

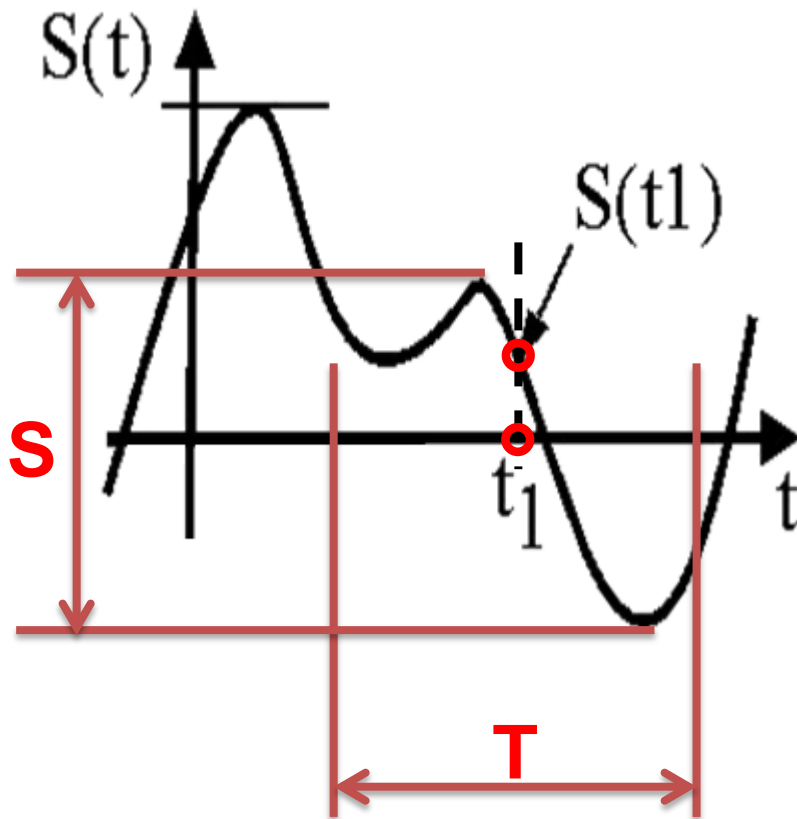
Analóg – digitális átalakítók

ELEKTRONIKA_2

TEMATIKA

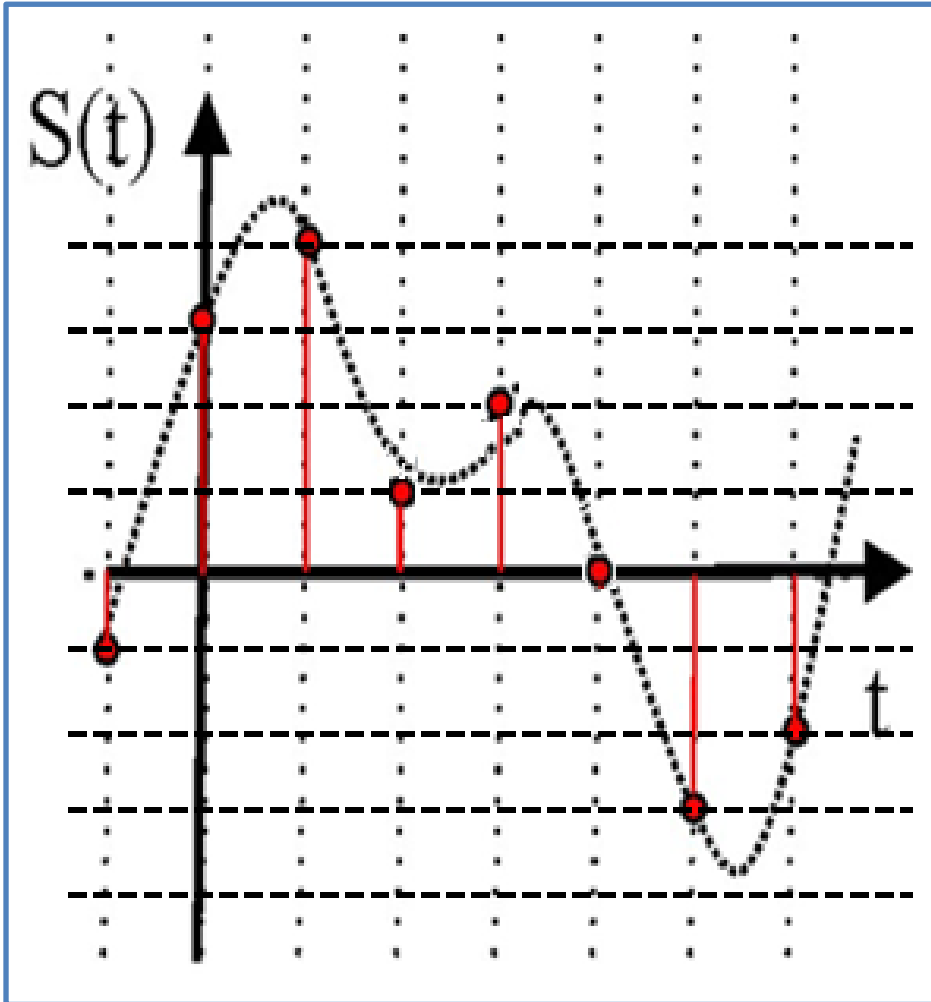
- Analóg vs. Digital
- Analóg/Digital átalakítás
 - Mintavételezés
 - Kvantálás
 - Kódolás
- A/D átalakítók csoportosítása
 - A közvetlen átalakítás
 - A szukcesszív approximációs módszer
 - Számlálót alkalmazó megoldások

Analóg jel



- Egy adott megfigyelési intervallumban (T) tetszőleges időpillanatban értelmezhető:
 - Az intervallum véges
 - Az időpontok száma mégis végtelen.
- Egy adott intervallumban (S) a jel bármilyen értéket felvehet:
 - Az intervallum véges
 - Az értékkészlet mégis végtelen

