

Kommunikációs hálózatok 2

Beszédátvitel kommunikációs hálózatokon

Németh Krisztián
BME TMIT

2020. február 18-25.



Beszédátvitel

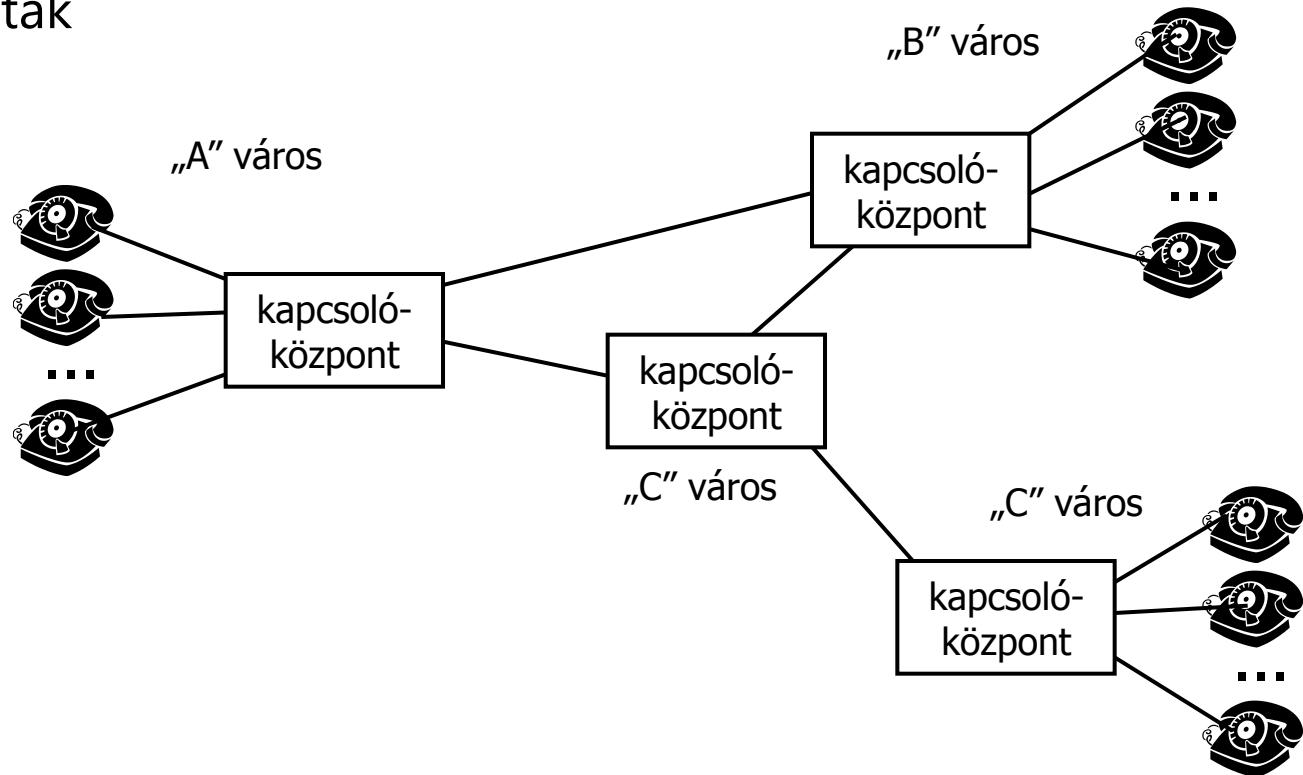


1. Vezetékes telefonrendszerek
2. Számozás telefonhálózatokban
3. Analóg és digitális beszédátvitel



Egy klasszikus vezetékes telefonhálózat

- Végberendezések
- Kapcsolóközpontok
- Átviteli utak



- Valaha valóban így nézett ki egy vezetékes telefonhálózat
- Ma már messze nem, de első közelítésnek megteszi

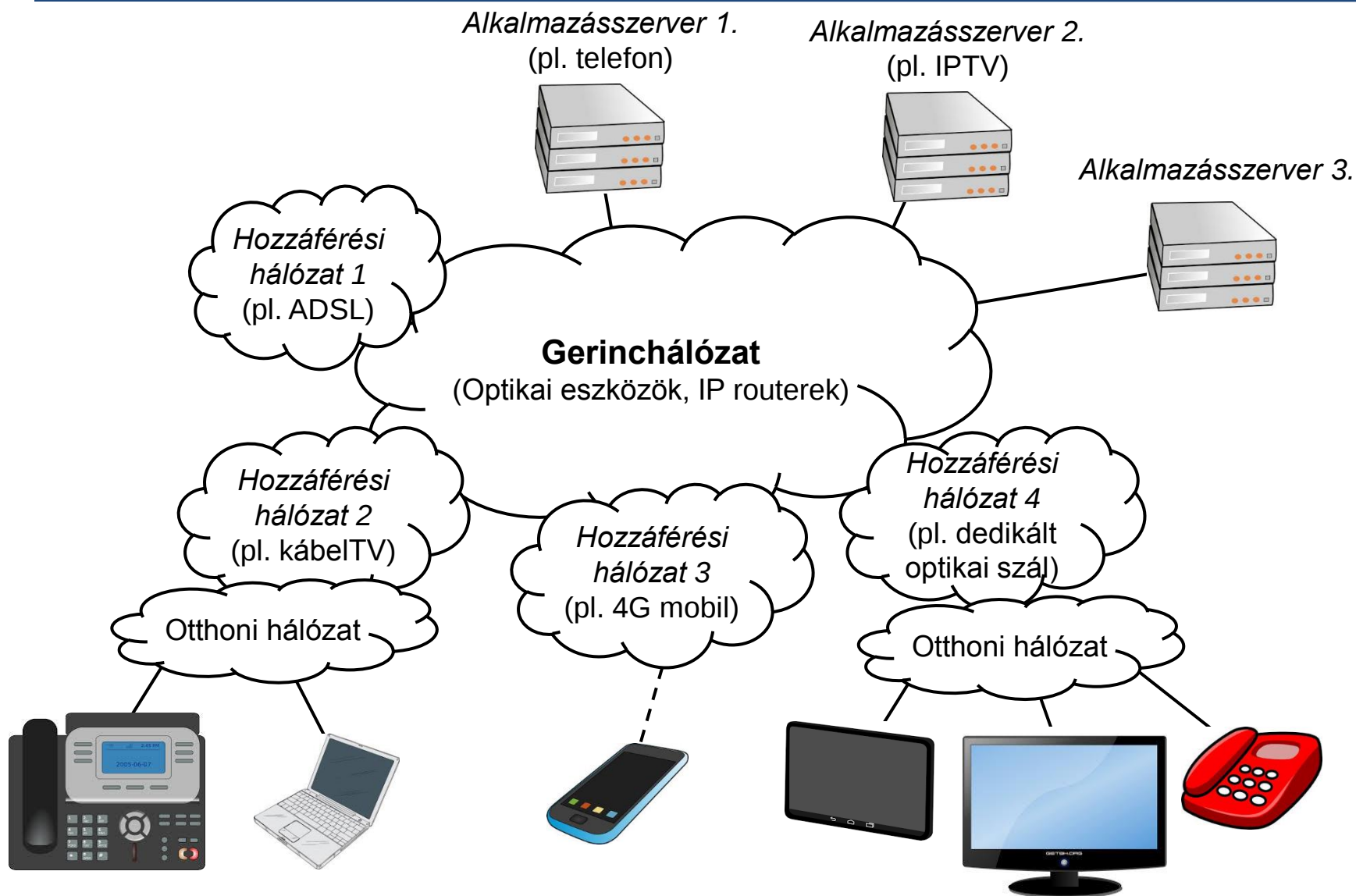
Néhány szó az építőelemekről

- Végberendezések
 - klasszikusan: telefonkészülék (és fax, modem)
- Kapcsolóközpontok
 - egymással hierarchikusan összekötve
 - pár éve már nem tárgyaljuk részletesen
- Átviteli utak
 - előfizetőtől az első központig: előfizetői hurok (= helyi hurok, local loop)
 - tipikusan egy réz érpár
 - központok között: trönk
 - angolul: trunk
 - egy vagy néhány átviteli csatornára (pl. koax, mikrohullámú rádiós átvitel, fényszál) sok beszédcsatorna összenyalábolva
- Mindez lehet(ett) analóg, ill. digitális

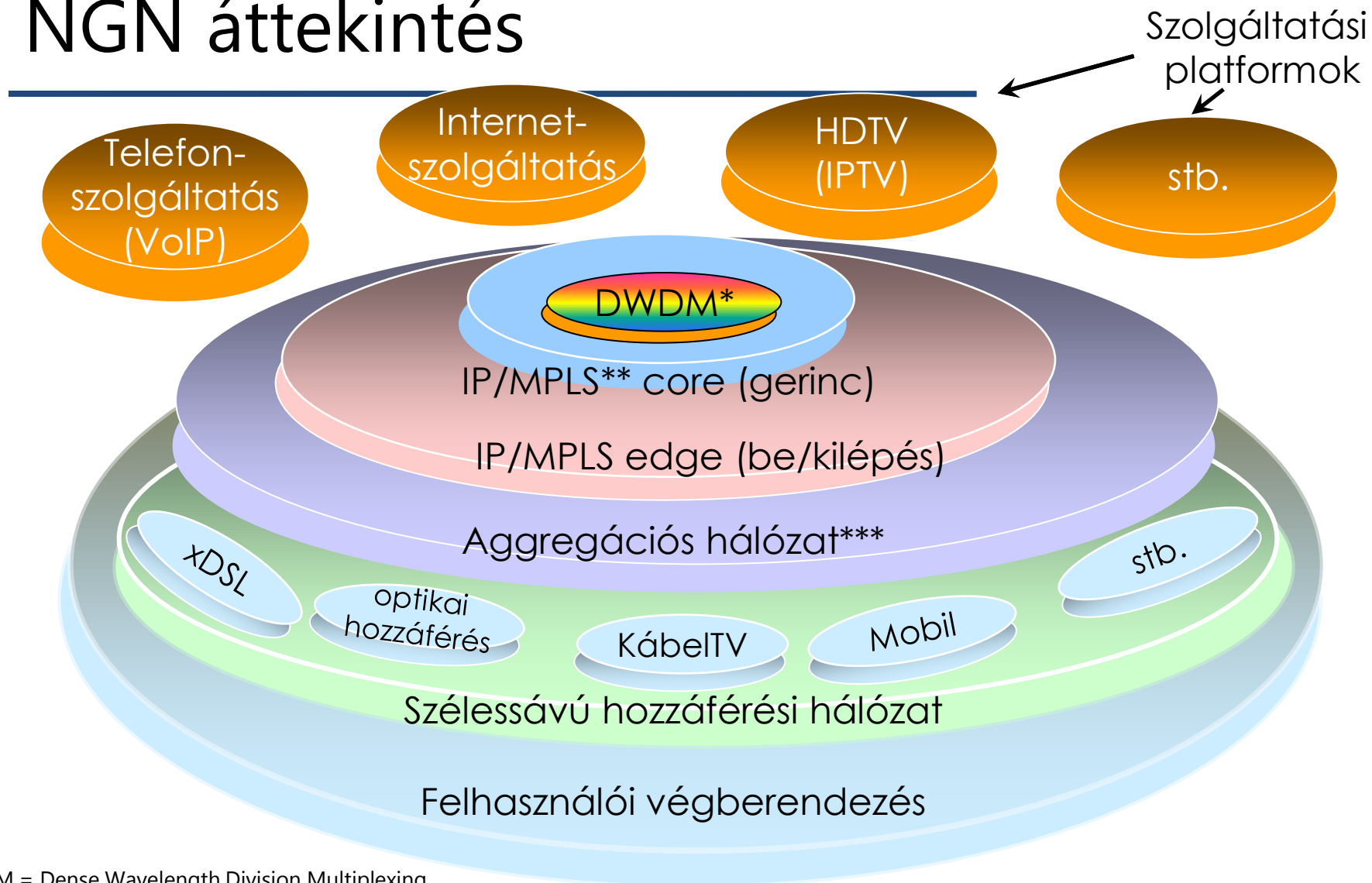
A jelen távközlő hálózata

- Neve: Next Generation Networks (NGN, „következő generációs hálózatok”, „új generációs hálózatok”)
 - 2004 körüli koncepció
 - mostanra fokozatosan bevezetésre került világszerte
- Alapötlet:
 - egyetlen, csomagkapcsolt (IP) gerinchálózat
 - ehhez különféle hozzáférési hálózatok (pl ADSL, kábelTV, optikai hozzáférés, mobiltelefon, stb.)
 - különféle szolgáltatások, a hálózatban alkalmazásszerverekkel megvalósítva (pl. telefonszolgáltatás, TV szolgáltatás, stb.)
 - a felhasználók ezeket különféle eszközökön is használhatják (pl. TV nézés tableten, vezetékes hívás fogadása mobilon, stb.)
- Mindezek fokozatosan kiváltják/egyesítik a meglévő, egy(-két) célra alkalmas hálózatokat:
 - telefonhálózat, kábelTV hálózat, mobiltelefon-hálózat

NGN topológiai vázlat



NGN áttekintés



*DWDM = Dense Wavelength Division Multiplexing, sűrű hullámhossztávú nyalábolás. (Ez egyfajta nagy kapacitású optikai hálózat, ld. majd: Gerinchálózati technikák fejezet)

**MPLS = MultiProtocol Label Switching, többprotokollos címkekapcsolás, ld. szintén később

*** (OSI) Layer 2, azaz még nem IP. Újabbán pl. gyakran Ethernet.

Beszédátvitel



1. Vezetékes telefonrendszerek
2. Számozás telefonhálózatokban
3. Analóg és digitális beszédátvitel

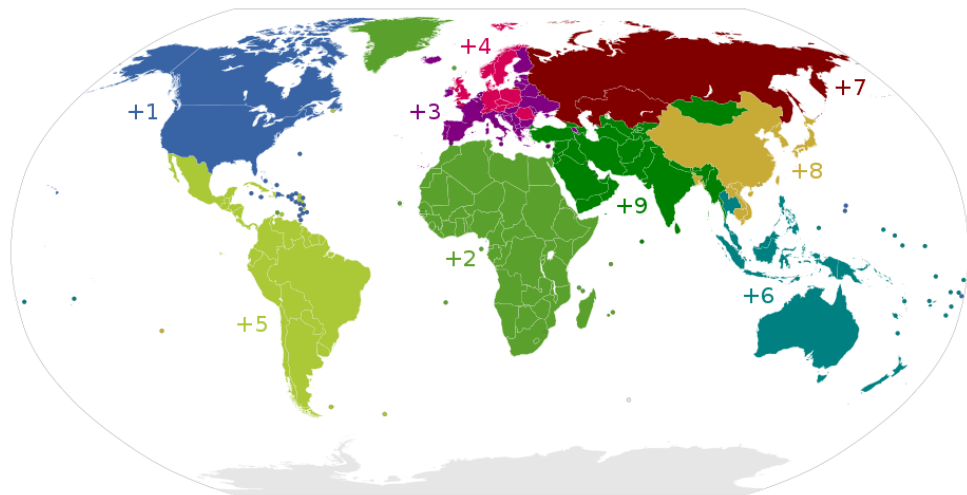


Számozás

A konkrét számokat
nem kell fejből tudni a
vizsgára (az E.164-et
sem)

- Számítógép-hálózatoknál címzésnek hívják (Numbering vs. addressing)
- Hívószám: eredetileg az előfizető helyét (címét) azonosította.
Mostani tendencia: az előfizetőt magát (nevét)
 - mobiloknál triviálisan
 - vezetékes esetben is egyre inkább:
 - számhordozhatóság
 - emelt díjas, vagy épp ingyenes számok
- E.164 ajánlás (ITU-T, <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.164/en>)
- Egy nemzetközi telefonszám max. 15 számjegy, ebből 1-3 jegy az országhívószám:

1	Észak-Amerika
2	Afrika (+Grönland)
3,4	Európa
5	Közép- és Dél-Amerika
6	Ausztrália és Óceánia
7	Oroszország, Kazahsztán
8	Távol-Kelet (+Inmarsat, Nemzetk. zöld szám: 800)
9	Közel- és Közép-Kelet



Számozás

- Országon belül: belföldi rendeltetési szám + előfizetői szám
- Belföldi rendeltetési szám:
 - Körzetszám, pl.: 33: Esztergom és környéke (földrajzi számok)
 - Hálózatkijelölő szám, pl: 20: Telenor
 - Szolgáltatáskijelölő szám, pl: 90: emeltdíjas
- Fontos: a telefonszámok mindig prefix kódok
 - azaz nem lehet egyik szám egy másik folytatása
 - technológiailag így egyszerűen megoldható
 - így logikus

Rövid és előtétszámok Magyaro.-n

- Rövid számok:

00	nemzetközi előtét (NE)
06	belföldi előtét (BE)
104	segélyhívó számok
105	
107	
112	
116*	harmonizált közérdekű szolgáltatások harmonizált számai
118*	telefontudakozó számok
12*	elektronikus hírközlési szolgáltatók ügyfélszolgálati számai
130	kiegészítő szolgáltatás előtétek
131	
135*	adománygyűjtő számok
136*	
137*	lelki segítő és támogató szolgáltatás számok
14*	különös díjazású országos számok
15*	közvetítő választó előtétek (KVE)
16*	emelt díjas szolgáltatás rövid számok
17*	elektronikus hírközlési szolgáltató hálózatához rendelt számok
18*	közérdekű tájékoztató és támogató szolgáltatások számai
192	telefonos kezelői szolgáltatások számai
193	

A konkrét számokat, szolgáltatásokat nem kell fejből tudni a vizsgára. Azaz ebből a diából semmit :), mégis, nem árt tudni, hogy van ilyen.

A * a számtartományokat jelöli. Forrás: 3/2011. (IX. 26.) NMHH rendelet

Belföldi rendeltetési számok Magyaro.-n

- Körzetszámok

Ezeket sem kell
fejből tudni a
vizsgára



AIB	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Székesfehérvár	Biatorbágy	Szigetszentmiklós	Dunaújváros	Szentendre	Vác	Gödöllő	Monor
3	Salgótarján	Esztergom	Tatabánya	Balassagyarmat	Eger	Gyöngyös	-	-
4	Nyíregyháza	-	Mátészalka	Kisvárd	Miskolc	Szerencs	Ózd	Mezőkövesd
5	Debrecen	Cegléd	Berettyóújfalu	<i>Teszt célra</i>	Szolnok	Jászberény	-	Karcag
6	Szeged	Szentes	-	-	Békéscsaba	-	Orosháza	Mohács
7	Pécs	Szigetvár	Szekszárd	Paks	Kecskemét	Kiskunhalas	Kiskőrös	Baja
8	Kaposvár	Keszthely	Siófok	Marcali	-	Tapolca	Veszprém	Pápa
9	Zalaegerszeg	Nagykanizsa	Szombathely	Sárvár	Győr	-	-	Sopron

Belföldi rendeltetési számok Magyar.-n

- Szolgáltatás-, és hálózatkijelölő számok:

20	Mobil rádiótelefon szolgáltatás
21	Nomadikus telefonszolgáltatás
30	Mobil rádiótelefon szolgáltatás
31	Mobil rádiótelefon szolgáltatás
38	Üzleti hálózatok
40	Kedvezményes díjazású szolgáltatás
50	Mobil rádiótelefon szolgáltatás
51	Internet-hozzáférési szolgáltatás
70	Mobil rádiótelefon szolgáltatás
71	Gépek közötti kommunikáció
80	Díjmentes szolgáltatás
90	Emelt díjas, díjkorlátmentes szolgáltatás és emelt díjas felnőtt szolgáltatás
91	Emelt díjas, díjkorlátos szolgáltatás

Ezeket sem kell
fejből tudni a
vizsgára

Forrás: 3/2011. (IX. 26.) NMHH rendelet

Számozás

- Nyílt számozási rendszer:
 - Nem kell mindig a belföldi rendeltetési számot tárcsázni, pl. Budapesten csak 7 jegy elég
 - Sok esetben rövidebb a hívott szám
 - De nem egyértelmű, máshonnan másképp kell (06 kell elé pl.)
 - Ilyen a magyar hálózat (kivéve: mobil, ld. a következő diát)
- Zárt számozási rendszer:
 - Mindig kell a belföldi rendeltetési szám
 - Nem kell viszont a belföldi előtét (0, vagy Magyarországon 06)
 - Egyszerű, egyértelmű
 - Viszont nem lehet „rövidíteni” körzeten belül sem
 - De: tel. memóriájából tárcsázva nem gond
 - Sok európai ország tért át erre (Norvégia, Franciaország, Olaszország, stb.)
 - Főleg az 1990-es évek közepétől, végétől

A mobil számmező lezárása

- 2010. jan. 15.: a mobilszámmező „lezárása” Magyarországon
 - Mobil számok csak a hálózatkijelölő számmal együtt hívhatók
 - Pl.: 0620-555-1234 vagy +3620-555-1234
 - azaz 555-1234 formában még Telenoros telefonról sem

Beszédátvitel



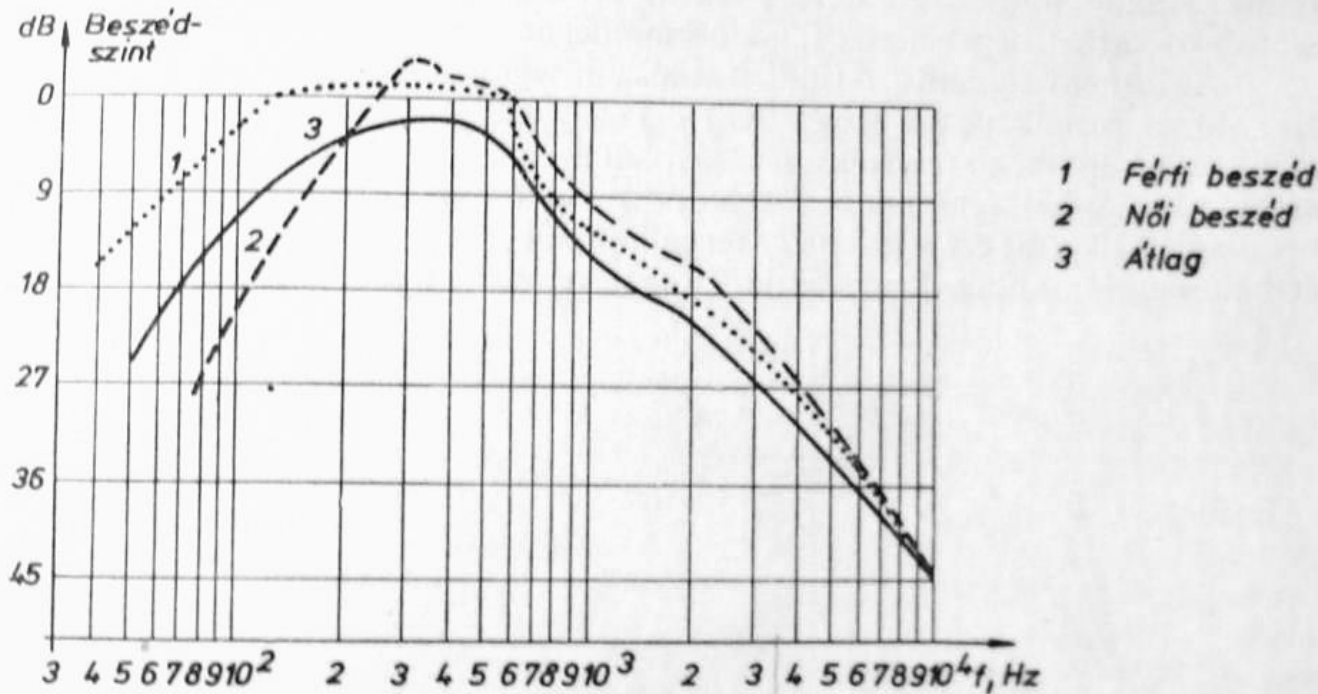
1. Vezetékes telefonrendszerek
2. Számozás telefonhálózatokban
3. **Analóg és digitális beszédátvitel**



Analóg beszédátvitel



- Végberendezés: hanghullám $\leftrightarrow$ analóg elektromos jel
- Mit tudunk e jelről?
 - Emberi fül kb. 20 Hz – 20 kHz-t hall meg
 - Ebből a beszédjel felső határa 6-7 kHz



1.2-2. ábra.
Átlagos beszéd frekvenciaspektruma

Analóg beszédátvitel

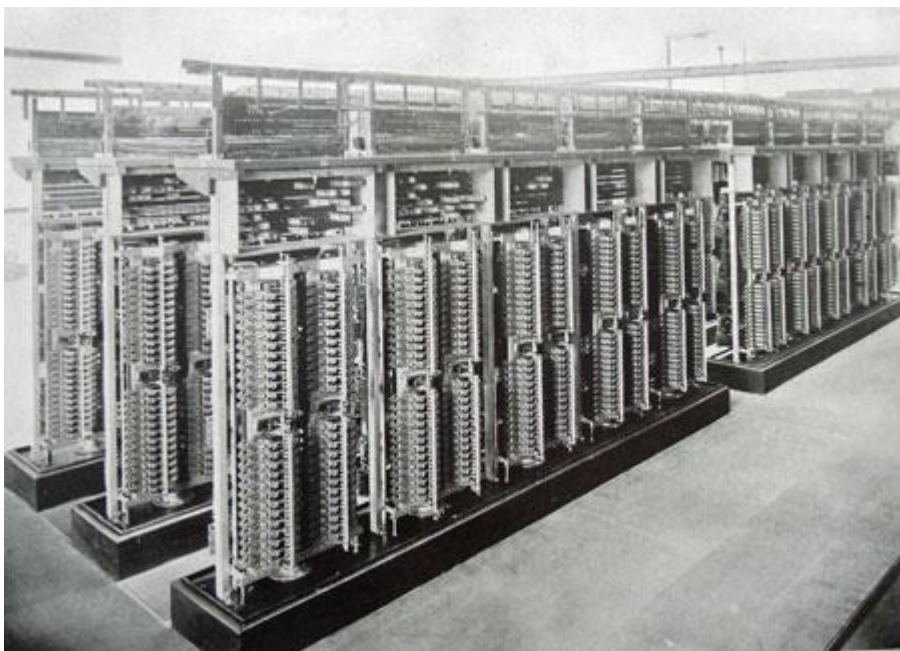


- Hány Hz széles legyen egy beszédcsatorna?
 - cél pusztán az érthető beszéd átvitele
 - + gazdaságosság!
- Korai nyálábolt trónkók FDM-et használtak
 - minél keskenyebb egy beszédsáv, annál több fér rá egy trónkvonalra
- Manapság: digitális átvitel: TDM, IP
 - de a bitsebesség itt is számít...
 - ...és arányos az átvitt sávszélességgel (ld. majd: PCM)
- Érthetőség és beszédminőség az átvitt frekvencia függvényében:
 - 500...1000 Hz: rossz
 - 500...1500 Hz: tűrhető
 - 400...2000 Hz: kielégítő
 - 300...2500 Hz: megfelelő
 - 300...3400 Hz: jó
 - 200...3500 Hz: igen jó
- Döntés: **0,3 – 3,4 kHz-es sáv**
 - 3,1 kHz + védősávok = **4 kHz széles lesz egy beszédcsatorna**

Analóg telefonrendszerek



- Kezdetben végponttól végpontig analóg átvitel
 - Analóg végberendezések
 - Analóg nyalábolás a trónkőkön (FDM, Frequency Division Multiplexing)
 - (Elektro)mechanikus kapcsolás, galvanikus kapcsolat felépítése a kapcsolón (központon) belül



A digitális technika térhódítása



- Megjelent a digitális technika (II. világháború alatt/után)
- Sok előnnyel az analóghoz képest:
 - egyszerűbb, megbízhatóbb, olcsóbb
 - kisebb helyigény, tápigény
 - a jel/zaj viszony független a hálózat méretétől (igaz, a bithibaarány függhet)
 - kapcsolás megvalósítható mozgó alkatrészek nélkül
 - **magasabb fokú hálózati intelligencia** valósítható meg
 - sokkal **kifinomultabb jelzésátvitel** lehetséges
 - **adat és beszédjelek egységesen kezelhetők**
- Célszerű volt a beszédjelet digitalizálni
 - és így átküldeni egy digitális telefonhálózaton
 - hatalmas átalakítás a hálózatban!

