

Eman hurrengo hitzaren paritate lineal bakoitia eta bikoitia: 10111100

	INFORMAZIOA								PB
Paritate Bakoitia	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Paritate Bikoitia	1	0	1	1	1	1	0	0	1

**Blokeko paritatea edo bi dimentsioko paritatea**

Paritate horizontala eta paritate bertikala uztartzean datza. Bit-matrize bat hartuta, errenkada bakoitzeko paritate-bit bat jartzen dugu, eta zutabe bakoitzeko paritate-bit bat.

Adibidez, paritate bakoitia hartuz:

DATUAK							p.hor.	
0	0	0	0	1	0	1	1	
0	1	1	0	1	0	1	1	
0	1	1	1	0	1	1	0	
1	1	1	0	0	0	1	1	
1	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	1	1	1	
0	1	1	0	0	1	1	1	
<b>P. bert.</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

**Koadratze-bit**

Paritate linealaren sistema baino osoagoa da, baina ez da oso erabilia errendimendu txikia duelako, 8\*8 matrize baten % 23ko erredundantzia dauka. Erredundantzia = (kontrol-bitak/informazio-bitak)\*100.

Sistema honen bidez, errorea detektatzeaz gain, zuzendu egin daiteke. Erroreren bat badago, errore hori bai zutabeko paritate-bitean bai errenkadako paritate-bitean islatuko da.

## ■ Kode ziklikoak CRC

Era sinkronoan lan egiten dugunean, informazioa blokeka bidaltzen dugu. Sistema honetan, oso erraz sortzen dira erroreak. Horregatik, paritate-metodoak ez dira egokiak sistema asinkronoetan.

Honelako sistemetan, kode polinomikoak edo erredundantzia ziklikoko kodeak erabiltzen dira.

Sistema hau konplexu samarra da, baina oso fidagarria.

Kodetze hau modulu edo zatiketaren hondarraren eragiketan oinarritzen da. Oso garrantzitsua da eragiketa hori egiten ondo jakitea.

- ✓ Transmititzen diren informazio guztiak polinomioen koefizienteak direla hartuko dugu kontuan.
- ✓ Transmittitu nahi dugun bit multzoa  $D(x)$  polinomioaren koefizienteak dira. Polinomio honek  $d$  bit izango ditu; beraz, bere maila  $d-1$  izango da.

$$10101100 \quad D(x)=1x^7+0x^6+1x^5+0x^4+1x^3+1x^2+0x^1+0x^0$$

- ✓ Polinomio sortzaile bat behar dugu  $G(x)$ ,  $r$  gradukoa. Horretarako, polinomio anitz erabil ditzakegu, baina badaude nazioarteko arautzat har ditzakegun polinomio batzuk. Igorleak eta hartzaileak zein polinomio erabiliko duten adostu beharko dute.

$$\text{CRC-12} = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^1 + 1$$

$$\text{CRC-16} = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$$

$$\text{V41-ITU-T (CCITT)} = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

CRC-

$$32 = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$$

- ✓  $G(x)$  aukeratu ondoren, datu-paketearen atzean  $r$  0 gehitzen dira. Oraingo honetan, baketearen luzera  $d+r$  da. Horrela,  $P(x)$  polinomioa lortzen dugu.  $P(x)=x^r D(x)$

CRC-12 erabiliz

$$P(x) = 1x^{19} + 0x^{18} + 1x^{17} + 0x^{16} + 1x^{15} + 1x^{14} + 0x^{13} + 0x^{12}$$

10101100000000000000



**Adibidea:**

Hurrengo bilbe hau bidali behar badut, 11001010011000 eta polinomio sortzaile hau erabiltzen badut:  
 $x^3+x+1$

110010100110000	1011
1011	111011001100
01111	
1011	
01000	
1011	
001110	
1011	
01010	
1011	
0001110	
1011	
01010	
1011	
000100	

R(x)            **000100**

T(x)=P(x)-R(x)

P(x)	11001010011000
R(x)	000100
<b>T(x)</b>	<b>11001010011100</b>

 Ariketak

► 1. Ariketa

Honako datu-bloke hau hartuta, eta paritate bikoitia erabiliz, esan errorerik egon den ala ez, eta errorerik balego, esan zein bitetan.

100101100

011001010

010010100

110001010

001010100

010001000

3 eta 5 errenkadetan errorea dago

4 eta 7 zutabeetan errorea dago.

