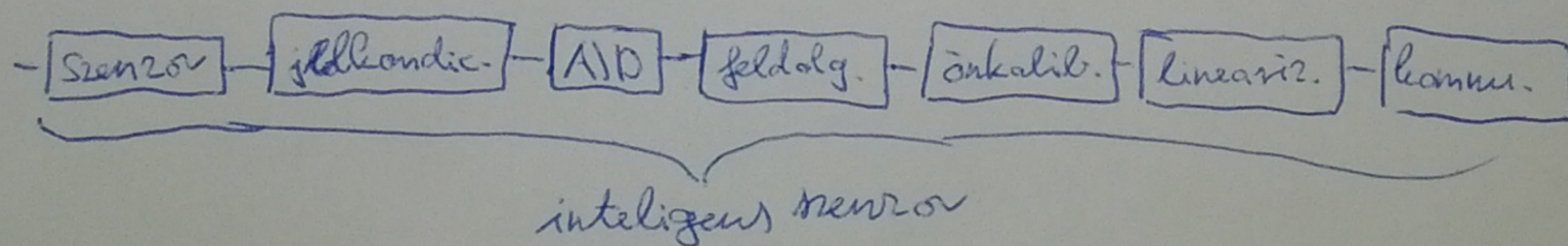


1, A beágyazott rendszer fogalma, trendjei. Az érzékelők fejlődésének, megvalósulásuk a felhasználói területen, az érzékelő fizikai megvalósítás alapján. A beavatkozók fejlődése (micro-electromechanical-systems, micromachined integration). Amblious rendszerek. Érzékelők és átalakítók megkülönböztetésére beágyazott rendszerrel tipikus architektúrája

- A beágyazott rendszerre többféle fogalom létezik:
  - azok a számítógépes rendszerek, amelyek:
    - autonóm működésűek
    - interjú információk kapcsolatban állnak fizikai/technológiai környezetükkel
  - olyan egység, ami vezérel vagy felügyel egy gépet, folyamatot
  - intelligens, hibátűrő, önálló
  - az a számítógép aminek nincs billentyűzete (:D)
- például alkalmazásukra: mosógép, mobiltelefon, videokamera, GPS, fax, repülőgép, gépjármű-elektronika (ABS, ASR ...)
- különbség a hagyományos IP rendszerrel szemben:
  - chip méret csökken, komplexitás nő → 1 chipbe sokminden integrálható
  - digitális jelfeldolgozás beépül a chipbe
  - eszközök újra programozhatók
  - SV technológia fejlődött pl.: objektum orientált pr., jó jelzői környezet
  - megjelentek a tudást reprezentáló új módszerek (mesterséges inte., reaktív rendszerek, neurális háló) (pl.: A/D)

### - Érzékelők fejlődésének

- beágy. rend. érzékelőket és beavatkozókat is tartalmaz
- érzékelők kompaktabbak - beépült a jelkondicionálás, kalibrálás, korrigálás
- jelfeldolgozás egy sírba is beépül (pl.: A/D)



### - Beavatkozók fejlődése

MEMS: Micro ElectroMechanical Systems → mikro-elektromechanikai rendszerek

- MEMS és félvezető technika ötvöztetése: szilícium lapon beavatkozó (UMI integration) micromachined integration → ezáltal érzékelő, feldolgozó és beavatkozó egybeintegrálható. pl.: szilíciumlapon relik (1A, 10<sup>9</sup> lapos.), DMD projektor



- Érzékelők (neurorok)