Digitális távbeszélő hálózatok



- Az 1960-as/1970-es évektől kezdve a fejlett országokban fokozatosan digitálisra cserélik a hálózati elemeket
 - ez Magyarországon kb. 2000-ben zárult le
 - mára ezek átvitele ráadásul IP csomagokban történik
 - Kivétel: a *vezetékes* végberendezések (telefonkészülékek) nagy része analóg maradt
 - A/D-D/A átalakítás az első hálózati eszközben
- Hogyan digitalizálják a beszédet?
 - erről lesz szó a továbbiakban

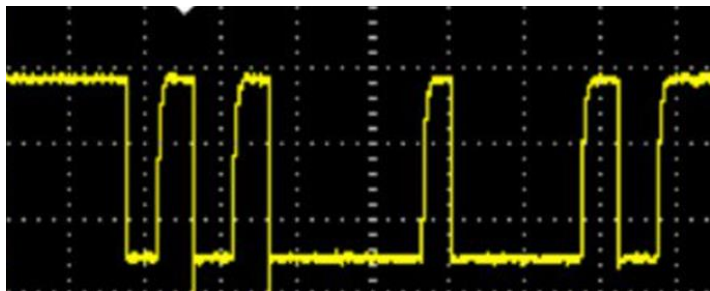


forrás: www.postamuzeum.hu

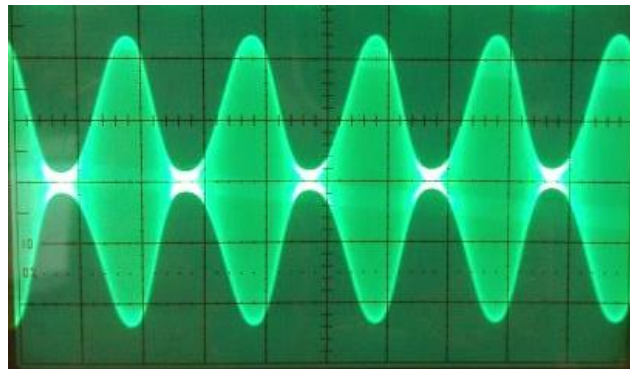
Kis (filozófiai) kitérő: analóg és digitális jelek

- Az alábbi jelek analóg vagy digitális jelek?

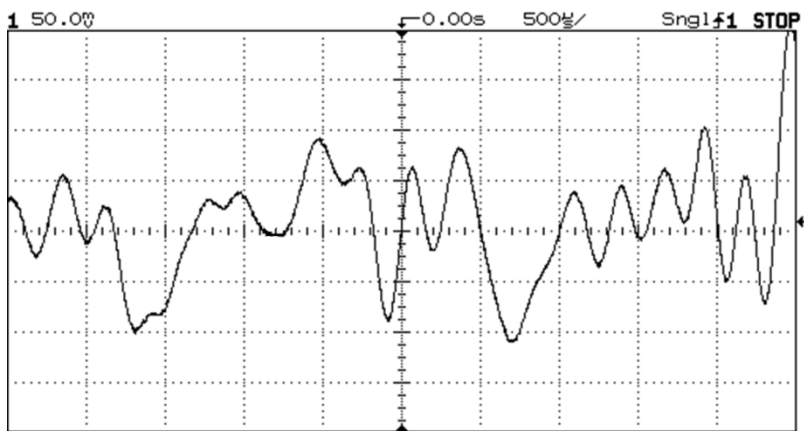
1.



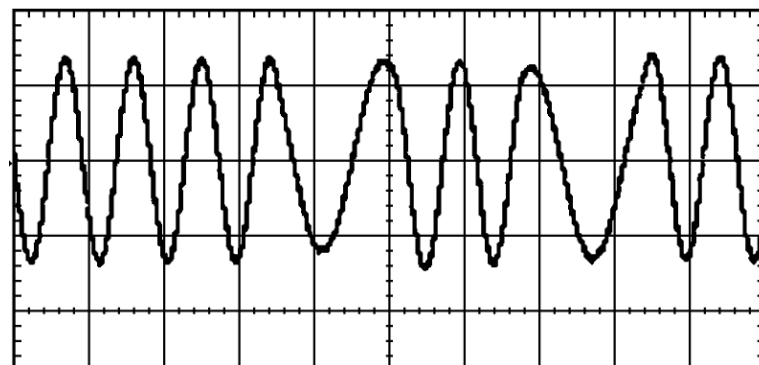
2.



3.

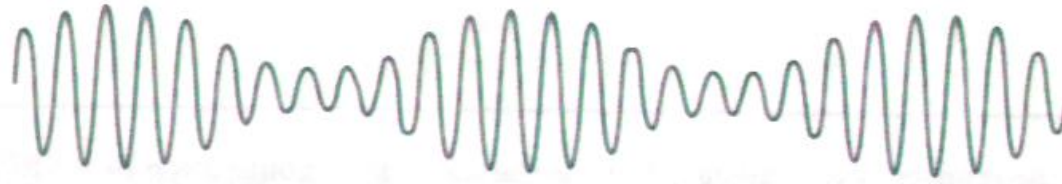


4.



Analóg és digitális jelek

5.



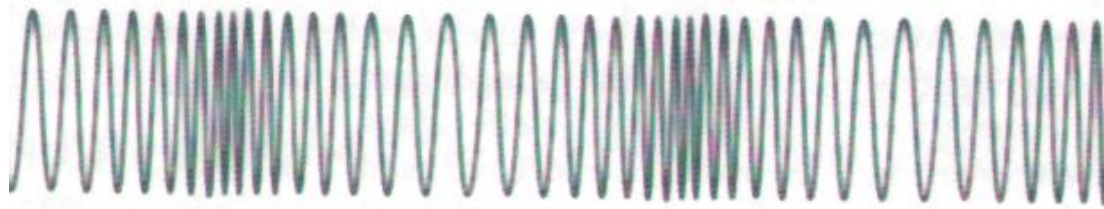
6.



7.



8.



9.



Megoldókulcs :)

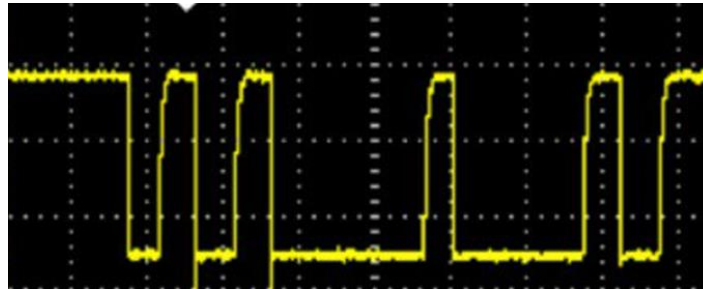
- 1 D
- 2 A
- 3 A
- 4 D
- 5 A
- 6 D
- 7 D
- 8 A
- 9 D
- *Valójában ez pusztán ránézésre nem feltétlen eldönthető!*

Analóg és digitális jelek

Ezek digitálisnak voltak szánva:

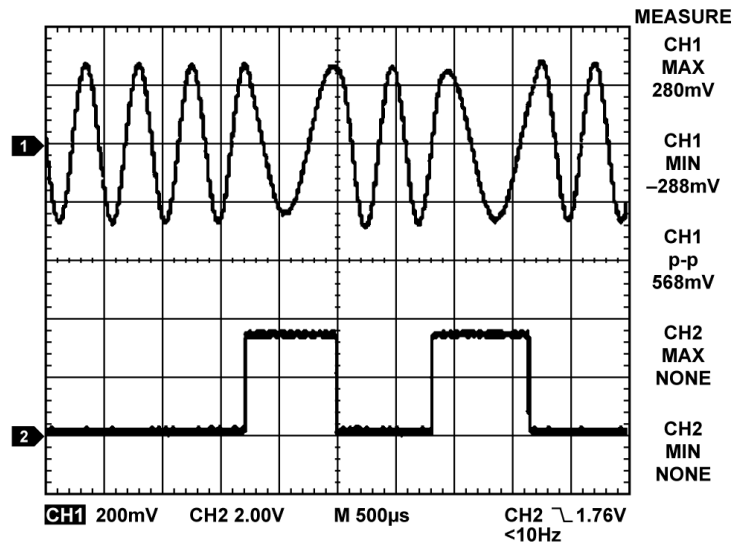
- alapsávi jel (szintkódolás):

1.



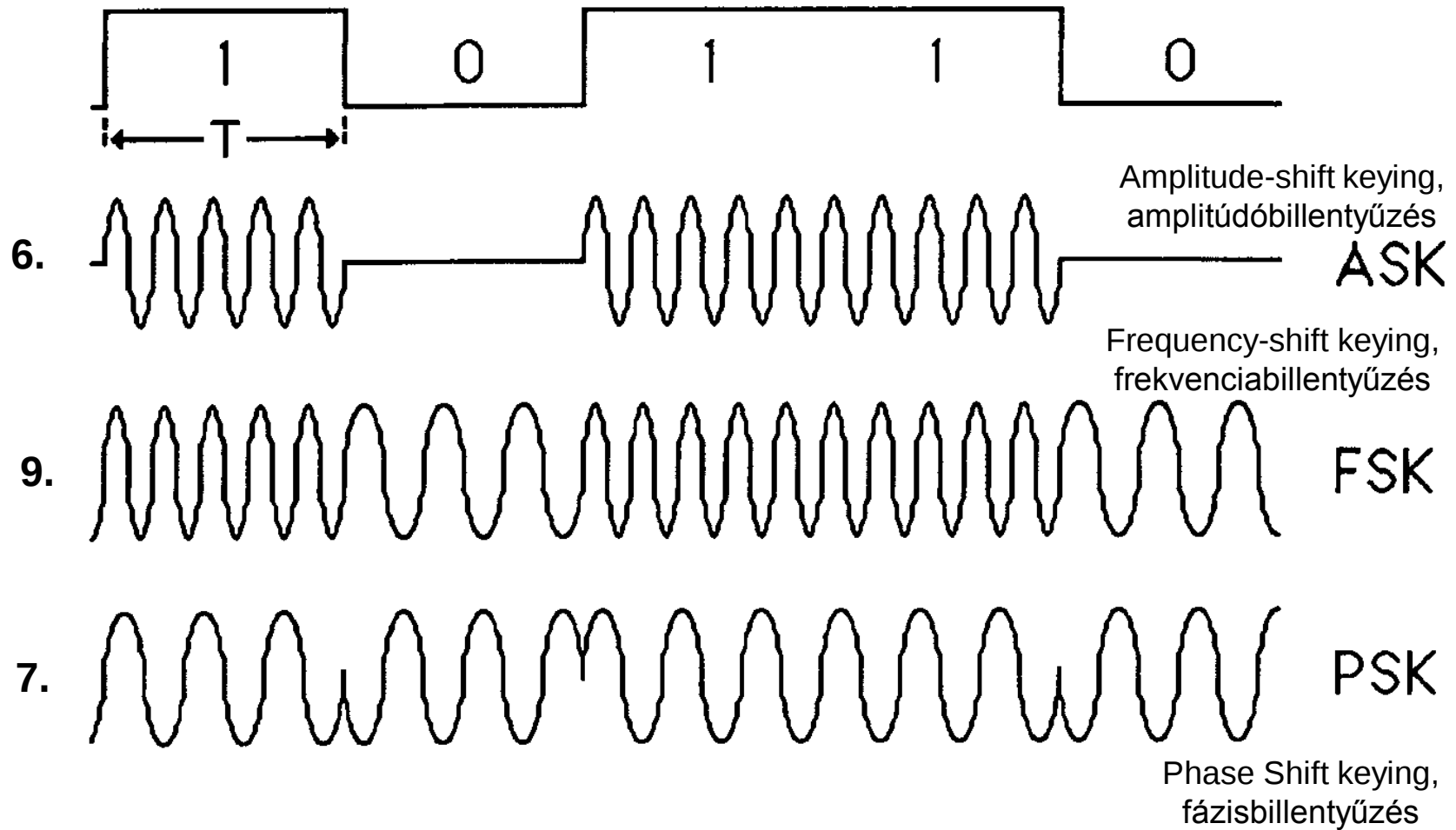
- FSK (Frequency Shift Keying), frekvenciabillentyűzés:

4.



Analóg és digitális jelek

Ezek is digitálisnak voltak szánva:

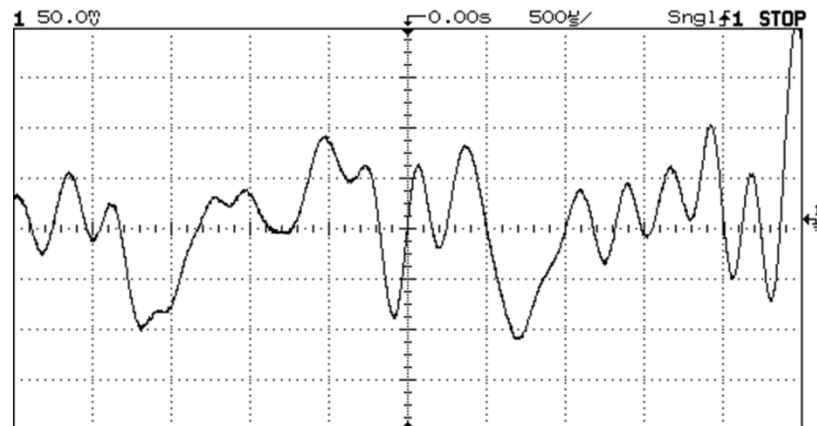


Analóg és digitális jelek

Ezek analógnak voltak szánva:

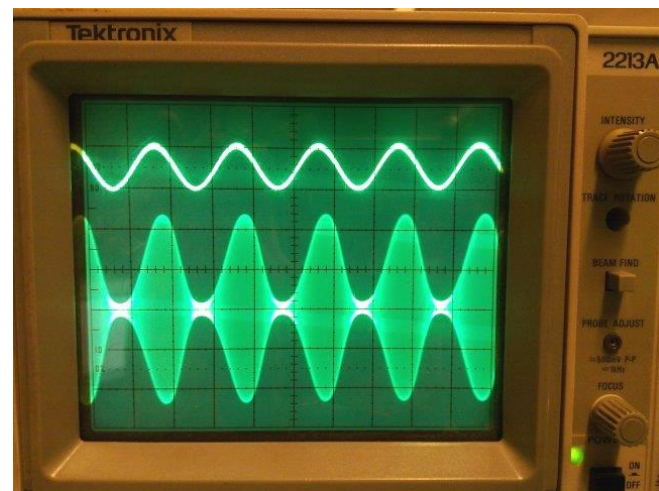
- Analóg beszédjel:

3.



- AM, amplitúdómoduláció:

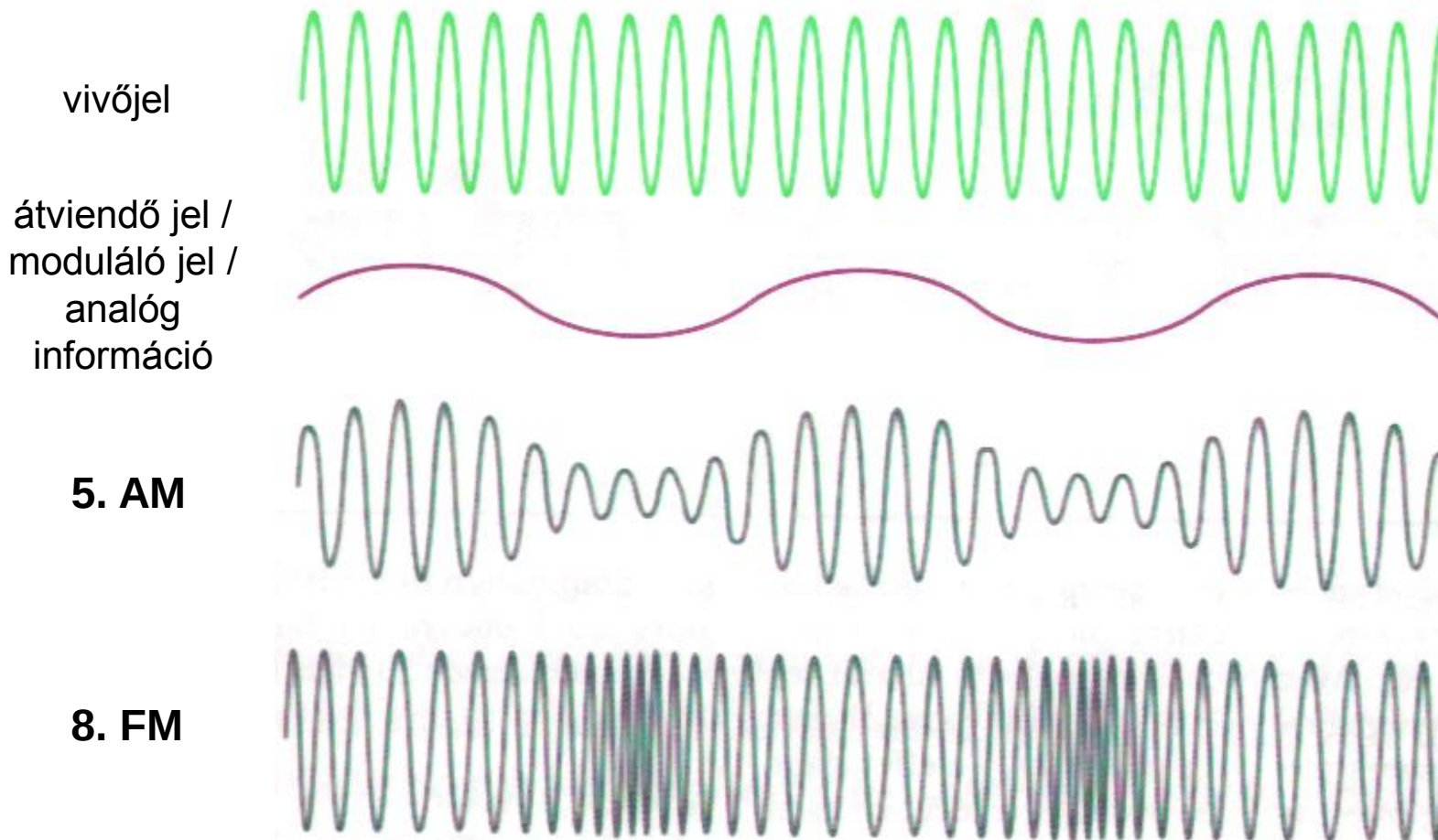
2.



Analóg és digitális jelek

Ezek spec. analógnak voltak szánva:

- AM, FM (=frequency modulation, frekvenciamoduláció):



Analóg és digitális jelek

- Minden fizikai közegen megjelenő jel „analóg”
- *Akkor lesz digitális, ha annak értelmezzük*
 - nem feltétlenül négyszögjel, de lehet az is
 - az a fontos, hogy legyen néhány diszkrét állapot, amihez viszonyítunk
 - nem is feltétlenül csak kettő
 - ld. majd moduláció, vonali kódolás
- *Akkor analóg, ha annak értelmezzük*
 - pl. négyszögjellel megvalósított zenét analógnak tekintünk

PCM

- PCM = Pulse Code Modulation, Impulzuskód moduláció
- Az első, és ma is elterjedt beszéd-digitalizáló (kódoló-dekódoló: kodek)
- Az elv régóta ismert
 - II. világháborúban már használták titkosításra
 - digitalizálás után binárisan titkosították
- Telefonhálózati alkalmazások: 1970-es évektől
- Mára az A/D átalakítás alapja
- Vannak újabb, sok szempontból jobb kodekek
 - Id. majd a „VoIP, beszédkódolók” fejezetnél
- Mégis ma is igen sok helyen használják beszédátvitelre
 - kiváló hangminőségű
 - sok helyen a viszonylag nagy adatsebessége („bitrate”) sem gond



PCM

- Adott egy „jel”: feszültség-idő függvény
 - folytonos időben (fv. értelmezési tartománya)
 - folytonos feszültségben (fv. értékkészlete)
- Cél egy bitsorozat előállítása
 - Amiből helyreállítható az eredetihez nagyon hasonló jel
- A-D átalakítás lépései
 - sávszűrés
 - mintavétel
 - kvantálás
 - kódolás
- D-A átalakítás lépései
 - D-A átalakítás a kvantálás inverz karakterisztikjával
 - sávszűrés (simítás)

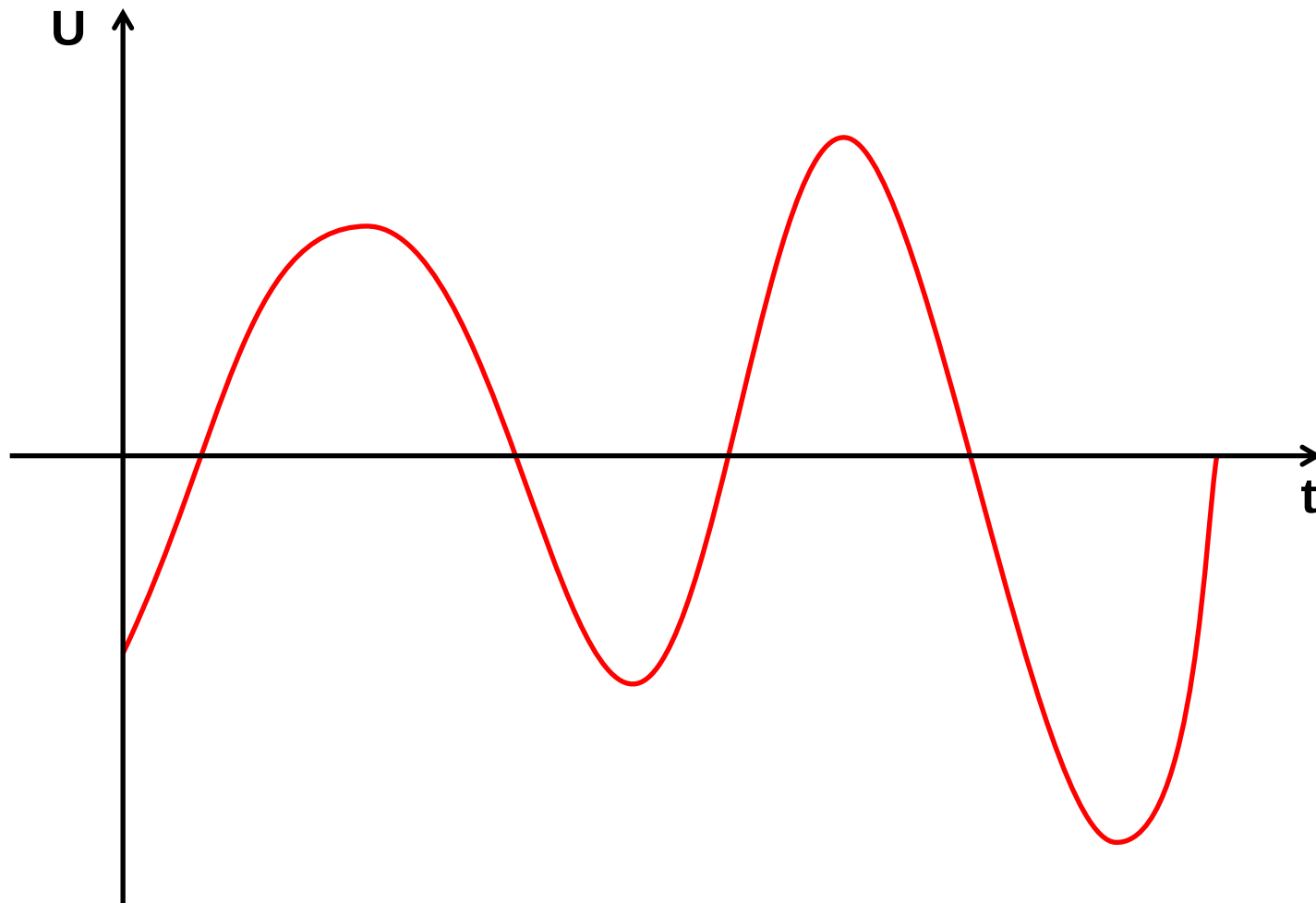
Sávszűrés

- Az első lépés a jel 300-3400 Hz közötti sávra szűrése
 - Azaz az e sávon kívül eső komponensek kiszűrése
 - A sávhatárolt jel a mintavételezés miatt fontos, ld. hamarosan