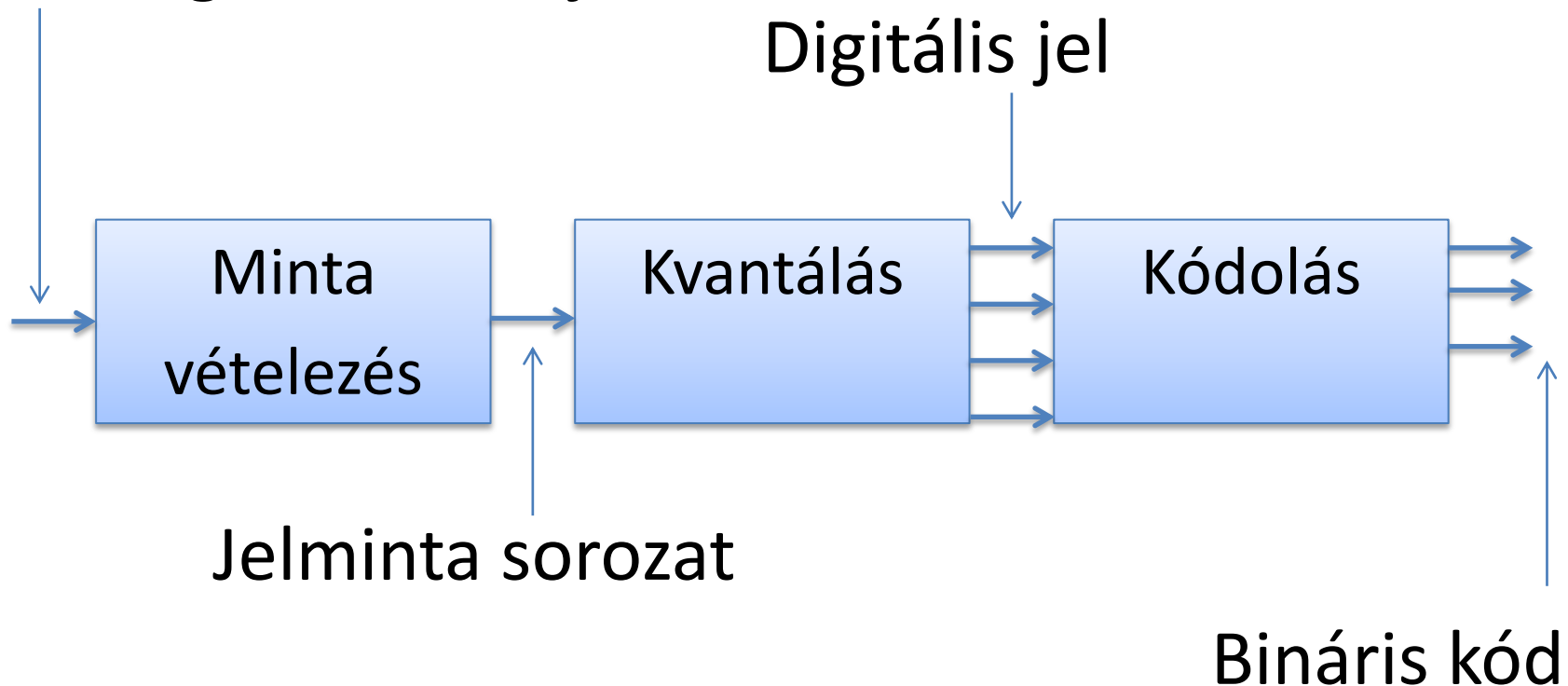
Digitális jelsorozat



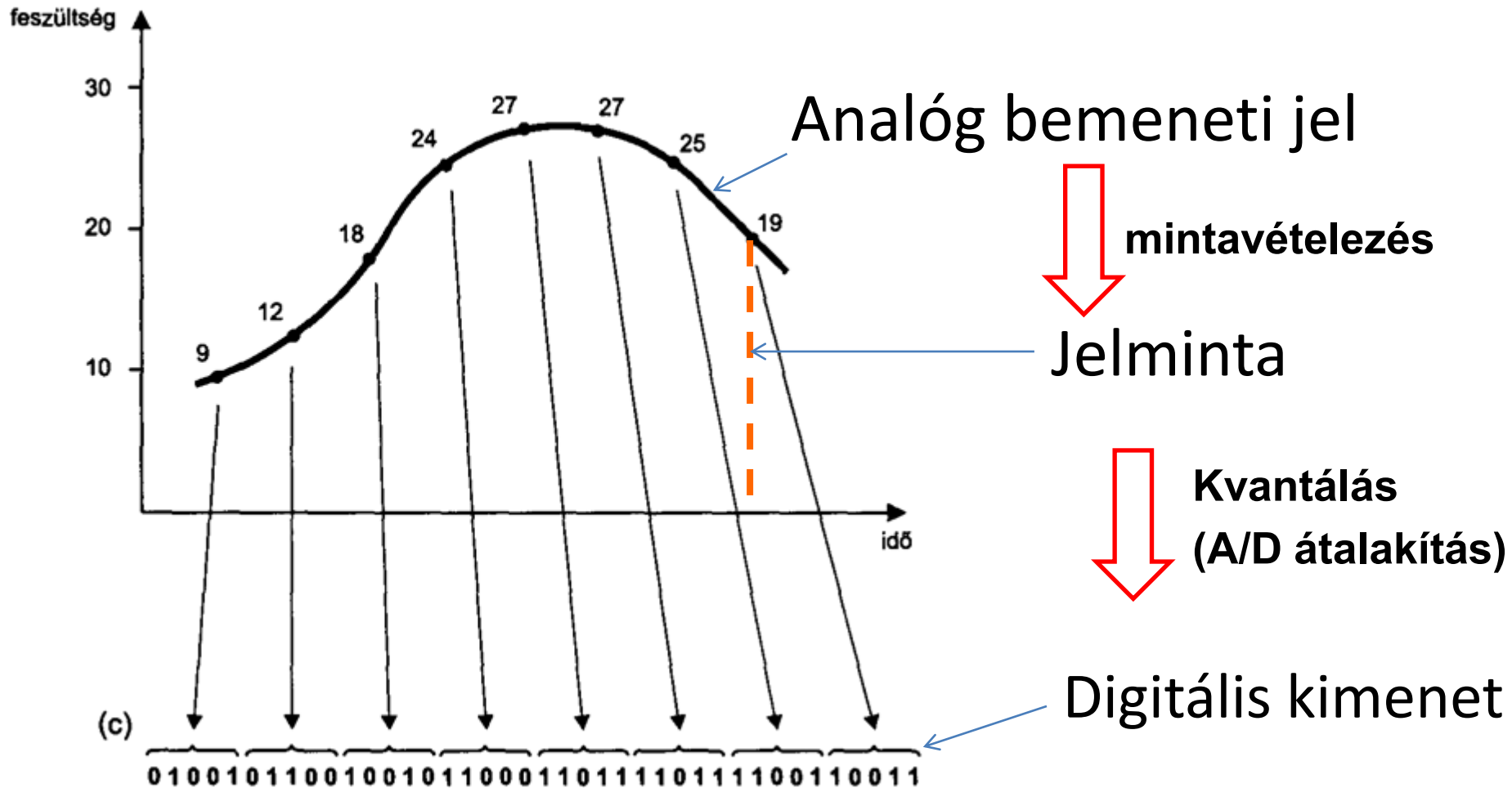
- Diszkrét időpillanatokban értelmezhető:
 - Véges mintaszám
- Értékkészlete kvantált:
 - Véges értékkészlet

Analóg-digitális átalakítás

Analóg bemeneti jel

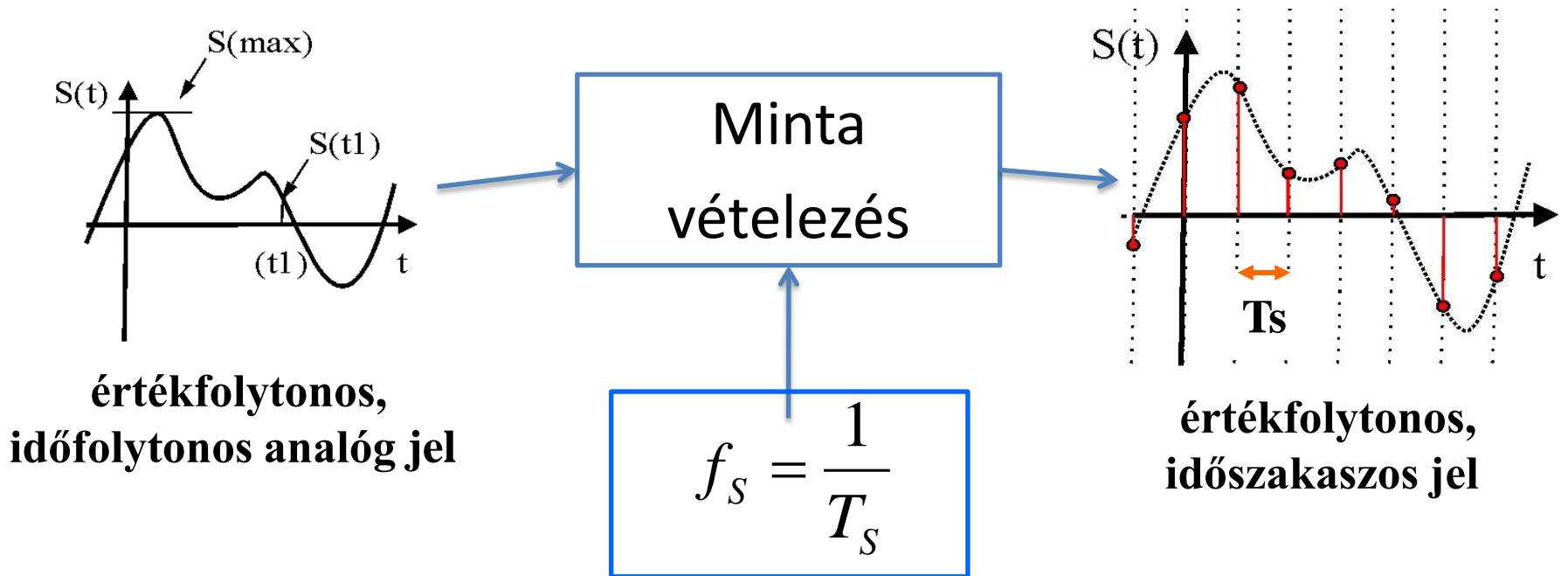


Az A/D átalakítás következménye



Mintavételezés

Mintavételezés során az analóg jelekből (azonos) időszakonként mintát veszünk, vagyis megmérjük a jel amplitúdóját



