

Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Telekommunikációs Szakértő Szak

Az Impulzus –Kód Moduláció vizsgálata

Szakdolgozat

Készítette: Sándor Barna

Témavezető: Dr. Gingl Zoltán

egyetemi adjunktus

Szeged 2001 május 10

Tartalomjegyzék

1	Bevezető - Történelmi áttekintés.....	3
2	A digitális átvitel. A mintavételezés és a PCM – elv	5
2.1	A digitális átvitel.....	5
2.2	A mintavételezés	5
2.2.1	Az Aliasing jelenség	6
2.3	A kvantálás	7
3	A PCM, mint moduláció	9
3.1	A szinuszos vivőjű moduláció	10
3.2	Az impulzus vivőjű moduláció	10
3.3	PCM- Impulzuskód-moduláció.....	11
4	PCM hierarchiák.....	11
5	Kvantálási karakterisztikák	16
5.1	A „ μ ” karakterisztika	18
5.2	Az „A” karakterisztika	18
6	A PCM kódolás és dekódolás vizsgálata	19
6.1	Az „A” kvantálási karakterisztika.....	21
6.2	A „ μ ” kvantálási karakterisztika	25
7	Összefoglalás.....	30
8	Irodalomjegyzék.....	31
9	Köszönetnyilvánítás.....	32
10	Melléklet.....	33

1 Bevezető - Történelmi áttekintés

A távíró feltalálása után a beszédet kódolt (digitális) formában továbbították. Később a fejlődés mégis az analóg beszédátvitel irányába indult el, miután Bell megalkotta a mikrofont és a telefont.

Természetesen továbbra is voltak kísérletek a kódolt beszédátvitelre, de eredmény nem született, mindaddig, amíg 1938-ban A.H. Reeves ki nem dolgozta az impulzuskód-moduláció (PCM – Pulse Code Modulation) elvét. Az analóg beszédátvitel továbbra is egyeduralgoló volt, mivel a PCM gyakorlati megvalósítására 20-25 év múlva került sor. Az 1960-as évek közepére az analóg átviteltechnika számára nem akadt megoldatlan probléma.

Mégis mi fordította a fejlődést a digitális beszédátvitel irányába ?

A digitális integrált áramkörök elterjedése lehetővé tette a digitális beszédátvitel megvalósításának gazdaságosságát.

Egyes kutatók már az 1940-es évek végén ráeszméltek a PCM beszédátvitel jelentőségére. Shannon továbbfejlesztette a PCM - elvet és kidolgozta a mintavételi – tételt. 1960-ban 24 csatornás PCM berendezéseket helyeztek üzembe, melyeket eleinte kis távolságra, főleg nagyvárosi hálózatban, a központok trónkbővítésére használtak.

A nyugat – európai posták 1968-ban áttértek a 8 bites 30/32 csatornás PCM rendszerekre. De az amerikai és japán posták megmaradtak a 7 bites 24 csatornás rendszereknél.

1965 és 1968 között megkezdődött a nem szabványos szekunder PCM – rendszerek telepítése szimmetrikus és koaxiális kábelekre, míg az 1970-es évek elején már gyakorlatban is alkalmazták a tercier PCM – rendszereket. Az 1980-as évek elején megindult az üvegszálkutatás, mely újabb nagy előrelépést jelentett a PCM – rendszerek fejlődésében.

A PCM berendezésekben nincsenek olyan drága, egyedi gyártást és hangolást igénylő szűrők, mint az analóg átviteltechnikai berendezésekben. Ezért a gyártás – automatizálás magasabb fokú, minek következtében a PCM berendezések olcsóbbak és megbízhatóbbak, mint az analóg átviteltechnikai berendezések. A PCM berendezések legnagyobb előnye, hogy érzéketlenek a zavaró jelre, amely a beszéd kódolt, digitális formájából következik. A PCM összeköttetések vonali zajvédeltsége berendezésektől függően 20...30 dB között van. A zaj szintje megnőhet egészen addig, amíg a jel döntési szintjét nem befolyásolja

A digitális vonalszakaszon a zajok nem összegződnek, mint az analóg rendszerekben, ahol a zaj szintje a vonalszakasz hosszával nő. A PCM berendezések napjainkban is fejlődés, fejlesztés alatt állnak (pl: ISDN – Integrált Szolgáltatású Digitális Hálózat), mivel gazdaságosak és hatékonyak. Ezért van jövőjük.

Dolgozatom célja az elv megismerése és tulajdonságainak vizsgálata. A különböző kódolás-dekódolás PCM megvalósítására G-nyelvű programot készítettem, melynek segítségével megvizsgáltam a jelátvitel statikus és dinamikus tulajdonságait is.

2 A digitális átvitel. A mintavételezés és a PCM – elv

2.1 A digitális átvitel

Az átviendő információ (beszéd, zene, adat) frekvenciája, ill. amplitúdója korlátozható anélkül, hogy az információ minősége jelentősen romlana. A korlátozás csak olyan mértékű lehet, hogy az eredeti információ rovására ne menjen.

A CCITT ajánlást dolgoz ki az átviteli sávra, az amplitúdótartományra és egyéb jellemzőkre. Shannon és munkatársai továbbfejlesztették a PCM – elvet és kidolgozták a **mintavételi tételt**.

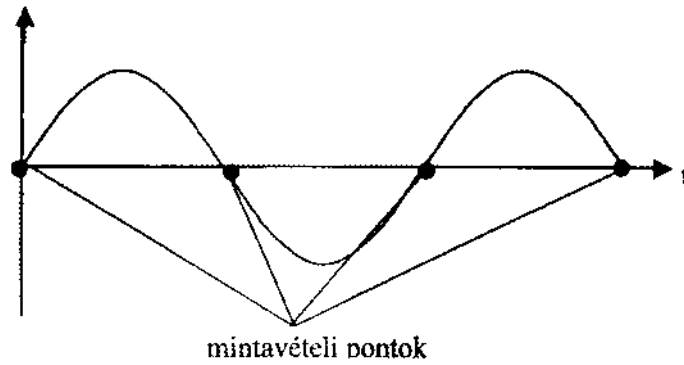
2.2 A mintavételezés

C.E.Shannon *mintavételi tétele* (1949) azt mondja ki, hogy a mintavételi frekvenciának (f_m) a jelben előforduló legnagyobb frekvencia (f_{max}) kétszeresénél nagyobbnak kell lennie ahhoz, hogy a jel által tartalmazott információ teljes mértékben megmaradjon. Azaz igaznak kell lennie a következő kifejezésnek:

$$f_m > 2f_{max} \quad \text{ill.} \quad \Delta t = 1/f_m < 1/(2f_{max})$$

Vagyis ha adott egy sávkorlátozott jel, és abból T_m időnként mintát veszünk úgy, hogy a mintavétel periódusideje $T_m < 1/(2f_{max})$, akkor a mintákból az eredeti jel visszaállítható.

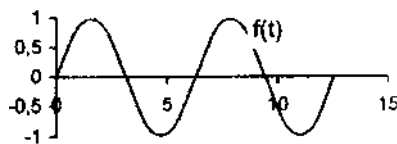
Ezeknél az egyenlőségeknél nem engedhetjük meg az egyenlőséget, hiszen például egy f frekvenciájú szinuszjelet $2f$ frekvenciával mintavételezve pontosan a jel nullátmeneteit kaphatjuk meg. (2.1. ábra). Ha például egy analóg jel maximális frekvenciája 2 kHz, akkor 4 kHz – nél nagyobb mintavételi frekvenciára van szükség, ha meg akarjuk tartani, és vissza akarjuk nyerni a pontos hullámformát.



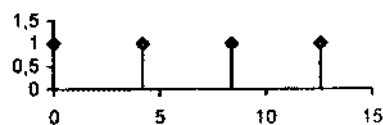
2.1.ábra Egy f frekvenciájú rezgés mintavételezése $f/2$ frekvenciával

2.2.1 Az Aliasing jelenség

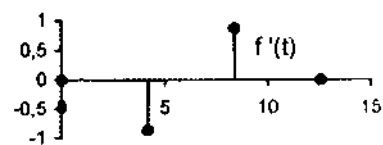
Ha egy jel mintavételezése a legnagyobb kétszerese alatt történik, vagyis mintavételezéskor a szükségesnél kevesebb mintát vesznek, akkor az angolszász irodalomban *aliasing* néven ismert jelenség lép fel. Ennek során olyan spektrális komponensek jelennek meg, amelyeket a jel adott esetben nem is tartalmaz (2.2.ábra).



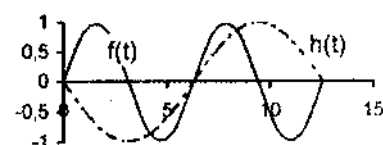
a,



b,



c,



d.

Egy f frekvenciájú jelet (a) $\Delta t > 1/2f$ időnként mintavételezünk (b), amely a 2.2.c ábrán ábrázolt mintavételi értéket adja. Látható, hogy a 2.2.d ábrán jelen van egy másik frekvenciájú $h(t)$ jel is, amelyet Δt időközönként mintavételezve ugyanazt az értéket adja, mint az $f(t)$ jel.

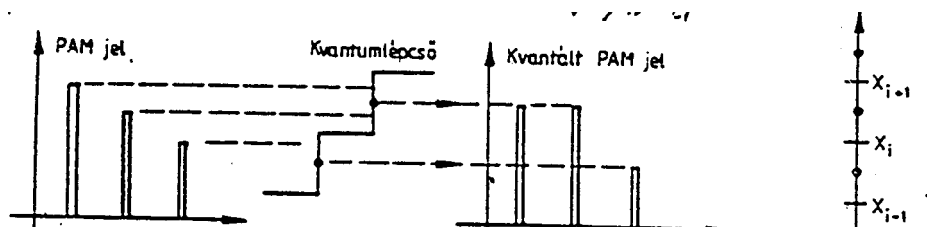
Ezért nehéz megállapítani, hogy valójában melyik jel áll megfigyelés alatt.

2.2.ábra Aliasing jelenség szemléltetése

Ez a hatás hasonló a régi filmekben tapasztalható hatáshoz, amikor is egy gyorsan közlekedő kocsiküllős kerekeit lassan hátrafele látjuk forogni. Ez a hatás annak eredménye, hogy a film minden egyes kockája egy mintavételezés, amely egy kicsit gyorsabban villan fel, mint a forgó kerék periódusideje. A küllős kerék előző helyzetéhez képest Δt idő alatt majdnem egy teljes körrel elfordul, és minden egyes képkocka ezt rögzíti, amely a kerekek hátrafelé való forgásának látványát idézi elő. Az aliasing jelenség miatt most is nehéz megállapítani, hogy melyik frekvenciával való forgást figyeljük meg.