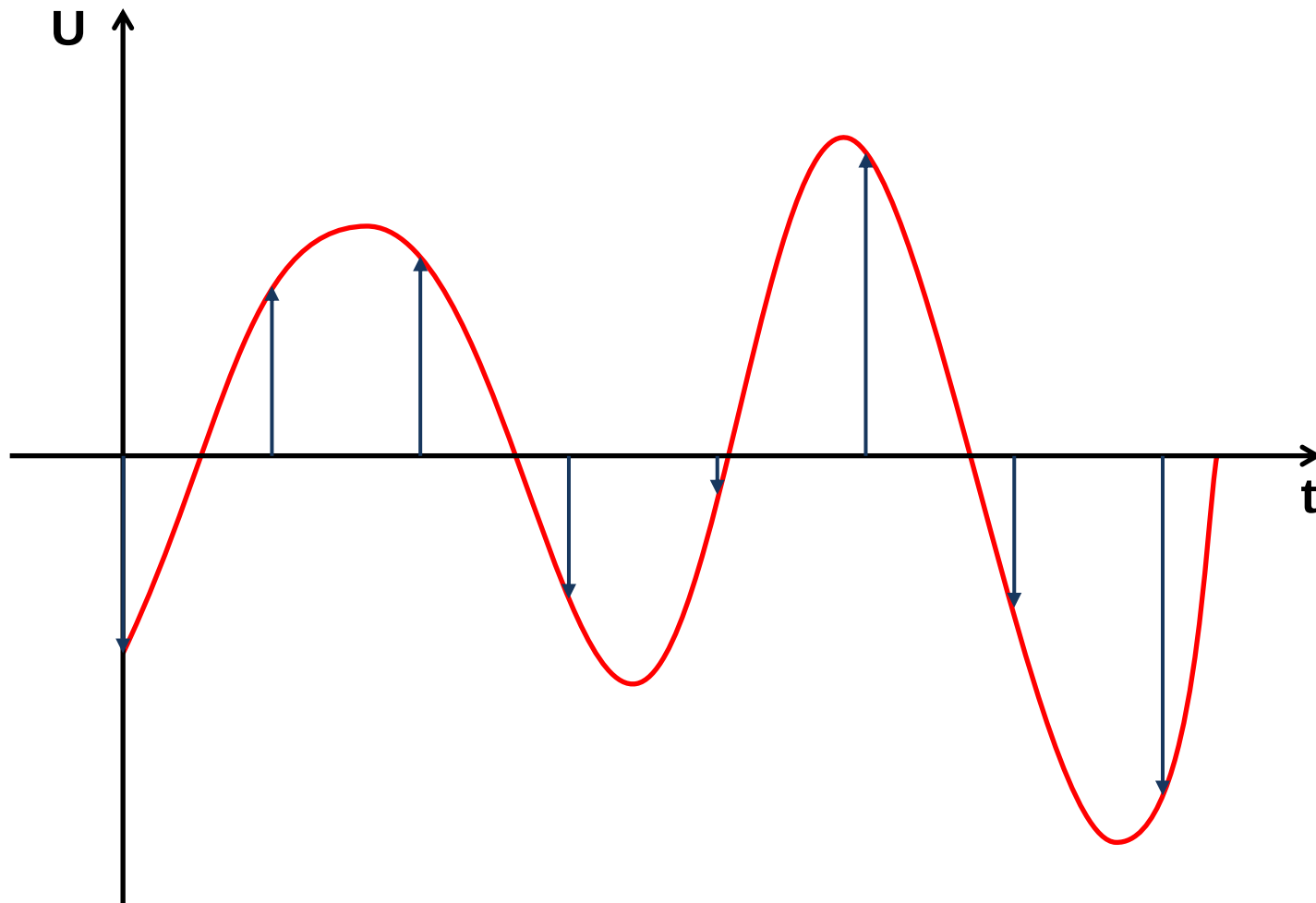
Példa: mintavételezés



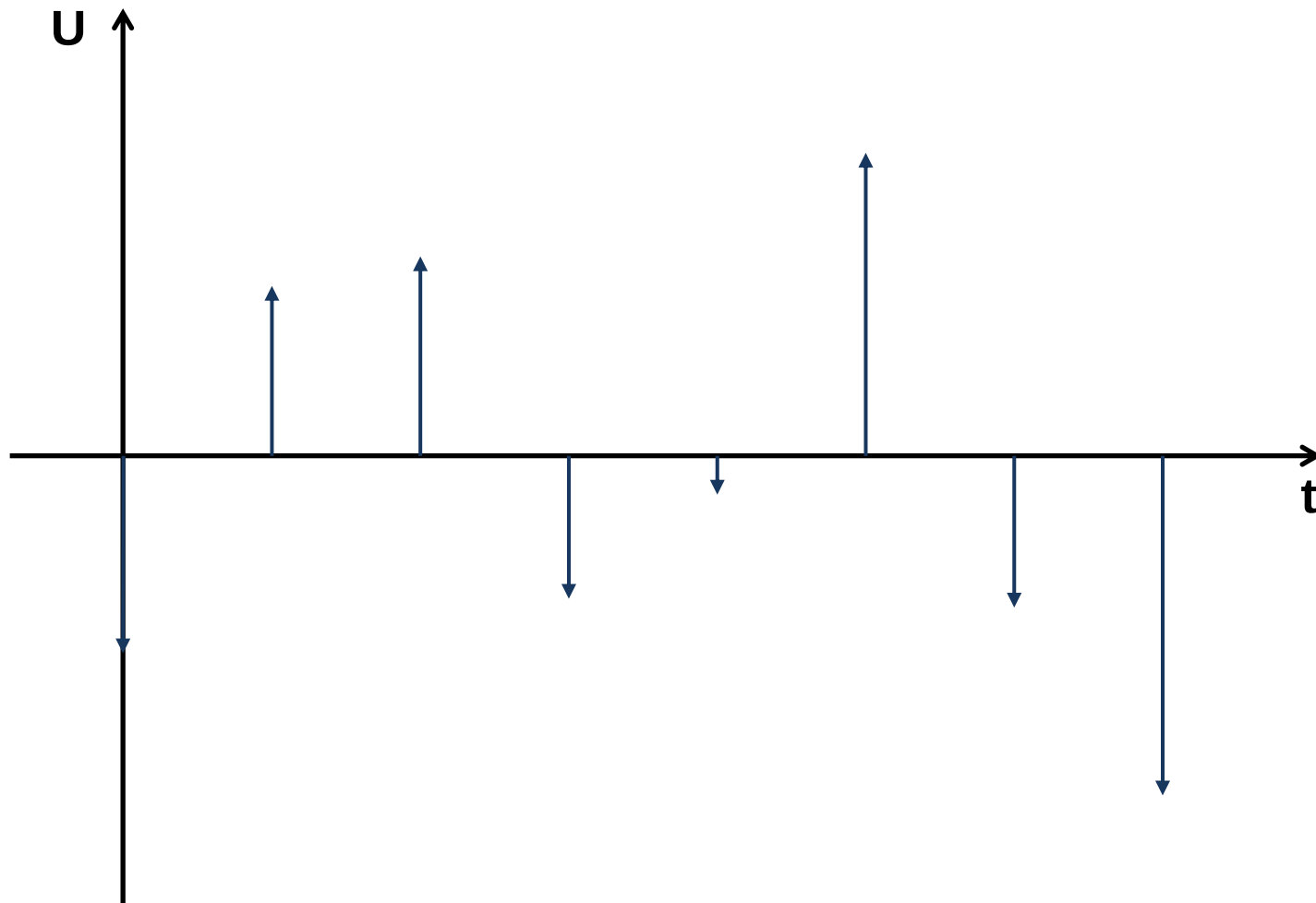
Példa: mintavételezés



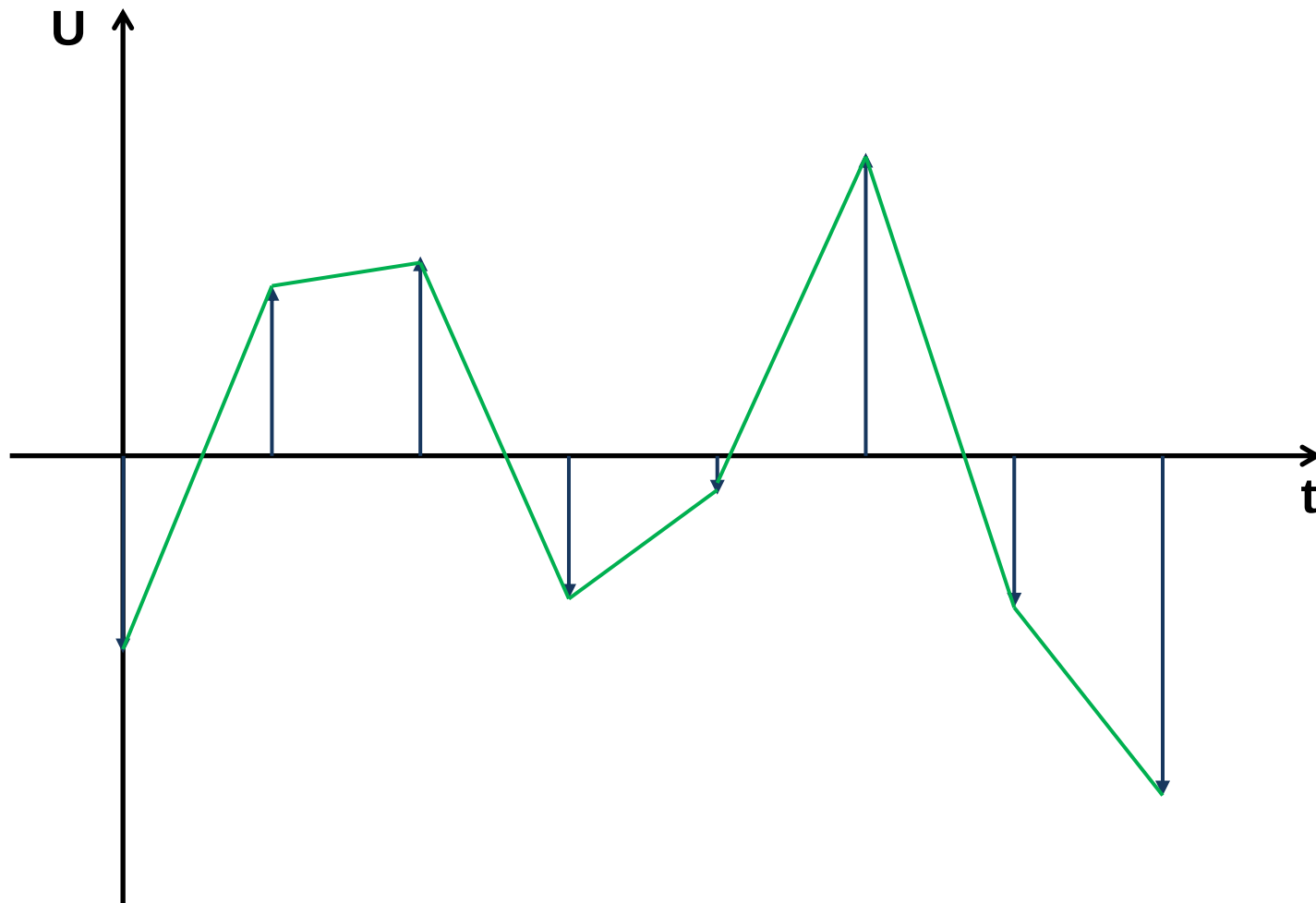
Példa: mintavételezés



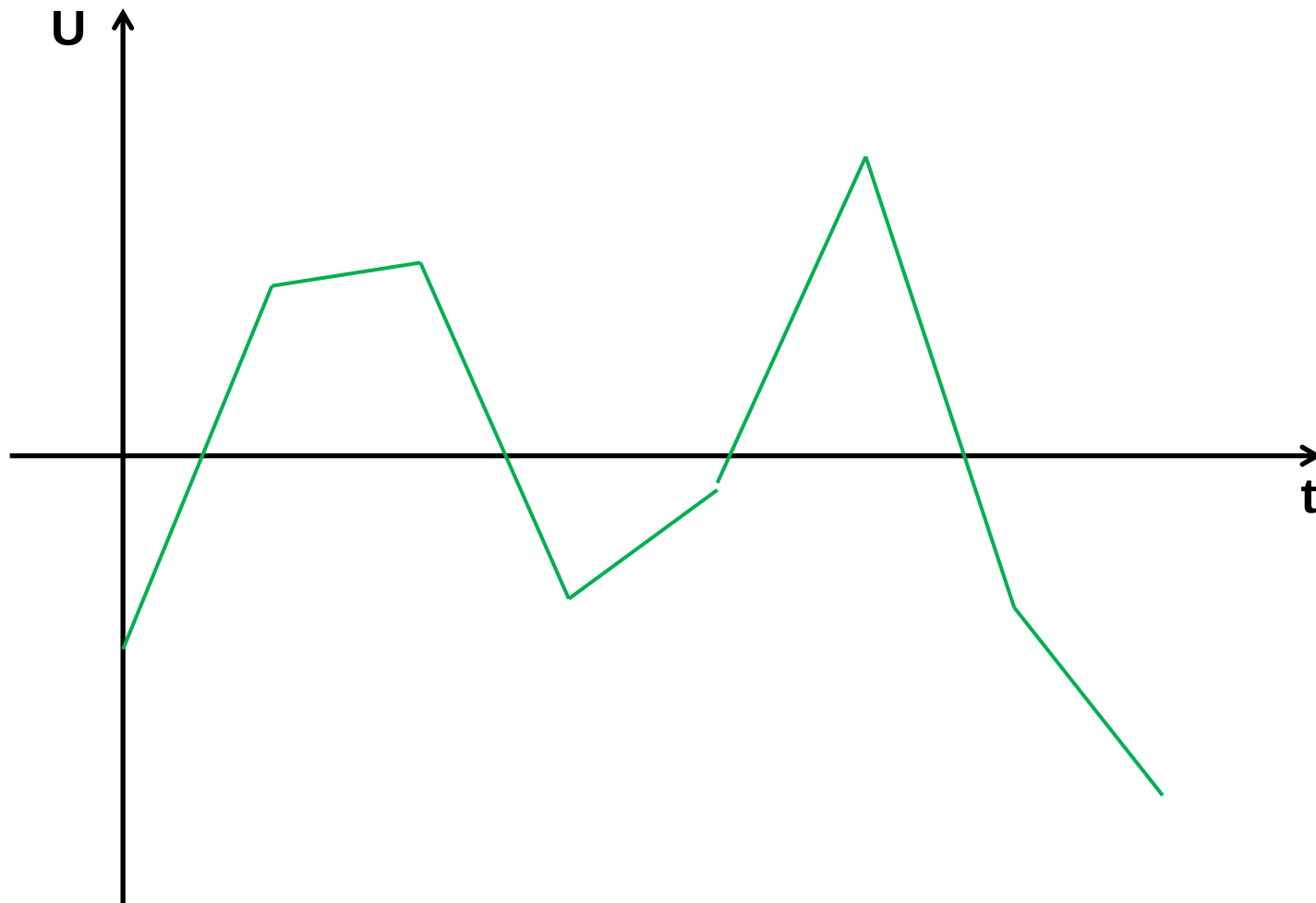
Példa: mintavételezés



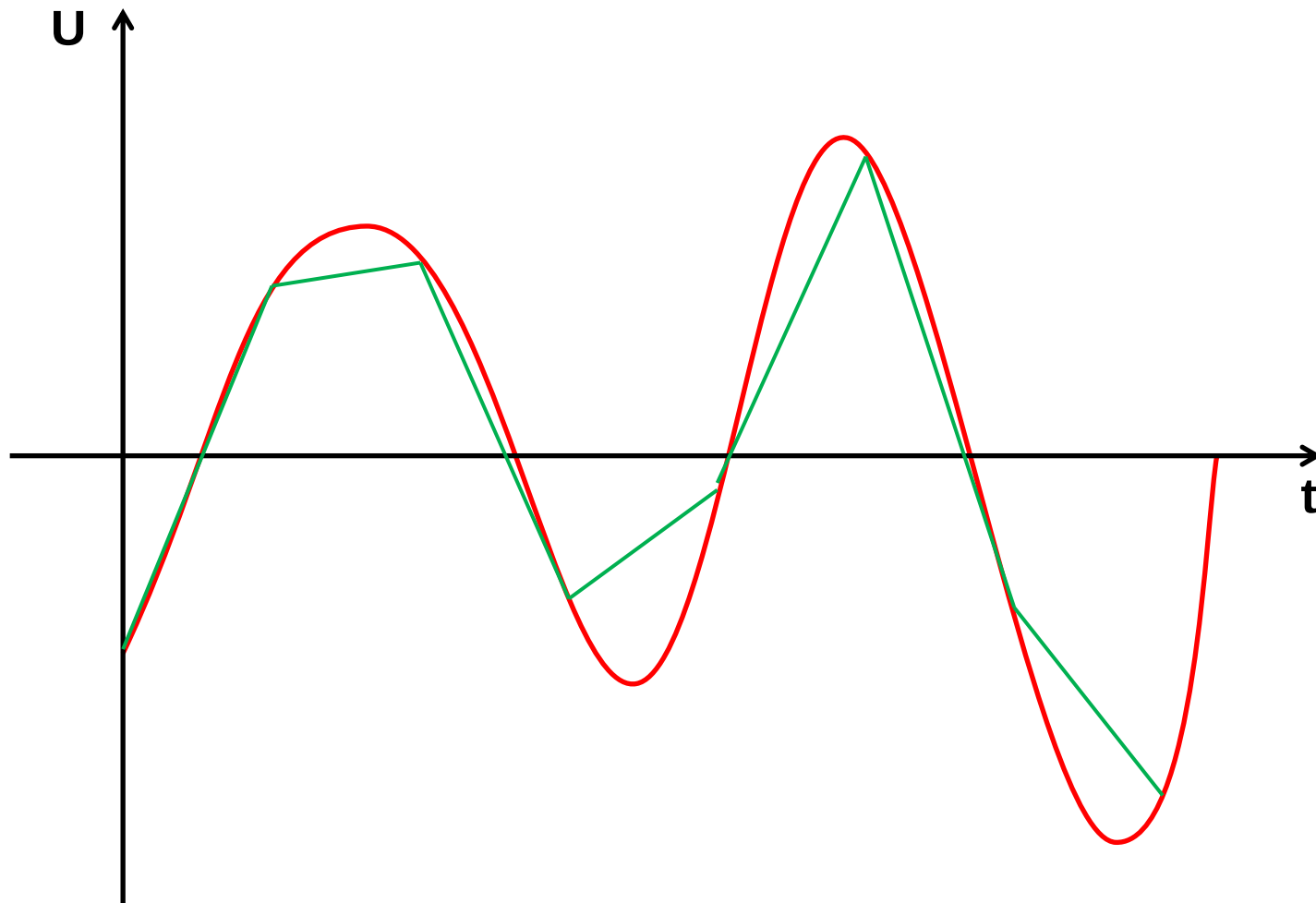
Példa: mintavételezés



Példa: mintavételezés



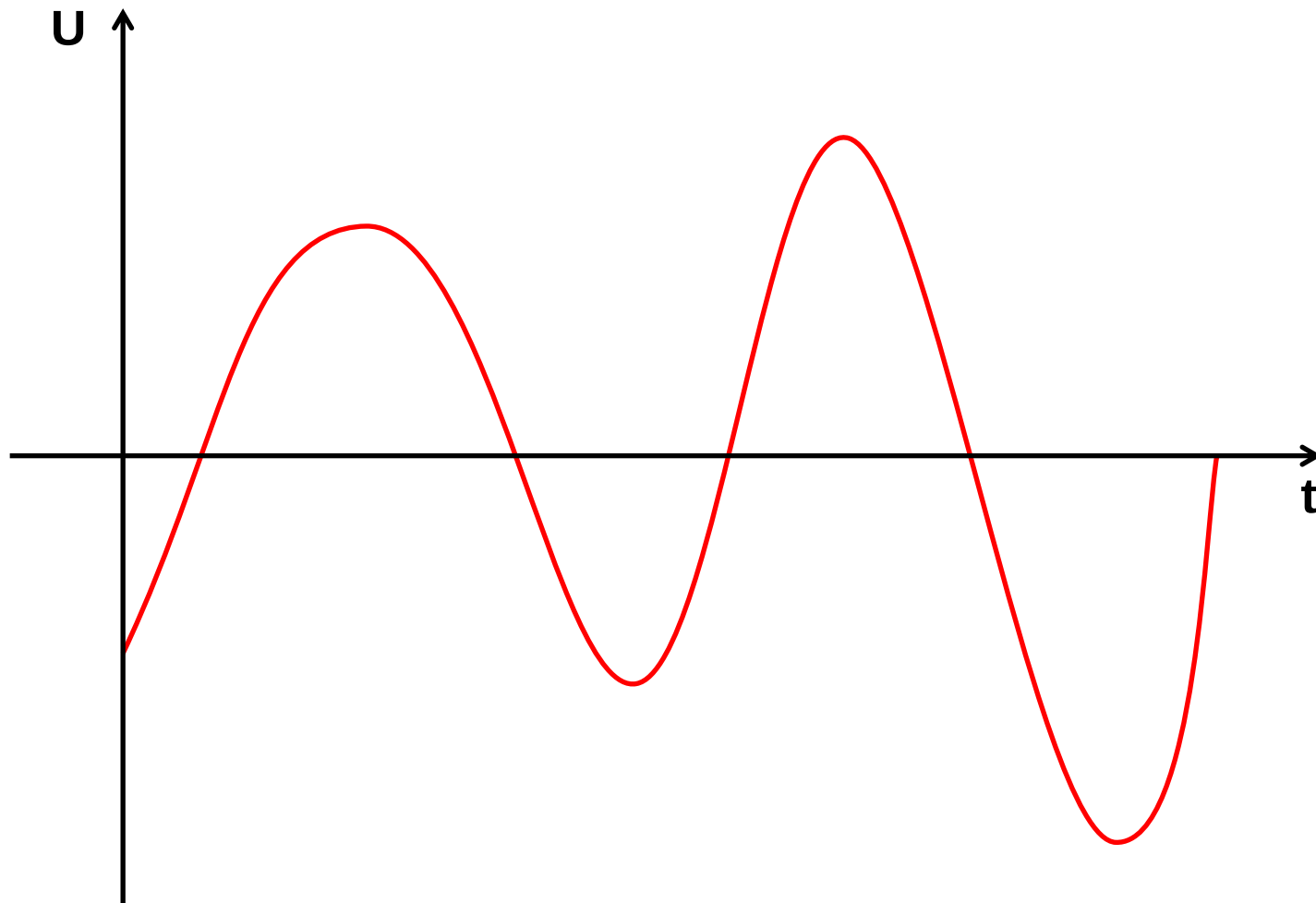
Példa: mintavételezés



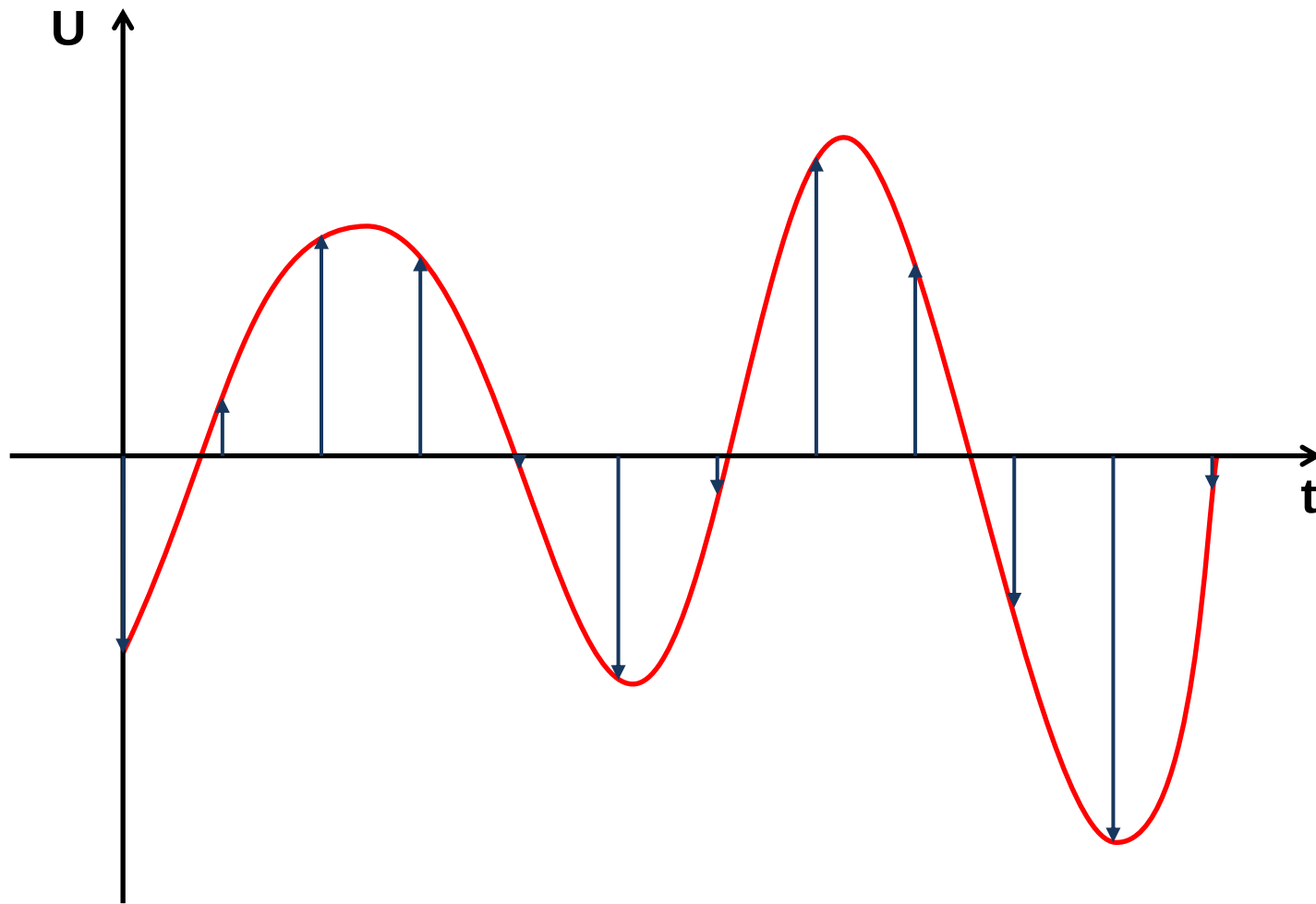
Példa: mintavételezés



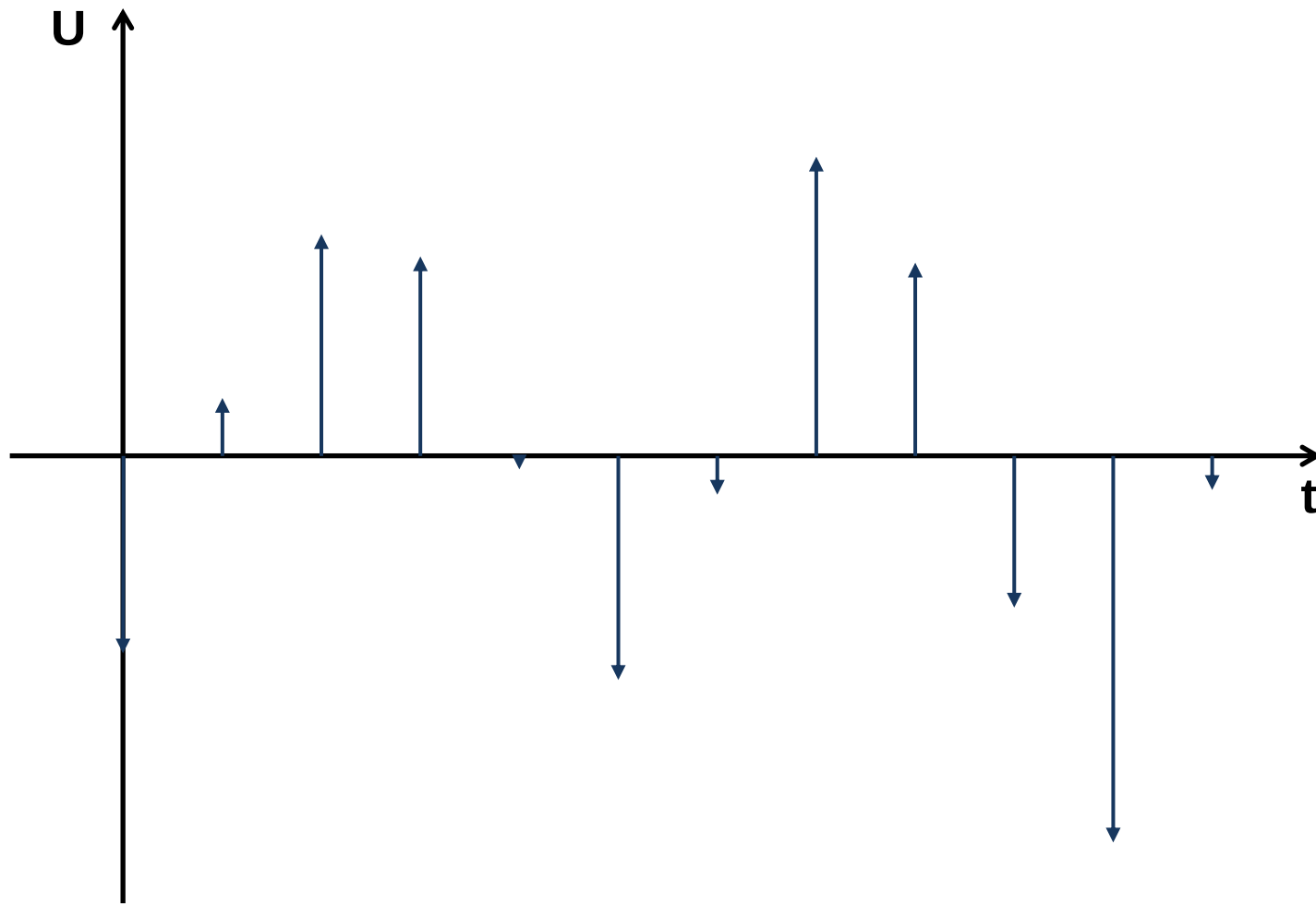
Példa: mintavételezés



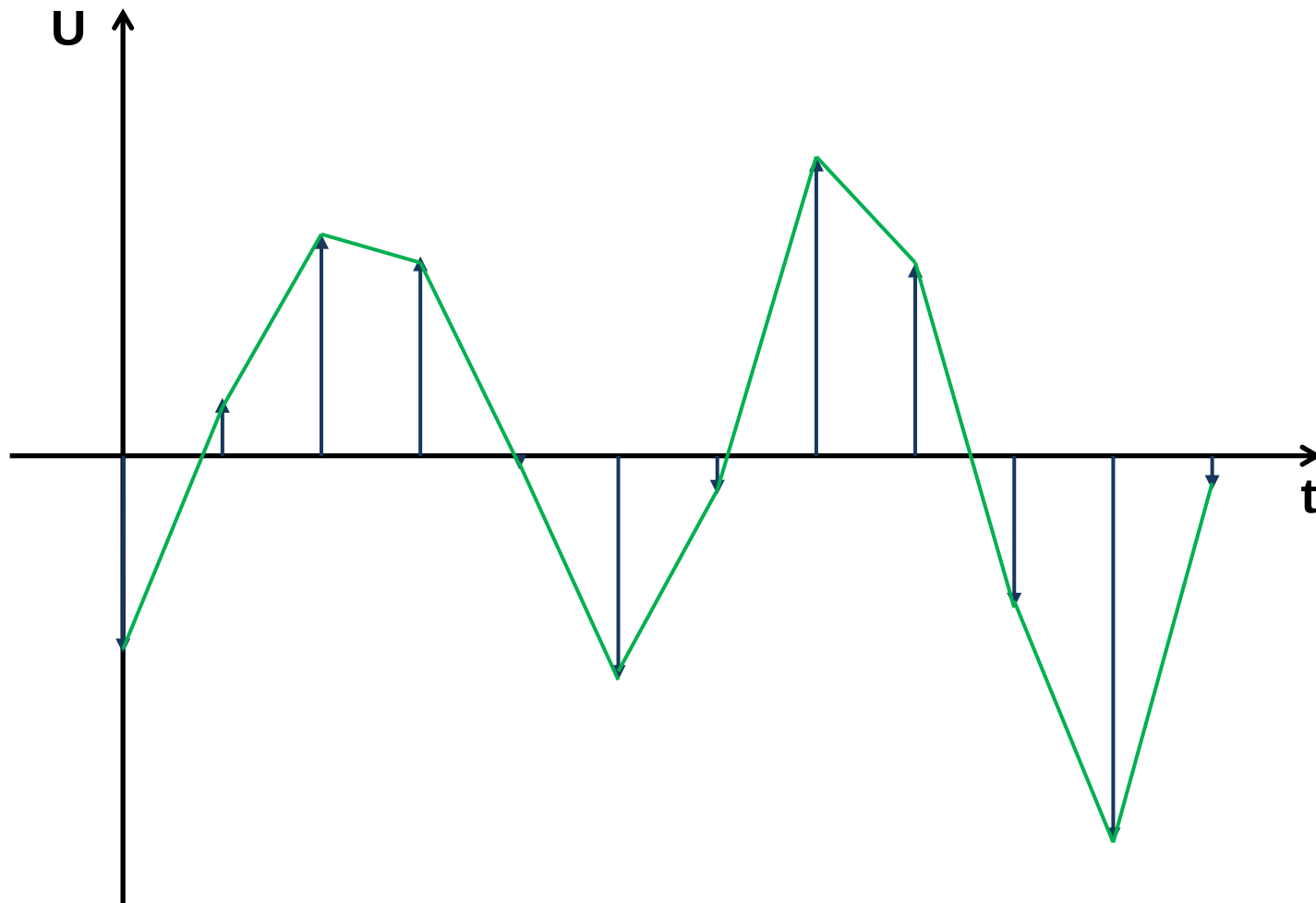