- Átalakító (transducer): valamilyen típusú energiát másikba alakít át

- érzékelő (sensor): valamilyen jel → elektronos jel

- fajtái: - aktív: külső gerjesztésre van szükség pl. nyúlásmérő bolygó

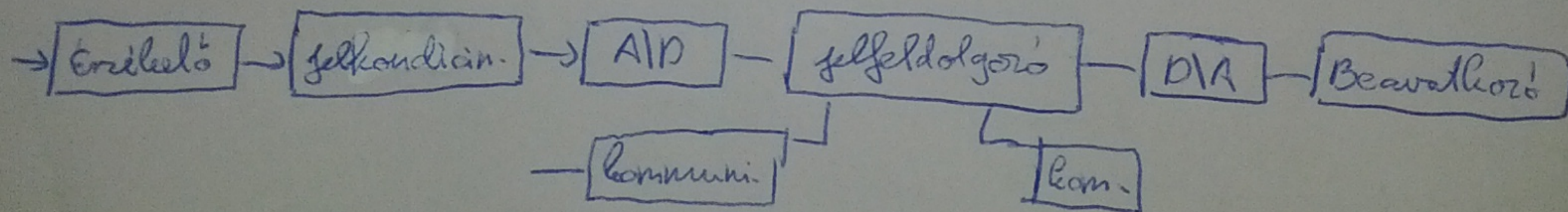
- passzív: maga generál elektronos kimenetet pl: termocell, fotodi.

Érzékelni kívánt mennyiség	Érzékelő	aktív/passzív	kimenet
hőmérséklet	termocell	P	jele.
	fényerő	A	jele./áram
	ellenállás hím.	A	ellenállás
	termistor	A	ellenállás
erő/nyomás	nyúlásmérő b.	A	ellenállás
	piezo érzékelő	P	jele. (töltés)
gyorsulás	gyorsulásmérő	A	kapacitás (töltés)
pozíció	lin. váltó á. diff. transzformátor (LDT)	A	AC jele.
fény intenzitás	fotodióda	P	áram

- Ambios rendszer: olyan betegápoló rendszer amely folyamatosan, továbbá időnként automatikusan kommunikál más információ rendszerekkel

- pl: egészségügyben olyan rendszert jelent ami a beteg működéséről élethelyzetéről valamilyen érzékelő segítségével a beteg állapotát követi és folyamatosan képes tájékoztatni az orvost v. ápolót

- Betegápoló rendszerek tipikus architektúrája:



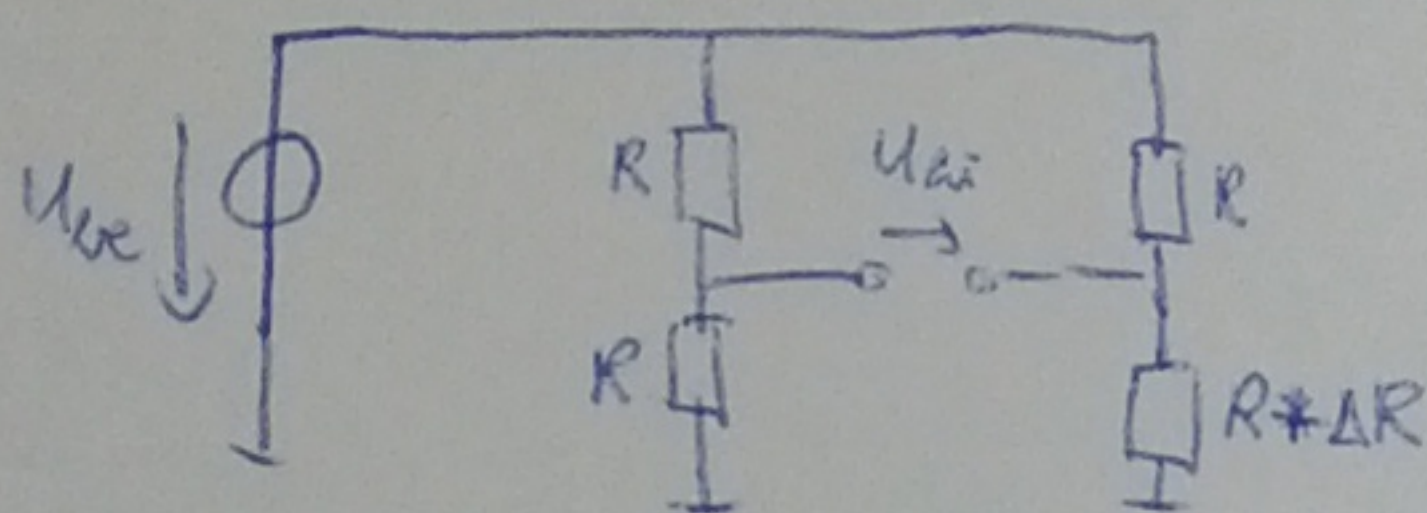


2. A jelkondicionálás analóg és digitális megvalósítása (erősítés, nemlineárisítás kompenzálása, felvertékelt határa hidkapcs., zavarvédelem)