2.3 A kvantálás

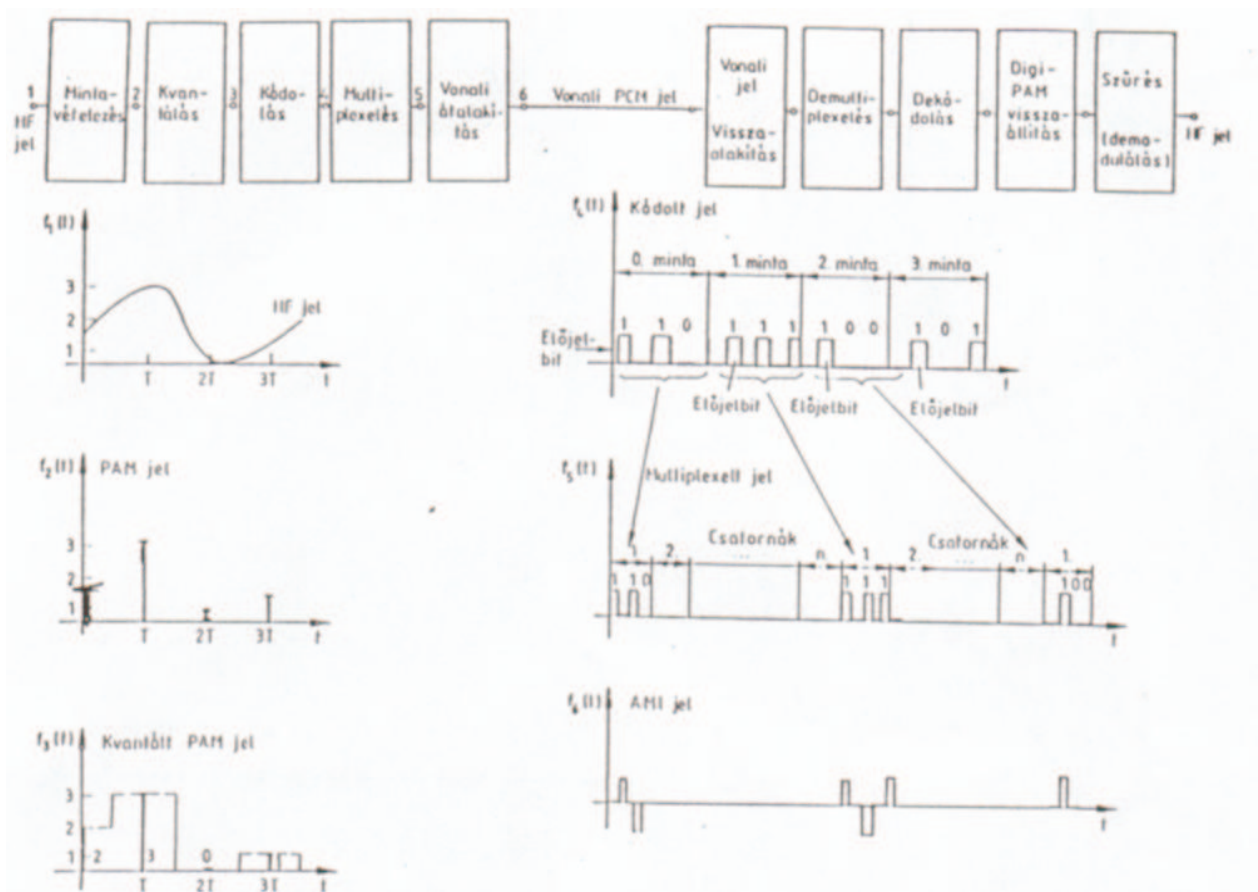
A mintavételezéssel PAM jelet kapunk, mely nem alkalmas közvetlen átvitelre, hiszen amplitúdója végtelen sok értéket vehet fel, úgymond analóg módon követi az eredeti jelet. Valójában nem is szükséges, hogy a jel amplitúdóját minden pillanatban ismerjük. Elég, ha az amplitúdó tartományát lépcsőkre bontjuk és a lépcsőkön belül a jel értékét a lépcsők középpértékeivel vesszük figyelembe. Ezt nevezzük a jel **kvantálásának**.



2.3.ábra A kvantálás elve

Ha a kvantumlépcsőket elég kicsire választjuk, akkor a torzítás egy bizonyos megengedett szinten tartható. Ha a kvantumlépcső felső határát kicsire választjuk, akkor levágási hiba keletkezhet. Ez azonos az analóg rendszereknél használt amplitúdókorlátozó (limiter) szerepével. A kvantált jel még alkalmatlan az átvitelre, mivel a hozzáadódó zajok a kvantálási

hibával együtt elég nagy torzítást okoznak. A kvantált jel és a PAM jel közt az a lényeges különbség, hogy a kvantált jel amplitúdója véges, vagyis csak diszkrét értékeket vehet fel. Amennyiben a kvantált jelet kódoljuk, úgy megszüntetjük a zajra való érzékenységet. Vagyis a kvantumlépcsők nagyságát bináris kódszavakkal írjuk le, és ezeket visszük át az átviteli rendszeren. Ezáltal **PCM jelet** hoztunk létre, amely legalkalmasabb a digitális átvitelre. Bár a PCM jel alkalmas a digitális átvitelre, de ha nem lenne multiplexelhető, nem lenne gazdaságos az átvitel. Mivel digitális jelcsomagok (PCM kódszavak) hordozzák az információt, ezért több csatorna kódszavai egymás mellé rakhatók.



2.4. ábra A PCM összeköttetés jelalakjai

Azért, hogy az átviteli közeget gazdaságosan kihasználjuk, a csatornák kódszavait az adási oldalon előre meghatározott rendszer szerint egymás mellé rakhatjuk. Ezt **multiplexelésnek** nevezzük. Mivel a PCM jel közvetlen átvitelre nem alkalmas, ezért ezzel át kell kódolni. Ezt a műveletet **vonali kódolásnak** nevezzük.

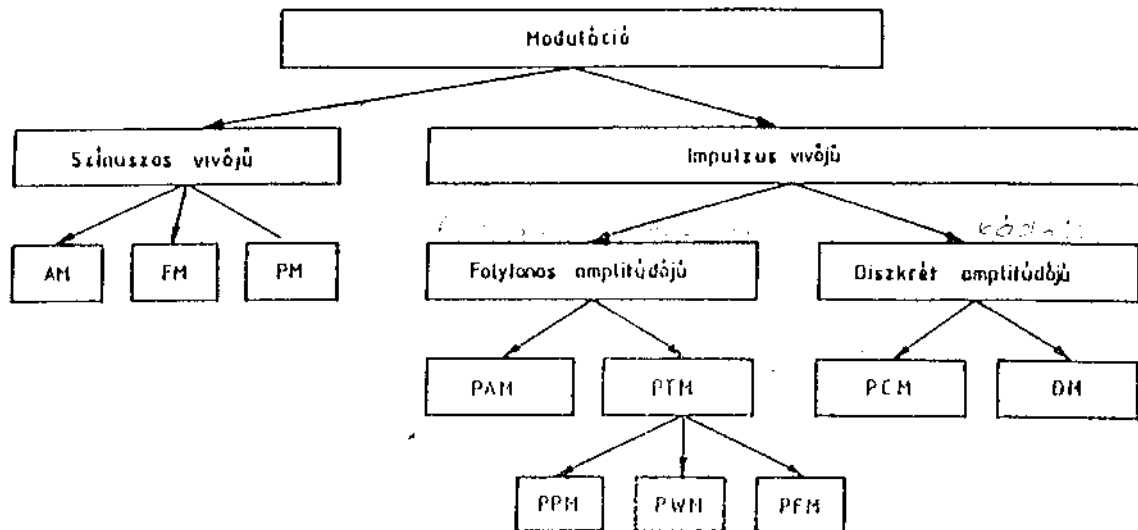
Ezt a jelet a vevőben vissza kell alakítani binárisá. Ha a vételi oldalon tudjuk, hogy az adási oldalon milyen rendszer szerint raktuk egymás mellé a kódszavakat, és tudjuk, hogy a kódszavak közül melyik az első, akkor a csatornák kódszavai könnyen szétválaszthatóak. Ezt **demultiplexelésnek** nevezzük.

Ha a szétválasztott csatorna kódszavakból egyszerű D/A konverterrel visszaállítjuk az eredeti kvantált jelet, akkor **dekódoljuk** a digitális jelet. Ezáltal gyakorlatilag PAM jelet kapunk, melyet, ha megfelelő sávzélességű aluláteresztő szűrőre viszünk, az eredeti analóg jelet kapjuk vissza. A vételi oldal jelalakjai hasonlítanak az adási oldaléhoz, csak a konverzió aránya ellentétes.

3 A PCM, mint moduláció

A távbeszélő technikában a beszédjel frekvenciatartománya 300...3400 Hz között váltakozik, míg az amplitúdótartománya kb. 40 dB. Ha a jelet erősítés nélkül, vezetéken akarjuk továbbítani, akkor ez csak néhány száz 10 km-es távolságig sikerülhet.

Ha viszont a jelet moduláljuk, áttehetjük azt egy másik tartományba, ahol az átviteli úthoz alkalmazkodva (pl. levegő, optikai szál, stb.) megsokszorozhatjuk az átviteli távolságot. Ezáltal a jel eredeti információtartalmából nem veszít, sőt az meg sem változik, ellenben kevésbé lesz érzékeny a zajokra és torzításokra, valamint lehetőség nyílik a multiplexelésre, vagyis több információ egyidejű átvitelére. A PCM jel is modulált jel.



3.1.ábra A modulációs eljárások áttekintése

A modulációs eljárásokat két nagy csoportra oszthatjuk:

Szinuszos vivőjű moduláció

Impulzus vivőjű moduláció

3.1 A szinuszos vivőj moduláció

Attól függően, hogy a modulálójelet folytonosan a modulációs termék mely paramétere követi, megkülönböztetünk amplitúdó-, frekvencia-, ill. fázismodulációt.

Az analóg modulációk jellemzője, hogy többé-kevésbé zajérzékenyek. A fent említett modulációkkal multiplex rendszereket alakíthatunk ki. Ezeket frekvenciamultiplex rendszereknek nevezzük (FDM- Frequency Division Multiplex)

3.2 Az impulzus vivőj moduláció

Ellentétben a szinuszos vivőjű modulációval, az impulzus vivőjű moduláció időben nem folytonos, hanem diszkrét.

Az impulzus vivőjű moduláción belül is kialakíthatunk két modulációs csoportot:

Folytonos amplitúdójú moduláció

Diszkrét amplitúdójú moduláció

Folytonos amplitúdójú moduláció esetén a modulálandó jel amplitúdójával arányos a modulált impulzus valamely paramétere (szélessége, helyzete, száma, stb). A folytonos amplitúdójú modulációs eljárások esetében továbbra is megmarad a zaj torzító hatása. Ezen modulációs eljárásokon belül megkülönböztetünk impulzus-amplitúdó-, impulzus-helyzet-, impulzus-szélesség-, ill. impulzus-frekvencia modulációkat.

A diszkrét amplitúdójú moduláció esetén az eredeti jel egészen addig nem sérül meg, amíg az alapinformációt alkotó 0-k és 1-ek értékét a zaj meg nem változtatja. A diszkrét amplitúdójú modulációs eljárás előnye a zajtűrő képesség, az egyszerű áramköri megvalósítás, valamint az információtarolhatóság (az információ digitális formában rendelkezésre áll). Ezen modulációs csoportot az impulzuskód-modulációs, valamint a delta-modulációs eljárások alkotják.

3.3 PCM- Impulzuskód-moduláció

Ezen modulációs eljárásnál az átviendő jelet az impulzussorozat kódolva tartalmazza, mely zajokra, torzításokra érzéketlen és generálható a vonalon. Több lépcsőben, magasabb multiplexeléssel PCM hierarchia valósítható meg.

Az impulzuskód-moduláció a legelterjedtebb időmultiplex (TDM-Time Division Multiplex) eljárás, mely analóg források jelének átvitelére szolgál.

4 PCM hierarchiák

Egy országos hírközlő hálózat nyomvonalonként több száz, esetleg több ezer csatornát igényel. Ezt persze nem célszerű kis csatornaszámú rendszerekkel felépíteni. Ezért kifejlesztették a magasabb szintű PCM rendszereket az FDM (frekvenciamultiplex) rendszerek analógiájára. Két, egymástól teljesen eltérő PCM hierarchia terjedt el a világon. Az egyik az amerikai és japán érdekeltségű területeken, a másik az európai országokban .