Errorea ezin da zuzendu

100101100

011001010

010010100

110001010

001010100

010001000

► 2. Ariketa

10101110 informazioa bidali nahi dugu, eta horretarako, CRC kodeak erabiliko ditugu. Polinomio sortzailea  $x^3+x+1$  bada, zein da bidali behar dugun bilbea?

$$\begin{array}{r}
 10101110000 \\
 1011 \phantom{00000} \\
 \hline
 0001111 \\
 \phantom{0}1011 \\
 \phantom{00}01000 \\
 \phantom{000}1011 \\
 \phantom{0000}001100 \\
 \phantom{00000}1011 \\
 \phantom{000000}01110 \\
 \phantom{0000000}1011 \\
 R(x) \phantom{00000000} 0101
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 T(x)=P(x)-R(x) \\
 P(x) \phantom{00000000} 10101110000 \\
 R(x) \phantom{00000000} \phantom{00000} 0101 \\
 \hline
 T(x) \phantom{00000000} 10101110101
 \end{array}$$

► 3. Ariketa

Linea batetik honako bilbe hau heldu zaigu 11001010011011000. Gure transmisioetako polinomio sortzailea  $x^5+x^3+ 1$  bada, errorerik izan da transmisio honetan?

11001010011011000	101001
101001	111100011000
0110111	
101001	
0111100	
101001	
0101010	
101001	
0000111101	
101001	
0101001	
101001	
000000000	

Ez dago errorerik; transmisioa zuzena izan da.

► 4. Ariketa

Linea batetik honako bilbe hau bidali nahi dugu 11001010011011000. Gure transmisioetako polinomio sortzaile moduan CRC-12 erabiltzen badugu, zein da transmititu behar dugun bilbe osoa?

## 4.2 Erroreak detektatzeko eta zuzentzeko sistemak

Sistema batean, oso garrantzitsua da erroreak detektatzea; baina, gainera, errorea detektatu eta gero, zuzentzeko aukera ematen diguten sistemak bilatu beharko genituzke.

### ■ Birtransmisio bidezko zuzentze-protokoloak

Dakigunez, sistema baten segurtasuna areagotzeko, funtsezkoa da erroreak detektatzeko sistema indartsu bat (CRC, kasu) eta birtransmisioa egiteko aukera izatea. Sistema horiei “atzerantz zuzentzea” deitzen diegu.

Bi teknika hauek inplementatzen dute sistema hori:

#### ► “Gelditu eta itxaron” birtransmisioa

Sistema hau zahar samarra bada ere, asko erabiltzen da oraindik. Funtzionamendua nahiko erraza da. Igorleak bloke bat transmititu eta gero, ACK (positiboa) edo NACK (negatiboa) erantzuna itxaroten du. ACK seinalea hartzen badu, hurrengo blokea transmitituko du. NACK hartzen badu edo denboratarte batean erantzunik hartzen ez badu, blokea birtransmititu egingo du. NACK seinale kopuru edo timeout kopuru jakin bat baino gehiago dagoenean, eten egingo dugu komunikazio-prozesua.

#### ► Blokekako protokoloak etengabe igortzearen bidezko birtransmisioa

Lehen aipatutako sistemak emaitza onak ematen ditu propagazioa azkarra denean; baina propagazio-abiadura txikiagoa denean —banda-zabalera handia delako, bilbea laburra delako edo transmisio-abiadura txikia delako—, nahiz eta sistemak ahalik eta azkarren funtzionatu, denboraren % 90 egon daiteke ACK edo NACK seinaleak itxaroten.

Horregatik, askotan igorpen jarraikia erabiltzen dugu; alegia, bilbeak bidaltzen dira aurrekoaren ACK edo NACK seinaleak hartu barik. Dena den, blokeak ondo transmititu diren ala ez kontrolatzen jarraituko dugu. Sistema duplexa denez gero, hartzaileak blokeak hartzen dituenetan bidaliko dizkigu kontrol-seinaleak.