Példa: mintavételezés



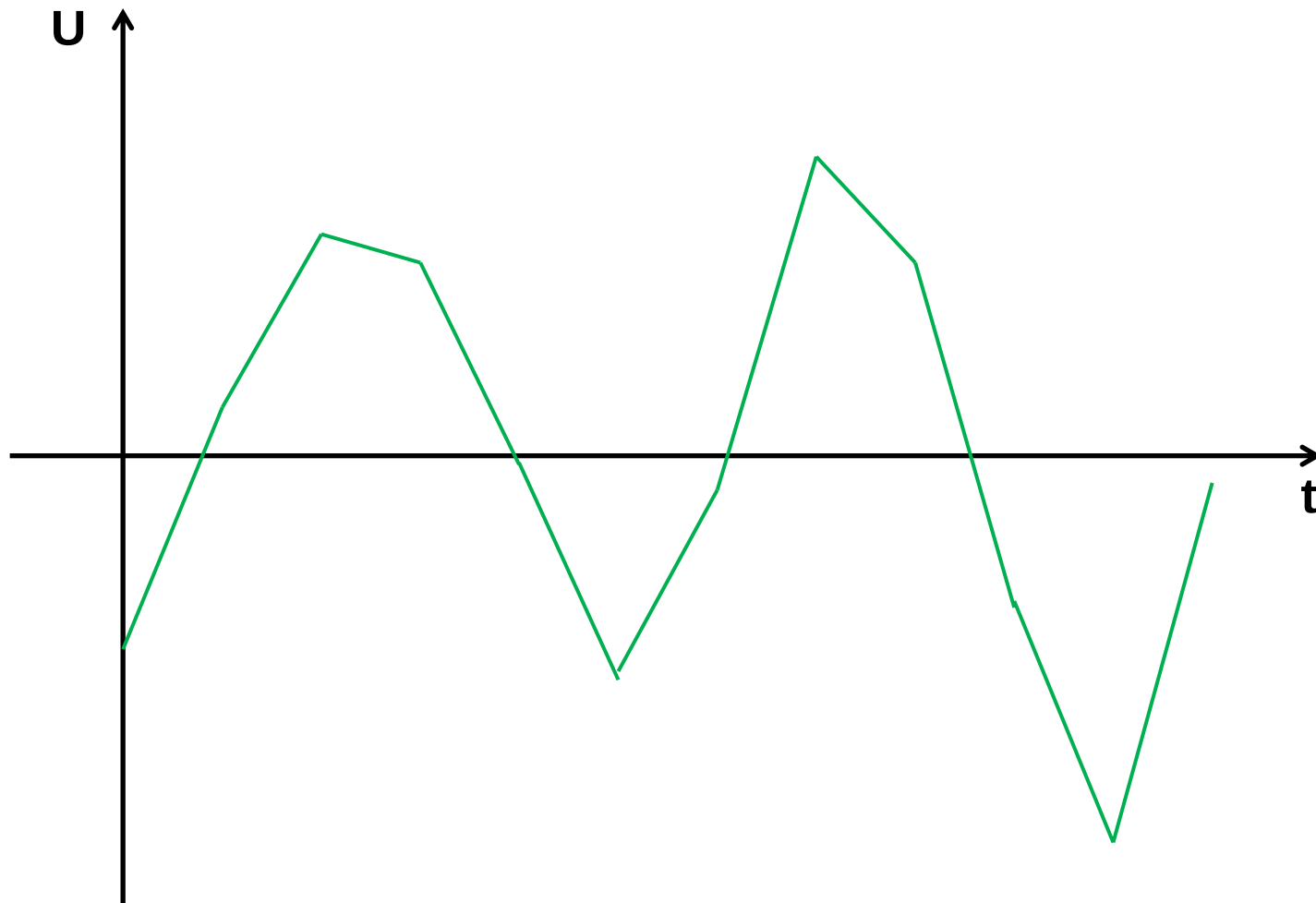
Példa: mintavételezés



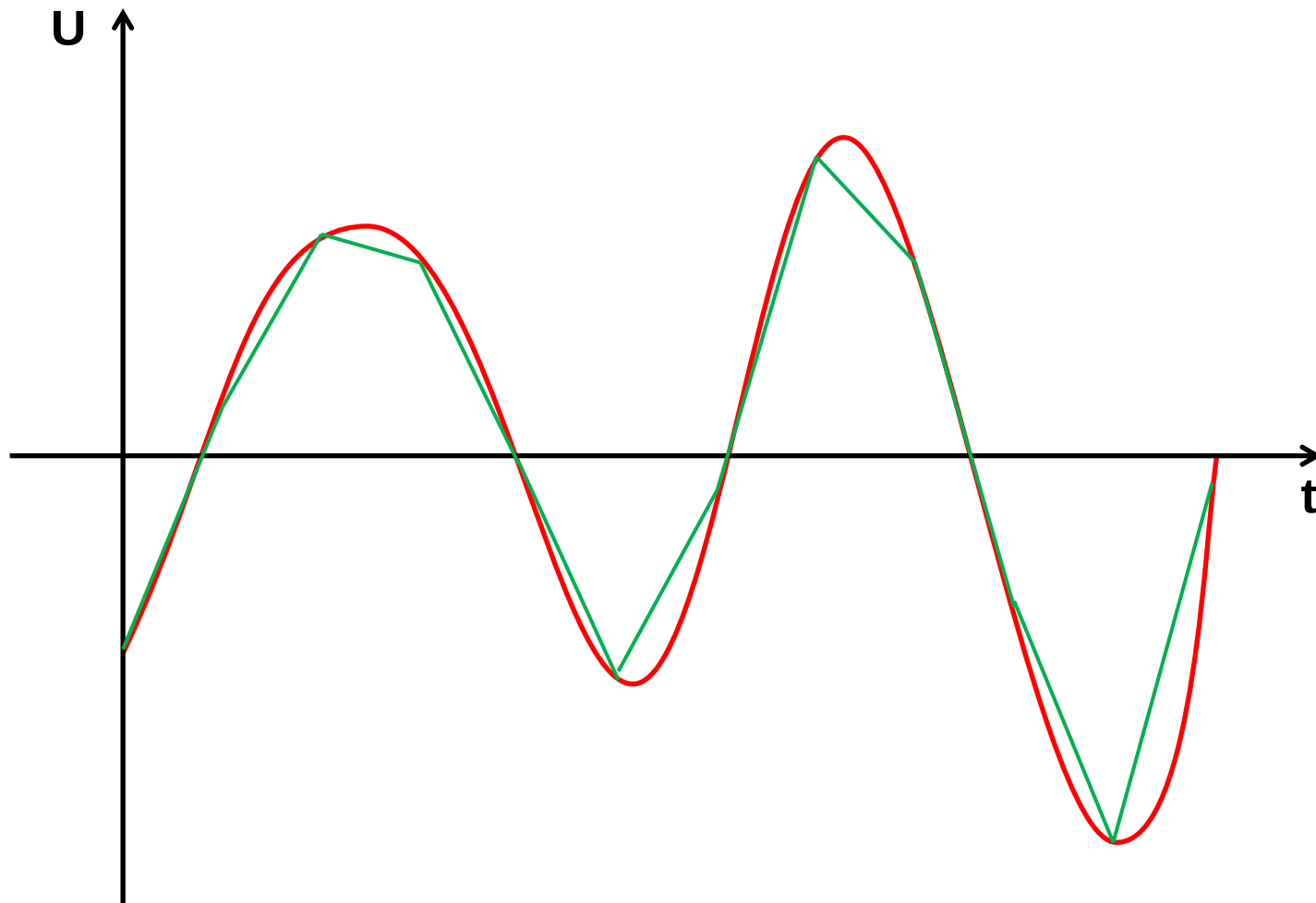
Példa: mintavételezés



Példa: mintavételezés



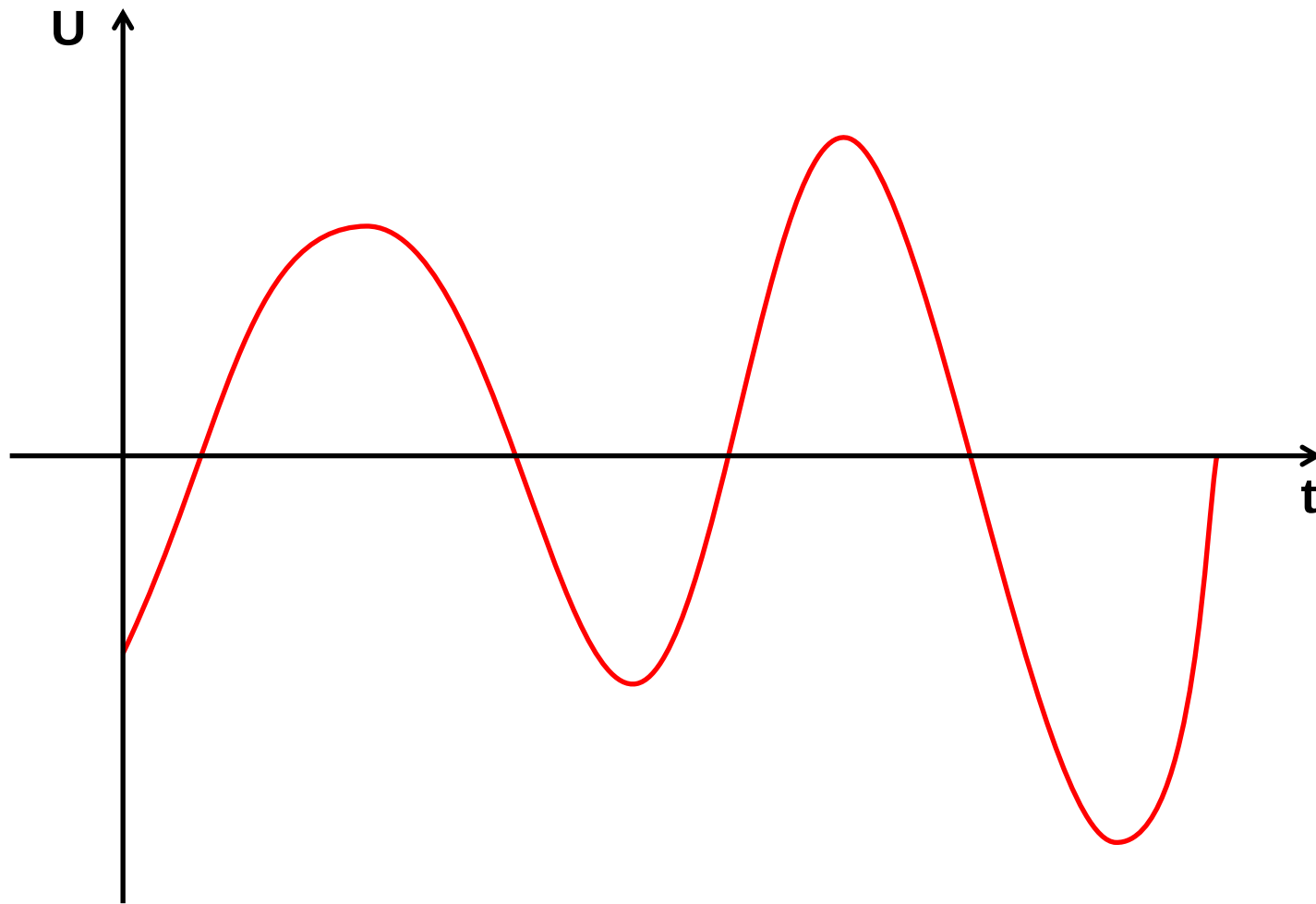
Példa: mintavételezés



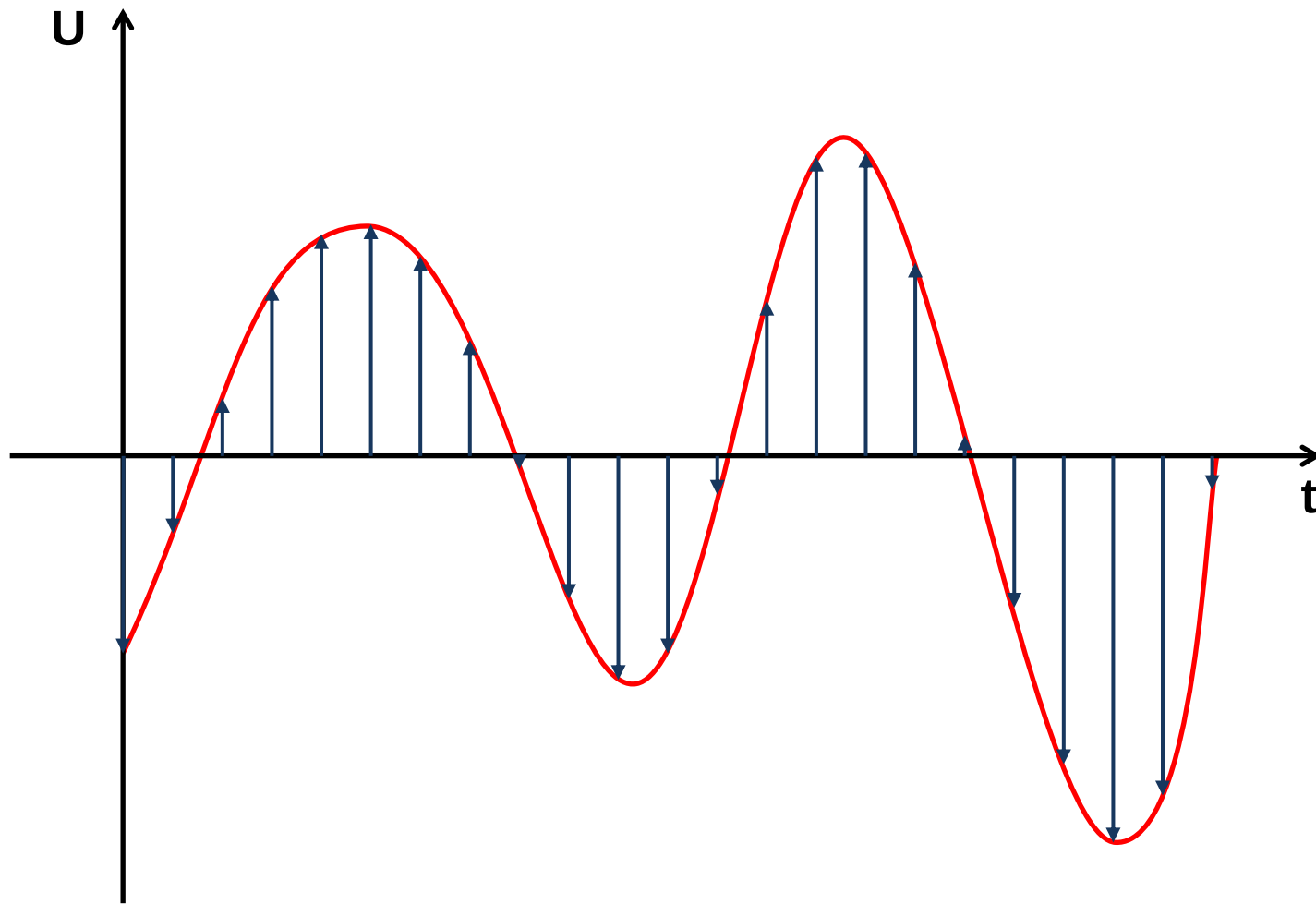
Példa: mintavételezés



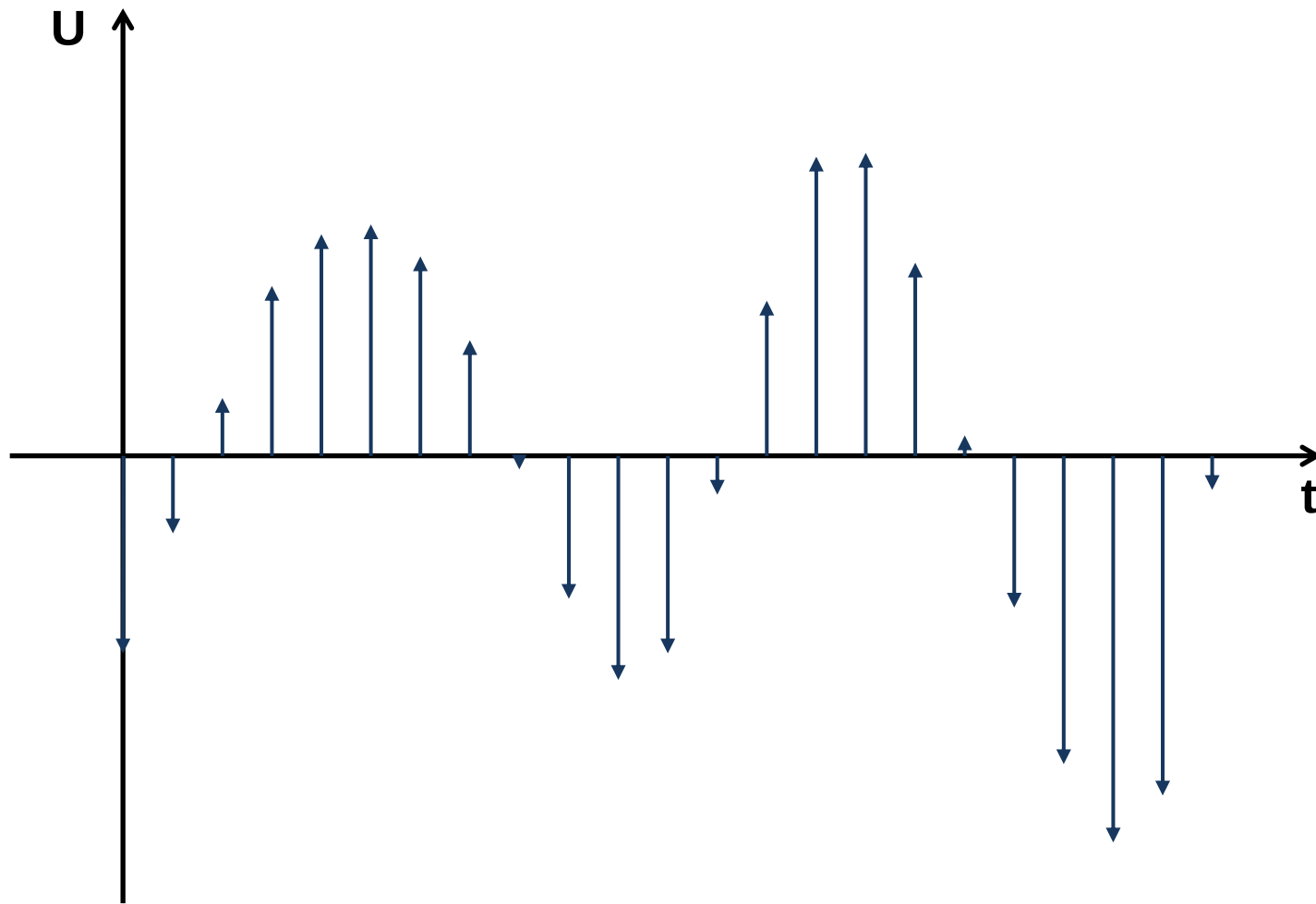
Példa: mintavételezés



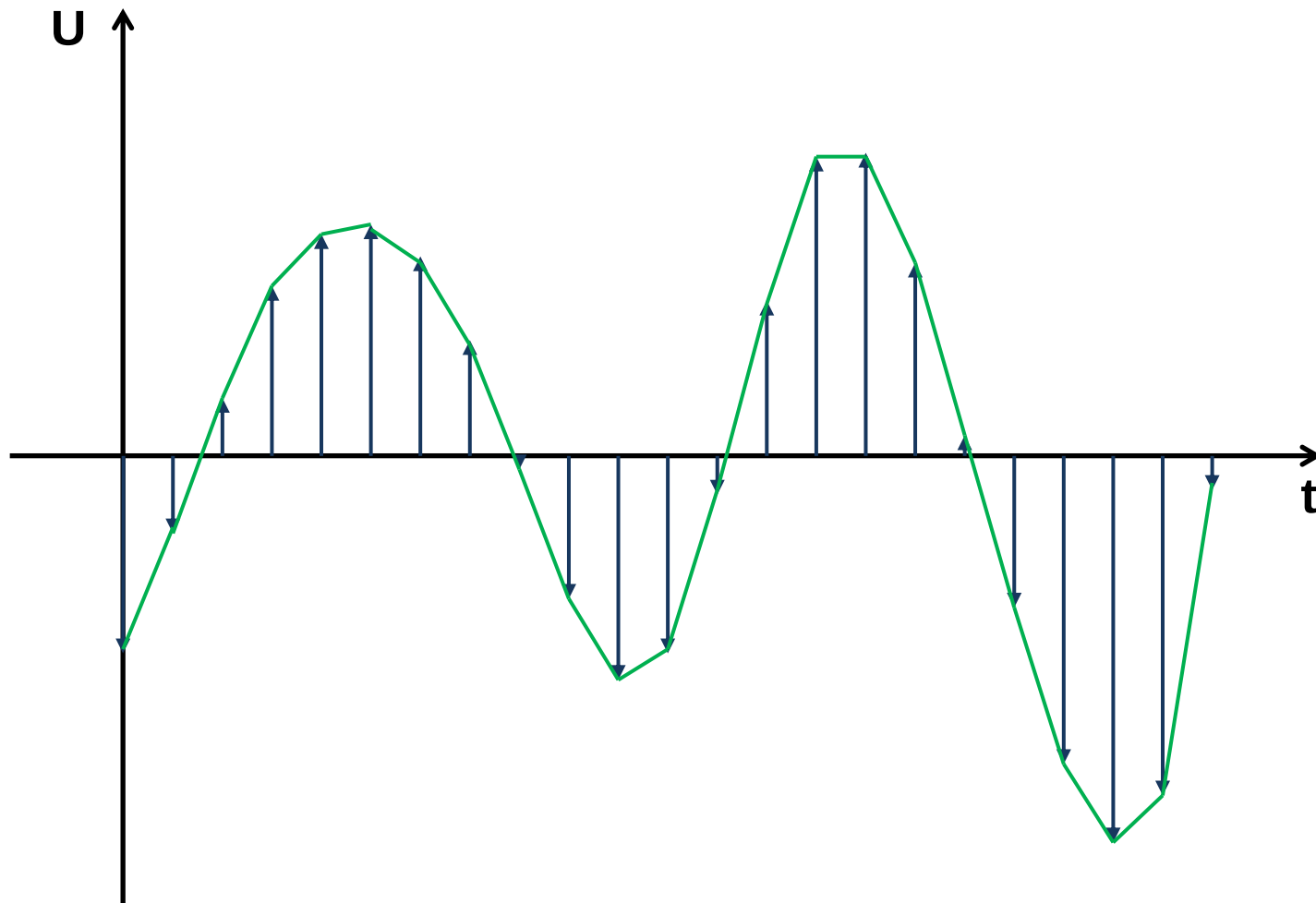
Példa: mintavételezés



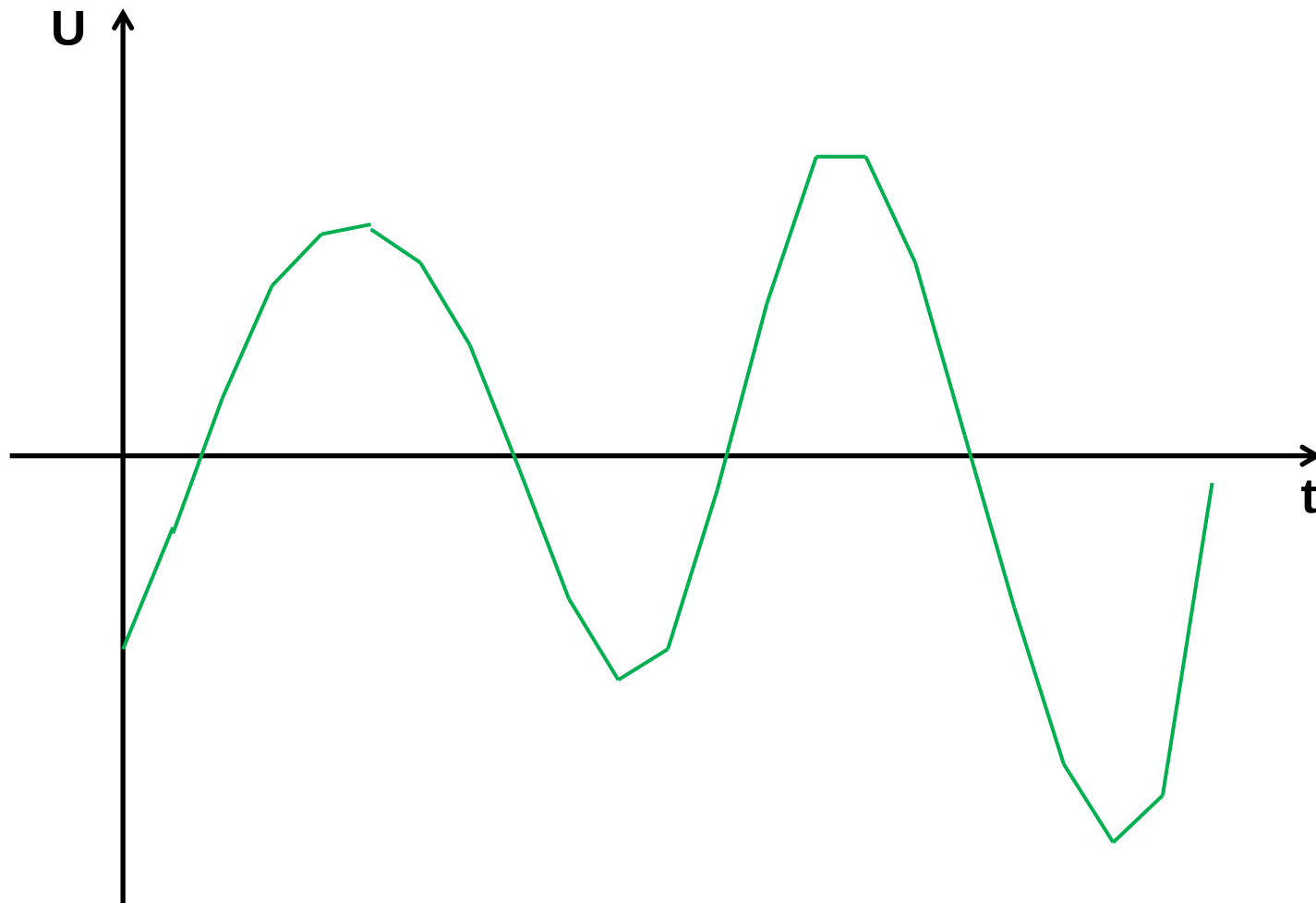
Példa: mintavételezés



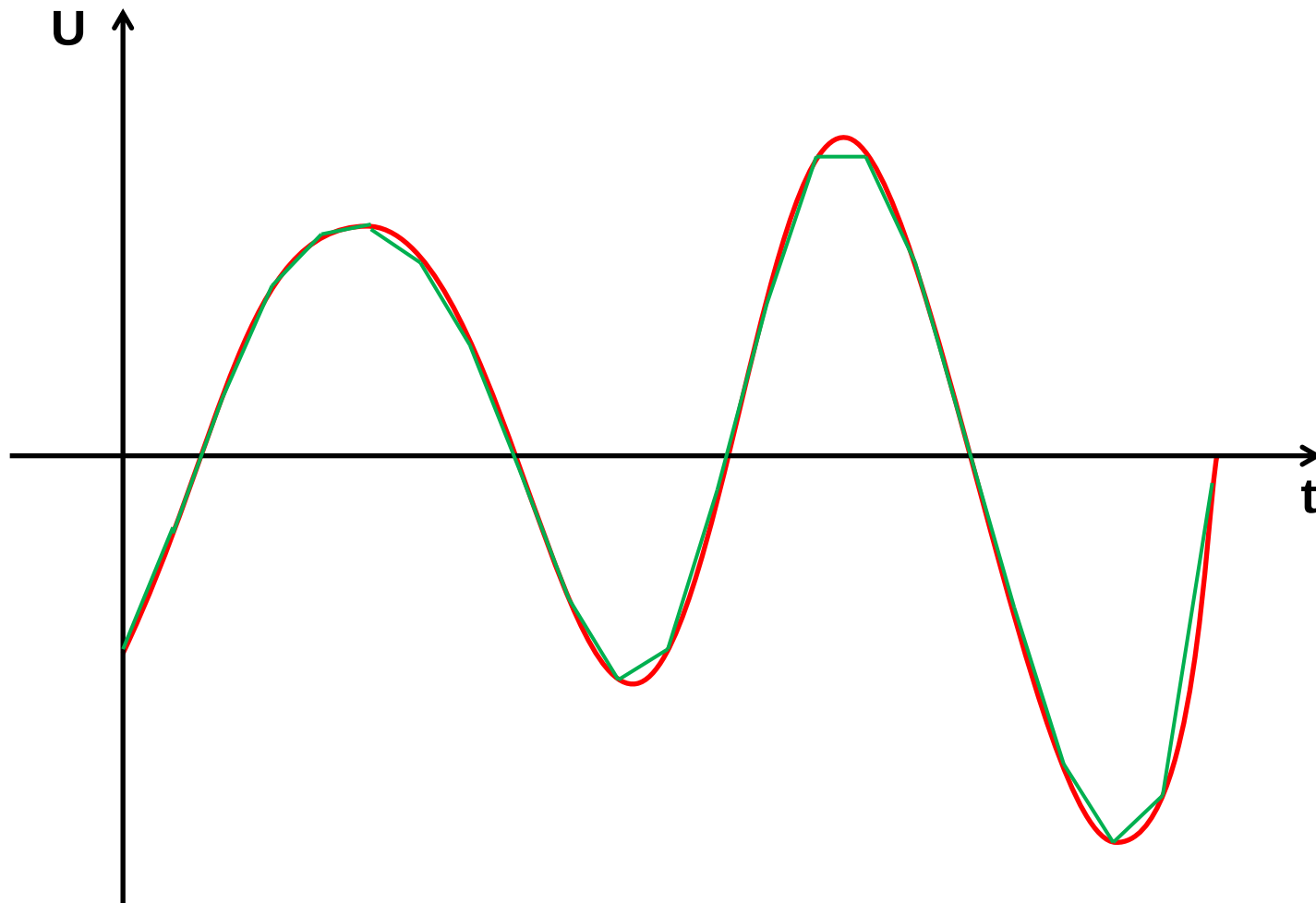
Példa: mintavételezés