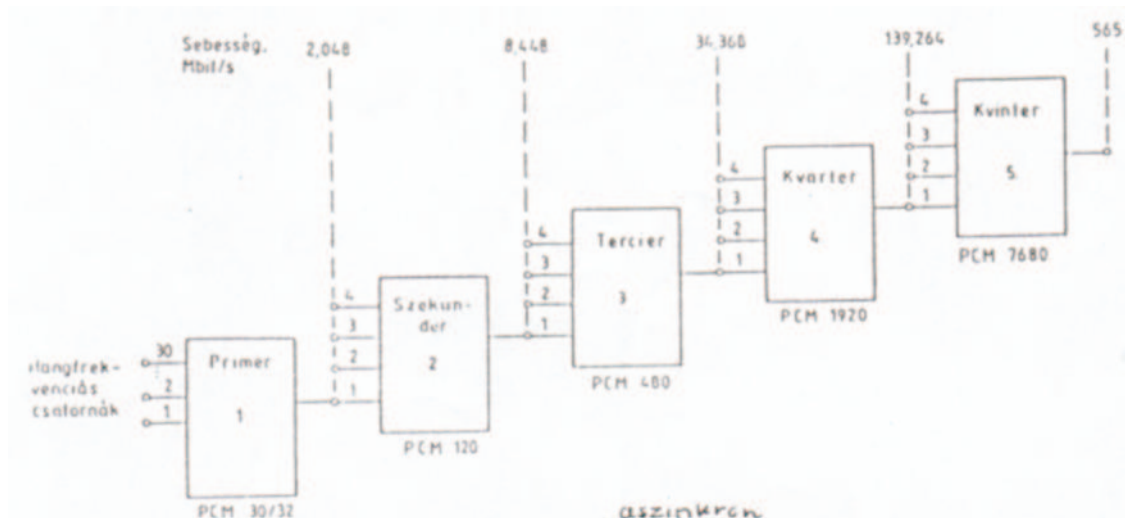
Ám a CCITT mind a kettőt szabványosította (4.1.ábra)

PCM változatok	PCM	1 Primer	2 Szekunder	3 Tercier	4 Kvarter	5 Kvinter	
Európa	Sebesség, Mbit/s	2,048	8,448	34,368	139,264	565	
	Csatornaszám, db	30	120	480	1920	7680	
	Átviteli közeg	Szimmetrikus kábel		Koax kábel		Fénykábel	
		Mikrohullámú berendezések					
Amerika	Sebesség, Mbit/s	1,544	6,312	44,736	274,176		
	Csatornaszám, db	27	96	672	4032		
	Átviteli közeg	Szimmetrikus kábel		Koax kábel		Fénykábel	
		Mikrohullámú berendezések					
Japán	Sebesség, Mbit/s	1,544	6,312	32,064	97,728		
	Csatornaszám, db	24	96	480	1440		
	Átviteli közeg	Szimmetrikus kábel		Koax kábel		Fénykábel	
		Mikrohullámú berendezések					

4.1.ábra A különböző aszinkron PCM hierarchiák

Az európai hierarchiát véve alapul, láthatjuk, hogy minden magasabb szintű berendezés, négy alacsonyabb szintű berendezés összefogásából hozható létre (4.2.ábra).

Látható, hogy a magasabb szintű PCM rendszerek működési sebessége mindig több, mint négyszer nagyobb az alacsonyabb szintű PCM rendszerek sebességénél. Erre az aszinkron üzemmód miatt van szükség.



4.2. ábra Az európai aszinkron PCM hierarchiák

Attól függően, hogy az alacsonyabb szintű rendszerek működési sebességei mennyire térnek el egymástól, ezen rendszerek összefogásakor kiigazítóbiteket kell beiktatni.

A magasabb szintű PCM rendszerek kifejlesztését nagy mértékben meghatározza az alkatrészek működési sebessége. Optikai kábelen telepíthetünk bármilyen PCM rendszert, melyet akár a legnagyobb sebességig bővíthetünk.

Vannak olyan PCM berendezések is, amelyek nem PCM hierarchia szerint épülnek fel: A szekunder PCM jelet közvetlenül a csatornák jelének egyesítésével is elő lehet állítani. Viszont ekkor nincs lehetőségünk a 30 csatornás csoportok leágaztatására, rendezésére.

A tízcsatornás PCM rendszerek, melyeknek sebessége 0,704 Mbit/s beleillenek a PCM hierarchiába. Ezeket a rendszereket helyi hálózatban előfizetői célokra használják.

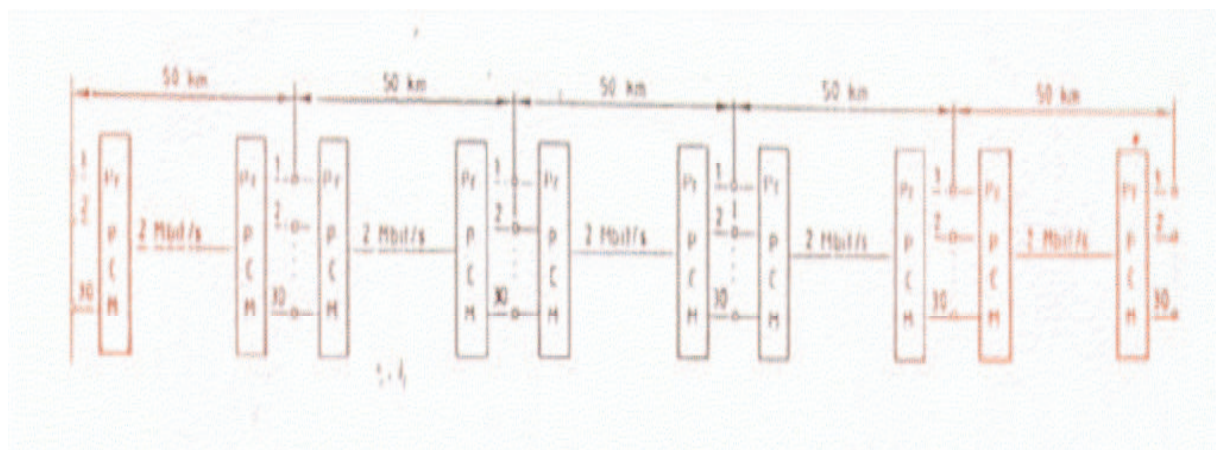
Három ilyen rendszerből, szinkronizálva egy 30 csatornás rendszer alakítható ki.

A PCM hierarchiába azok a berendezések nem illeszkednek, amelyek FDM jelet PCM jellé alakítanak át és az analóg – digitális hálózatok együttes létezésében van jelentőségük. Ezek a **transzmultiplexerek**.

A transzmultiplexerek egy főcsoportból két primer PCM jelet állítanak elő.

A CCITT a PCM berendezésekre is kidolgozta az elméleti referencia – összeköttetéseket (G-721-es ajánlás). Mivel egy országon belüli szakasz bármikor egy nemzetközi szakasz részét alkothatja, ezért az előírt paraméterek betartása minden ország számára létfontosságú. Ha az ország saját szakaszán nem tartja be a rá vonatkozó előírásokat, ezzel ronthatja a nemzetközi szakasz minőségét is. Ezért akár ki is zárhatják az illető országot a nemzetközi forgalomból.

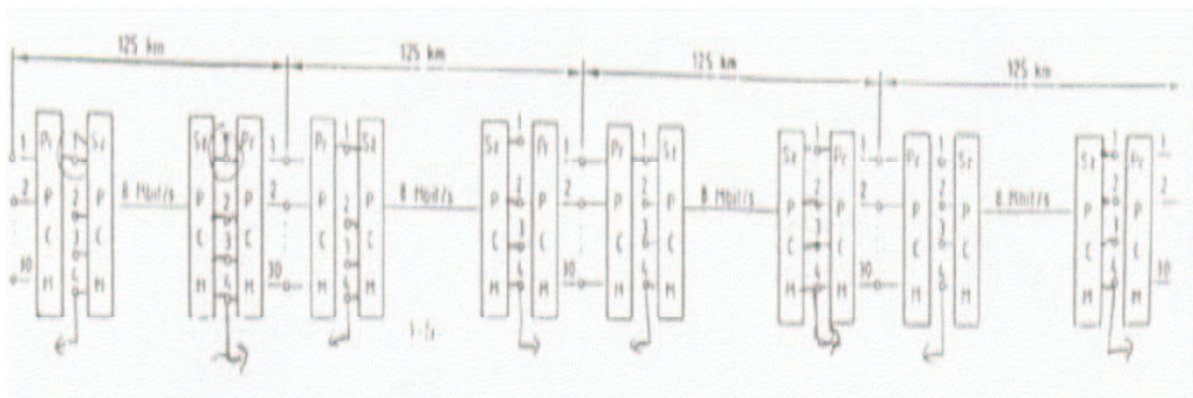
A primer PCM berendezés paramétereit ezen elméleti – referencia áramkörök szerint határozzák meg. (4.3.ábra) A 64 kbit/s - os interface-t bármely csatorna helyett lehet használni.



4.3.ábra Elméleti referenciaút a 2,048 Mbit/s – os rendszerhez

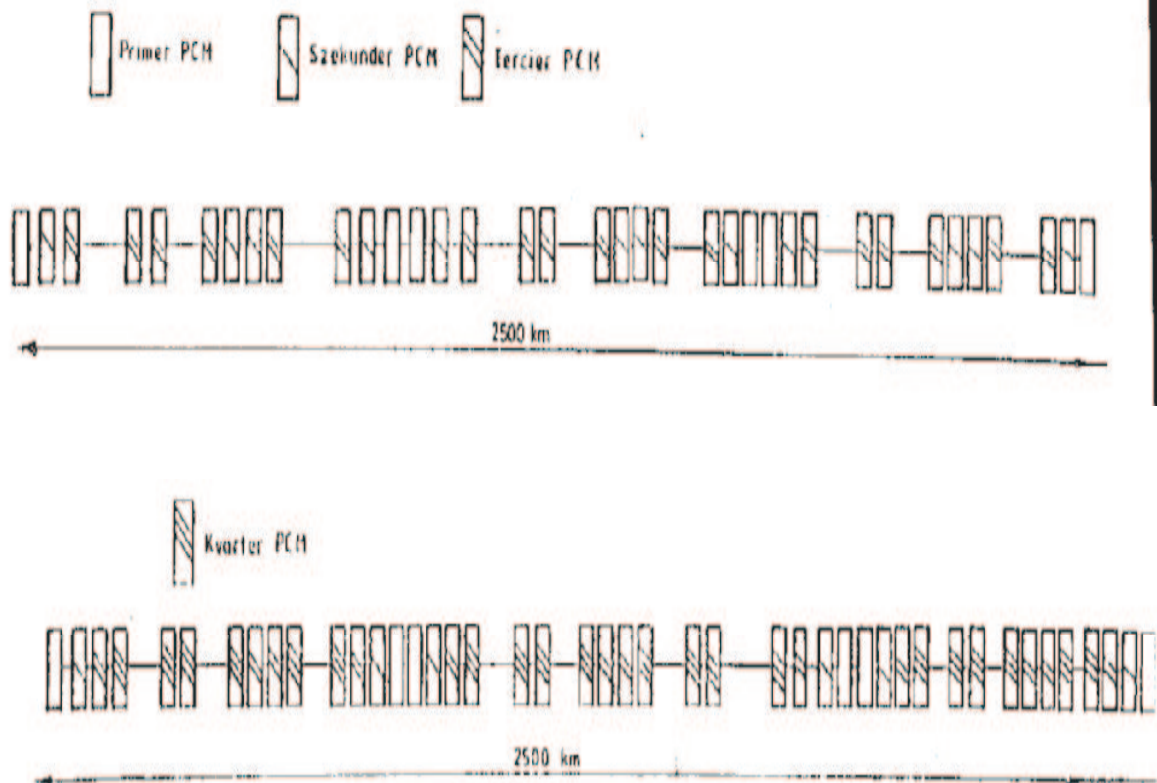
A 4.4.ábrán csak egy PCM berendezés látható a csatlakozásnál, de az 1...4 csatlakozópontokra 1...4 primer PCM csatlakozik.