- Jelkondicionálás feladatai:

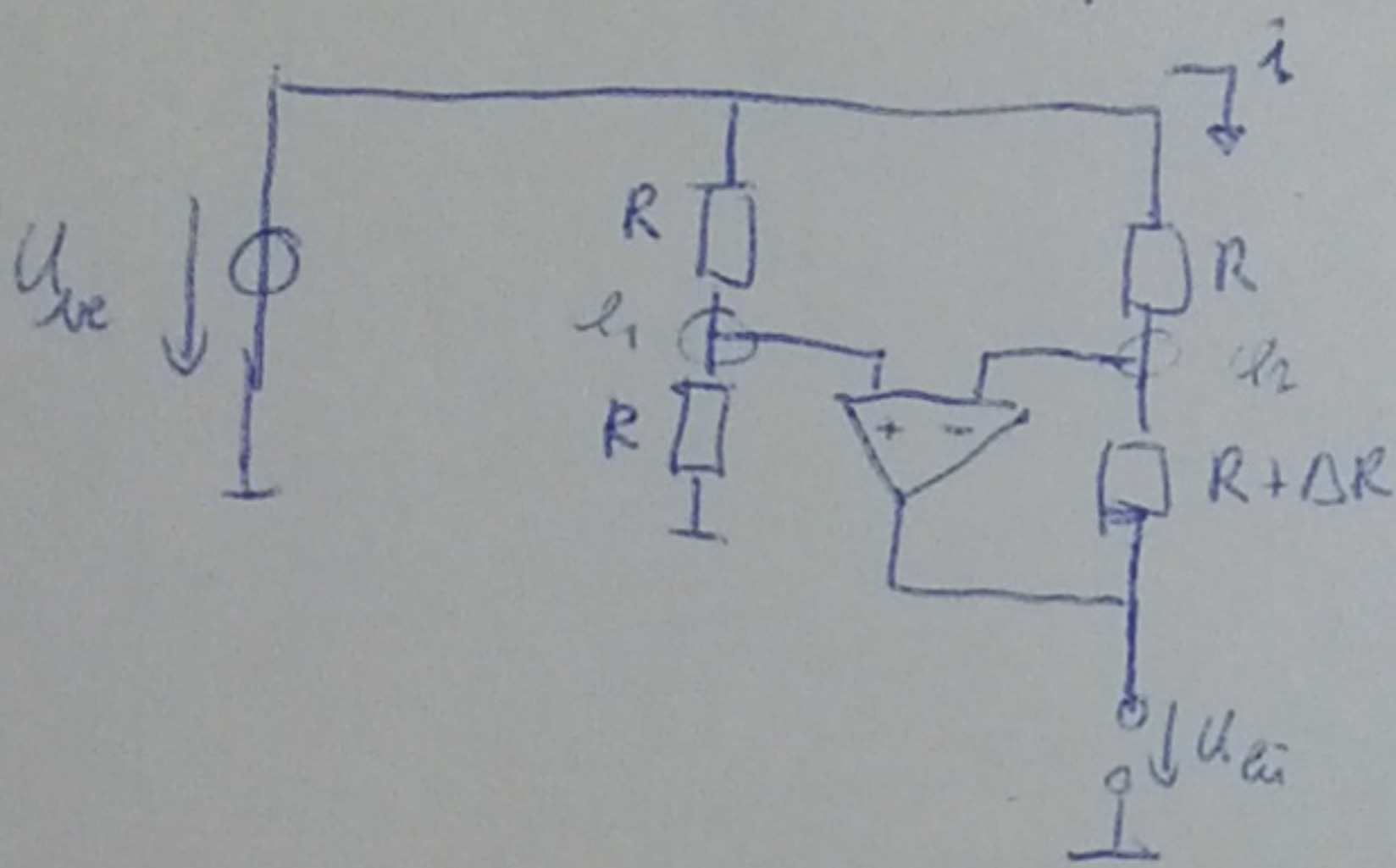
- erősítés
- AGC (automatic gain control)
- zavarmentesítés (anal./dig - művelés előtt legyen)
- galvanikus leválasztás (analóg)
- impedancia illesztés (analóg)
- lineárisítás (digit. jobbn)
- szint illesztés
- védelem