Nagyon fontos jellemző: a mintavételezési frekvencia (sampling rate)

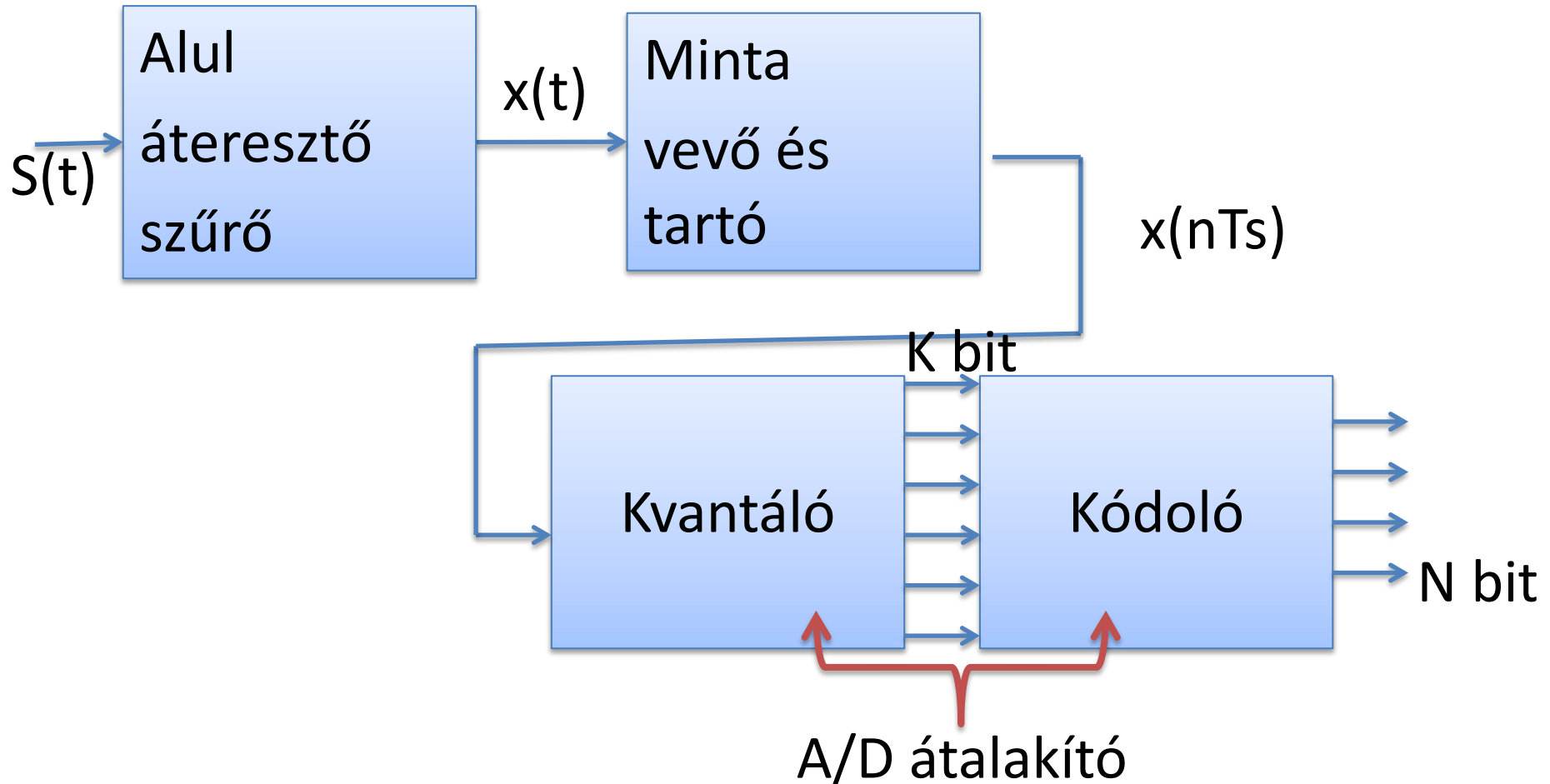
Shannon/Nyquist tétel

- A mintavételezett jelből akkor lehet az eredeti jelet információvesztés nélkül visszaállítani, ha a mintavételezési frekvencia értéke az eredeti analóg jel sávszélességének legalább kétszerese !

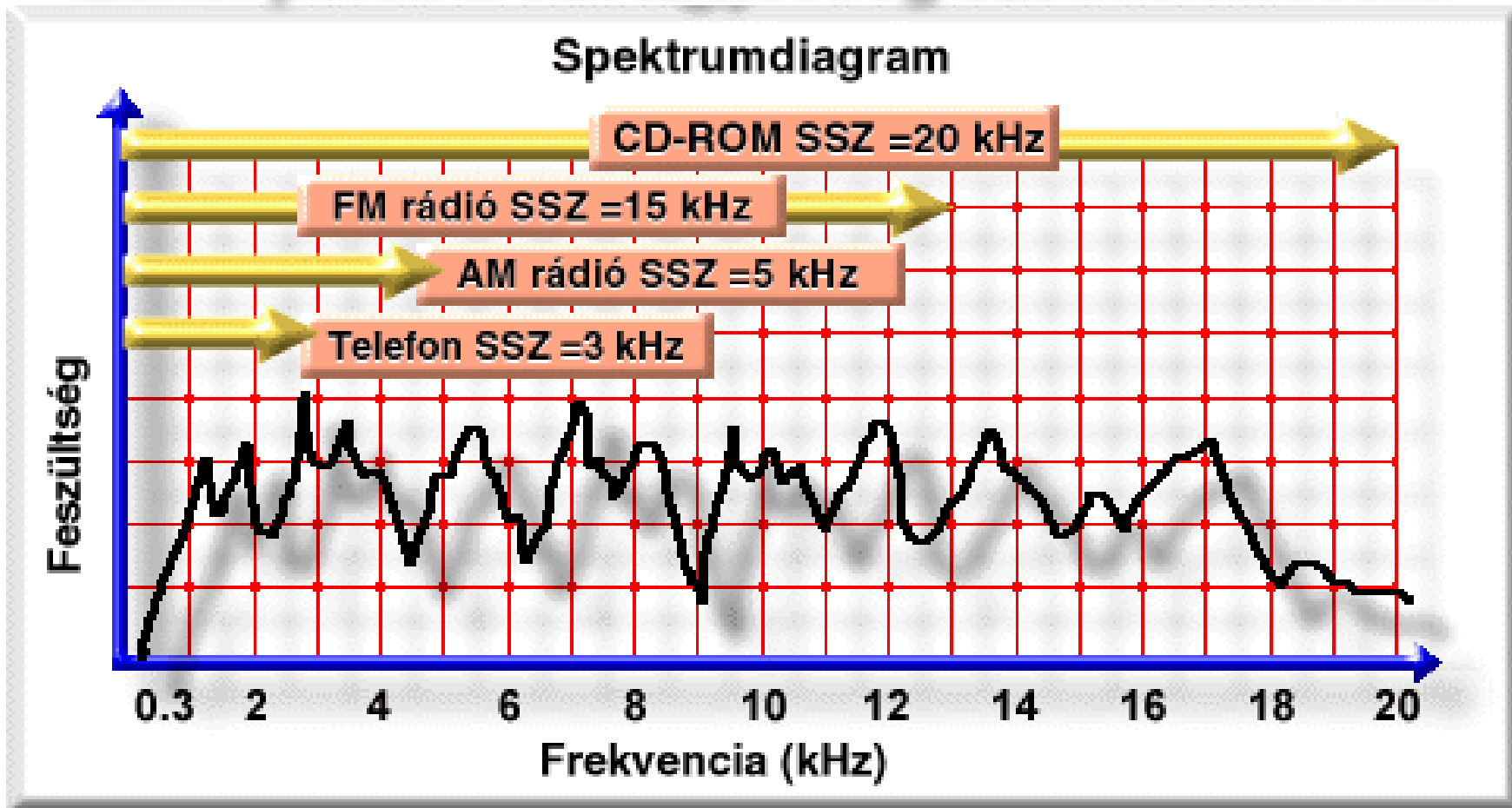
$$f_s > 2 \cdot f_{\max}$$

- Ezért célszerű az analóg – digitális átalakítók bemenetére egy $f_s / 2$ határ frekvenciájú aluláteresztő szűrőt elhelyezni