Ezekon a lebontópontokon lehet szétágazni különböző nyomvonalakra.



4.4.ábra Elméleti referenciaút a 8,448 Mbit/s – os rendszerhez.

A következő két ábra (4.5 ;4.6) csak szemléletesen jelöli a különböző PCM berendezéseket. A referencia-összeköttetésben a csatornaszintű lebontás és tranzitálás csak csak kétszer fordul elő (4.5.ábra). Primer és szekunder tranzitálás csak háromszor megengedett.



A 4.6.ábra a kvarter PCM referencia-összeköttetését szemlélteti.

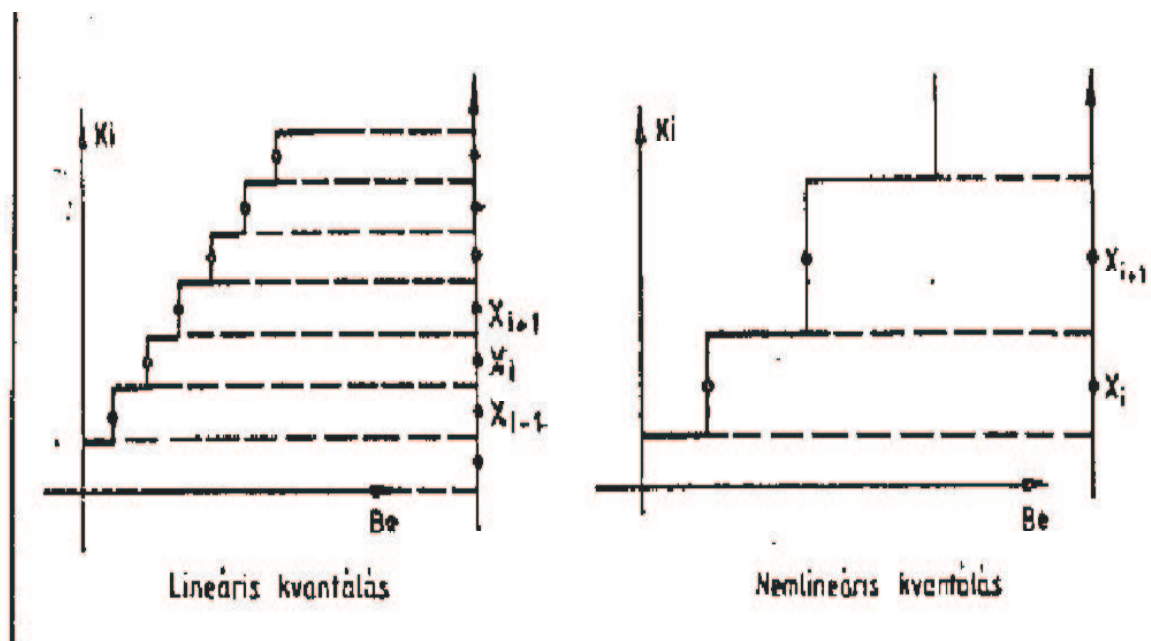
Minden PCM ajánlás az elméleti referencia-összeköttetésre épül, függetlenül attól, hogy berendezésre vagy vonalszakaszra vonatkozik.

A referencia-összeköttetésben lévő tranzitáló pontok számát figyelembe véve következtet a megengedhető hibák értékére.

5 Kvantálási karakterisztikák

Ha a PAM jel amplitúdóját kódolnánk, végtelen sok kódszót kapnánk. Ezért is nem kell ekkora pontossággal megadni a PAM jel amplitúdóját. Elegendő, ha az amplitúdó tartományt lépcsőkre bontjuk, és a jelet mindig a lépcső középértékével vesszük figyelembe.

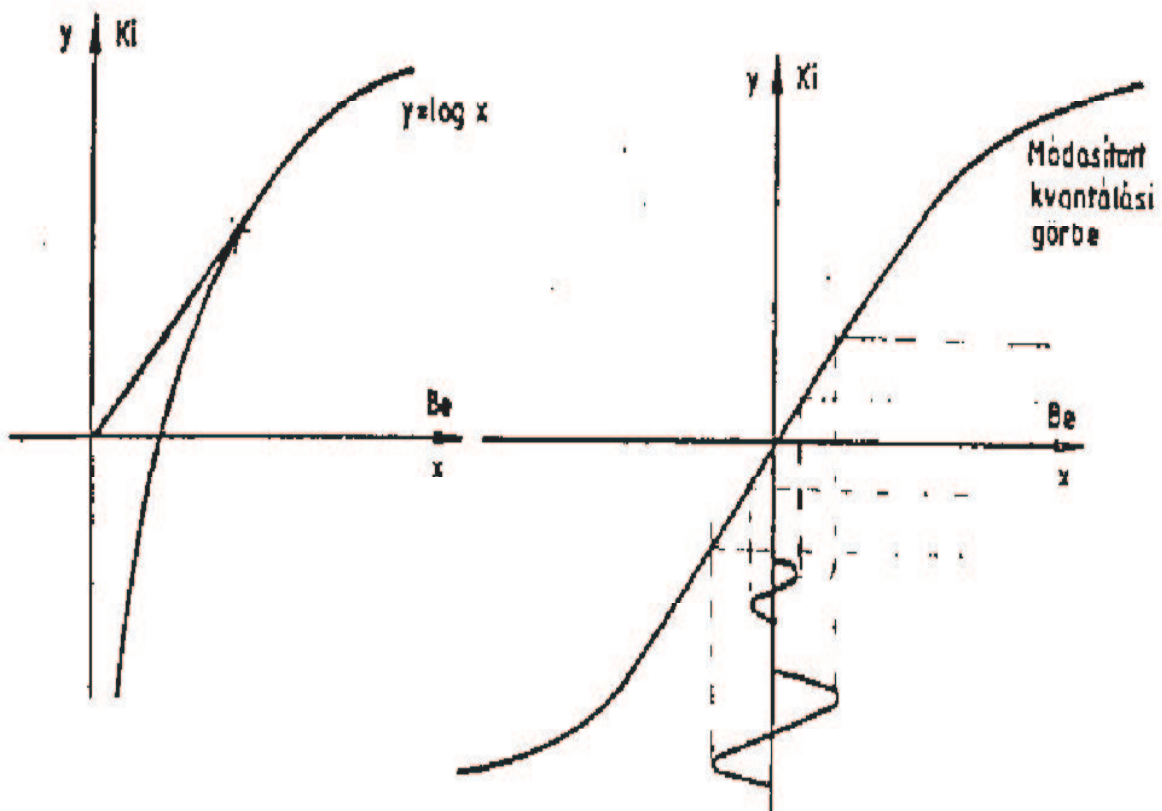
Amennyiben a lépcsők nagysága az amplitúdó teljes tartományában állandó, akkor lineáris kvantálásról, amennyiben a lépcsők nagysága változik, akkor nemlineáris kvantálásról beszélünk.(5.1.ábra)



Az 5.1. ábrán láthattuk a lineáris és nemlineáris kvantálás közti különbséget.

A két módszerrel elméletileg azonos eredményt kaphatunk. Az első módszert a mérés technikában, míg a másodikat a beszéd- és zeneátvitelben használják.

Az 5.2. ábrán látható, hogy a logaritmus kvantálási görbe kis szintekre lineáris és az origóra szimmetrikus. Attól függően, hogy a beszédjelet milyen matematikai függvénnyel közelítjük, számtalan kvantálási görbét állíthatunk elő. Tehát lehet szó exponenciális, parabolikus, hiperbolikus kvantálási karakterisztikáról.



1.2. ábra A logaritmus kvantálási görbe

A beszédjel kvantálására a logaritmus görbe a legmegfelelőbb.

5.1 A „ μ ” karakterisztika

A CCITT a 24 csatornás rendszerekhez az ún. „ μ ” karakterisztikát ajánlja. A μ karakterisztika az $Y = \ln(1 + \mu x) / \ln(1 + \mu)$ egyenlettel adható meg.

A μ karakterisztika kvantumlépcsői 7 bittel jellemezhetők.

5.2 Az „A” karakterisztika

A CCITT G 711-es ajánlása a 30/32 csatornás primer PCM rendszerekhez az ún. „A” karakterisztikát javasolja. Az „A” karakterisztika az $Y = (1 + \ln Ax) / (1 + \ln A)$ egyenlettel adható meg.

Az „A” karakterisztika kvantumlépcsői 8 bittel írhatók le. A tört vonalas karakterisztikát 13 szegmenses vagy 7 szegmenses karakterisztikának is nevezik.

Minden szegmensben 16 lépcső van, viszont a lépcső nagysága a szegmensektől függően változik. De egy szegmensen belül a lépcsőnagyság állandó, hisz a tört vonalas egyenes meredeksége is állandó.

A teljes tört vonalas karakterisztika 256 lépcsőből áll, melyek 8 bit kombinációval írhatók le. Hol helyezkedhet el a beszédjel a kvantálási tartományban ?

Ha a beszédjelek nagyok, akkor a legnagyobb kvantumlépcső után csúcslevágás következik be. Ez hasonló az analóg rendszerek működéséhez. Ellenben, ha a beszédjelek kicsik, akkor rosszul érthetők és a zaj zavaró hatása is jobban érződik.

Ezekből a megállapításokból logikusan az következne, hogy a beszédjel átlaga a kvantálási karakterisztika közepére essen. De vannak hangosan-, ill. halkán beszélő emberek, vannak

jó minőségű-, ill. kevésbé jó minőségű telefonkészülékek. Az átlagos beszéd szint nemenként is más, de még a különböző nyelvek beszéd szintje is változó.

A mérőjel szintjét a CCITT G711-es ajánlása $-3,14$ dBm0-ban határozta meg. Vagyis a 0 relatív szint a maximális szint alatt $3,14$ dB - re van. A mérőszint alatt 16 dB - el van az átlagos beszéd szint.

A kvantálással szembeni legfontosabb követelmény, hogy a kvantálási torzítás minimális értéken tartható legyen. A kvantálási torzítást nevezhetjük kvantálási zajnak is.

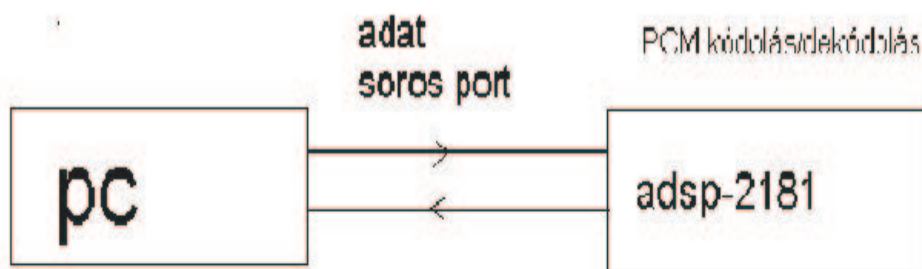
A szegmenseken belül a valódi és a kvantált érték közötti különbséget négyzetesen összegezve a kvantálási zajt kapjuk meg. A számításokból következik, hogy a törtvonalas karakterisztika zaja maximum $0,5$ dB - el tér el a folytonos karakterisztika zajától.

Tehát ennyi veszteségért cserébe a kódolhatóságot és az egyszerű áramkörü megvalósítást kapjuk.