- Lineárisítás



$$U_{xi} = -\frac{U_{xe}}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R + \frac{\Delta R}{2}} \quad \text{nem lineáris}$$

- analóg megoldás pl:



$$U_1 = \frac{1}{2} U_{xe} = U_2$$

$$i = \frac{U_{xe}}{2R}$$

$$U_2 - U_{xi} = i(R + \Delta R) = \frac{U_{xe}}{2R} \cdot (R + \Delta R)$$

$$\frac{U_{xe}}{2} - U_{xi} = \frac{U_{xe}}{2} + \frac{U_{xe}}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

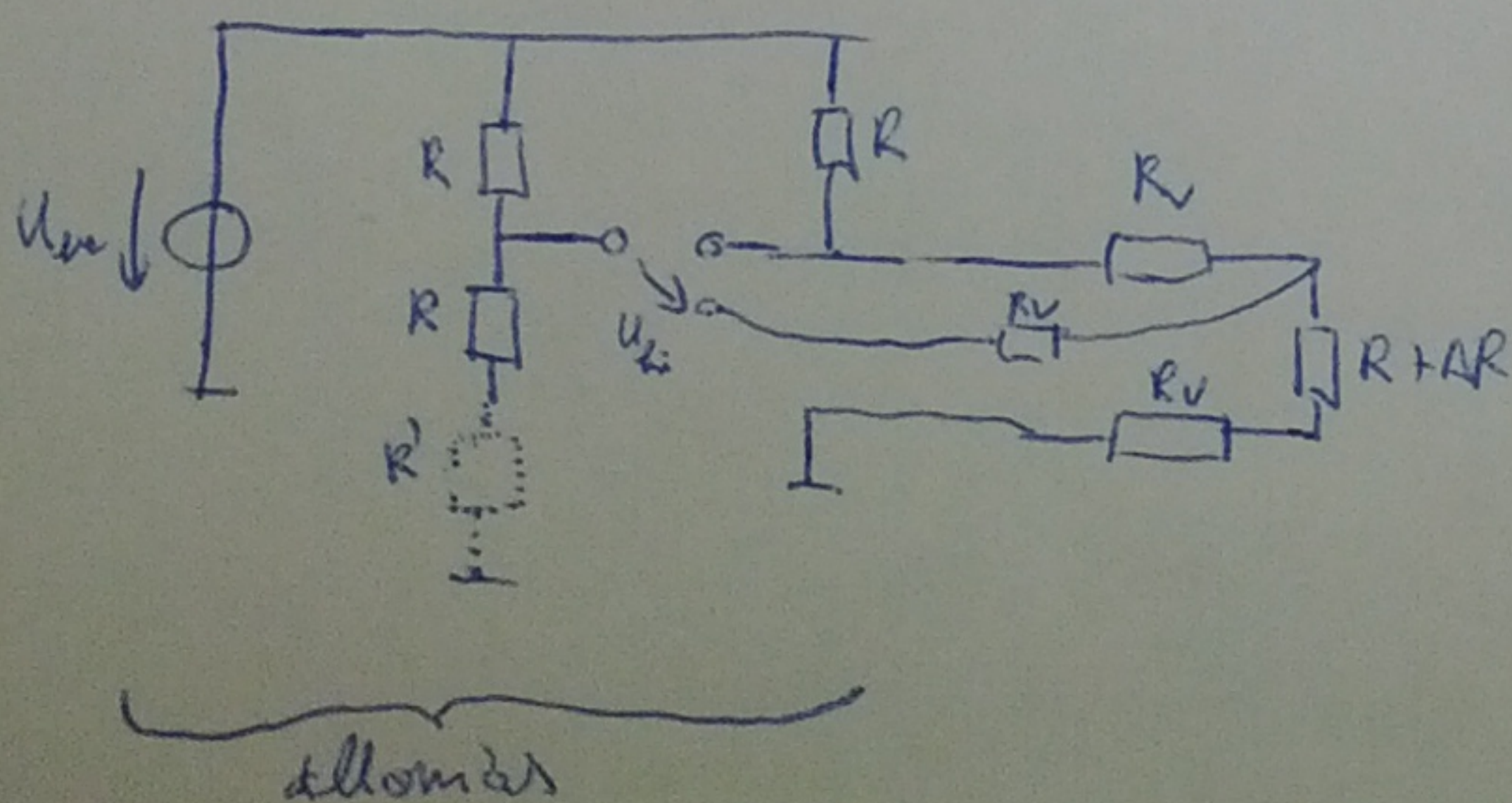
$$U_{xi} = -\frac{U_{xe}}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad \text{er már lineáris}$$