Az A/D átalakítás folyamatábrája



Zenei példa a sávszélesség szemléltetésére



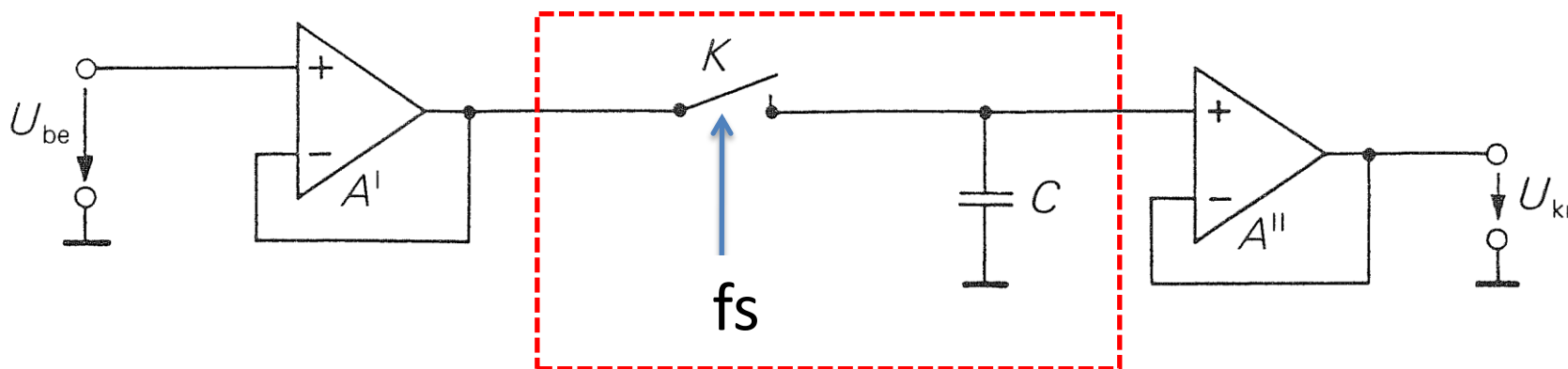
- A (digitális) sávszélesség megfelelője az analóg sávszélesség
- A hálózati eszközök megfelelői a telefon, az AM/FM rádió és a CD-lejátszó
- A csomagok megfelelője a zene

SSZ=Analóg sávszélesség

Szabványos hangjel mintavételi frekvenciák

Mintavételezési frekvencia	Alkalmazási terület
8 kHz	Telefontechnika, telefon minőségű beszéd (SSZ=3kHz)
11,025 kHz	közepes minőségű beszéd (SSZ=5kHz)
22,05 kHz	jó minőségű beszéd, elfogadható minőségű zene (SSZ=8kHz)
32 kHz	MPEG Audio és digitális rádióadások (SSZ=15kHz)
44,1 kHz	Hi-Fi minőségű zene CD-DA (SSZ=20kHz)
48 kHz	DAT, Mpeg Audio, Dolby Digital(SSZ=20kHz)

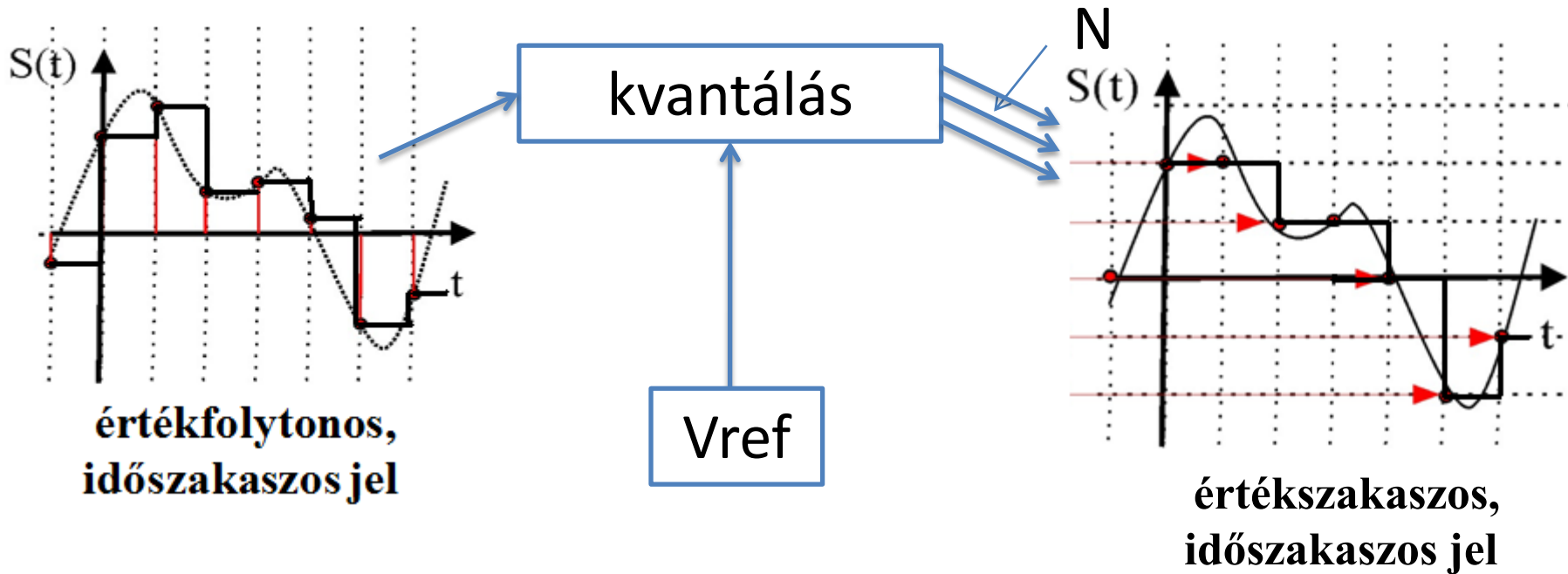
Mintavevő-tartó áramkör



- **K bekapcsolt állapotában $U_{ki}=U_{be}$.**
- **K kikapcsolt állapotában, a kimeneti feszültség megtartja a bemeneti feszültség mintáját.**
- **A tároló funkciót a **C** kondenzátor látja el.**

Kvantálás

Kvantálásnak nevezzük az amplitúdó-mintákhoz, a bináris kódszavak hozzárendelését, *mellyel a minták folytonos amplitúdója diszkrétté válik.*



Legfőbb jellemzői: a referencia feszültség (V_{ref}) és a felbontás (N)

Felbontás

- N bites számábrázolásnál U_{max} a $2^N - 1$ értékhez tartozó feszültség
- A legnagyobb megengedett bemeneti feszültség:

$$U_{max} = U_{ref}$$

- A legkisebb érzékelhető feszültséget a legkisebb helyértékű bit változása jelzi.

$$\begin{array}{l} U_{ref} \rightarrow 2^N - 1 \\ U_{LSB} \rightarrow 1 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} U_{ref} \\ U_{LSB} \end{array}} \right\} \rightarrow U_{LSB} = \frac{U_{ref}}{2^N - 1}$$

Felbontás

- Analóg szempontból a legkisebb érzékelhető feszültséget nevezzük felbontásnak.
- **A felbontást a bitek száma és a referencia feszültség értéke határozza meg.**

$$U_{LSB} = \frac{U_{ref}}{2^N - 1}$$

- Digitális szempögből nézve gyakran használjuk az „N bit felbontásu” kifejezést.