Bidalitako blokeen eta kontrol-seinaleen informazioa memorian gorde beharko dugu, bloke bakoitza nola dagoen jakiteko. Errore bat gertatzen denean, igorleak eta hartzaileak bi erataro joka dezakete, eta horrela sistema hau bi modutan molda daiteke:

- ✓ Hautaketa gabeko errepikapenarekin: hartzaileak, erroredun bloke bat hartzen duenean, ACK seinaleak bidaltzeari utziko dio, eta horrela igorleak ez dituen hartzen ACK seinaleak, timeout gertatzen denean, errorea sortu duen blokea eta hurrengo guztiak birbidaliko ditu. Metodo honen bidez, askotan ondo bidalitako blokeak ere birbidal ditzakegu.
- ✓ Errepikapen hautatuarekin: honelakoetan, tenporizadore bat dago bloke bakoitzeko. Igorleak erroredun bloke bat bidaltzen badu, hartzaileak NACK seinalea bidaliko dio eta, hori hartzean, igorleak blokea birbidaliko du.

### Zuzentze automatikoa. Hamming kodeak

Birbidaltze-sistema erabil ezin daitekeen sistemetan oso gomendagarria da erredundantzia-sistemak erabiltzea. Sistema hauen erredundantzia-erroreak detektatu eta zuzentzeko adinakoa izan behar du.

#### ► Hamming kodeak

Sistema hau R. W. Hammingek asmatu zuen. Sistema honen bitartez, 3ko distantzia minimoko erroreak zuzentzen ditu, eta paritate bakoitiarekin zein bikoitiarekin funtzionatzen du, nahiz eta ohikoena bikoitia izan. Informazio-bitak eta kontrol-bitak tartekatuta bidaltzen dira, eta autozuzentzaileak dira.

- ✓ Hitz osoaren bitak 1etik n-ra zenbakitzen dira ezkerretik hasita.
- ✓ Paritate-bitak biaren berreturatan kokatuko ditugu:  $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots, 2^n$  ( $b_1, b_2, b_4, b_8, \dots$ ).
- ✓ Informazio-bitak paritate-biten tartean jarriko ditugu  $b_3, b_5, b_6, b_7, b_9, \dots$
- ✓ Informazioak m bit baditu, paritaterako, h paritate-bit izan beharko ditugu honako hau betez:
 
$$2^h \geq m+h+1 \qquad h = \lceil \log_2(n+1) \rceil$$
- ✓  $2^h = m+h+1$  ekuazioa betetzen duen kodeari ezin hobea deitzen diogu.
- ✓ Paritate-bitak informazio-bitetatik ateratzen dira.
- ✓ Informazio-bit bakoitza bere posizioa batzen duten paritate-bitekin kontrolatzen da.
- ✓ Biaren berretura horri dagozkion informazio-bit guztiak kontrolatzen ditu paritate-bit bakoitzak.

$b_7$ :  $b_1$ -ek,  $b_2$ -k eta  $b_4$ -k kontrolatuko dute

$b_{11}$ :  $b_1$ -ek,  $b_2$ -k eta  $b_8$ -k kontrolatuko dute

$b_1$ -ek  $b_3, b_5, b_7, b_9, \dots$  kontrolatuko ditu

$b_4$ -k  $b_5, b_6, b_7, b_{12}, \dots$  kontrolatuko ditu

Biaren berreturak kontuan hartuta, honako hauek dira paritate-ekuazioak:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	X		X		X		X		X		X		X		X
2		X	X			X	X			X	X			X	X
4				X	X	X	X					X	X	X	X
8								X	X	X	X	X	X	X	X

4 biteko hitz batentzat:

$m=4$

$2^h \geq m+h+1$   $2^h \geq h+5$

$h = \lceil \log_2 5 \rceil = 3$  3 paritate-bit

$b_1, b_2, b_4$

$b_1$  paritate-bit

$b_2$  paritate-bit

$b_3 = b_1 \oplus b_2$

$b_4$  paritate-bit

$b_5 = b_4 \oplus b_1$

$b_6 = b_4 \oplus b_2$

$b_7 = b_4 \oplus b_2 \oplus b_1$

$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
pb	pb	lb	pb	lb	lb	ib

$b_1$ -entzat  $0 = b_1 \oplus b_3 \oplus b_5 \oplus b_7$

$b_1 = b_3 \oplus b_5 \oplus b_7$

$b_2$ -entzat  $0 = b_2 \oplus b_3 \oplus b_6 \oplus b_7$

$b_2 = b_3 \oplus b_6 \oplus b_7$

$b_4$ -entzat  $0 = b_4 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_7$

$b_4 = b_5 \oplus b_6 \oplus b_7$

**Adibidea**

Zein izango litzateke transmititu behar den mezua, 0110 hitza Hamming kodearekin paritate bikoitiaren bidez transmititu beharko bagenu:

Zenbat paritate-bit

$2^h \geq m+h+1$     $2^h \geq h+5$     $h = \lceil \log_2 5 \rceil = 3$    3 paritate-bit    $b_1, b_2, b_4$

$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
pb	pb	0	Pb	1	1	0

$0 = b_1 \oplus b_3 \oplus b_5 \oplus b_7$     $b_1 = b_3 \oplus b_5 \oplus b_7$     $b_1 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$   
 $0 = b_2 \oplus b_3 \oplus b_6 \oplus b_7$     $b_2 = b_3 \oplus b_6 \oplus b_7$     $b_2 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$   
 $0 = b_4 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_7$     $b_4 = b_5 \oplus b_6 \oplus b_7$     $b_4 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0$

$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
1	1	0	0	1	1	0

**Ariketak**

**1. Ariketa**

- ✓ Zein da Hamming kodean transmititutako hitzaren tamaina txikiena 10100111100010 informazio-hitza transmititzeko?

<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>b<sub>4</sub></b>	<b>b<sub>5</sub></b>	<b>b<sub>6</sub></b>	<b>b<sub>7</sub></b>	<b>b<sub>8</sub></b>	<b>b<sub>9</sub></b>	<b>b<sub>10</sub></b>	<b>b<sub>11</sub></b>	<b>b<sub>12</sub></b>	<b>b<sub>13</sub></b>	<b>b<sub>14</sub></b>	<b>b<sub>15</sub></b>	<b>b<sub>16</sub></b>	<b>b<sub>17</sub></b>	<b>b<sub>18</sub></b>	<b>b<sub>19</sub></b>
pb	pb	1	pb	0	1	0	pb	0	1	1	1	1	0	0	pb	0	1	0

19 bit, 14 informaziorako eta 5 kontrolerako.

- ✓ Eman transmititu beharko den Hamming kodean sortutako hitza paritate bikoitia erabiltzen badugu

$$0 = b_1 \oplus b_3 \oplus b_5 \oplus b_7 \oplus b_9 \oplus b_{11} \oplus b_{13} \oplus b_{15} \oplus b_{17} \oplus b_{19} \oplus$$

$$0 = b_2 \oplus b_3 \oplus b_6 \oplus b_7 \oplus b_{10} \oplus b_{11} \oplus b_{14} \oplus b_{15} \oplus b_{18} \oplus b_{19}$$

$$0 = b_4 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_7 \oplus b_{12} \oplus b_{13} \oplus b_{14} \oplus b_{15}$$

$$0 = b_8 \oplus b_9 \oplus b_{10} \oplus b_{11} \oplus b_{12} \oplus b_{13} \oplus b_{14} \oplus b_{15}$$

$$0 = b_{16} \oplus b_{17} \oplus b_{18} \oplus b_{19}$$

$$b_1 = 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \qquad b_1 = 1$$

$$b_2 = 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \qquad b_2 = 1$$

$$b_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \qquad b_4 = 1$$

$$b_8 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \qquad b_8 = 0$$

$$b_{16} = 0 \oplus 1 \oplus 0 \qquad b_{16} = 1$$

<b>b<sub>1</sub></b>	<b>b<sub>2</sub></b>	<b>b<sub>3</sub></b>	<b>b<sub>4</sub></b>	<b>b<sub>5</sub></b>	<b>b<sub>6</sub></b>	<b>b<sub>7</sub></b>	<b>b<sub>8</sub></b>	<b>b<sub>9</sub></b>	<b>b<sub>10</sub></b>	<b>b<sub>11</sub></b>	<b>b<sub>12</sub></b>	<b>b<sub>13</sub></b>	<b>b<sub>14</sub></b>	<b>b<sub>15</sub></b>	<b>b<sub>16</sub></b>	<b>b<sub>17</sub></b>	<b>b<sub>18</sub></b>	<b>b<sub>19</sub></b>
1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0

- ✓ Ezin hobea da ariketan sortutako kodea?