- de a nemzérő NEMLIN. nem küszöbített  $U_e$

$\Sigma$ : - nem céltervező analóg módok : + alkatrészek kölcsönhatása és az azok táplálása

- felvertékelt határa hidkapcsolásban

- pl: vasúti sín terhelés mérés

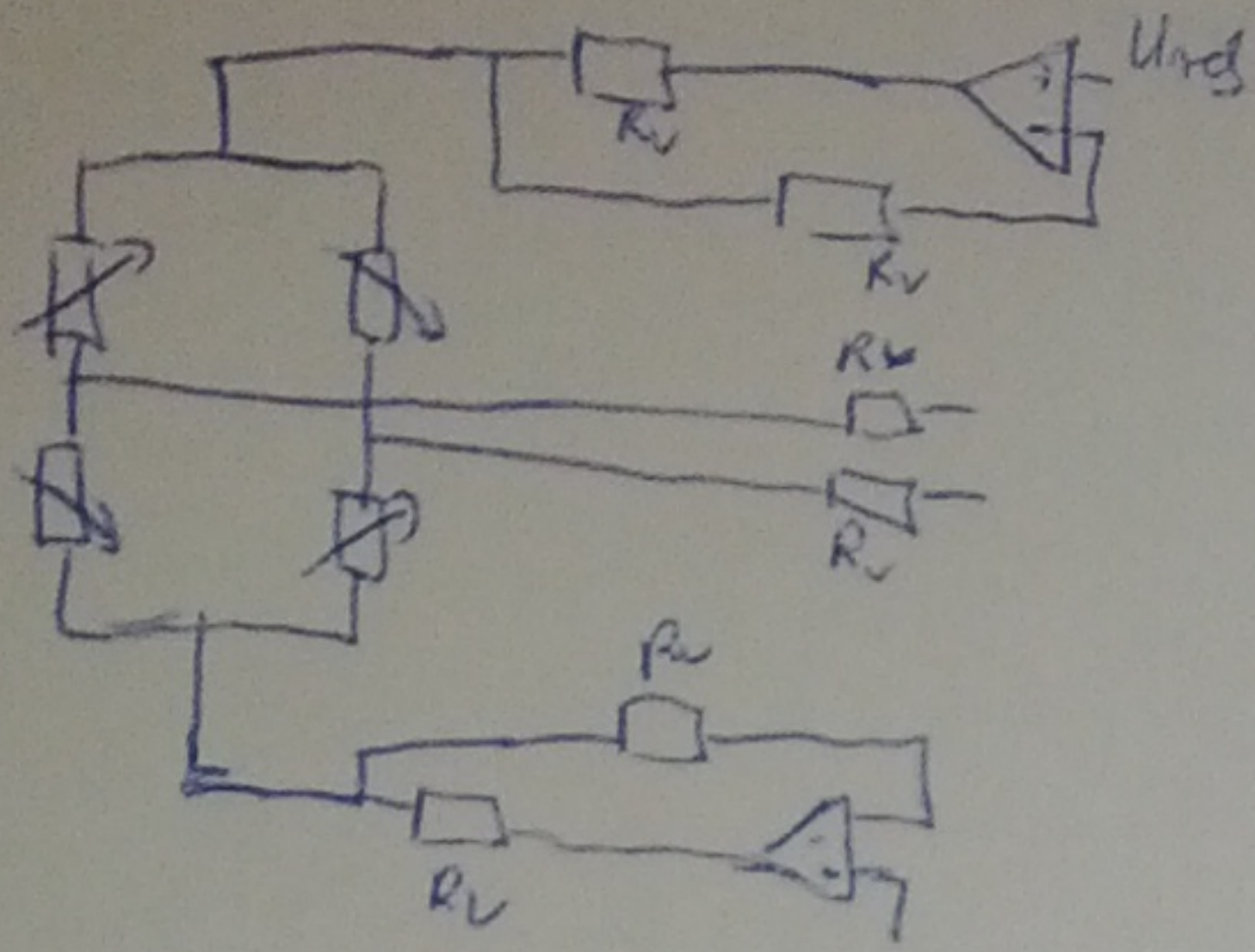


- M01,  $\odot R \rightarrow$  kompenzáló ellenállás  
- offbetét megoldja, de nem tökéletes hőmérséklet függés  
 $R = 2R_v$

- M02, ha  $R_v$  egyenlő értékűek  $\rightarrow$  csavarrészek  
- nincs már hőfüggés  
- f. tökéletes megoldás