Szabványos hangjel felbontások

Mintavételi frekvencia	Felbontás(kvantálás) mono/sztereó	Felhasználási terület Megjegyzés
44 kHz	16 bit – sztereó	HiFi (CD-DA) minőség
	16 bit – monó	Hang alámondáshoz
	8 bit	Nagyon jó minőség
22,1 kHz	16 bit – sztereó	Nagy jó minőség a sztereó hangzás a 16-bites mintavételezés miatt
	8bit – sztereó	Elfogadható minőségű lehet nem teljes sávszélességű zenei felvételekhez
	8 bit – mono	~TV hangzás, beszédhanghoz jó kompromisszum
11,25 kH	16 bit – mono nem jobb a sztereó hangzás sem	Beszédhez még elfogadható
	8 bit	Beszédhez, ha gyenge minőség elegendő
8kHz; 5kHz	8 bit	~telefon minőségű beszédátvitel

Az átalakítás minősége

- Jobb:
 - ha nagyobb a felbontás
 - Ha magasabb a mintavételi frekvencia
- Tárolás esetén nagy felbontás és nagy frekvencia nagy tárkapacitást jelent:

$$\text{tárkapacitás [byte]} = fs[\text{Hz}] \cdot \frac{N[\text{bit}]}{8} \cdot n_{\text{csatorna}} \cdot t[\text{sec}]$$

Hangállományok mérete

$f_{\text{mintavétel}}$ (kHz)	$n_{\text{kvantálás}}$ (bit)	n_{csatorna}		idő (sec)	méret
11,025	8	monó	1	60	646 kB
		sztereó	2	60	1,26 MB
	16	monó	1	60	1,26 MB
		sztereó	2	60	2,52 MB
22,05	8	monó	1	60	1,26 MB
		sztereó	2	60	2,52 MB
	16	monó	1	60	2,52 MB
		sztereó	2	60	5,05 MB
44,1	8	monó	1	60	2,52 MB
		sztereó	2	60	5,05 MB
	16	monó	1	60	5,05 MB
		sztereó	2	60	10,09 MB

A/D átalakítók csoportosítása

1. A közvetlen átalakító

Leggyorsabb

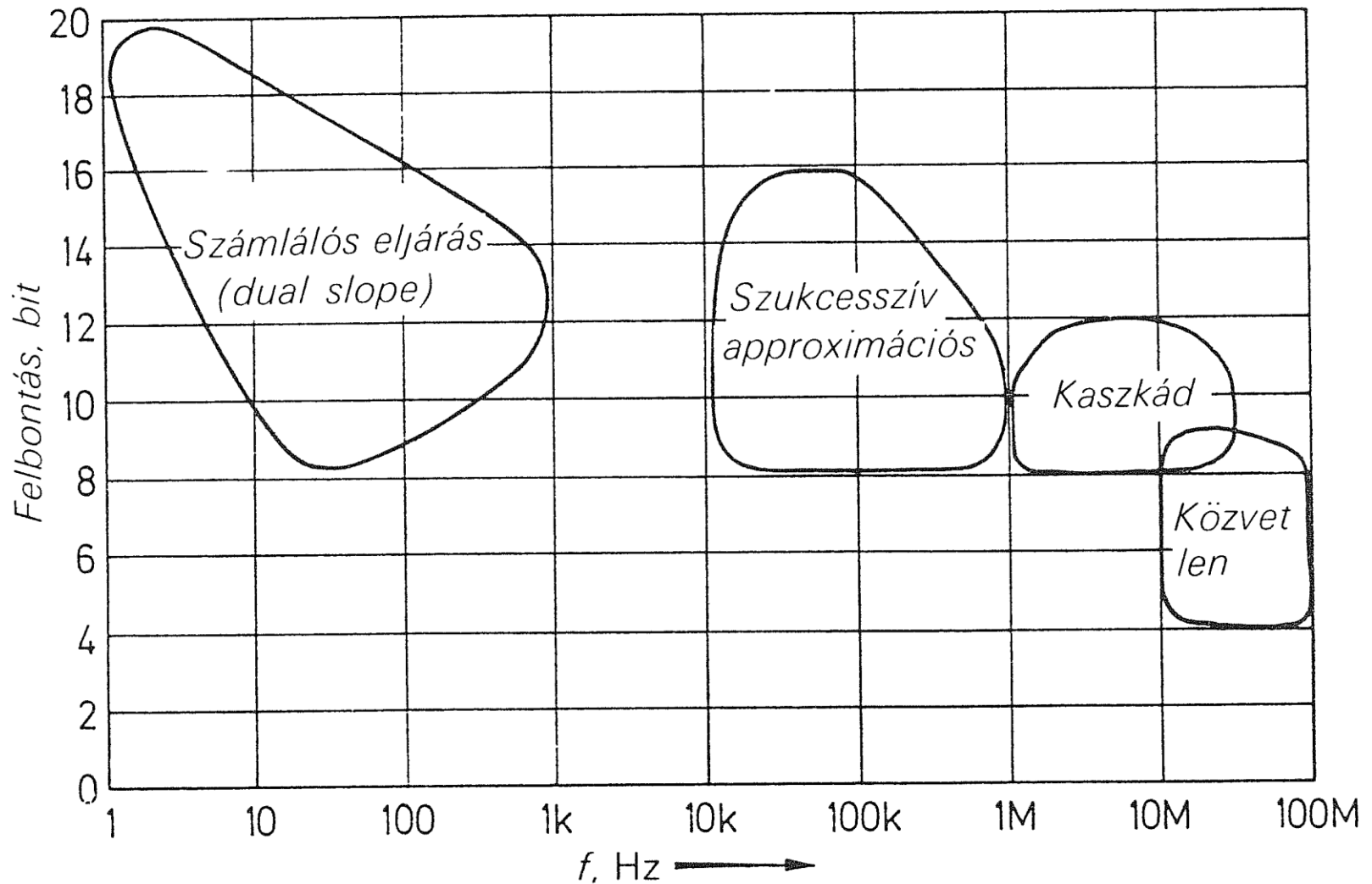
2. A szukcesszív approximációs átalakító

Leghasználtabb

3. Számlálót alkalmazó megoldások

Legnagyobb felbontásúak

A/D átalakítók összehasonlítása



A közvetlen átalakítás:

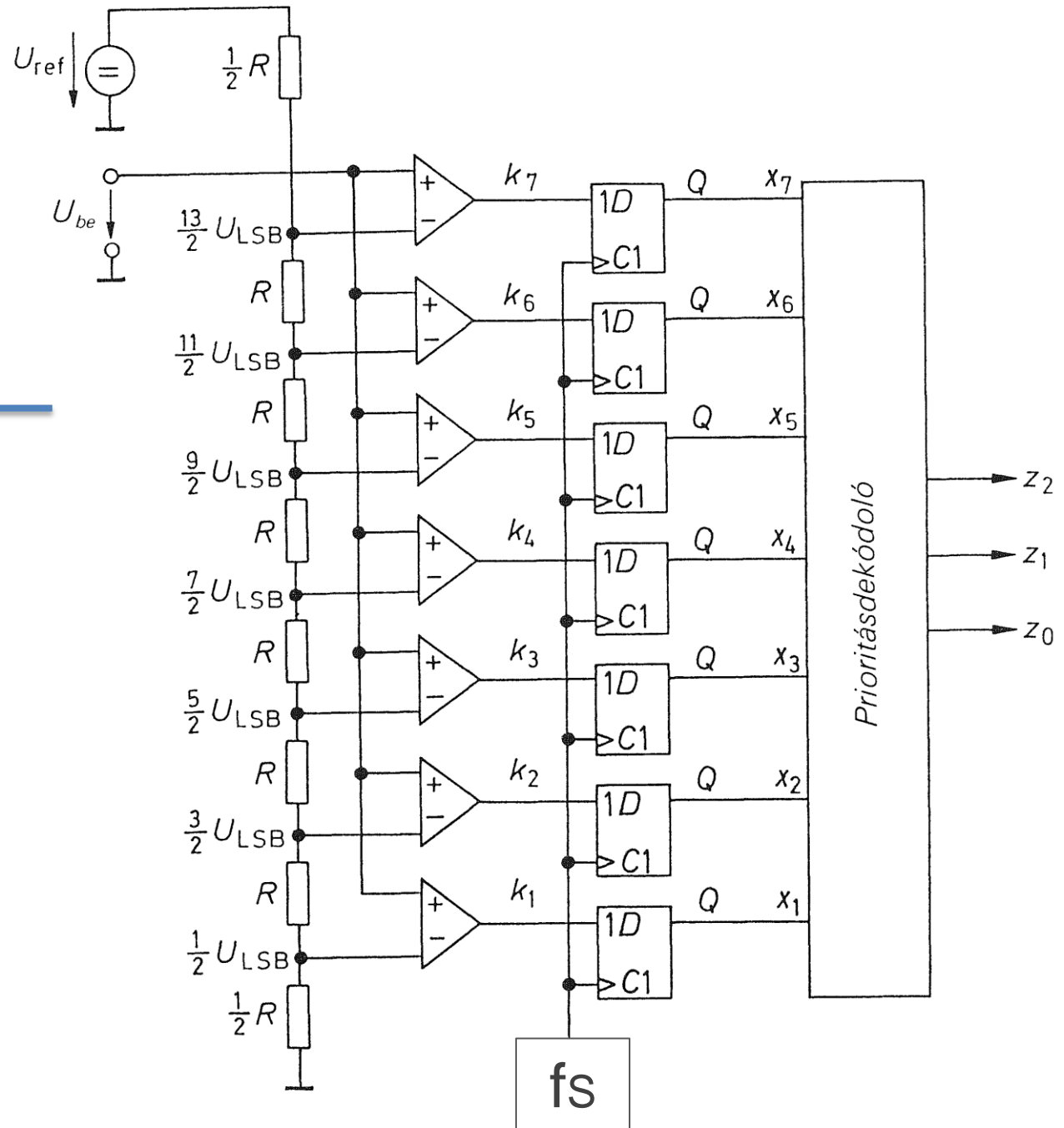
- A bemeneti feszültséget összehasonlítjuk N számú referenciafeszültséggel és
- megállapítjuk, hogy melyik kettő közé esik.
- Az eredményt egy lépésben kapjuk meg:
gyors.
- Minden lehetséges számhoz egy komparátor szükséges: csak alacsony felbontás esetén lehet gazdaságos.
- Alkalmazás – videojelek átalakítása.

Közvetlen (flash) konverter

Az eredmény
egy lépésben
megvan

$$2^N - 1$$

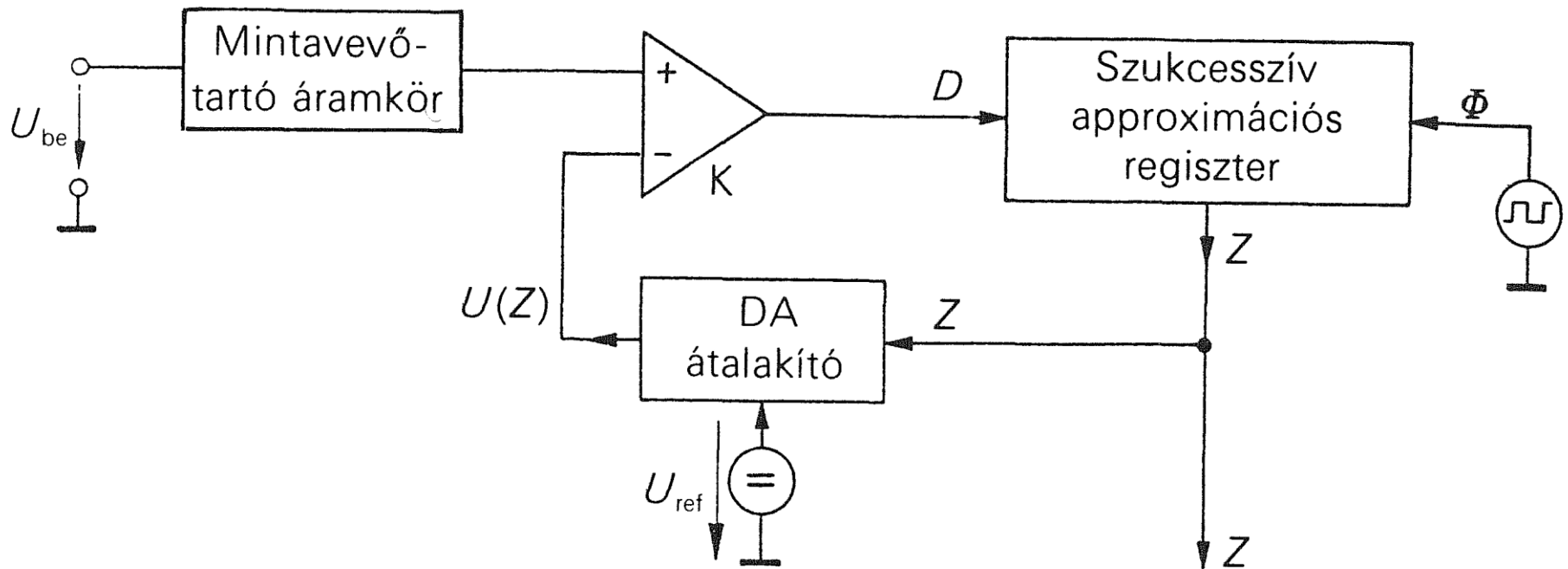
komparátor
szükséges



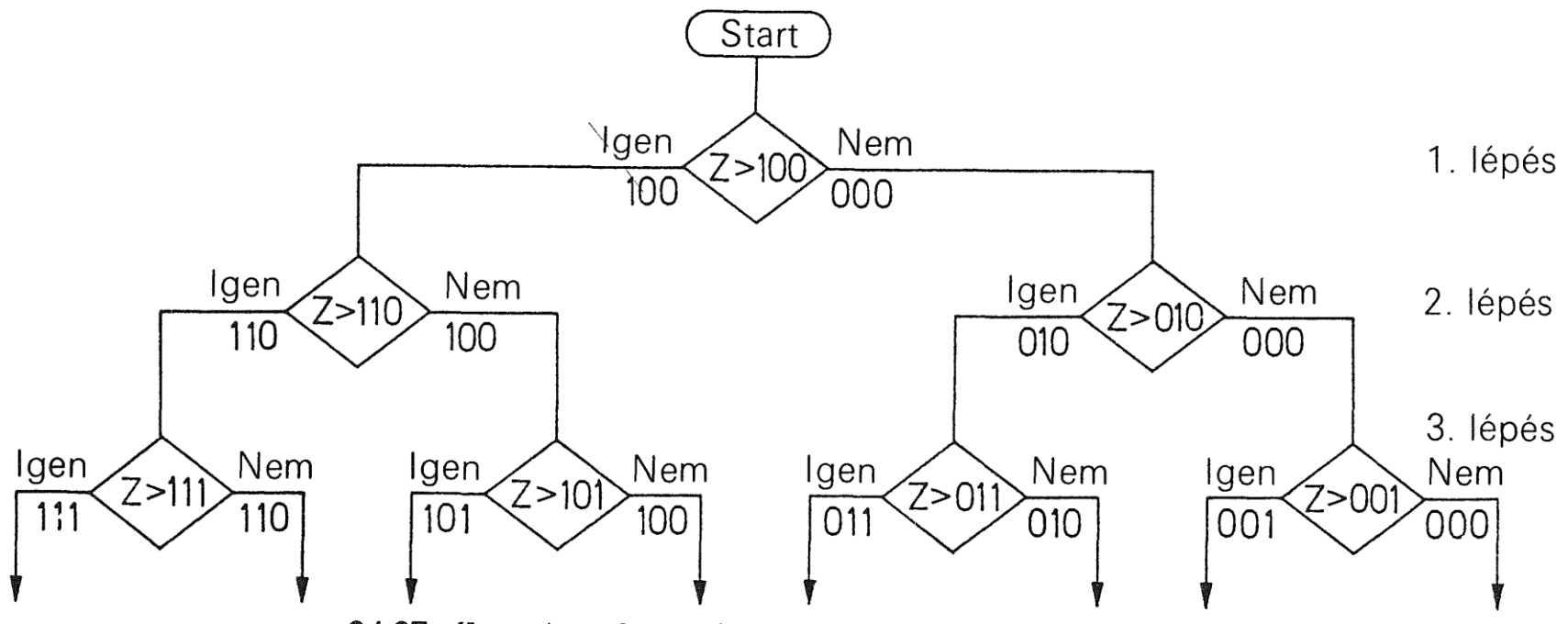
A szukcesszív approximációs módszer:

- Mindig a bináris szám egy helyértékéhez tartozó értéket határozzuk meg.
- Az átalakítás a legnagyobb helyértéken kezdődik.
- Az összehasonlítási lépések száma megegyezik a helyértékek számával (N)
- N referencia feszültség szükséges de csak egy komparátor.
- Közepes, felbontás és gyorsaság szempontjából egyaránt.
- Alkalmazás – digitális hangfeldolgozás

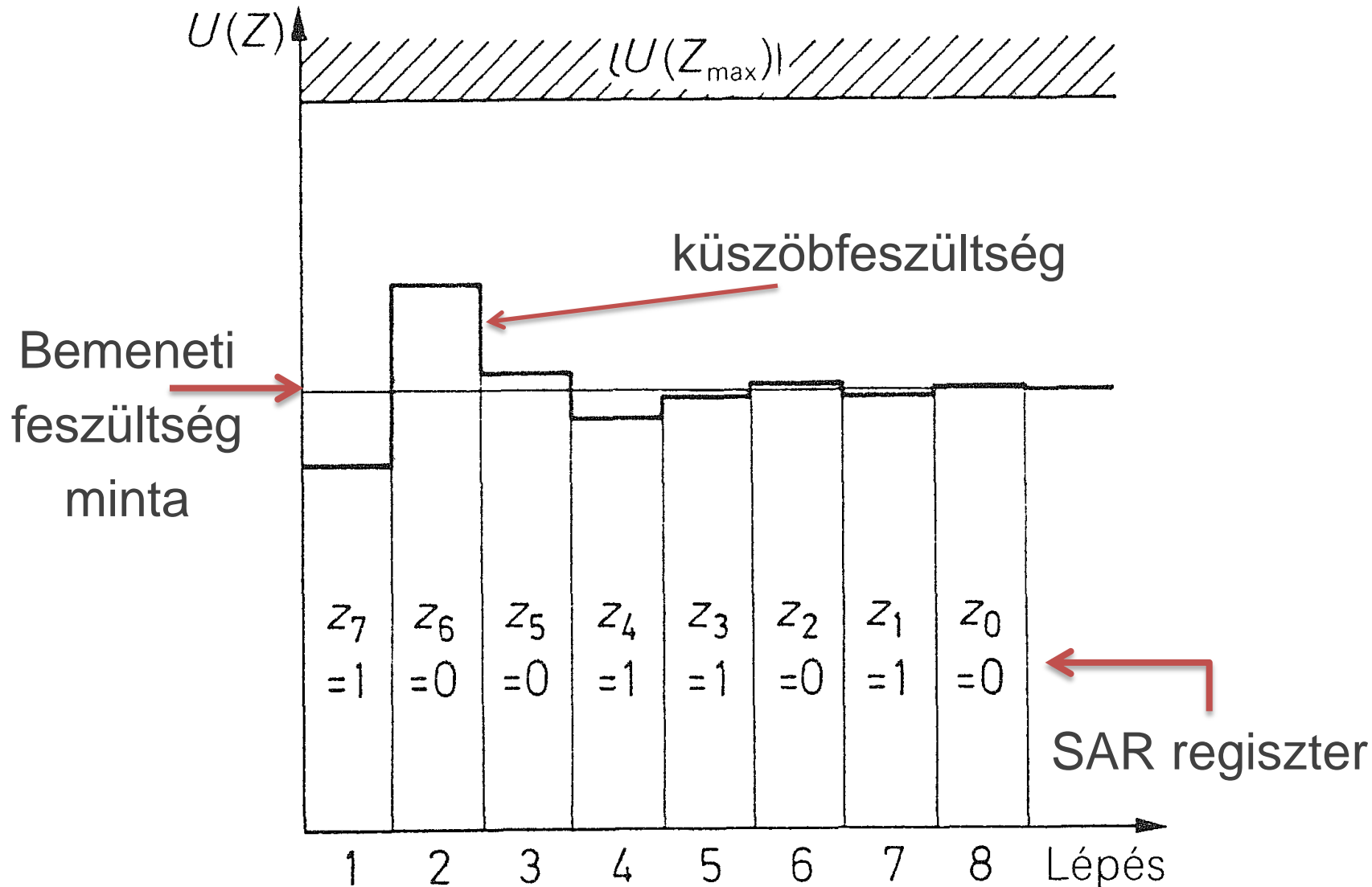
A szukcesszív approximációs konverter



A szukcesszív approximáció folyamat ábrája



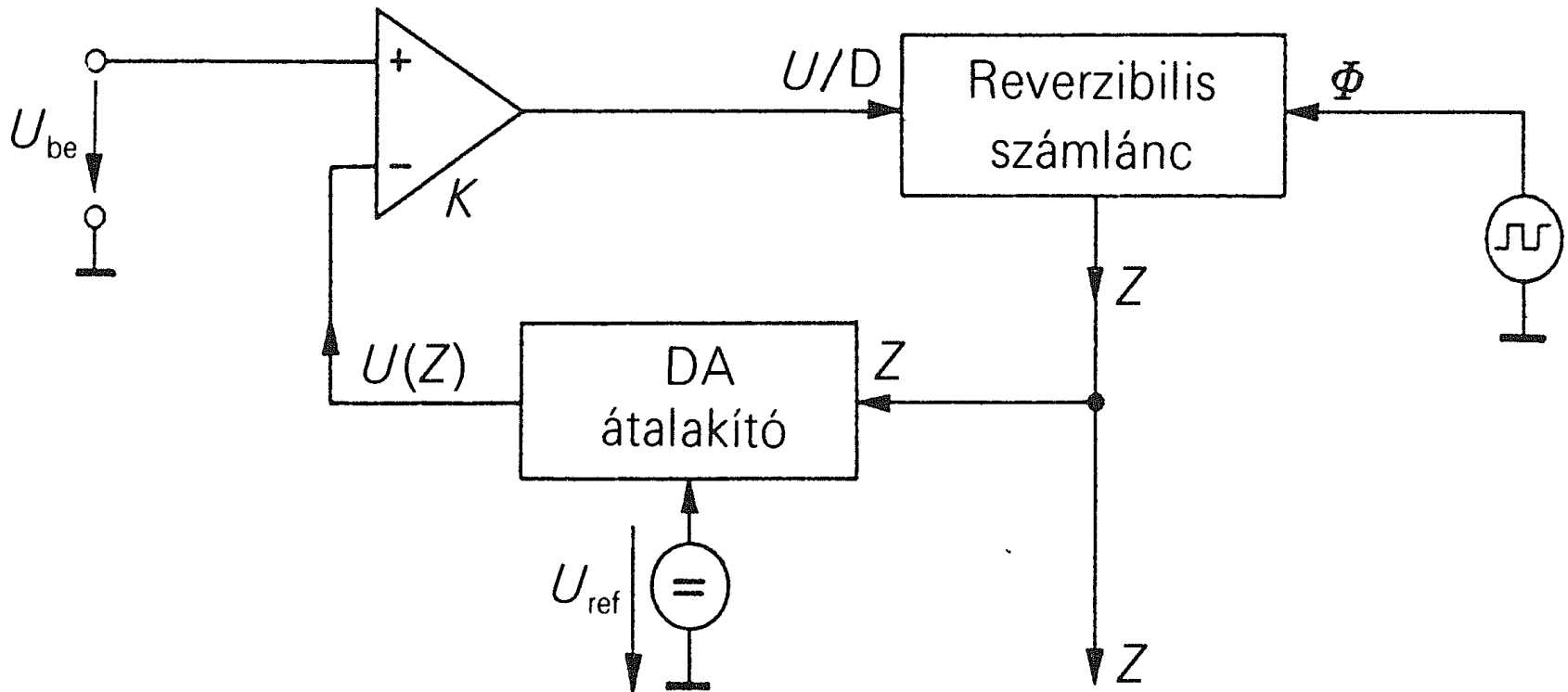
Az approximáció idődiagramja



Számlálót alkalmazó megoldások

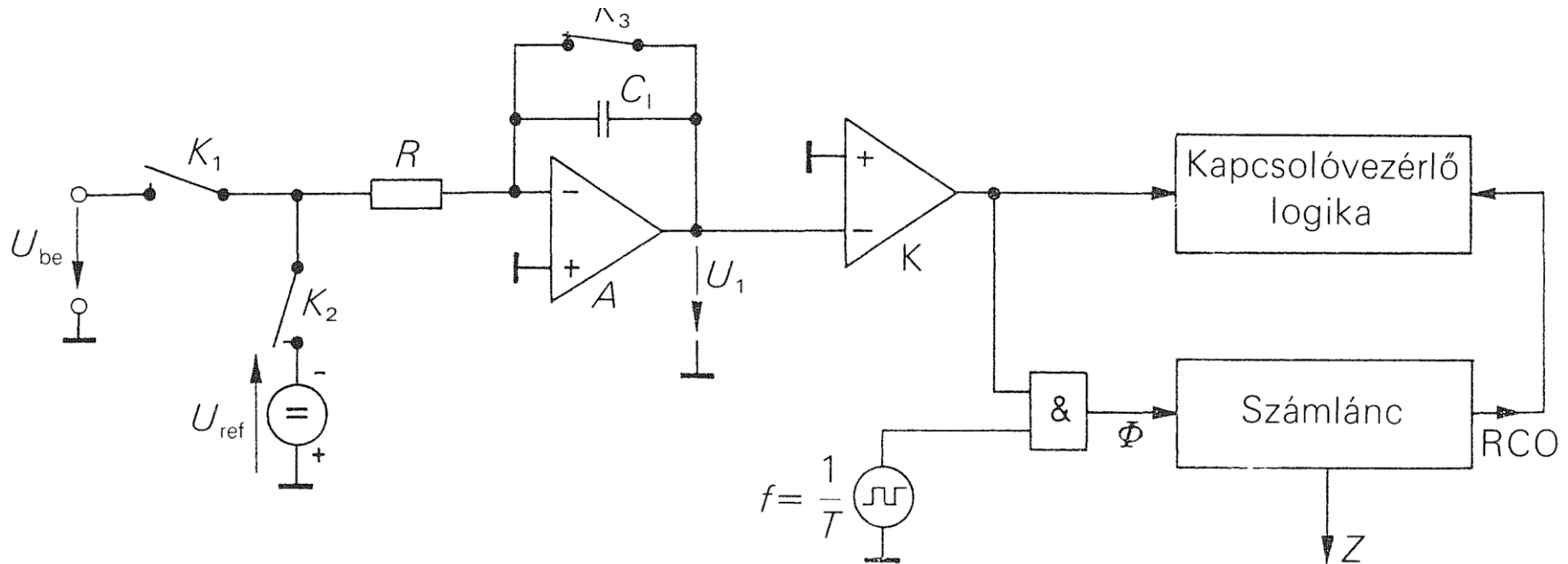
- Leszámoljuk, hányszor kell a legkisebb helyértékű feszültséget összeadni, ahhoz hogy a bemeneti feszültséget megkapjuk.
- A lépések száma adja az eredményt.
- A legnagyobb Z számhoz tehát Z lépés szükséges, a legkisebbhez pedig csak **1**.