Példa: mintavételezés



Példa: mintavételezés



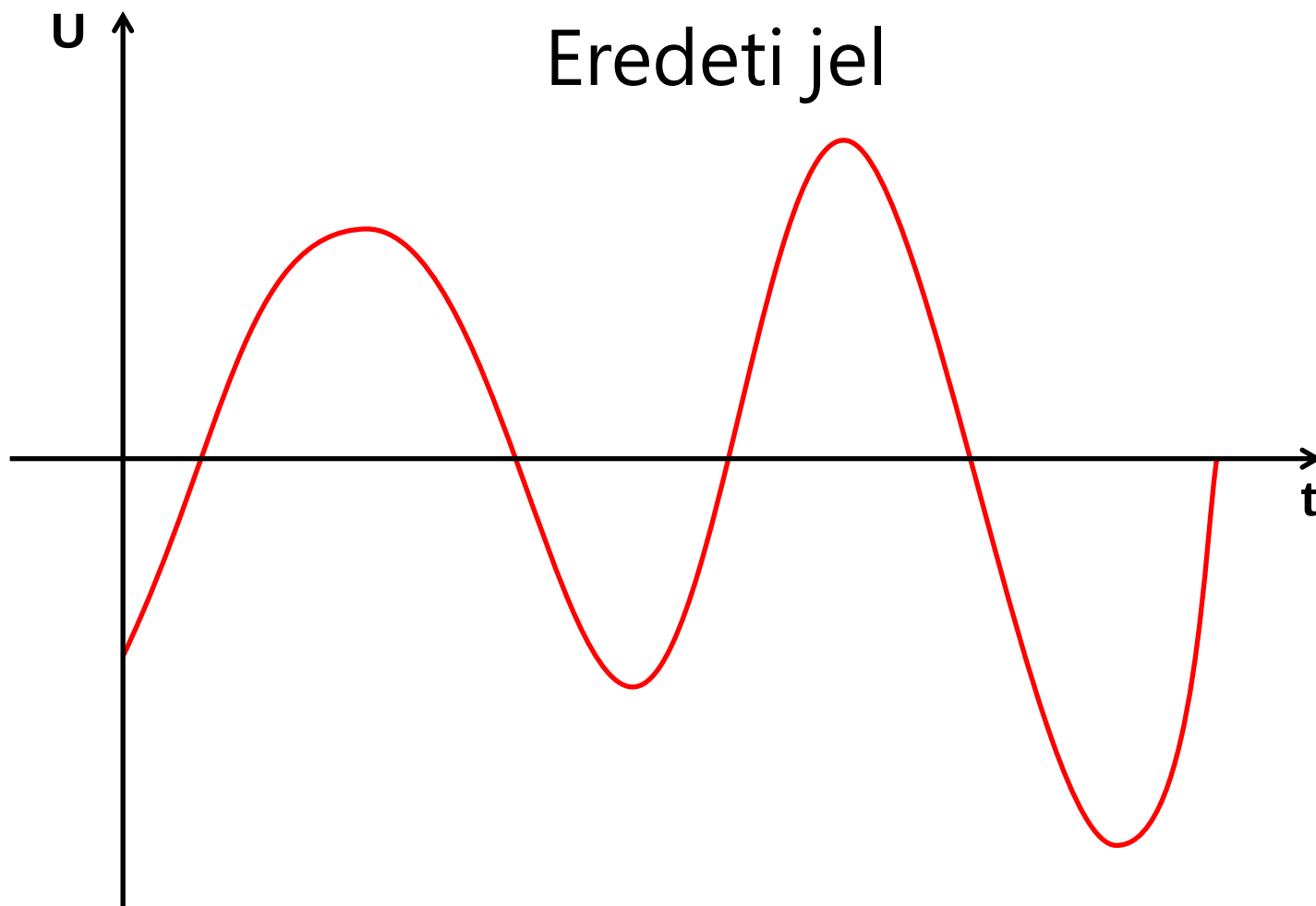
Mintavételezés

- Minél több mintát veszünk, annál jobban megközelítjük az eredeti jelet
- Van olyan, hogy *elég* minta a *tökéletes* visszaállításhoz?
- Nyquist-Shannon mintavételi tétele:
 - Igen! A jel max. frekvenciájának duplája elég mintavételi frekvencia
 - Azaz a duplájánál tetszőlegesen kicsivel több
 - Ekkor visszaállításkor a sávszűrés (!) után *pontosan* az eredeti jelet kapjuk vissza
 - *Wow :)*

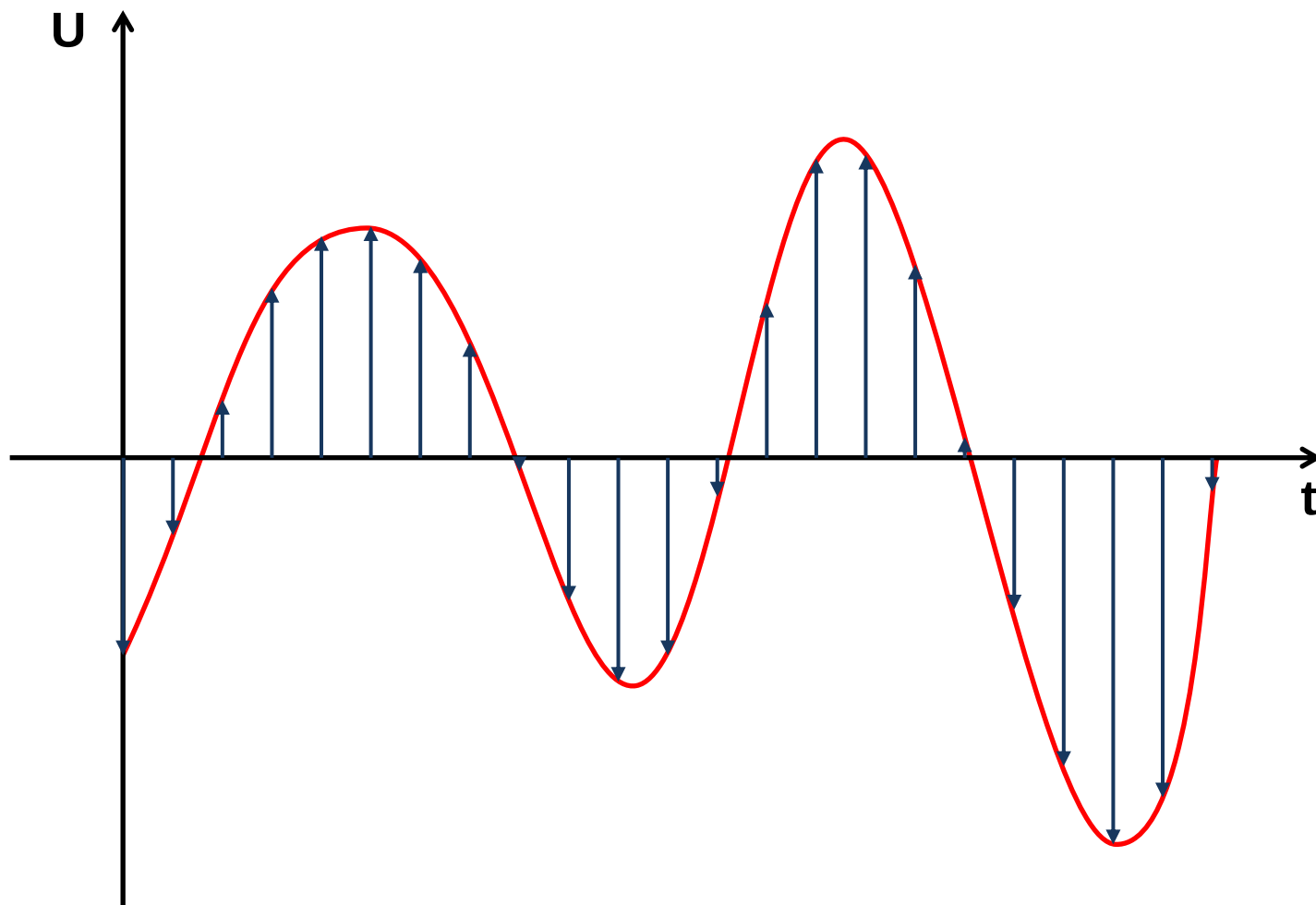
Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel



Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel

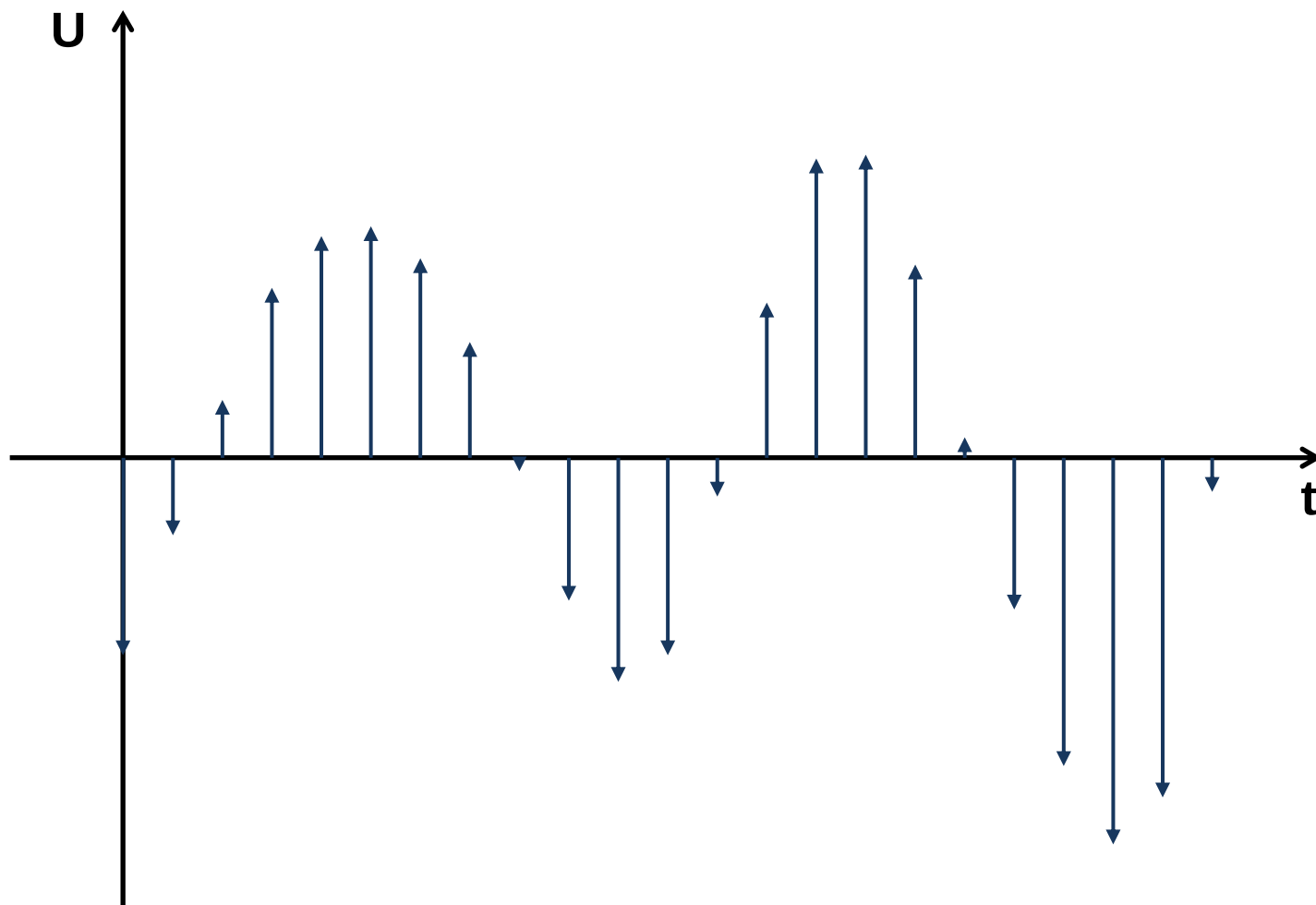


Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel



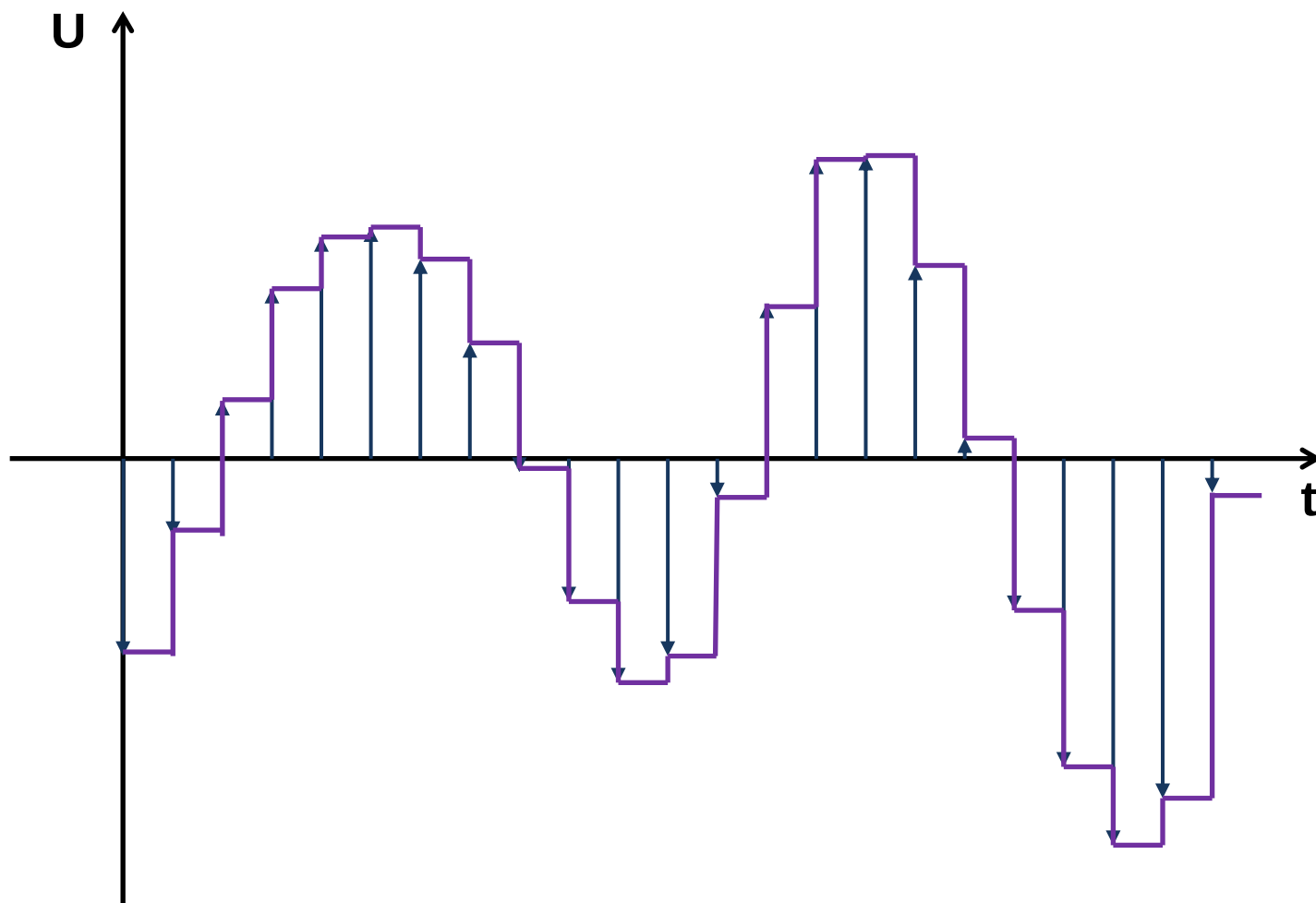
Mintavételezés

Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel



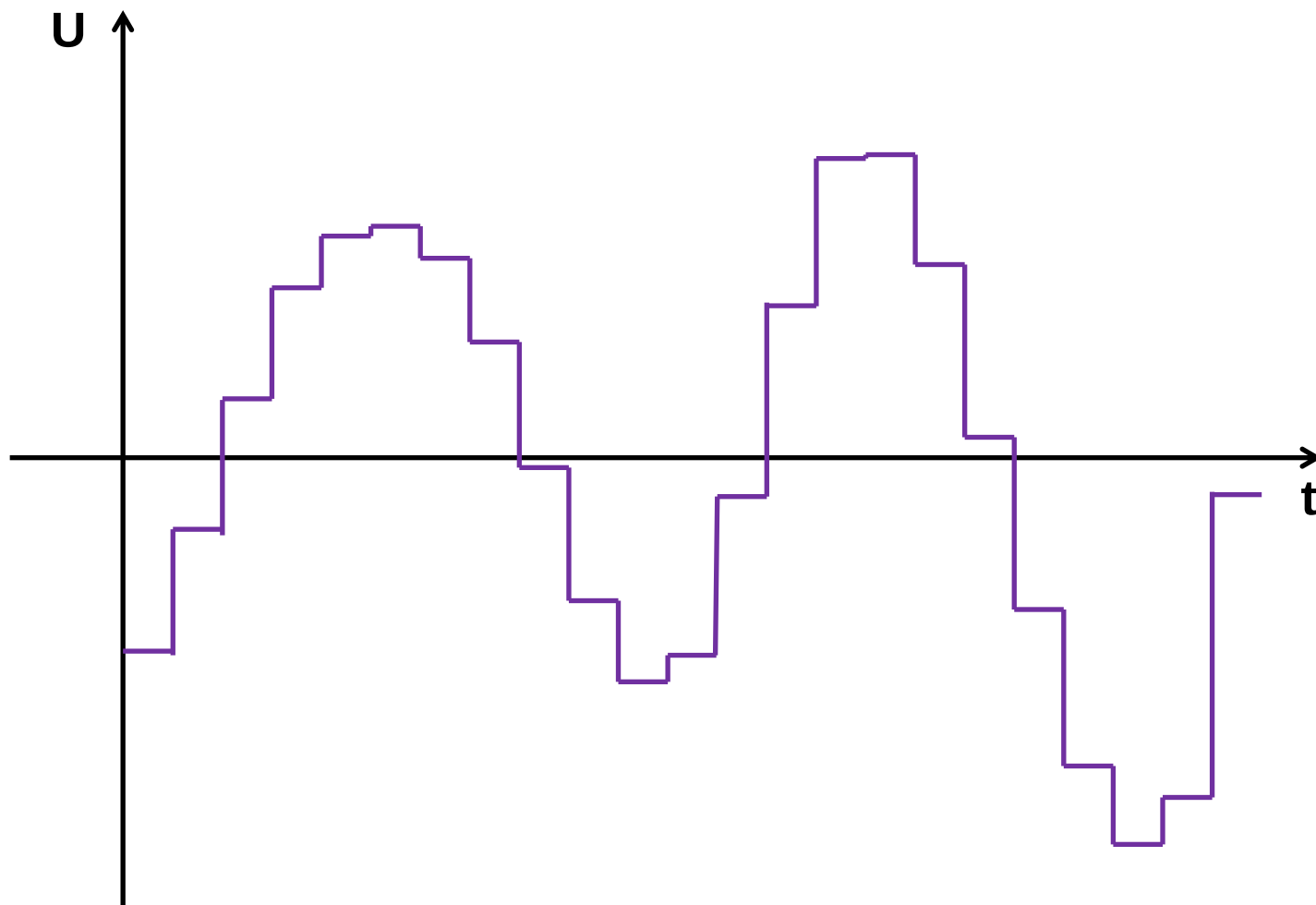
Mintavételezés

Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel



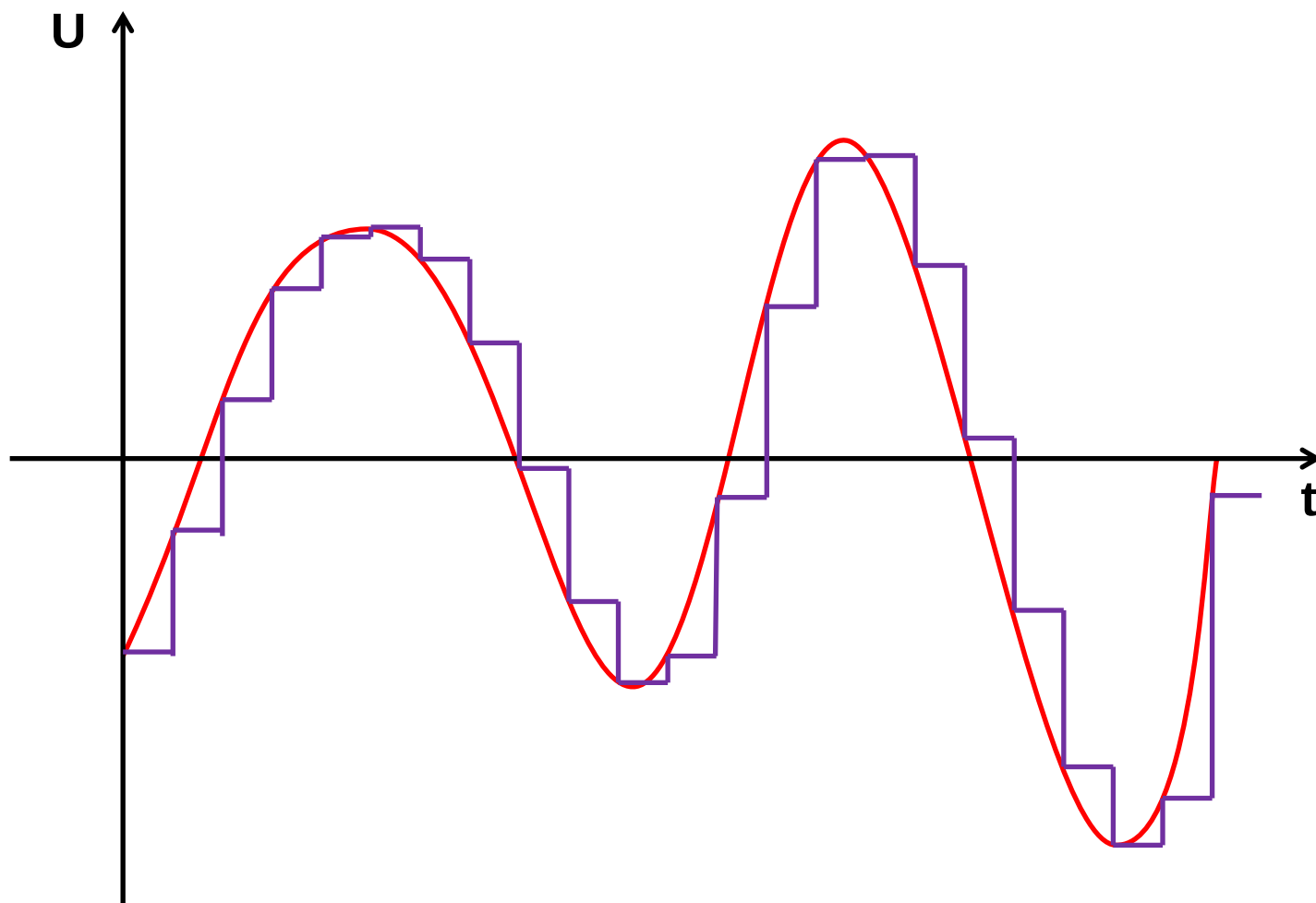
Nulladrendű tartó

Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel



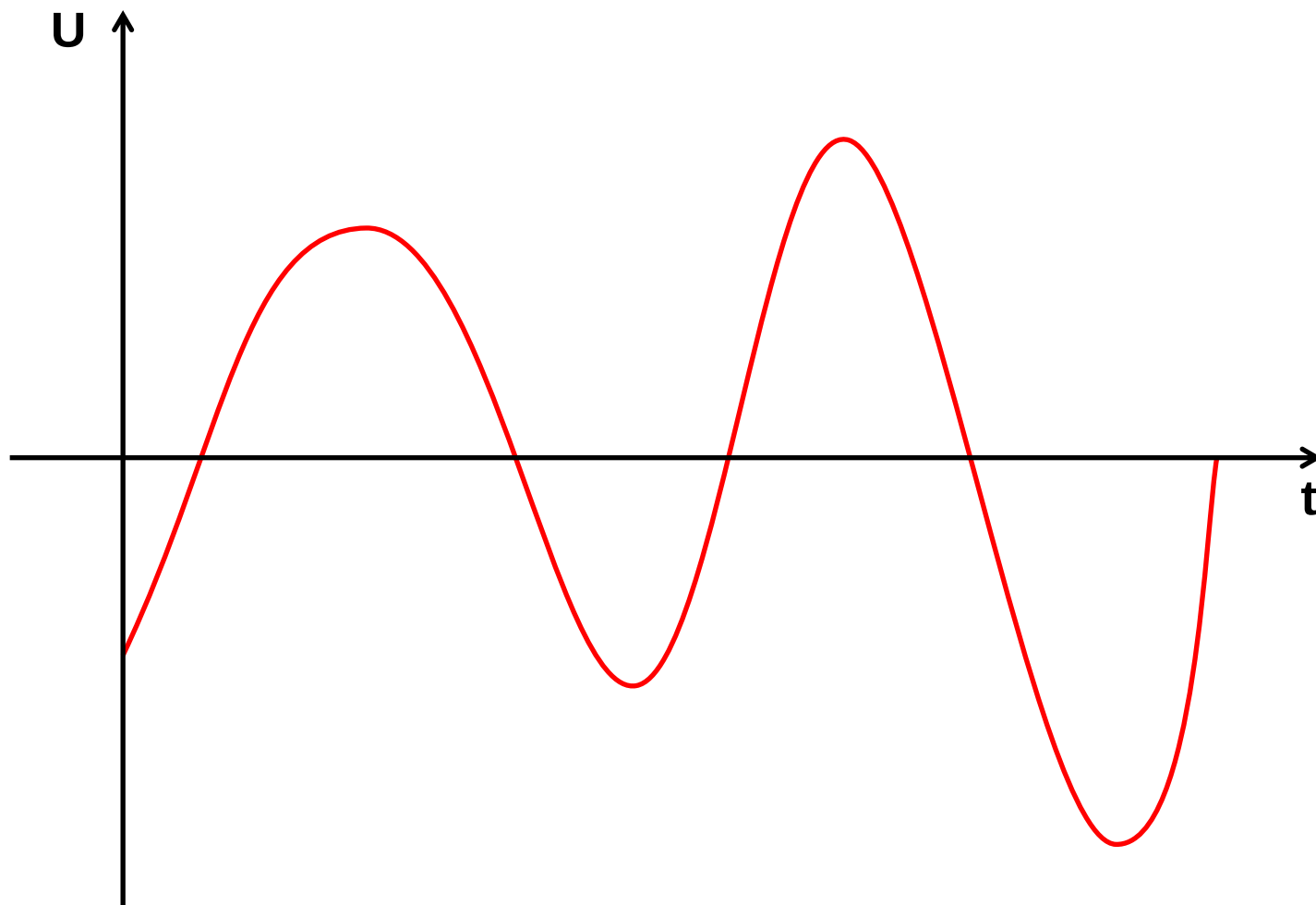
Nulladrendű tartó

Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel



Sávszűrés utáni jel

Mintavételezés visszaállítása sávszűréssel

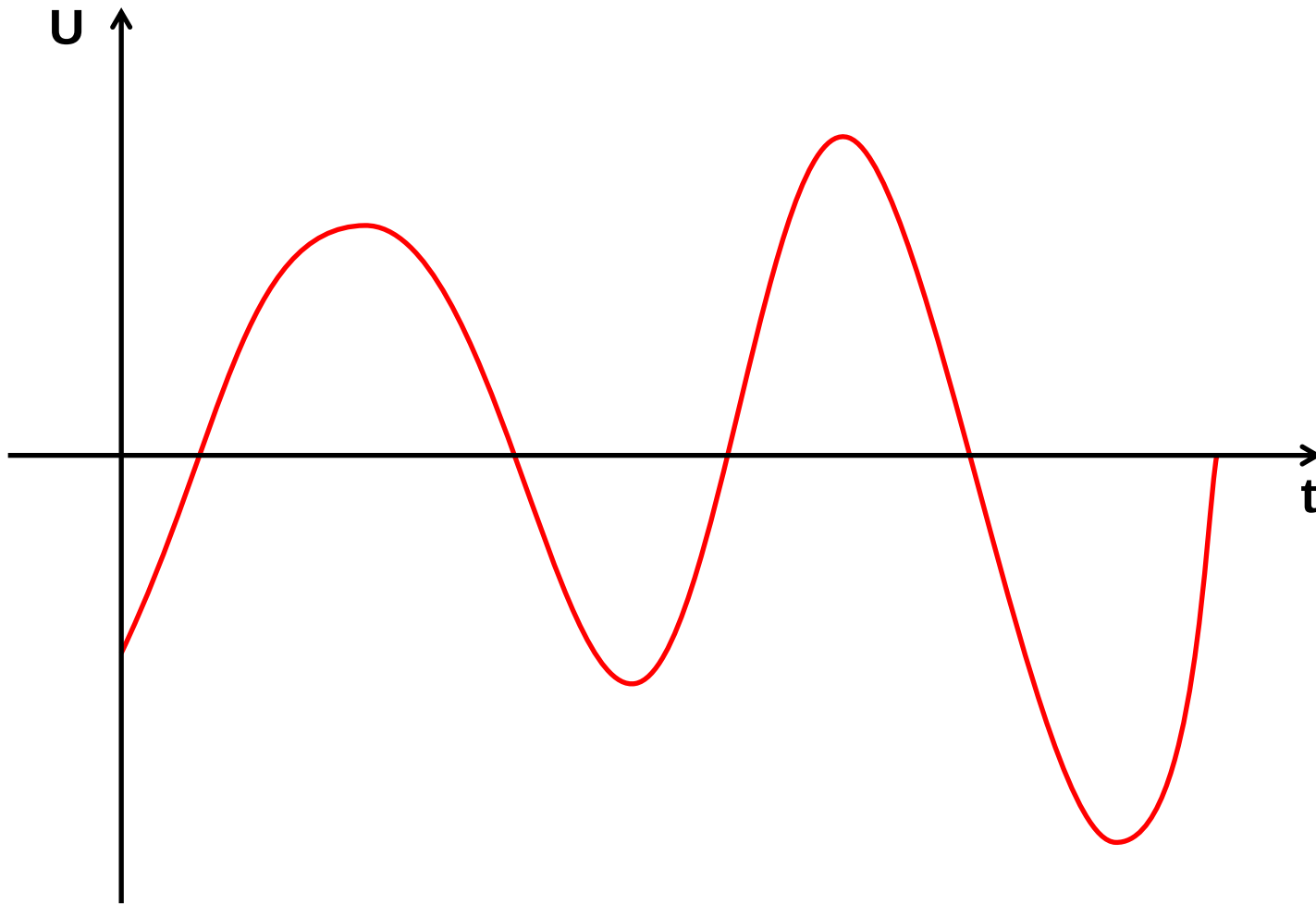


Sávszűrés utáni jel

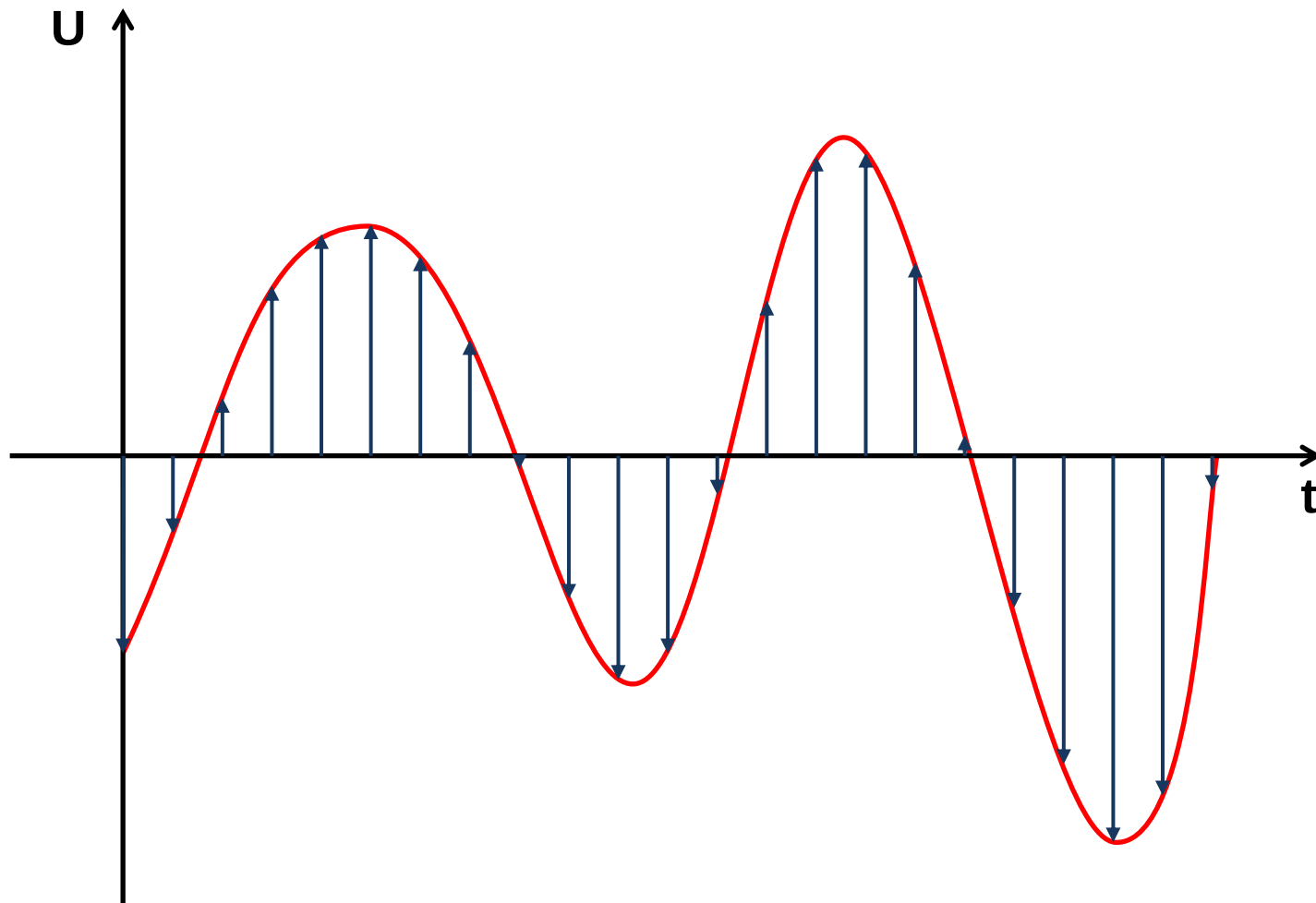
Példa: kvantálás



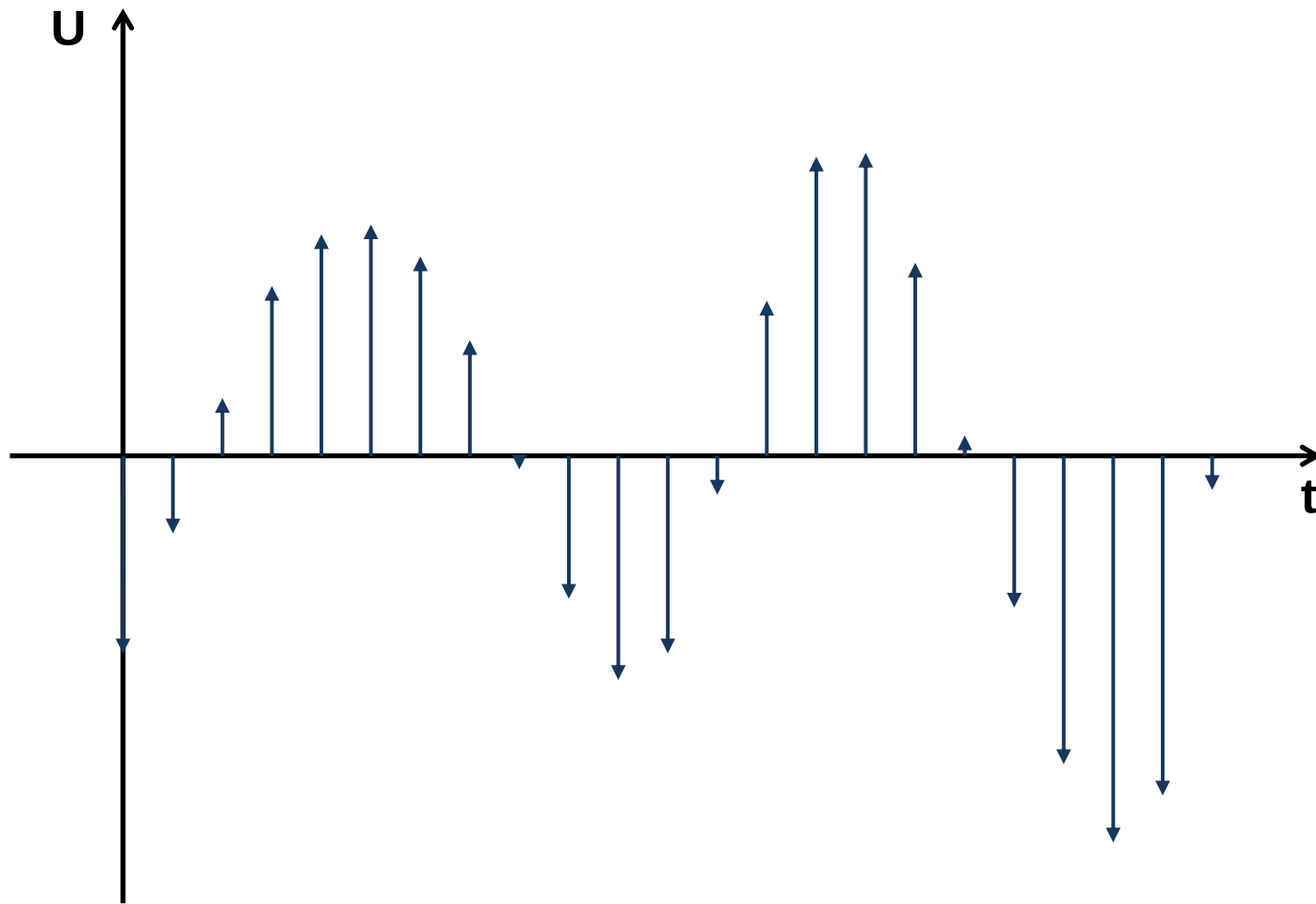
Példa: kvantálás



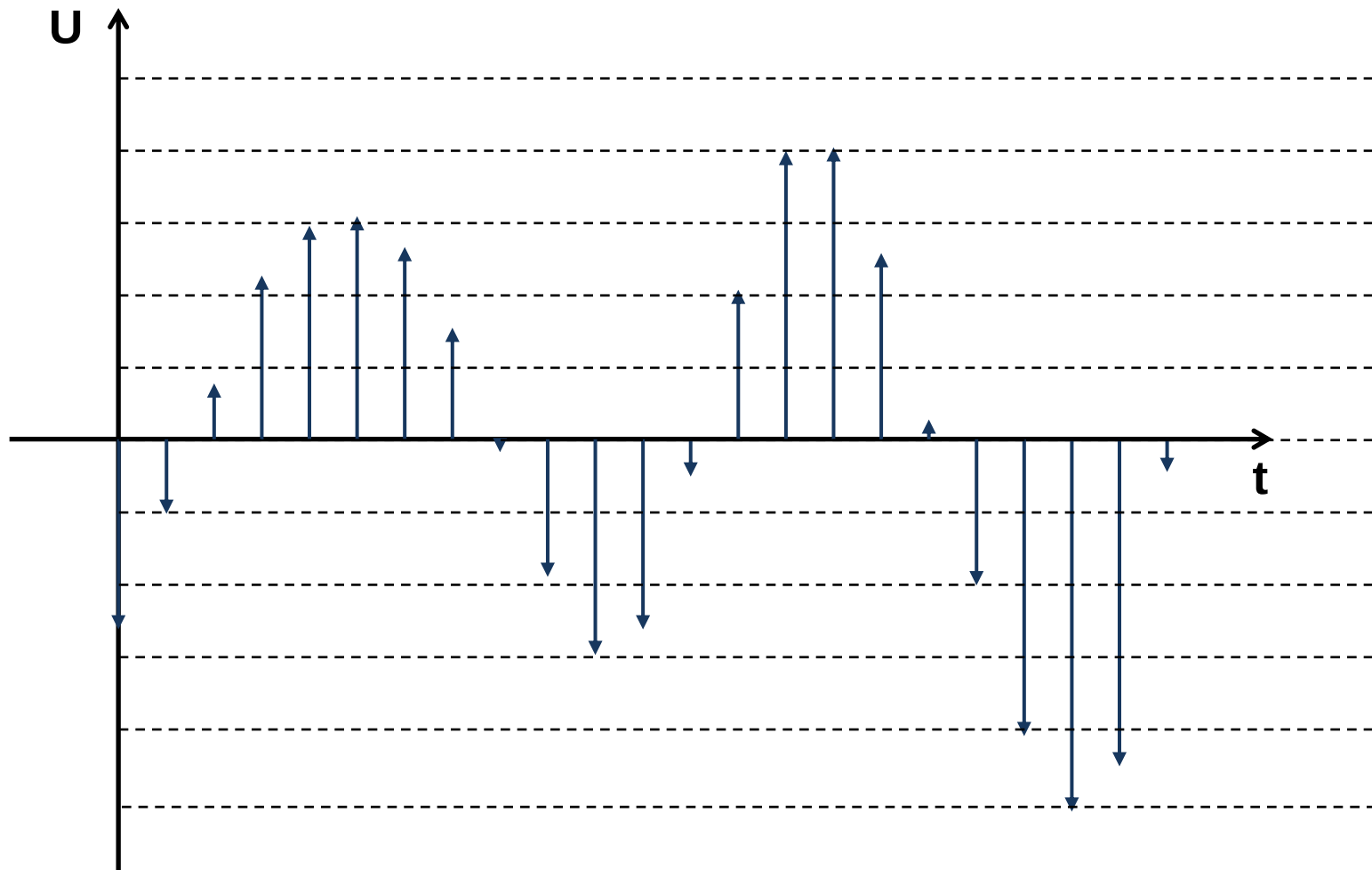
Példa: kvantálás



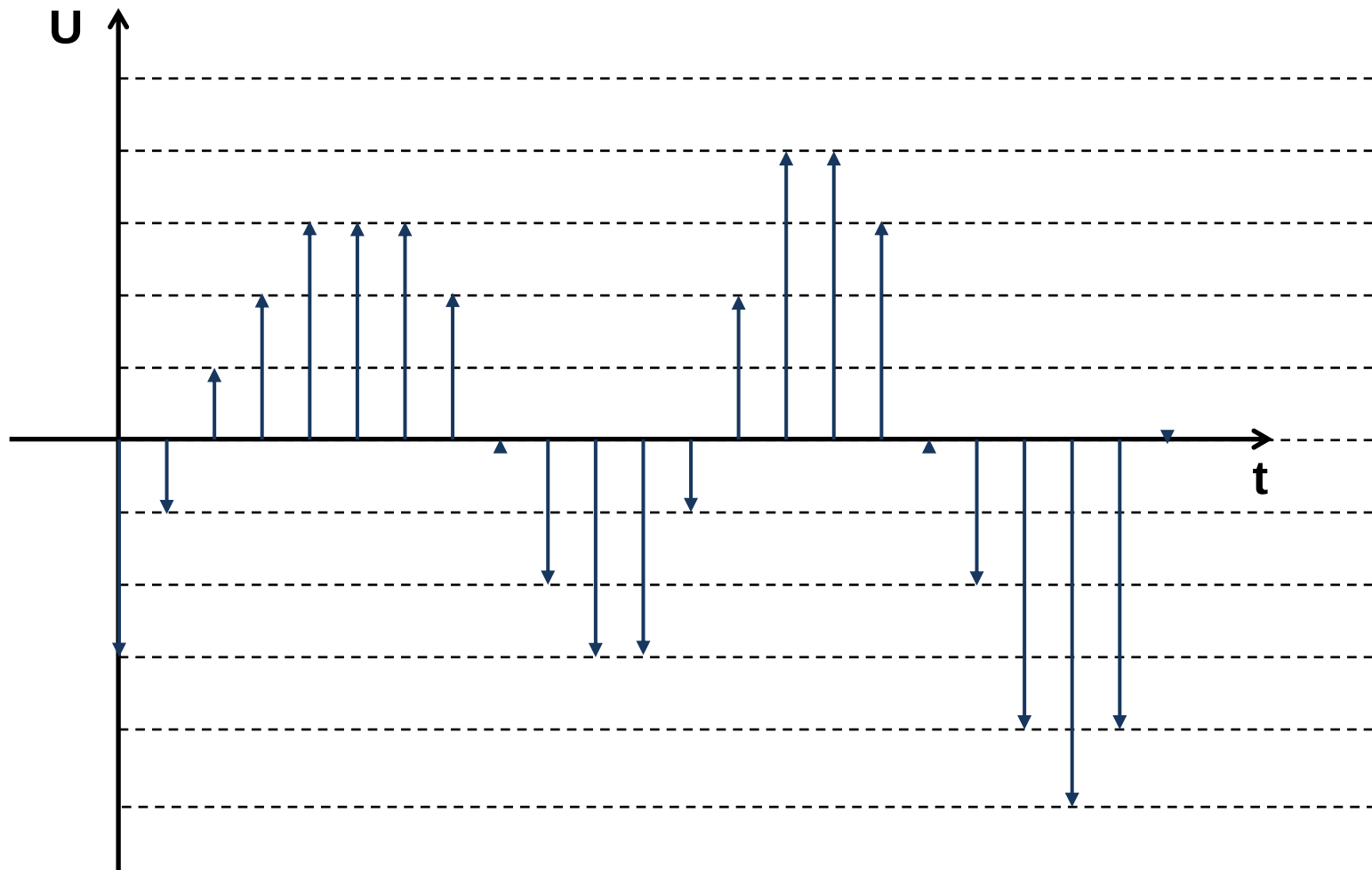
Példa: kvantálás



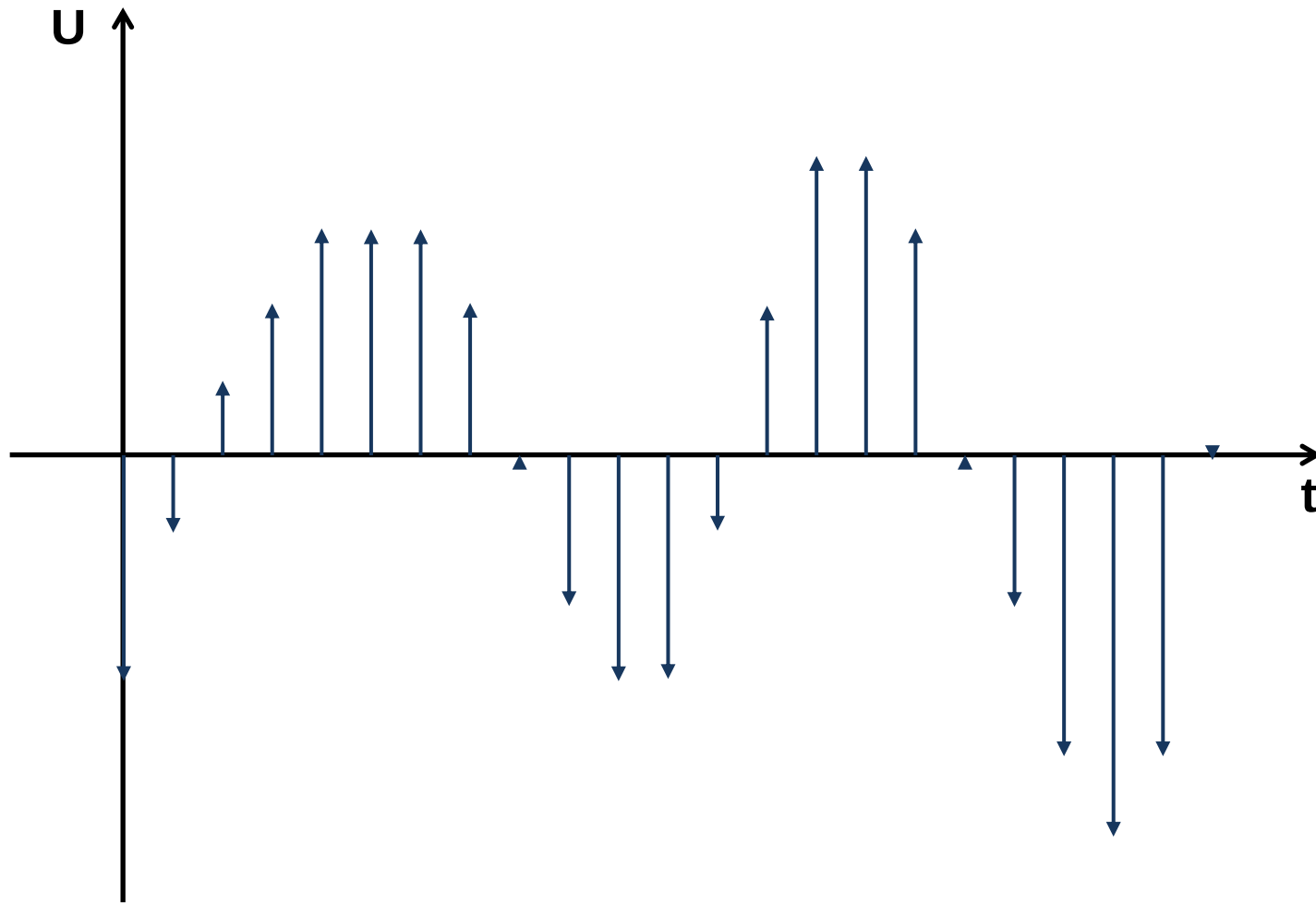
Példa: kvantálás



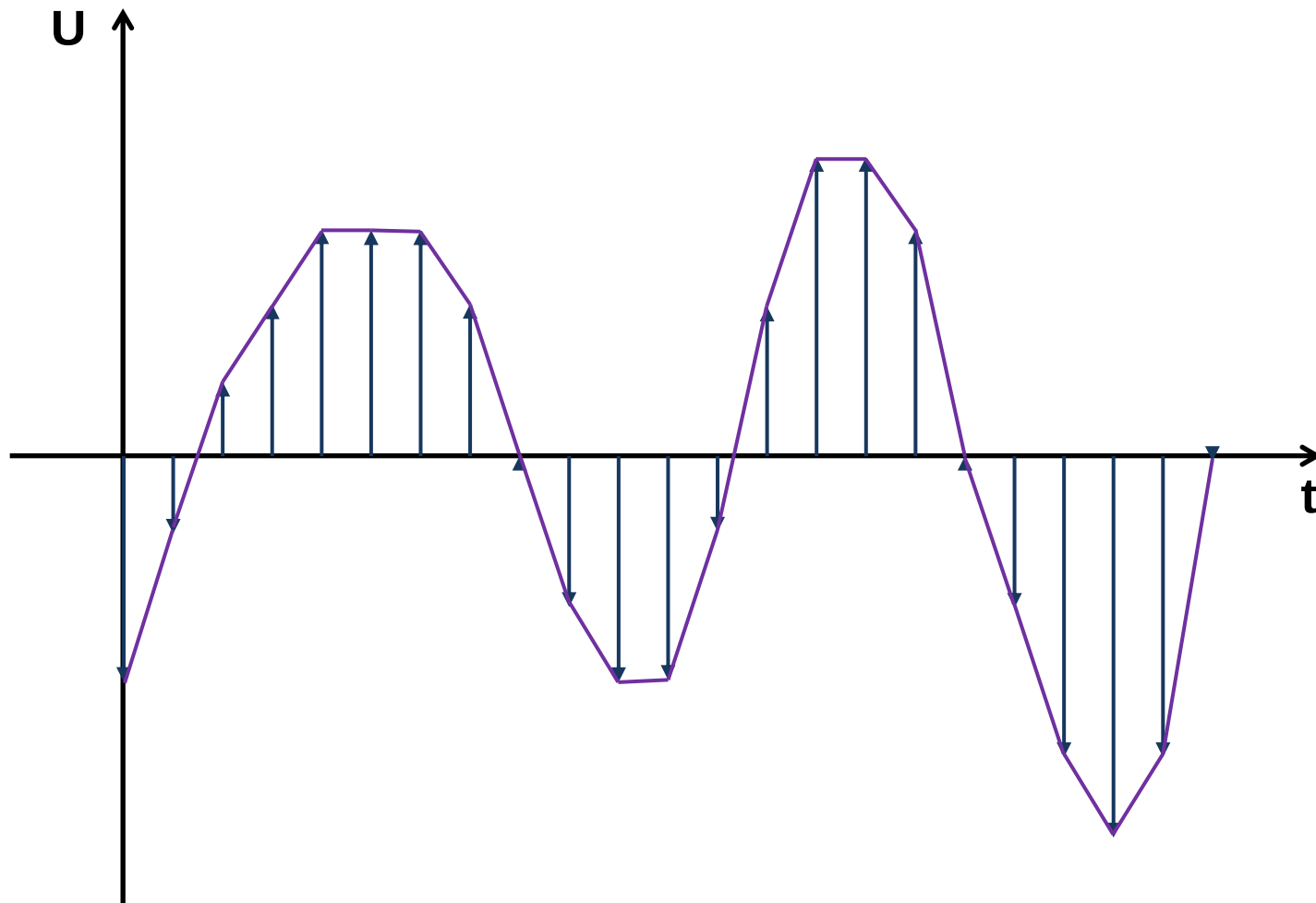
Példa: kvantálás



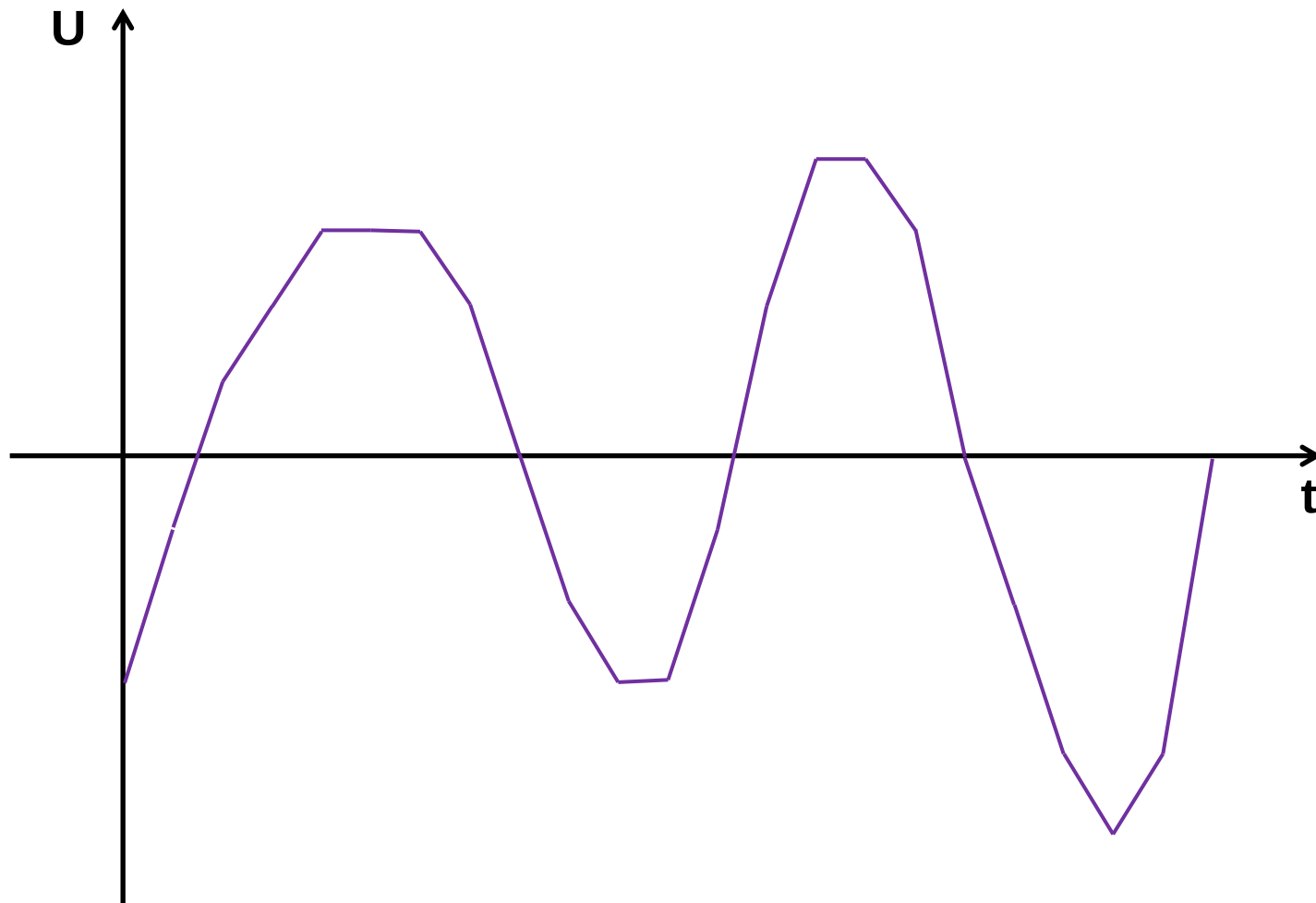
Példa: kvantálás



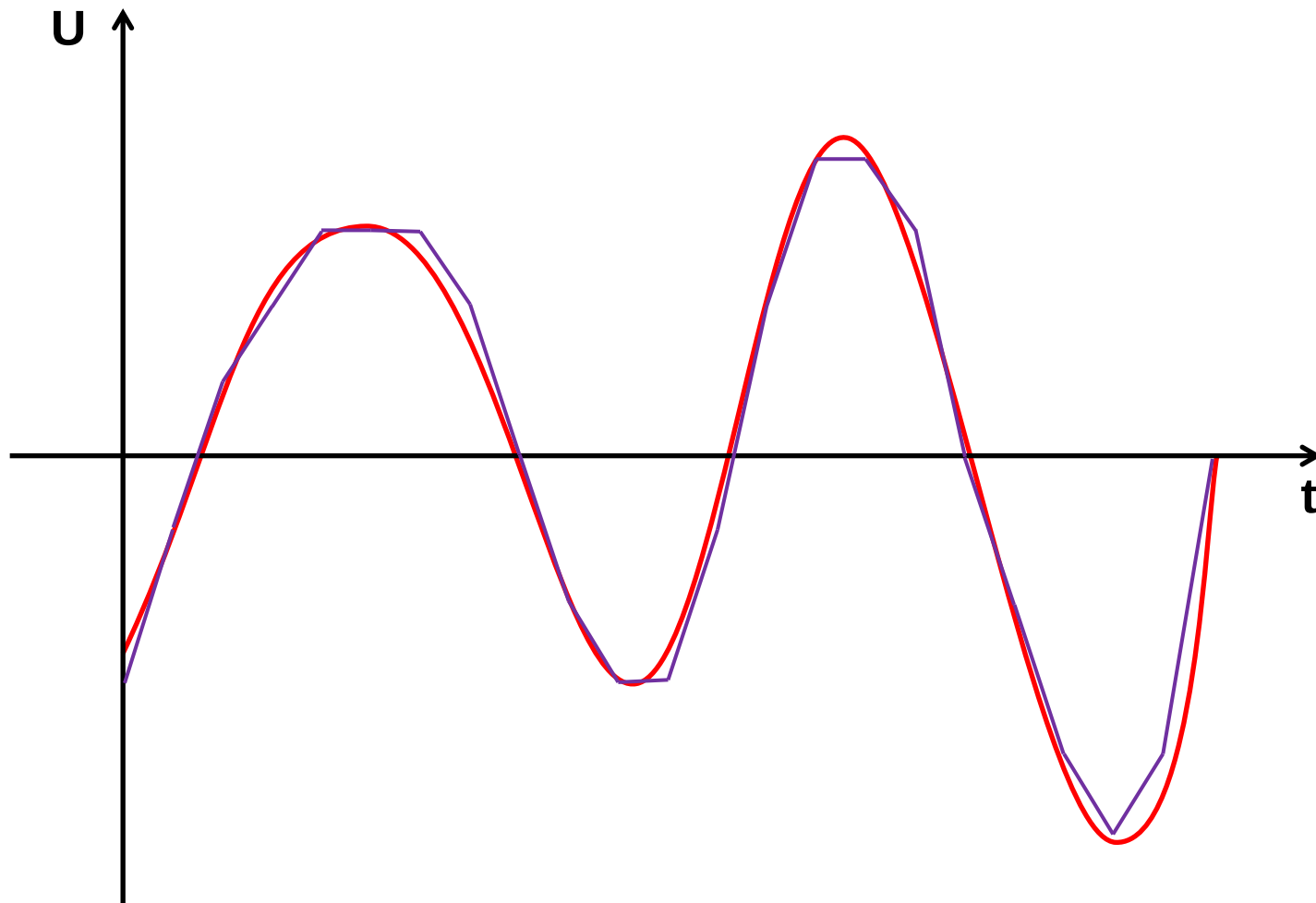