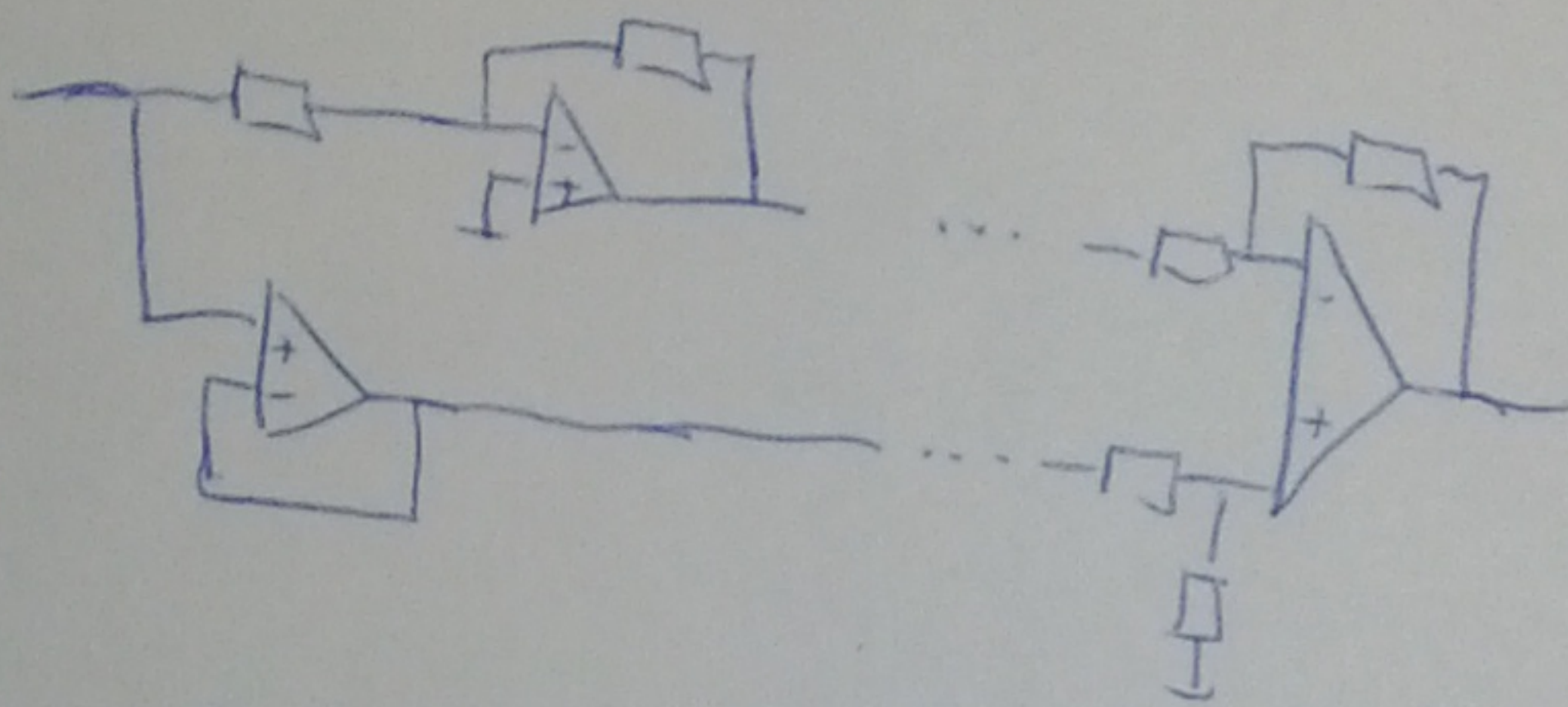
- Rail-to-Rail Erősítő \*



- 4 vezeték impedancia mérés + 2 szabályzó lánc
- 6 vezeték elvezetés
- közelíthető a topfer. nem alapból nem lehet kivétel
- ha elég nagy imp. tekint. a mérő elé nem fog belé áram folyani