Ez, ez ditu paritate-bit guztiak aprobetxatzen

- ✓ Zein da kode horren errendimendua?

$$R = (\text{informazio-bitak} / \text{transmititutako bitak}) * 100 = \% 73,68$$

► 2. Ariketa

- ✓ Demagun 1110101 hitza hartzen dugula eta paritate bikoitia erabiltzen dugula. Zuzena izan da honako transmisio hau?

$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
1	1	1	0	1	0	1

$$0 = b_1 \oplus b_3 \oplus b_5 \oplus b_7$$

$$0 = b_2 \oplus b_3 \oplus b_6 \oplus b_7$$

$$0 = b_4 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_7$$

$$b_1 = 1 \oplus 1 \oplus 1$$

$$b_1 = 1$$

$$1 = 1 \oplus 1 \oplus 1$$

$$b_2 = 1 \oplus 0 \oplus 1$$

$$b_2 = 1$$

$$1 = 1 \oplus 0 \oplus 1$$

Errorea  $b_2=0$

$$b_4 = 1 \oplus 0 \oplus 1$$

$$b_4 = 0$$

$$0 = 1 \oplus 0 \oplus 1$$

- ✓ Zein da hartu behar zen datu-hitza?

$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$
1	0	1	0	1	0	1

► 3. Ariketa

Demagun, Hamming kodeak paritate bikoitiarekin erabiliz, ondoko bilbe hau hartzen dudala: 101001101111.

- ✓ Esan zein diren paritate-bitak eta zein informazio-bitak

$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$b_7$	$b_8$	$b_9$	$b_{10}$	$b_{11}$	$b_{12}$
1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1

- ✓ Erroreren bat balego, detektatu zein bitetan dagoen eta zuzendu

$$0 = b_1 \oplus b_3 \oplus b_5 \oplus b_7 \oplus b_9 \oplus b_{11}$$

$$0 = b_2 \oplus b_3 \oplus b_6 \oplus b_7 \oplus b_{10} \oplus b_{11}$$

$$0 = b_4 \oplus b_5 \oplus b_6 \oplus b_7 \oplus b_{12}$$

$$0 = b_8 \oplus b_9 \oplus b_{10} \oplus b_{11} \oplus b_{12}$$

$$b_1 = 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1$$

$$b_1 = 0 \quad \text{Errorea}$$

$$b_2 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1$$

$$b_2 = 1 \quad \text{Errorea}$$

$$b_4 = 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1$$

$$b_4 = 1 \quad \text{Errorea}$$

$$b_8 = 1 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1$$

$$b_8 = 0$$

$b_7$  bita gaizki dago, paritate-biten zenbaki baturak adierazten duena:  $b_1, b_2$  eta  $b_4$ ;  $1+2+4=7$

► 4. Ariketa

- ✓ Zein paritate-bit aztertu beharko genuke  $b_{15}$  bita ondo dagoen jakiteko?

$$15=1+2+4+8$$

$b_1, b_2, b_4$  eta  $b_8$

- ✓ Zein dira  $b_8$  paritate-bitean eragina duten informazio-bitak?

$b_9, b_{10}, b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{15}, b_{24}, b_{25}, b_{26} \dots$

► 5. Ariketa

Hamming kodeak erabiliz hitz hauek hartu ditugu. Errorerik badago, eman informazio-hitzak zuzenduta.

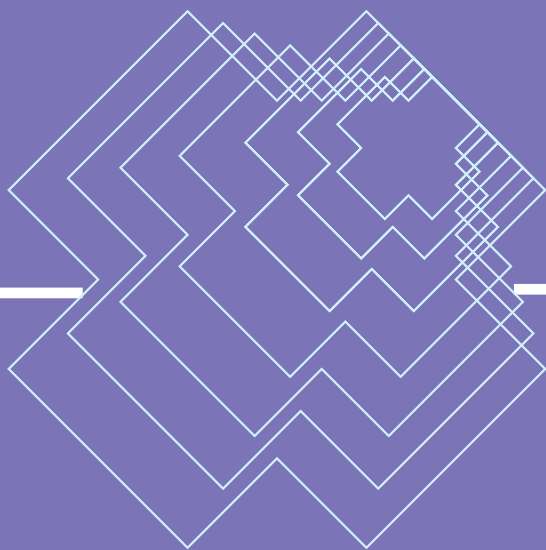
0001100

1000001

101111

0101001

0110100



LANBIDE  
EKIMENA