- Egy új mintát mindig Z ütem után veszünk.
- Nagyfelbontású de lassú módszer.
- Alkalmazás – digitális multiméterek

Követő A/D átalakító



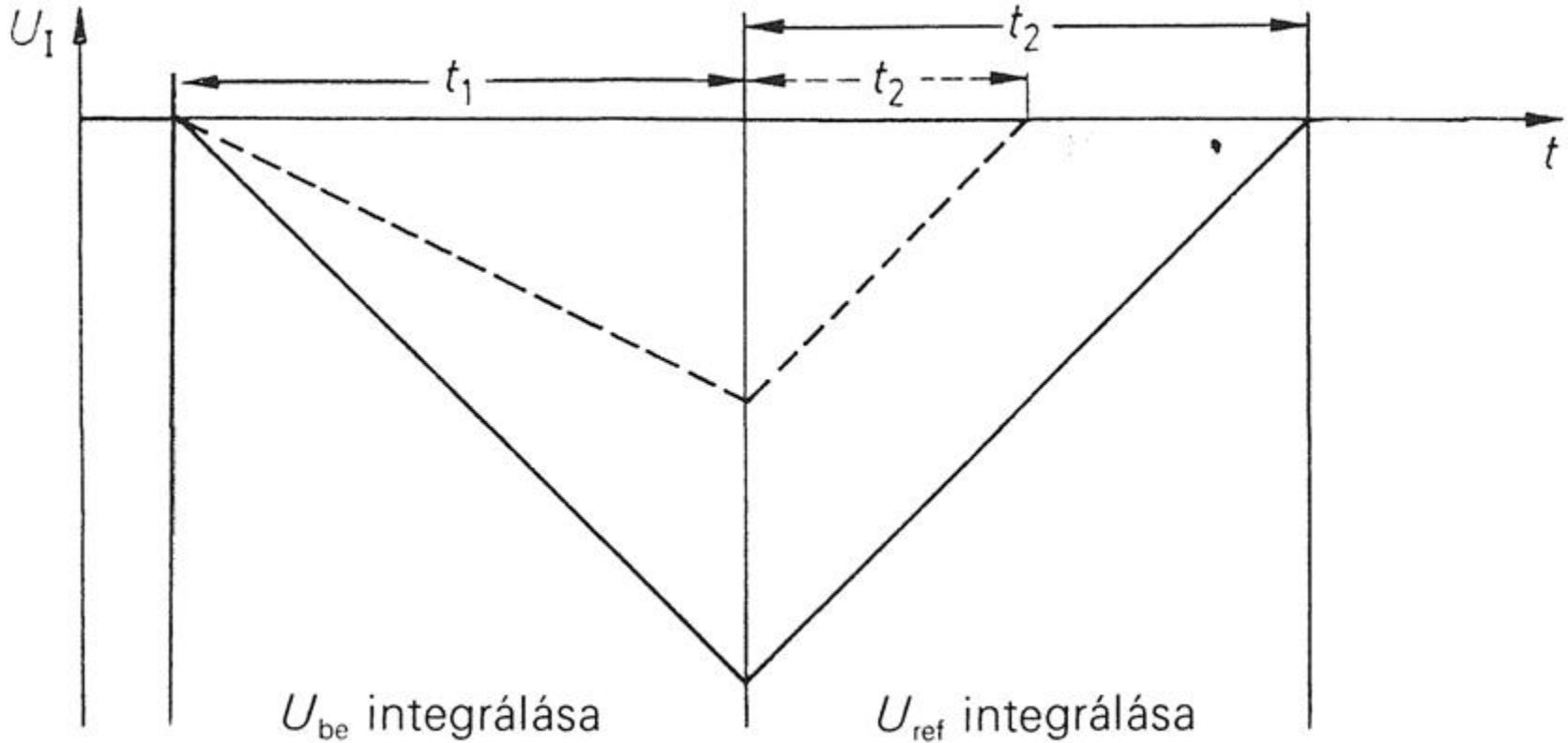
A számlálót a bemeneti komparátor mindkét irányban vezérli. Így a számláló kimenete rááll a bemeneti feszültségre és ütemenként követi.

Kettős integrálási eljárás (dual slope)



1. K3 zár, kisüti C1-et. $U_1=0$. K3 nyit.
2. K1 zár – a bemeneti feszültséget t_1 ideig integráljuk. U_1 folyamatosan csökken, tehát negatív. K1 nyit.
3. K2 zár – a referencia feszültséget addig integráljuk ameddig U_1 nulla lesz. Eközben a számláló számol, tehát a t_2 időt méri. Ez arányos a bemeneti feszültség értékével.

Működési elv illusztrálása



Az integrátor kimeneti feszültségének időábrája, különböző bemeneti feszültségeknél

Köszönöm a figyelmet !