Példa: kvantálás



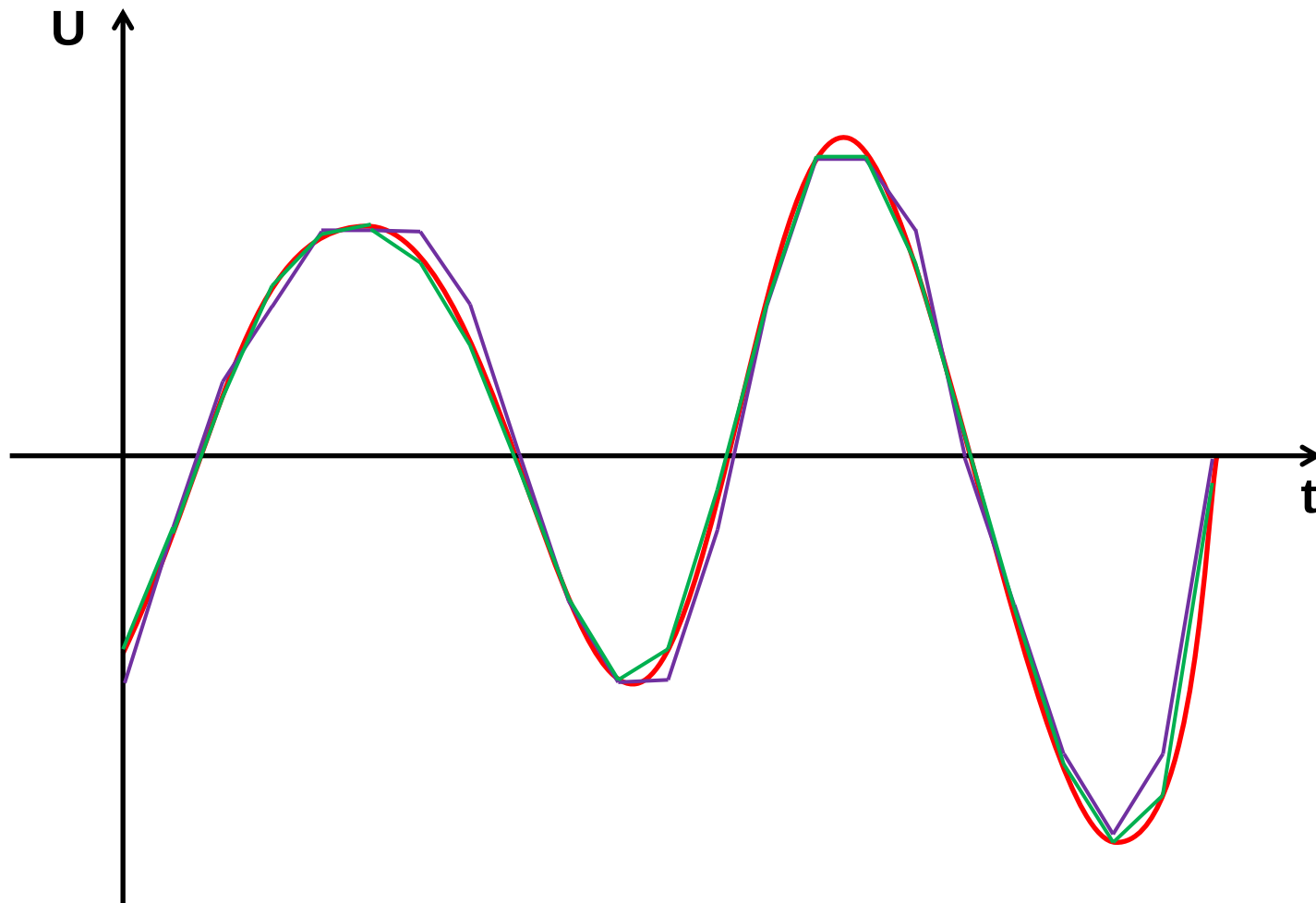
Példa: kvantálás



Példa: kvantálás



Példa: kvantálás



Kvantálás

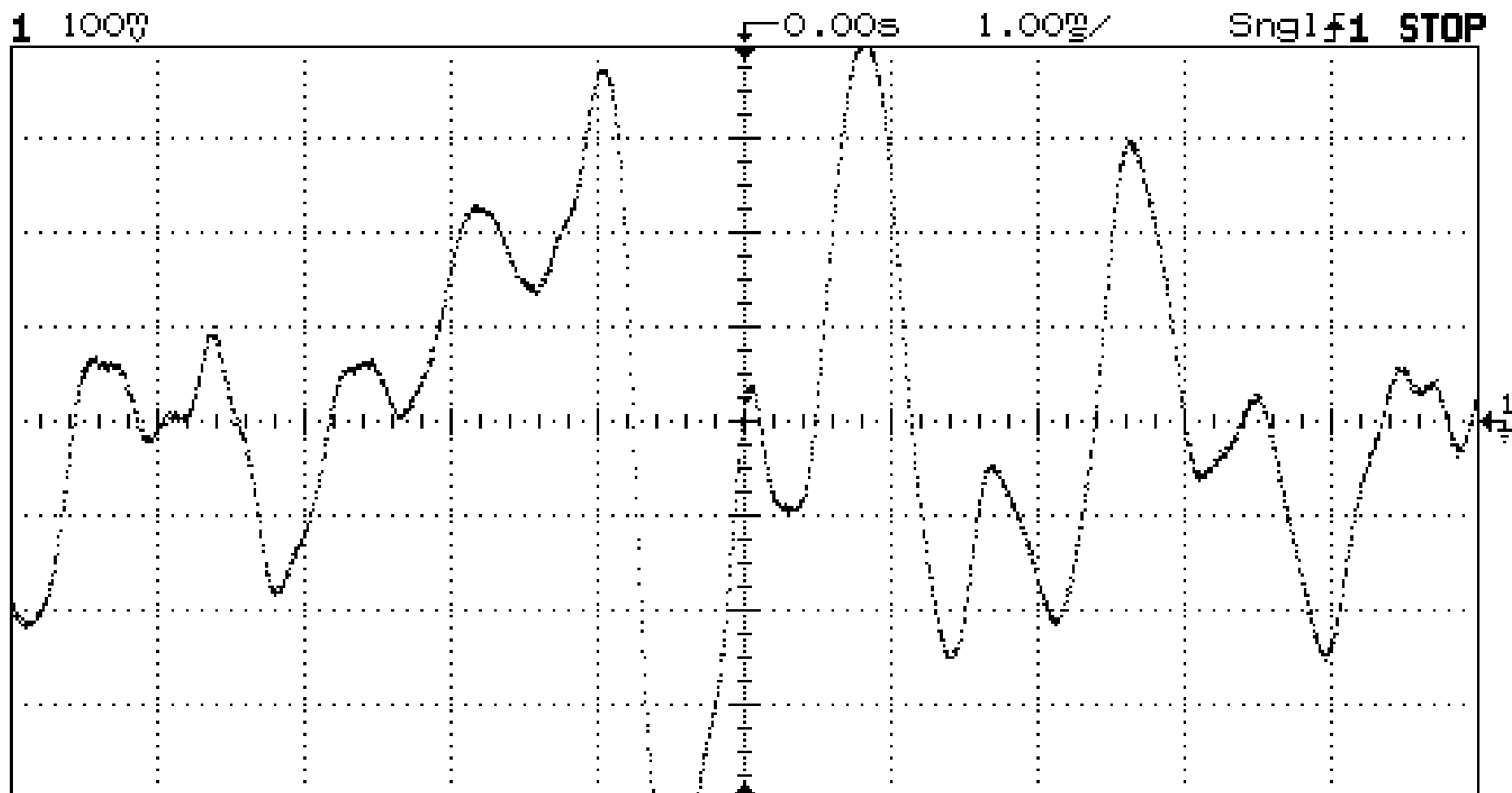
- Minél több szintre kvantálunk, annál jobban megközelítjük az eredeti jelet
- Van olyan, hogy *elég* kvantálási szint a *tökéletes* visszaállításhoz?
- Nincs :(
 - Mindig marad hiba: a kvantálási torzítás
 - kevésbé precízen: „kvantálási zaj”
 - Mérnökök lesznek, valami megoldás kell!
 - Megoldás: nem kell tökéletes, legyen csak „elég jó”
 - Sok kvantálási szint: hosszabb „szavak” (több bit) tárolása
 - Kevés kvantálási szint: nagyobb torzítás, rosszabb minőség
 - Alkalmazásfüggő kompromisszum kell

Kvantálás beszédjelhez illesztése

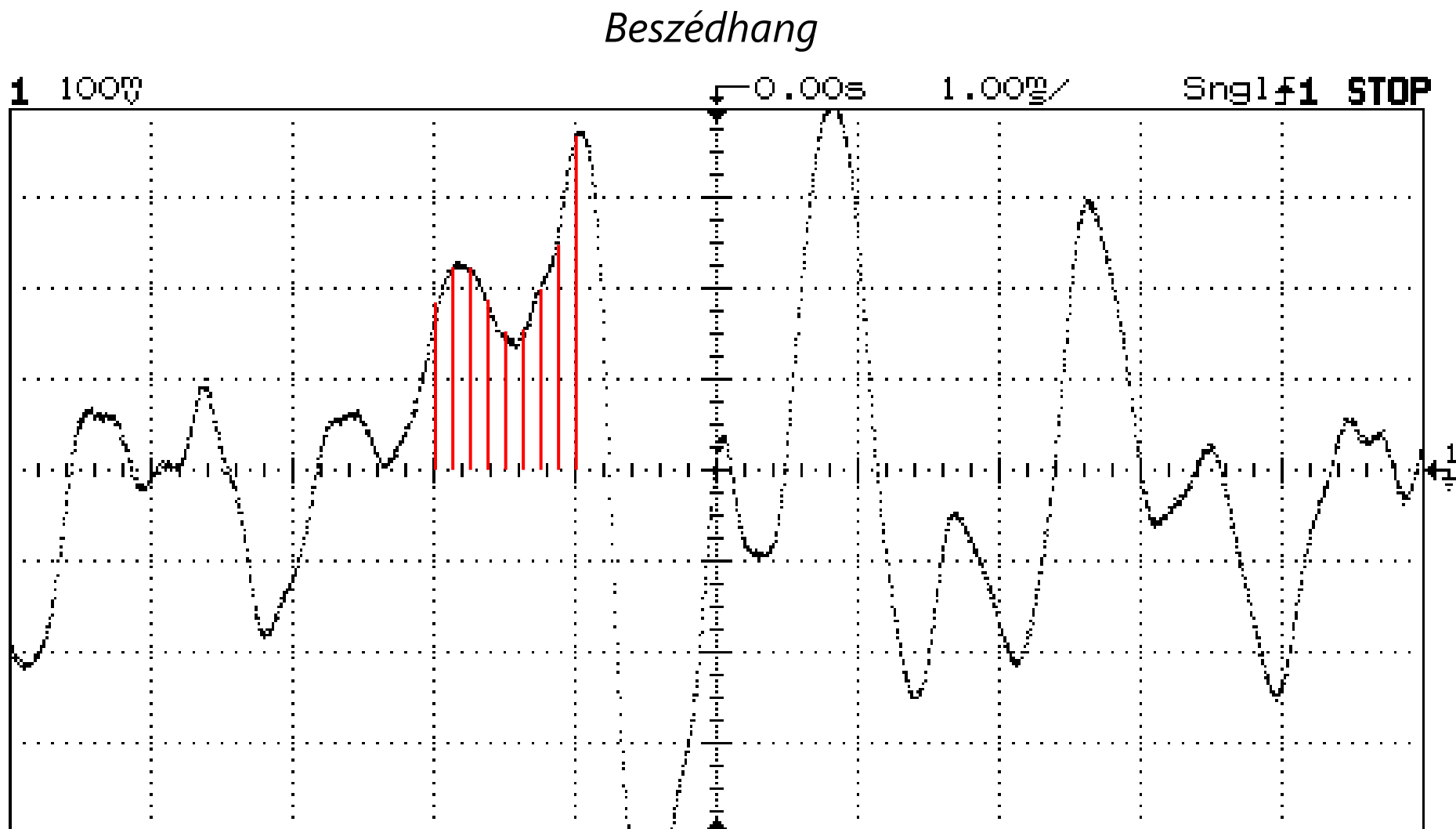
- Egy trükk, hogy kevés kvantálási szinttel jó eredményt érjünk el
- Beszédjel:
 - gyakori mássalhangzók kis amplitúdóval
 - jelentősen befolyásolják a beszéd érthetőségét
 - kis amplitúdó esetén sűrűbb kvantálási szintek kellenének
- Megoldás:
 - *nem egyenletes kvantálás*
 - logaritmikus karakterisztikával (az emberi fül is ilyen)
 - USA: μ törvényű kvantáló (μ -law)
 - Európa: A törvényű kvantáló (A-law)
 - hasonló, de nem kompatibilis, átkódolás kell