6 A PCM kódolás és dekódolás vizsgálata

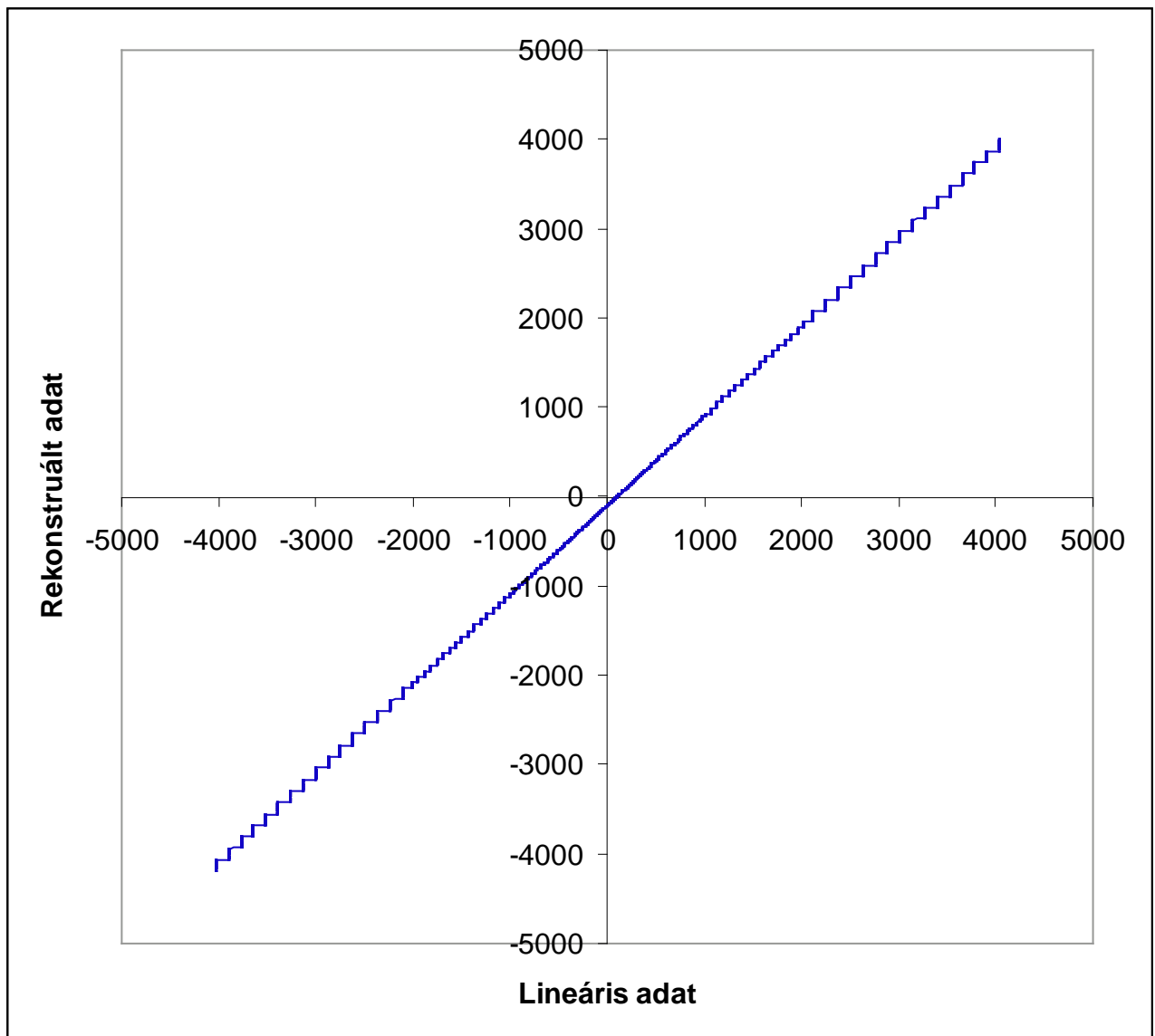
A vizsgálat elvégzéséhez az ADSP-2181 digitális jelprocesszorban megvalósított PCM algoritmusokat használtunk. A processzort egy PC-vel kötöttük össze soros porton, így a LABVIEW-ban készített elemző programba integráltuk.

A rendszer vázlata a következő ábrán látható:



A vizsgálat vázlete:





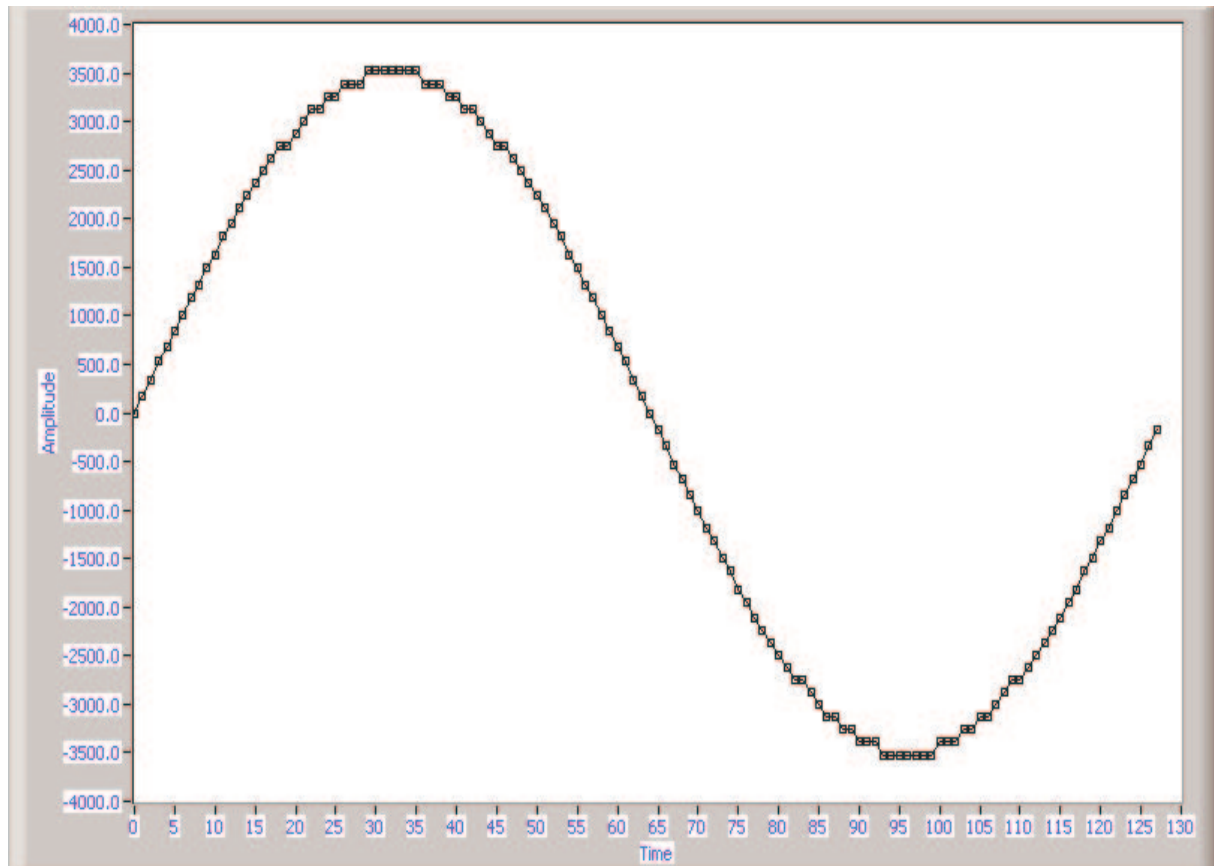
6.1 Az „A” kvantálási karakterisztika

Az „A” kvantálási karakterisztika a 14 bites szinuszos jelt a PCM kódolóra viszi, ahonnan a jel kódolás után 8 bites kódolt adatként egy adatátviteli közegen keresztül egy PCM dekódolóra kerül. Innen dekódolás után újra 14 bites adat kerül ki.

Természetesen ez a tömörítés nem veszteségmentes. Ezért is az átalakított jelünk kissé eltér az eredeti jeltől.

Látható, hogy ahol kisebb az amplitúdó, ott kisebb a torzítás is és ez fordítva is igaz.

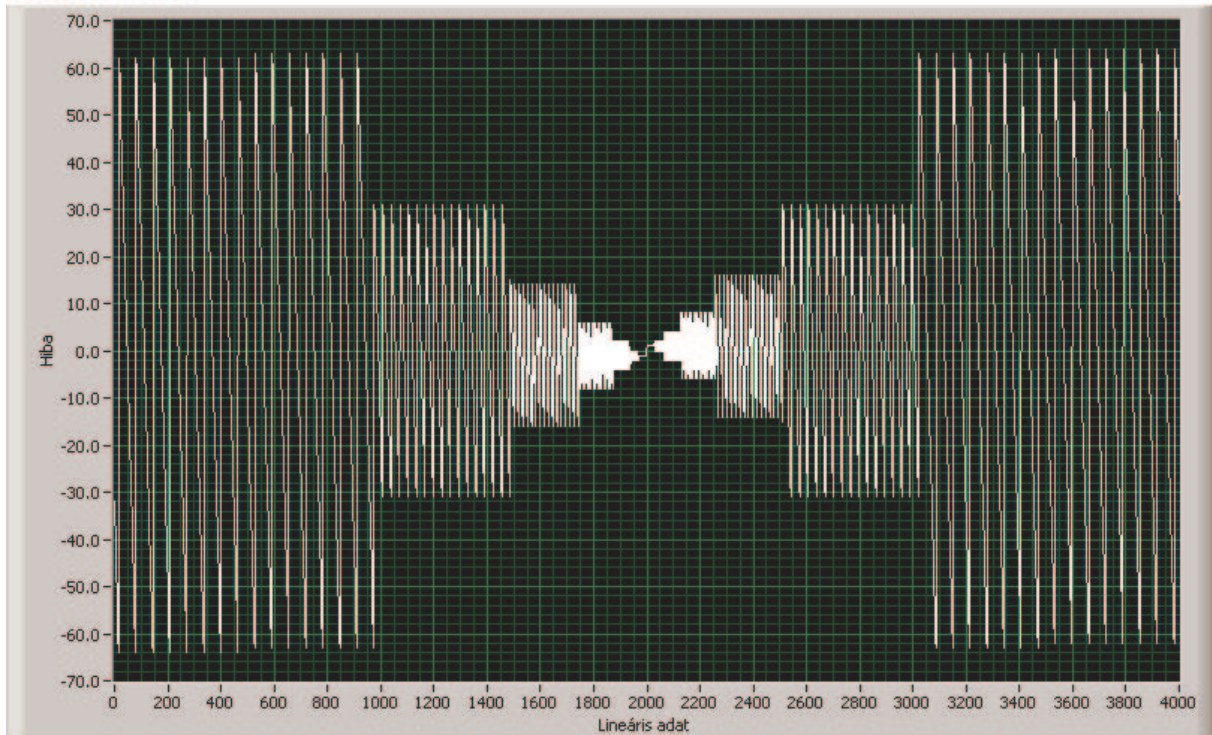
A következő diagrammon jól látható az átvitt adat torzítása az idő függvényében