PCM kodek egy valódi példán keresztül

Beszédhang

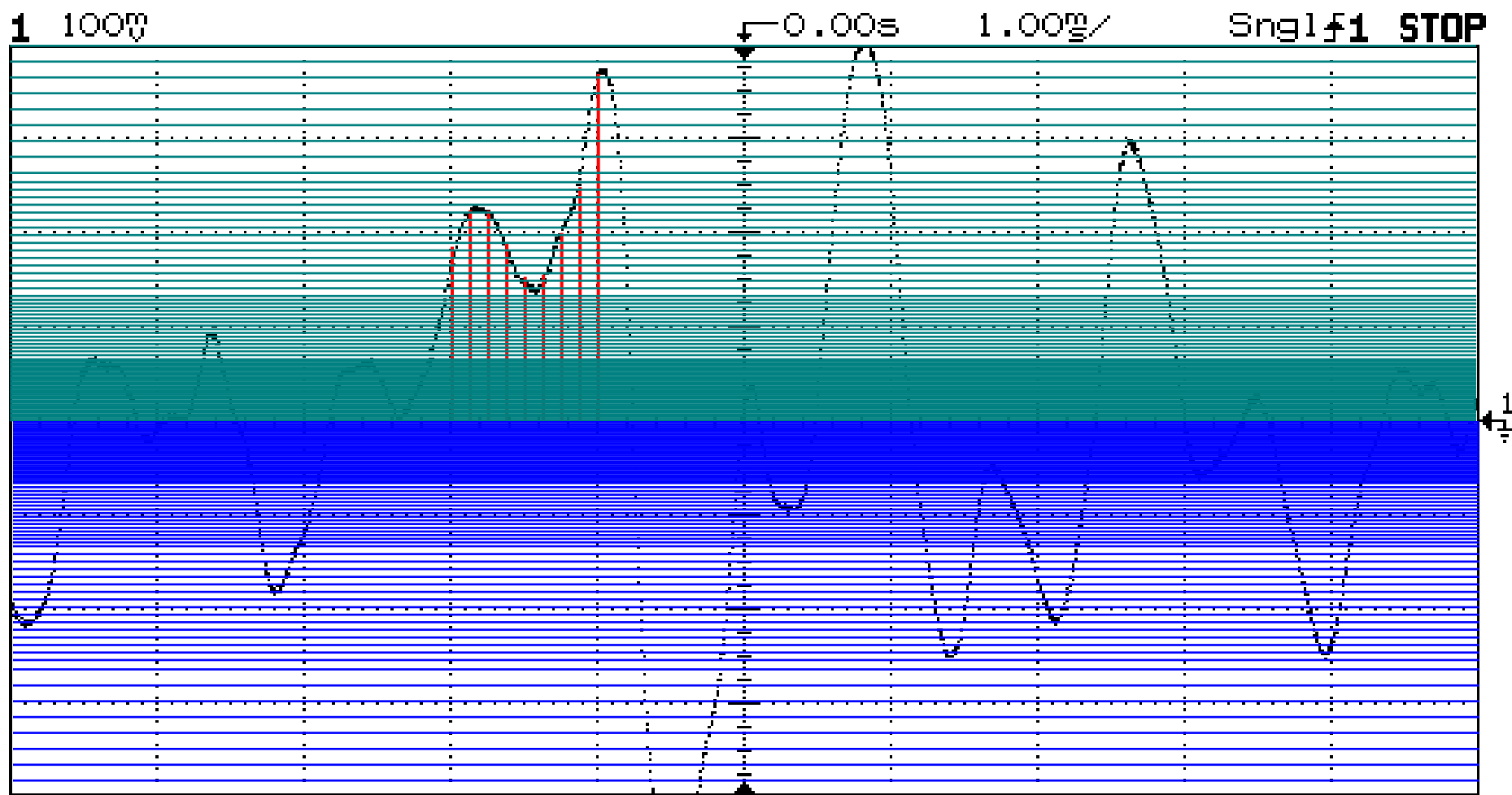


PCM kodek egy valódi példán keresztül



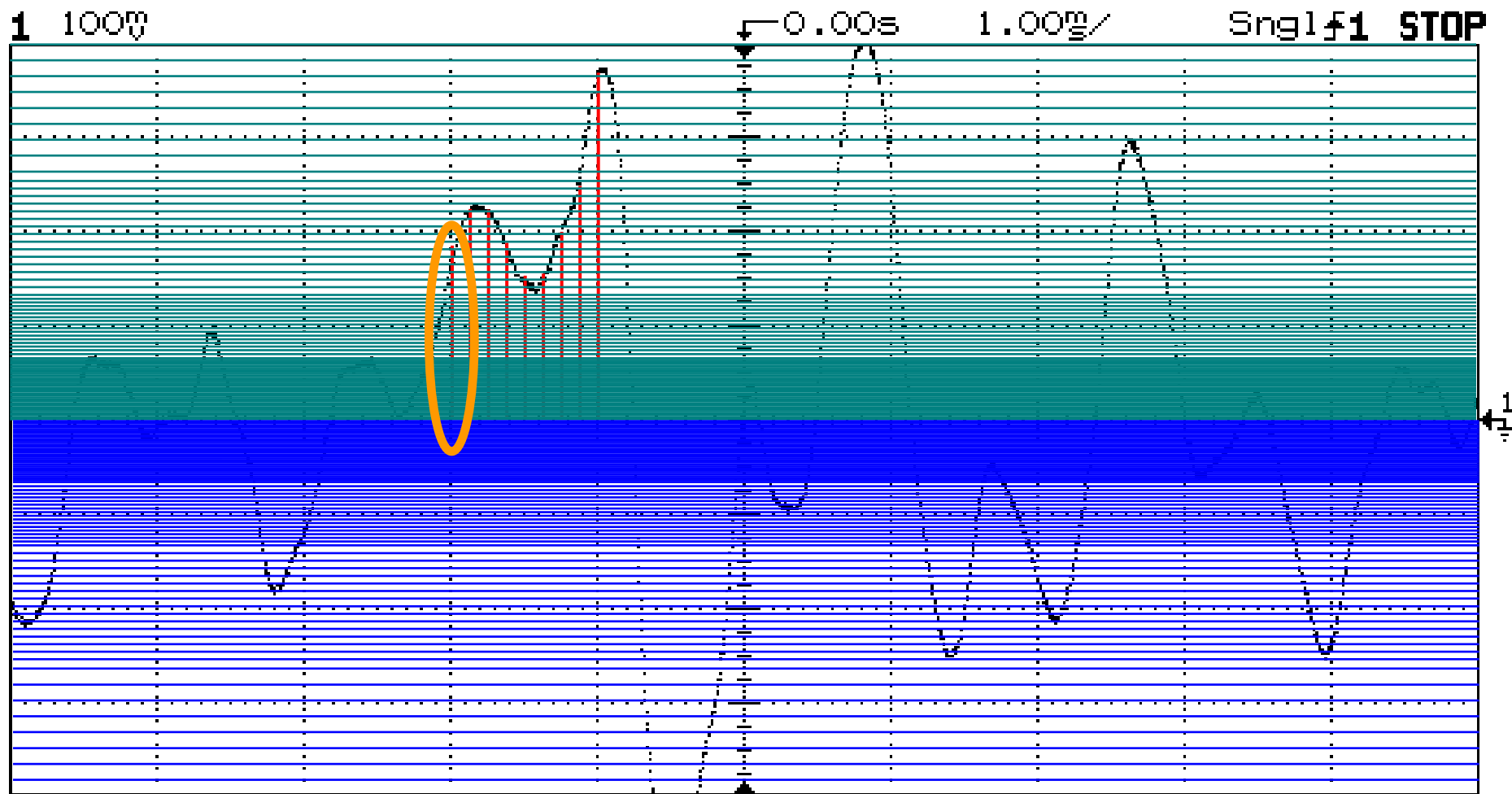
PCM kodek egy valódi példán keresztül

Beszédhang

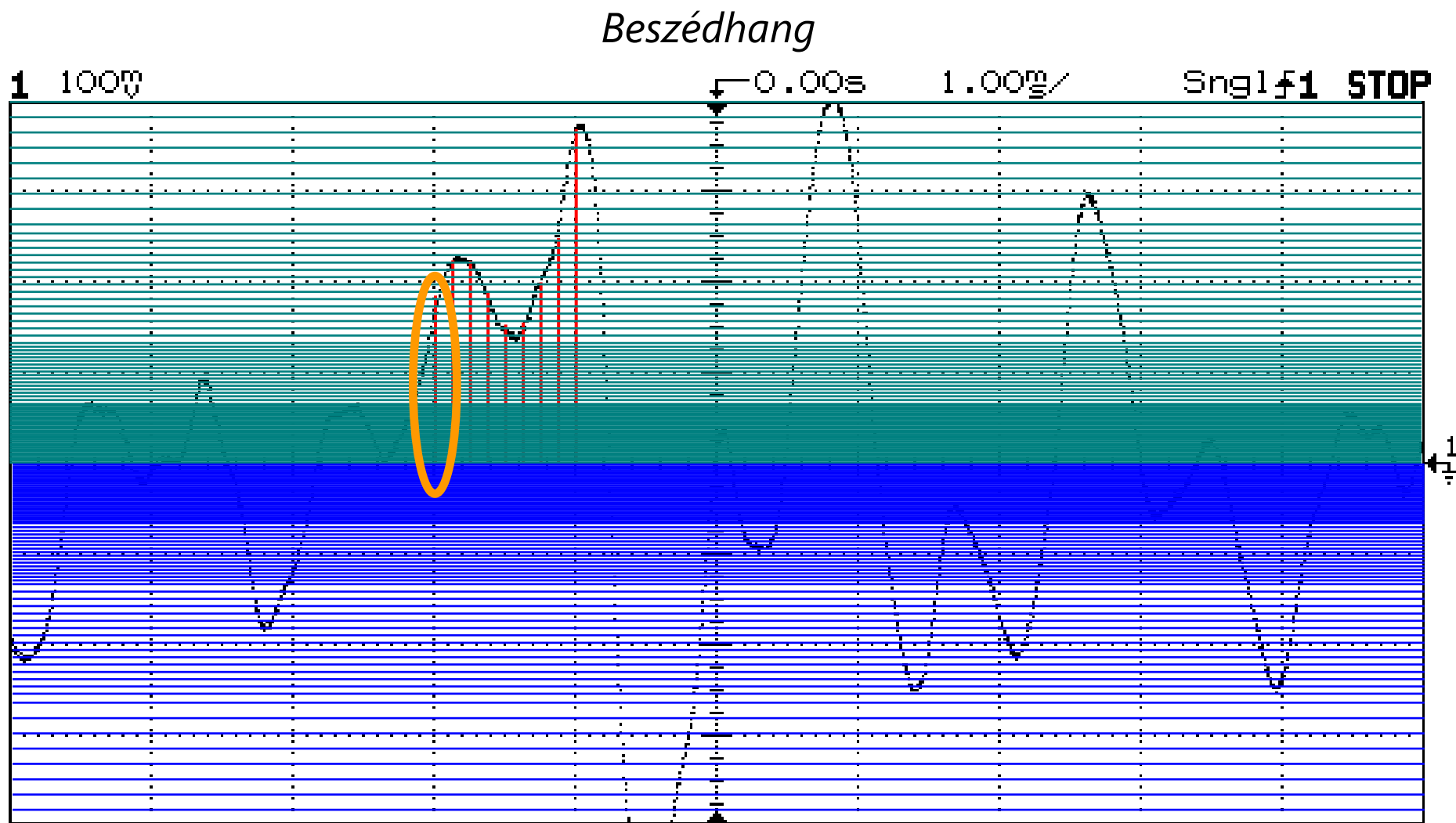


PCM kodek egy valódi példán keresztül

Beszédhang



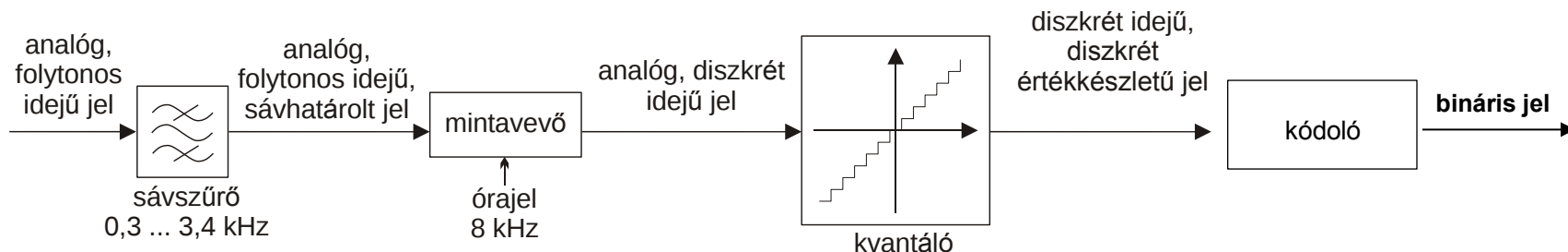
PCM kodek egy valódi példán keresztül



Vonatkozó bitsorozat (kb. 180 mV-hoz): 10100110 (első bit az előjel)

PCM

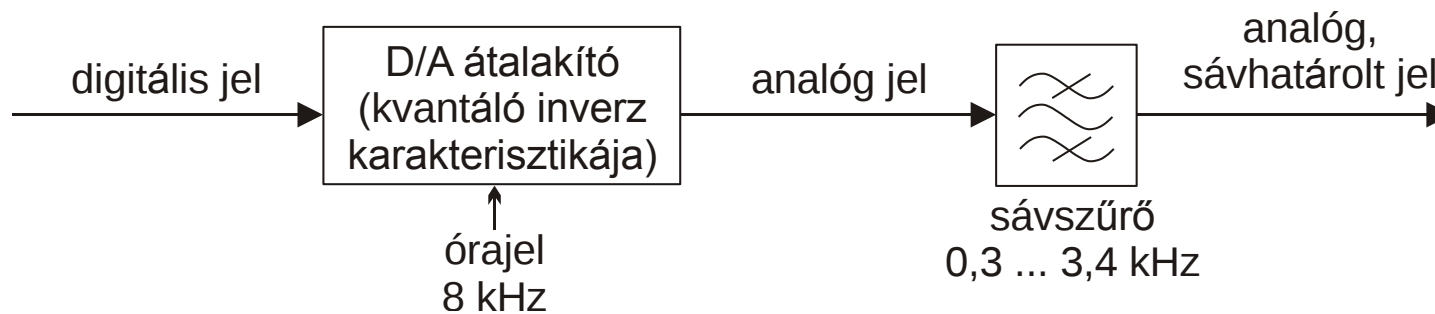
- A/D átalakítás (PCM kódolás):



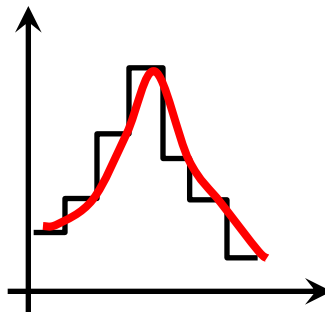
- sávszűrő
 - A sávnál magasabb frekvenciák a mintavételezés után sávon belüli zajként látszanának
 - A korábbiak alapján: 300-3400 Hz-et engedjük át
- mintavevő
 - 8 kHz a mintavételi frekvencia (=másodpercenként 8000 mintát veszünk)
 - a max. jelfrekvencia duplája (Nyquist-Shannon mintavételi tétele), kis ráhagyással
- kvantálás
 - 256 szintre kvantálunk, ez már tűrhető eredményt ad
 - logaritmikus karakterisztikával
- kódolás
 - 256 szint: 8 bit
- $8000 \text{ minta /sec} \cdot 8 \text{ bit/minta} = \mathbf{64 \text{ kb/s}}$

PCM

- D-A átalakítás (PCM dekódolás):



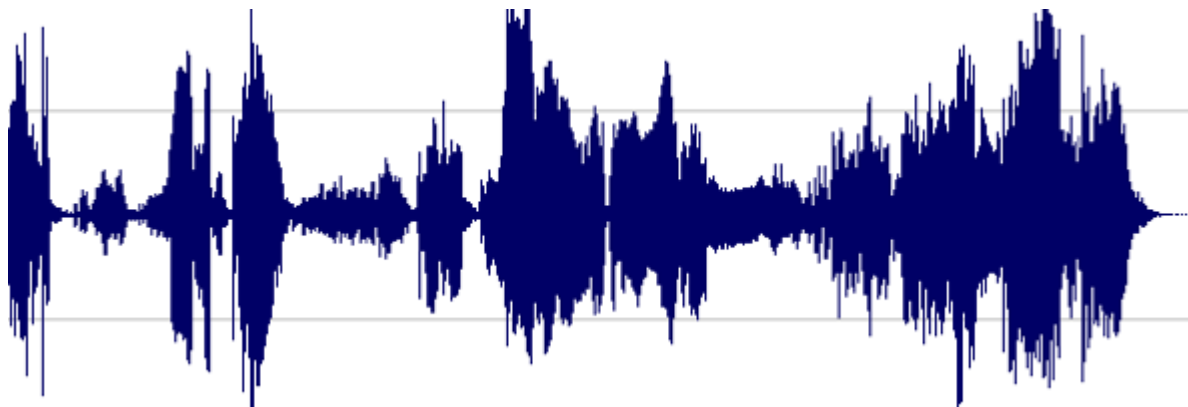
- sávszűrő szerepe:
kimenet simítása:



PCM: CD

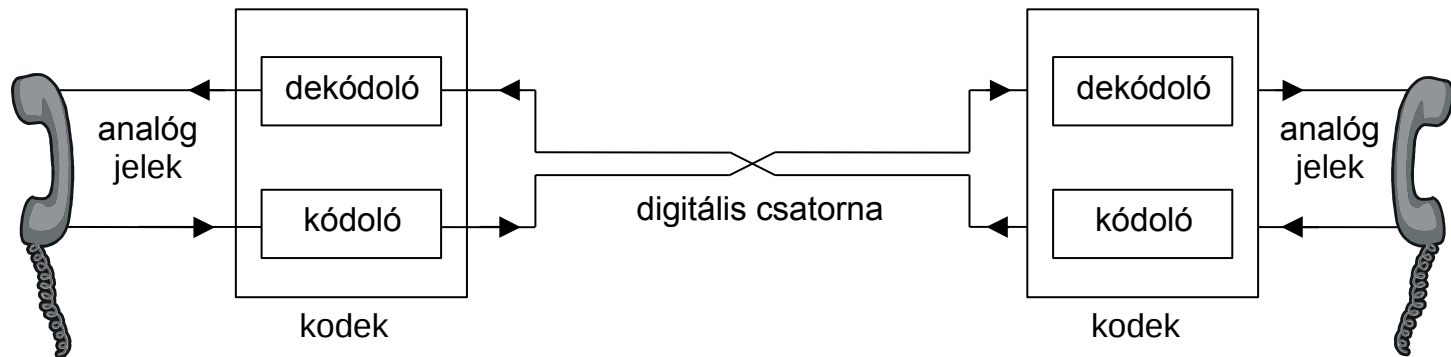
- Audio CD-n is PCM-et használnak
- Mintavételezés: 44.100 Hz
- Kvantálás: 16 bit (65.536 szint)
- Sztereó: 2 független csatorna
- Bitsebesség:
 - $44.100 \text{ minta/s/csatorna} * 16 \text{ bit/minta} * 2 \text{ csatorna} =$
 $= 1.411.200 \text{ bit/s} \approx 1,4 \text{ Mb/s} \approx 176,4 \text{ kB/s}$

Beszédkódolók



Beszédkódolók

- Beszéd digitalizálása: kodek (KÓdoló, DEKódoló), codec (COder, DECoder)



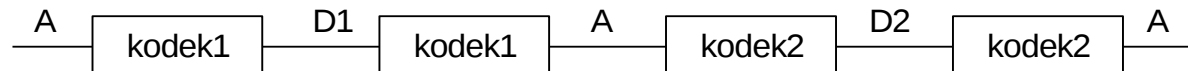
- Megj.: általában a kodek A/D -D/A átalakító, lehet pl. filmhez is
- Mi most csak beszédkódolókkal foglalkozunk
- Ugyanaz a kódoló mindkét oldalon, vagy hálózaton belüli konverzió
- Kodek: főleg fekete doboz (black box) szemlélet most

Kodek jellemzők

- bitsebesség
 - 2,4 -- 64 kb/s
- beszédhangminőség
 - nehéz objektíven mérni
 - MOS (Mean Opinion Score, átlagolt véleménypontok):
 - 15-40 ember pontoz több mintát, az egészet átlagolják
 - 1: elfogadhatatlan, 2: gyenge, 3: közepes, 4: jó, 5: tökéletes
 - 4 felett: nagyon jónak számít
- kódolási késleltetés
 - minél nagyobb időszületet dolgozunk fel egyszerre, annál jobban tömöríthetünk – nagyobb késleltetés árán
 - 0,125 – 80 ms
- komplexitás
 - főleg régebbi mobil eszközök esetében volt fontos
 - mértékegység: MIPS (Million Instructions Per Second, millió utasítás másodpercenként)

Kodek jellemzők

- robosztusság
 - hiba esetén nincs idő újraadásra
 - rádiós átvitel hibaaránya kb. 10^{-3}
 - hibajavító kódolás, FEC (Forward Error Correction, előremenő hibajavítás)
- tandemezhetőség és átkódolhatóság
 - önmagával vagy más kodekkel egymás után csatolása:

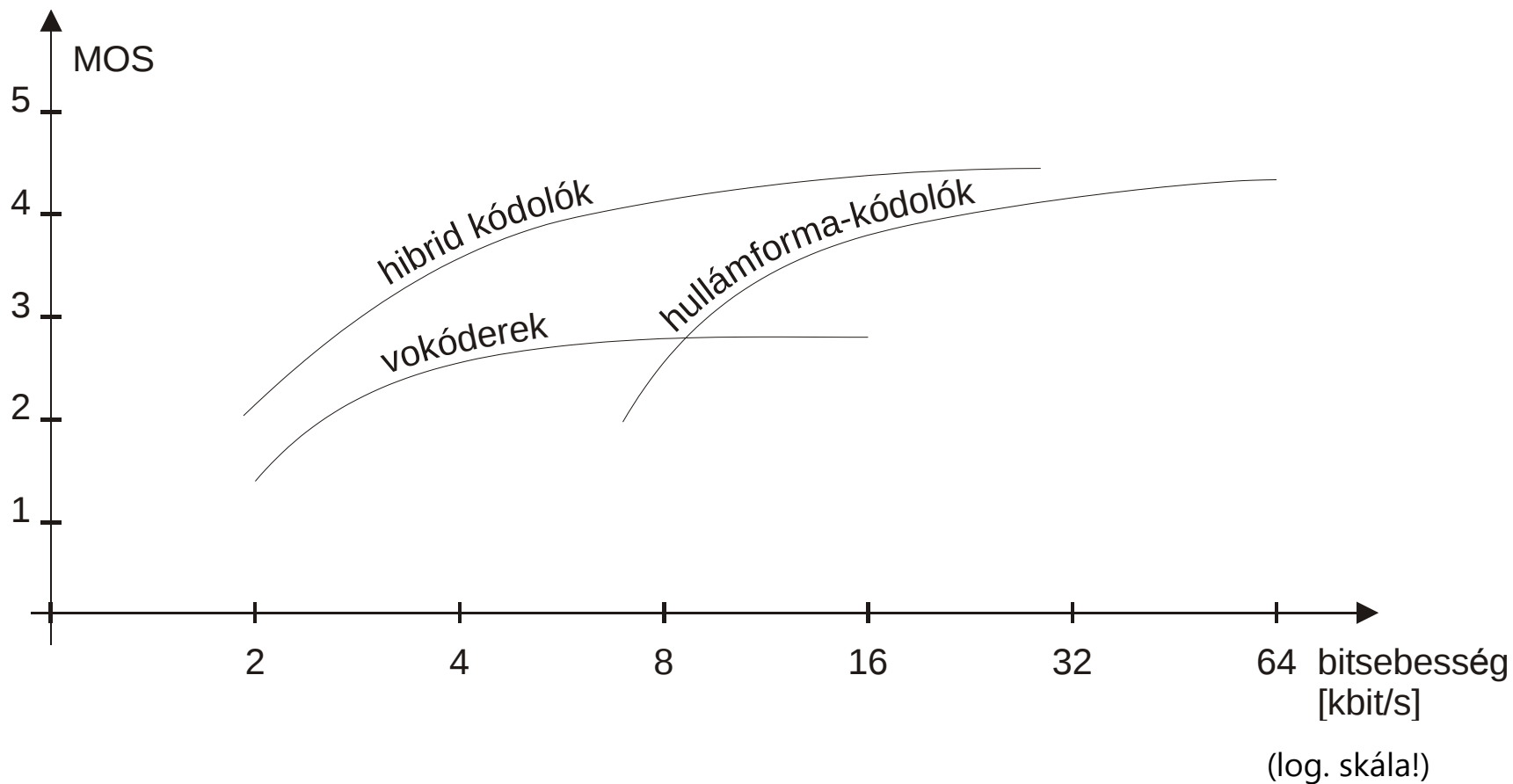


- hogyan tűri?
- átlátszóság
 - Hang (300-3400 Hz között), de nem beszédhang átvihető-e?
 - Pl. a DTMF (Dual Tone MultiFrequency, kéthangú többfrekvenciás jelzésátviteli rendszer), szinuszos jellegű jel, de kell a call centerek (pl telebank) működéséhez. Kérdés, hogy átmegy-e a kodeken kellően kis torzítással, hogy a túloldalon dekódolható maradjon.
- adaptivitás
 - terhelés esetén kisebb jelsebesség
 - de: a hálózat nehezebben tervezhető

Kódoló típusok

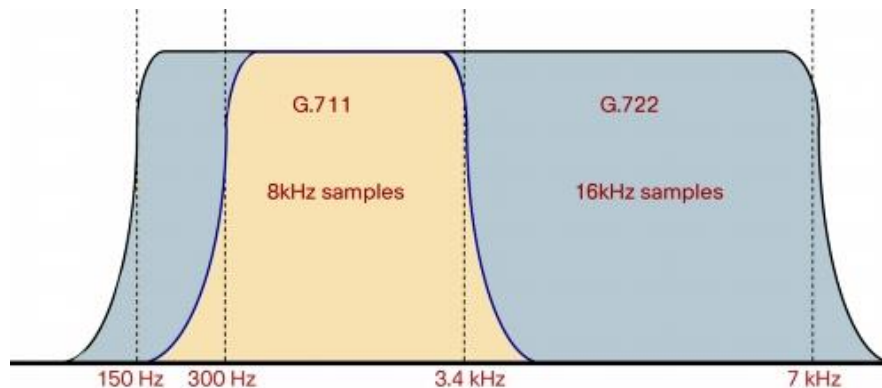
- Hullámforma kódoló
 - analóg jel alakjának a megőrzése
 - jó minőség
 - nagy bitsebesség (ez hátrány, nem előny! :))
 - átlátszóság
- Vokóder
 - adó oldalon: beszédből jellemző paraméterek kiszűrése
 - vevő oldalon: ezek alapján beszéd szintetizálás
 - kis sebesség
 - eredetire nem nagyon hasonlító hang
- Hibrid kódoló
 - előbbiek keveréke

Kódoló típusok



AMR-WB (G.722.2)

- AMR-WB: Adaptive Multirate, Wideband
- Marketing név: „**HD Hang**”
- bő 10 éves szabvány, az utóbbi pár évben vezették be a gyakorlatban
- Nagyobb átvitt (analóg) sávszélesség: kb. 150-7000 Hz
- 16 kHz mintavételezés + más javítások a kódolón
- Eredmény: nagyobb bitsebesség, de jobb hangminőség



Kép forrása: <http://www.voipsupply.com/cisco-hd-voice>

Kódoló típusok

A bekeretezett rész a vizsgaanyag
A számértékeket csak nagyságrendileg kell tudni

Kódoló neve	Szabvány	Fő alkalmazás	Szabvány/bevezetés éve	Adatsebesség (kb/s)	Beszédhang-minőség (MOS)	Kódolási késleltetés (ms)	Számítási komplexitás (MIPS)
PCM	G.711	vezetékes távb. h.	1972	64	4,5	0,125	0,52
ADPCM	G.721/ G.726	vezetékes távb. h.	1984* / 1990	16/24/32*/ 40	4,1*	0,125	7,2
(GSM) FR	GSM 06.10	GSM	1989	13	3,7	20	4,5
(GSM) HR	GSM 06.20	GSM	1994	5,6	3,5	24,4	17,5
(GSM) EFR	GSM 06.60	GSM	1995	13	4,0	20	14,4
AMR	GSM 06.90	3G mobil távb. h.	1998	4,75-12,2	3,5-4,0	20	15-25
AMR-WB**	G722.2	3G mobil t.h.	2004	6,6-23,85	3,6-4,2	25	20-30
G.723.1	G.723.1	VoIP	1996	6,3 5,3	3,9 3,6	30 30	15 20
G.729	G.729	VoIP	1996	8	4,0	15	11
LPC-10	LPC-10	katonai	1976	2,4	2,3	≥ 22,5	7

FR: Full Rate, teljes sebességű,

HR: Half Rate, félssebességű

EFR: Enhanced Full Rate, javított teljes sebességű

AMR(-WB): Adaptive Multirate (-Wideband), adaptív többsebességű, szélessávú