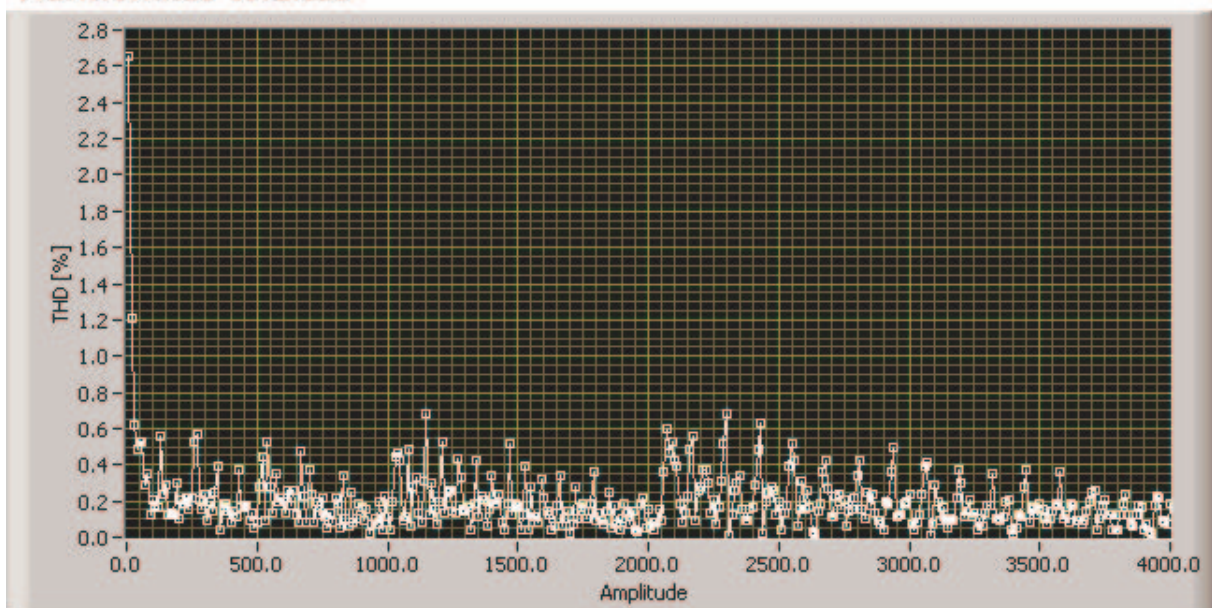
A statikus hiba bemutatásánál igen jól kitűnnek a szegmentálások. Ez az abszolút hiba mely az átviteli közeg és a kódolás torzítását tükrözik.

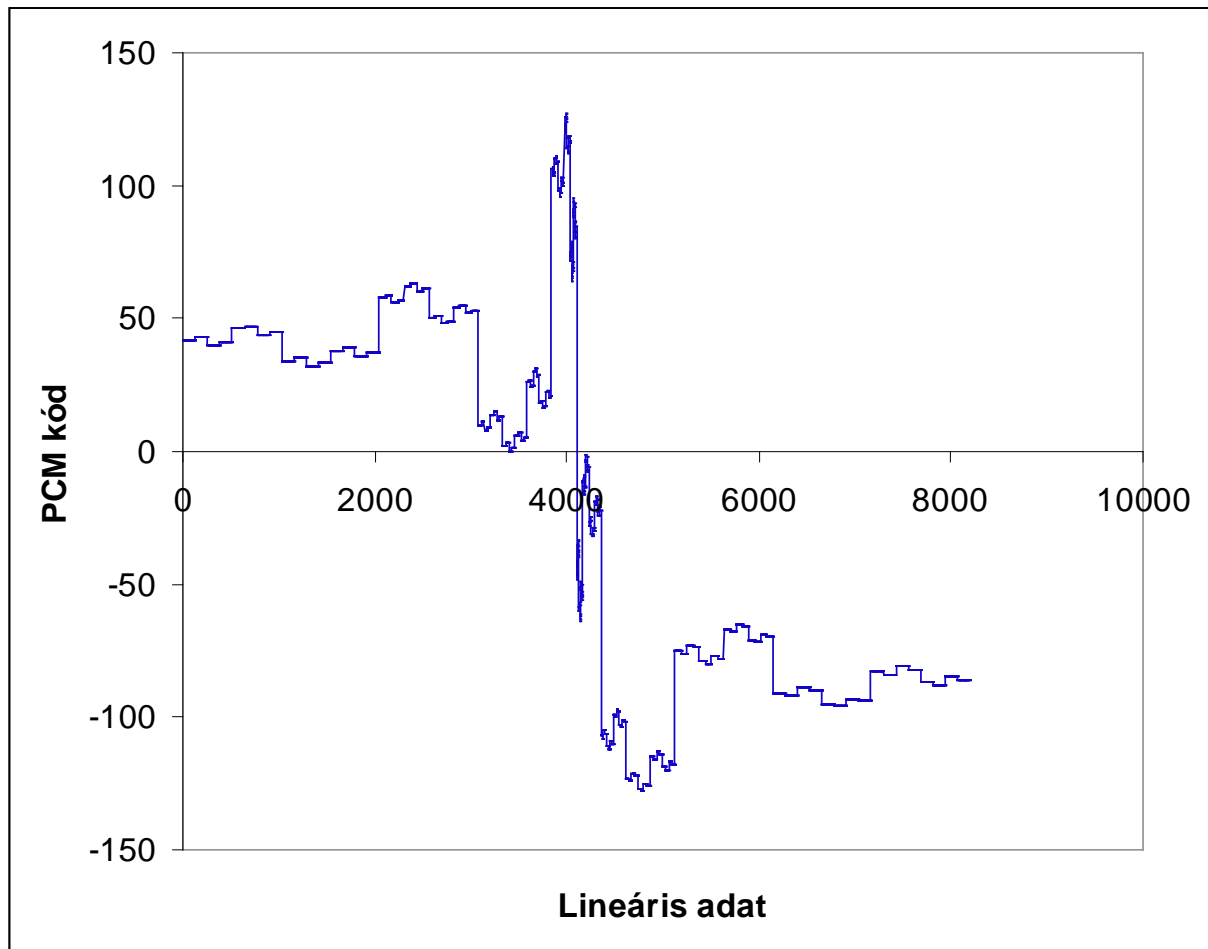
A harmonikus torzítás diagramon jól látható, hogy kis amplitúdónál a torzítás nagy, de aztán átlagolódik és ezen az átlag értéken marad meg végig.

Statikus hiba

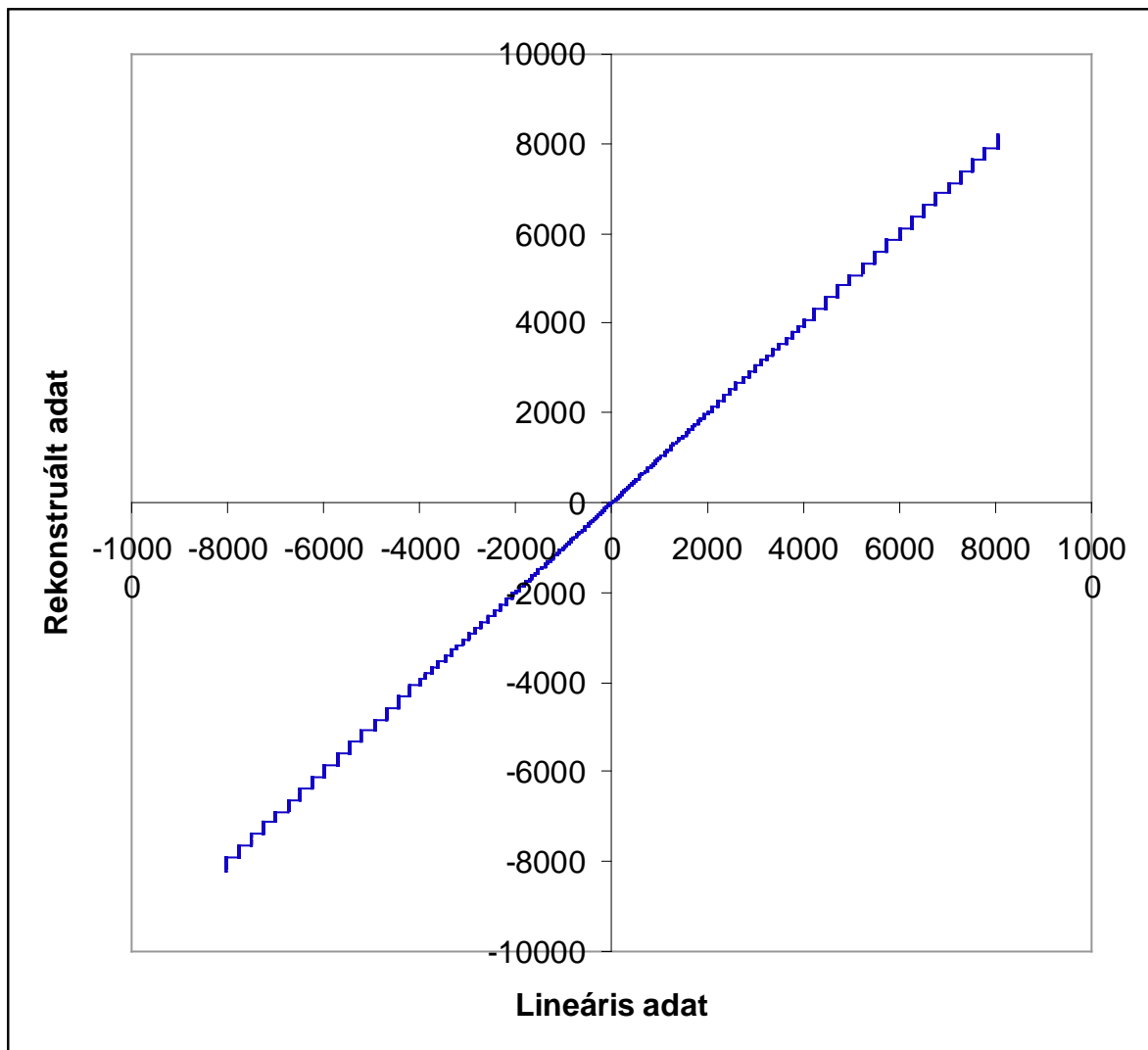


Harmonikus torzítás





Az itt látható diagramon az A kvantálási karakterisztika 13 bitjét átalakított 8 bites kódolt adat látható.



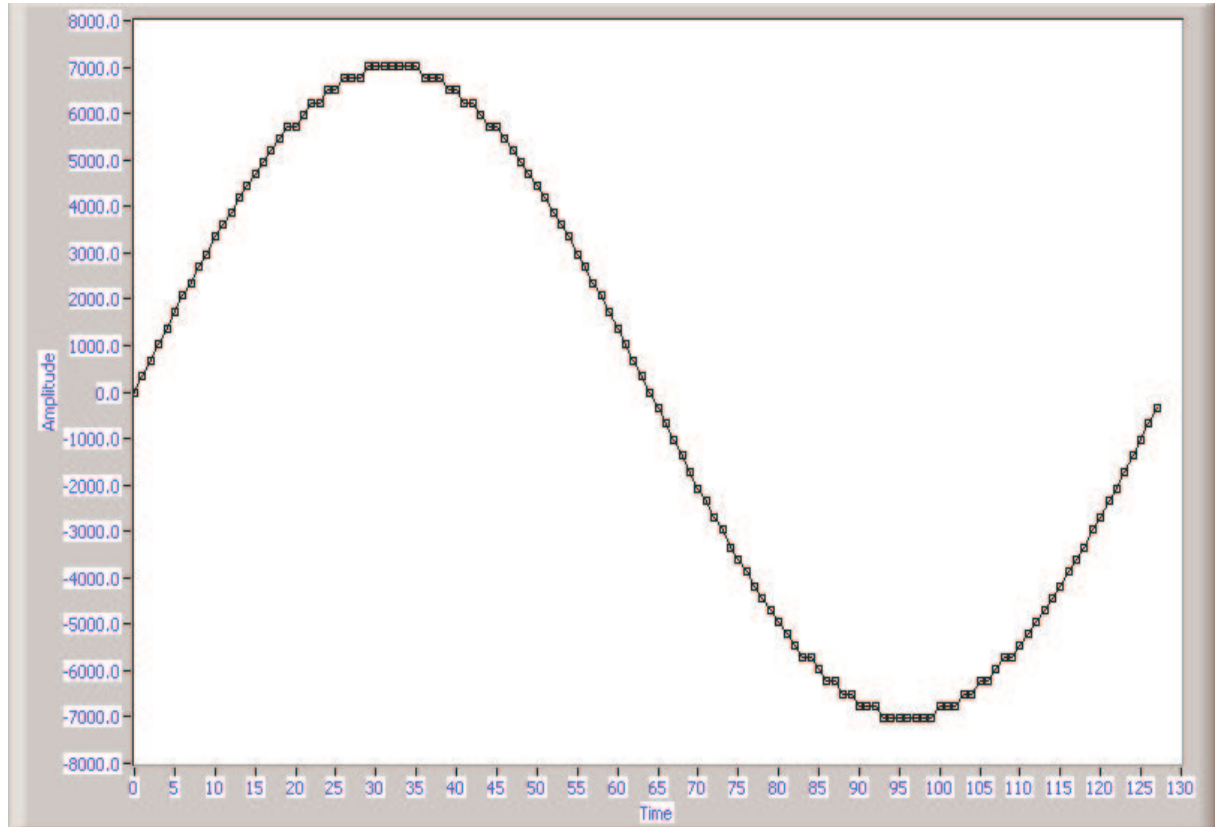
6.2 A „ μ ” kvantálási karakterisztika

Az „ μ ” kvantálási karakterisztika a 13 bites szinuszos jelt a PCM kódolóra viszi, ahonnan a jel kódolás után 7 bites kódolt adatként egy adatátviteli közegen keresztül egy PCM dekódolóra kerül, ahonnan dekódolás után újra 13 bites adat kerül ki.

Természetesen ez az átalakítás nem hibamentes. Ezért is az átalakított jelünk kissé eltér az eredeti jeltől.

Látható, hogy ahol kisebb az amplitúdó, ott kisebb a torzítás is és ez fordítva is igaz.

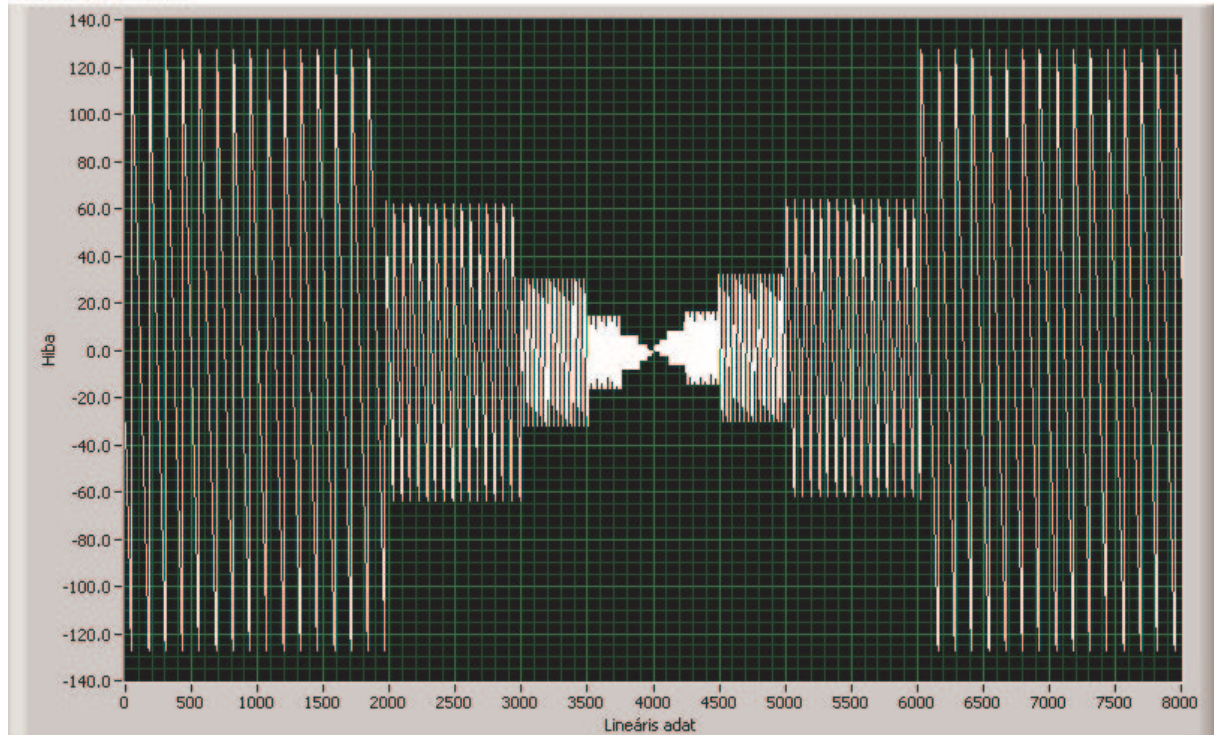
A következő diagrammon jól látható az átvitt adat torzítása az idő függvényében



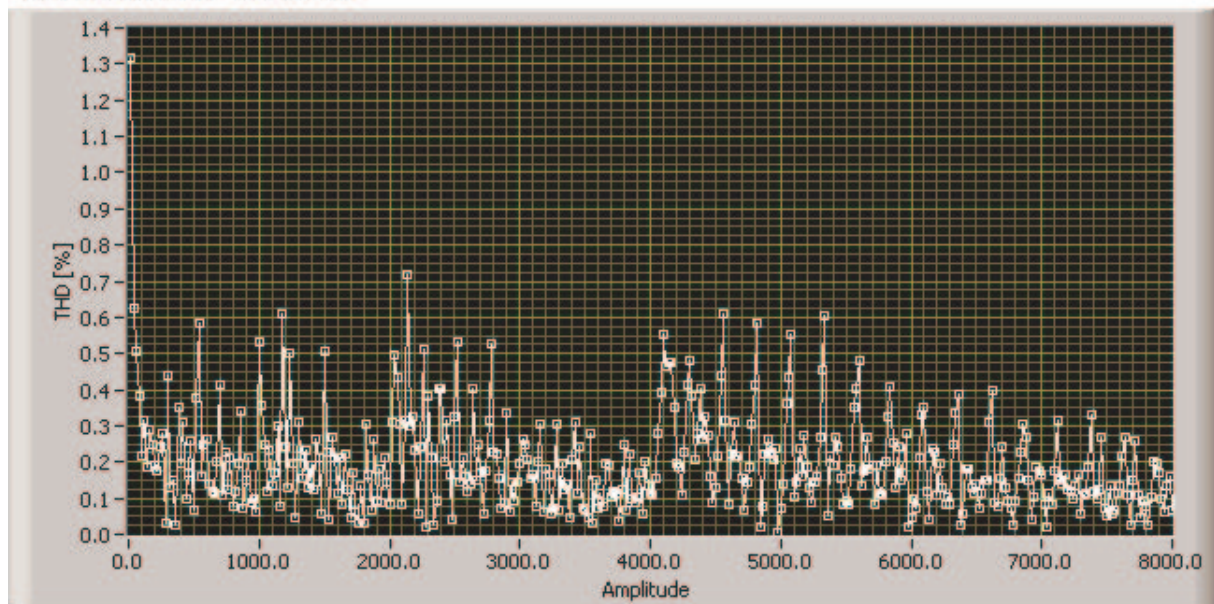
A statikus hiba bemutatásánál igen jól kitűnnek a szegmentálások. Ez az abszolút hiba mely az átviteli közeg és a kódolás torzítását tükrözik.

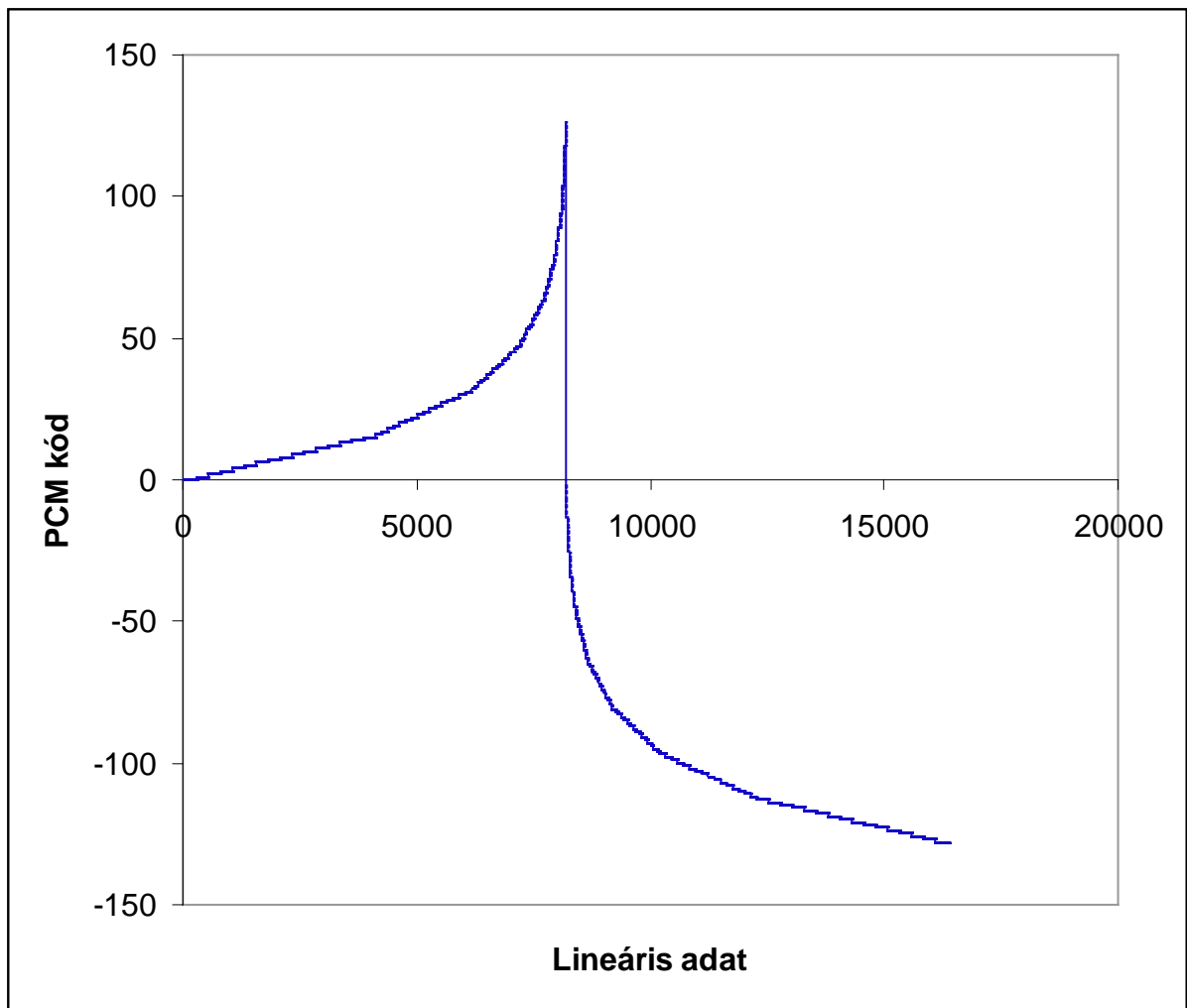
A harmonikus torzítás diagramon jól látható, hogy kis amplitúdónál a torzítás nagy, de aztán átlagolódik és ezen az átlag értéken marad meg végig.

Statikus hiba

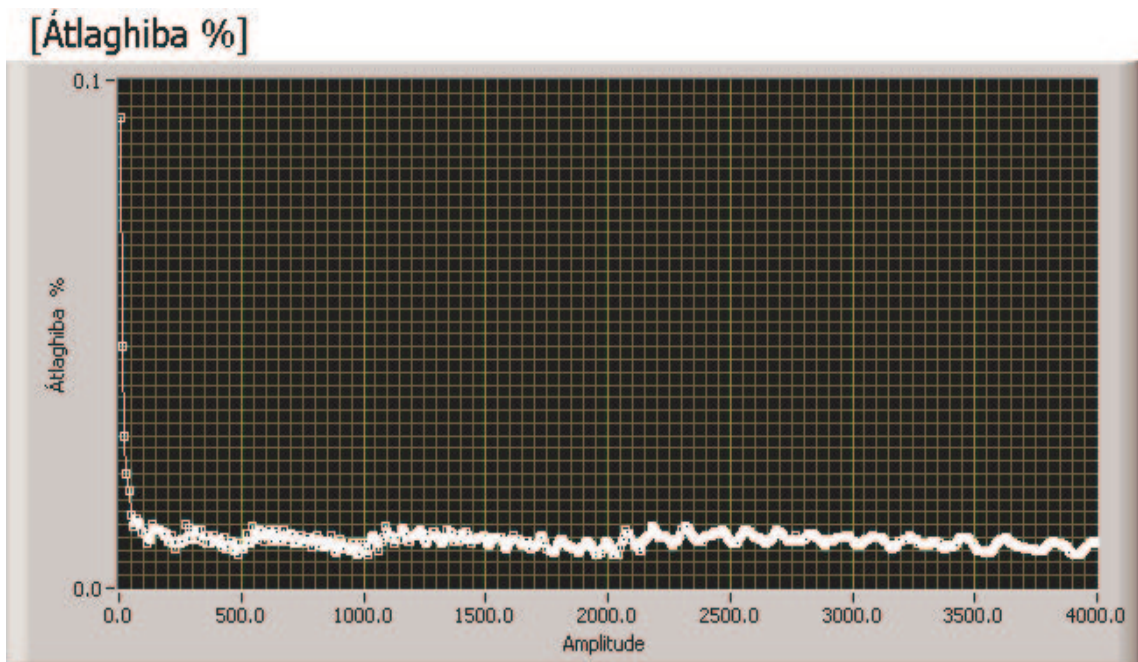


Harmonikus torzítás

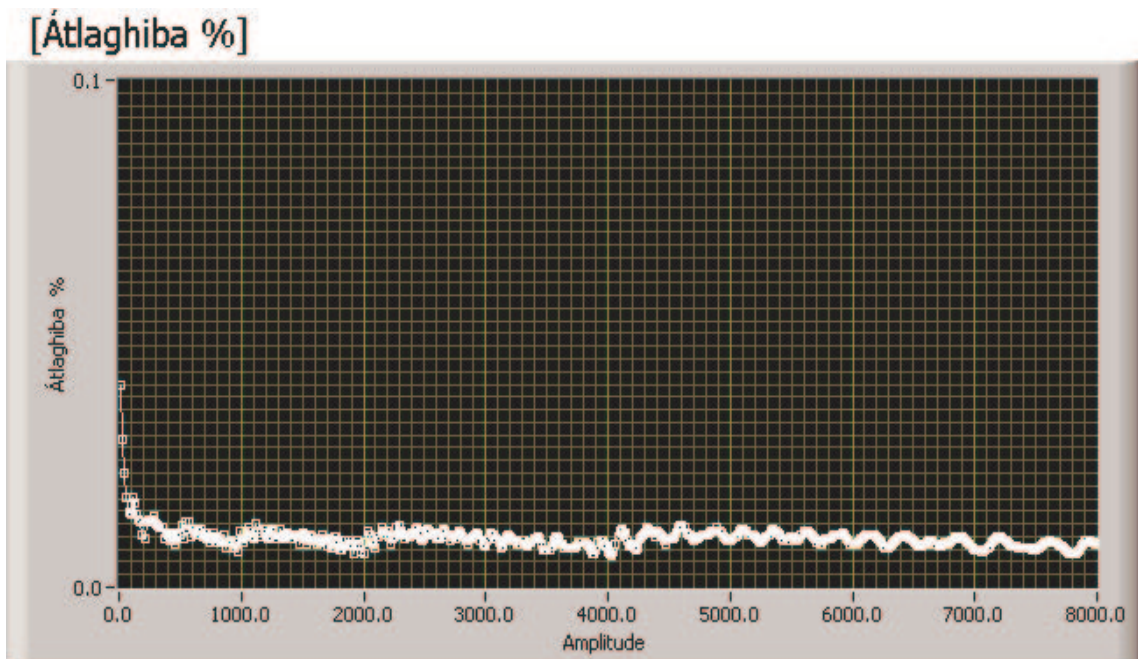




Akárcsak a A kvantálási karakterisztikánál, itt, a μ kvantálási karakterisztikánál is látható a 8 bites kódolt adat, annyi különbséggel, hogy itt nem 13 bites adatból kódol át 8 bitesre, hanem 14 bitről.



Itt látható az A és a μ kvantálási karakterisztikák átlaghibáját bemutató diagram, mely százalékosan mutat rá a hibák nagyságára.



7 Összefoglalás

Szakdolgozatom készítésekor a PCM kódolás és dekódolás megismerését és vizsgálatát tűztem ki célul. A PCM az analóg és digitális átvitel „kapcsolatteremtésének” fontos része, melynek lényege, hogy az impulzussorozat kódolva tartalmazza az átviendő jelet. A kódolás-dekódolás a mintavételezett, digitalizált jeleken történik, veszteségeket és torzításokat tartalmaz. Az Impulzus – Kód Moduláció időmultiplex eljárás, amely analóg források átvitelére szolgál.

Dolgozatom elkészítése során a LabVIEW fejlesztő rendszert használtam, amely a G-programozási nyelvnek és kiterjedt analíziskönyvtárának köszönhetően különösen alkalmas mérési és szimulációs adatok statikus és dinamikus hibáinak elemzésére. Az elkészített programok segítségével sikerült a különböző kódolási módoknál megvizsgálni a jelátvitel amplitúdótól való függését. Kiszámítottam és ábrázoltam a statikus hiba, a harmonikus torzítás és a szinuszos bemenet esetén kapott átlagos kvantálási hiba amplitúdófüggését is. Az eredményekből jól látszik, hogy a logaritmikus jellegű transzfer karakterisztika széles dinamikatartományban eredményez nagyjából amplitúdófüggetlen hibát, torzítást, ami jól megfelel a beszédhangok digitalizálásával és átvitelével szemben támasztott követelményeknek.

8 Irodalomjegyzék

1. Kriván Mihály, Posch István: Átviteltechnika II., Jegyzet
2. Andrew S. Tanenbaum: Számítógép hálózatok, NOVOTRADE Kiadó kft.-Prentice Hall, 1992
3. ADSP-2100 Family User's Manual
4. Richard J Higgins, Englewood Cliffs: DIGITAL SIGNAL PROCESSING IN VLSI
DIGITAL SIGNAL PROCESSING APPLICATIONS USING THE ADSP-2100
FAMILY, By The Applications Engineering Staff of Analog Devices, DSP, PRENTICE
HALL, Englewood Cliffs, NJ 07632

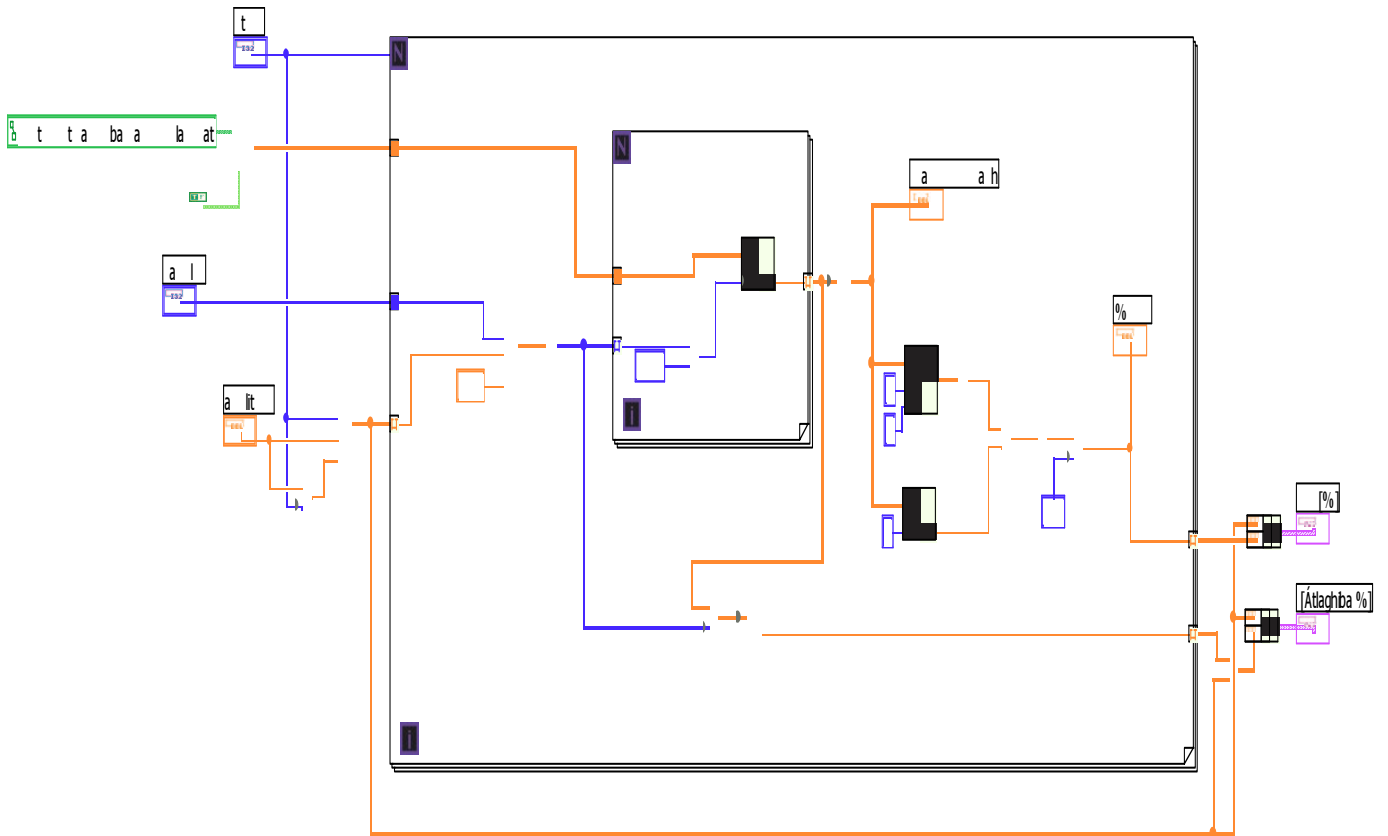
9 Köszönetnyilvánítás

Szakdolgozatomat a Szegedi Tudományegyetem JATE Természettudományi Karának Kísérleti Fizikai Tanszékén készítettem el.

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Gingl Zoltánnak, dolgozatom írása közben nyújtott segítségéért, valamint ennek elkészítése közben felmerülő problémák megoldásában nyújtott hasznos tanácsaiért.

10 Melléklet

LabVIEW program a harmonikus torzítás, a statikus hiba és az abszolút hiba elemzésére



LabVIEW program szinuszos adat kódolásának és kvantálási hibájának szemléltetésére