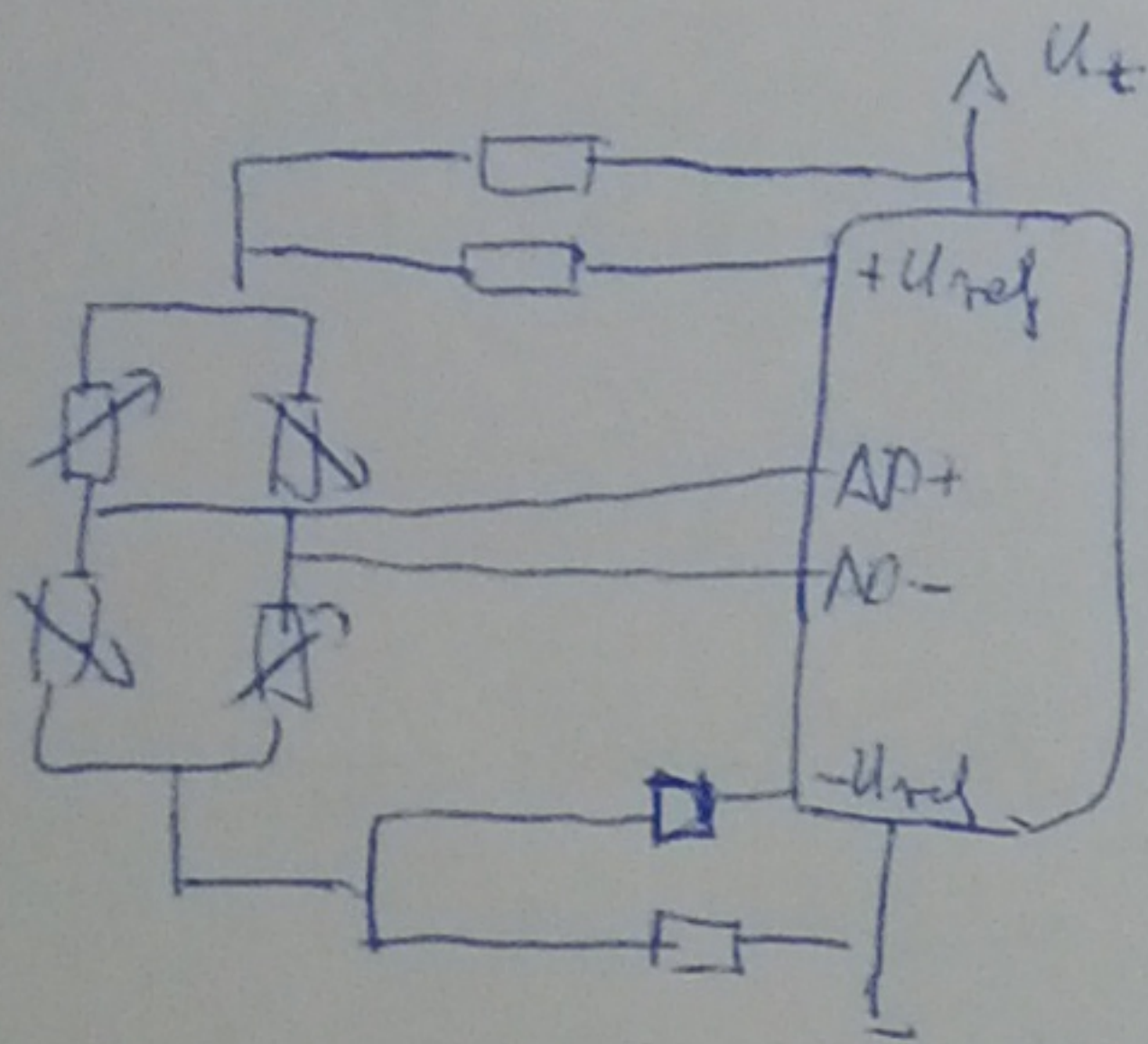
- Zavarvédelem növelése

- közös módusú zavar ellen:



- megadott frekvencián mérünk → relatív tévők a mérést
- csak az vezeték

\*



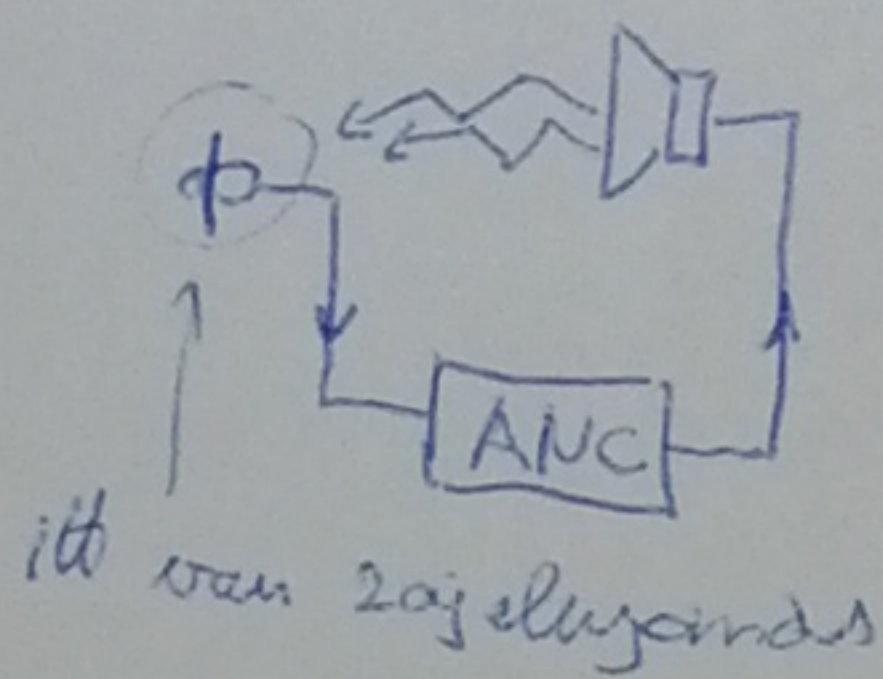
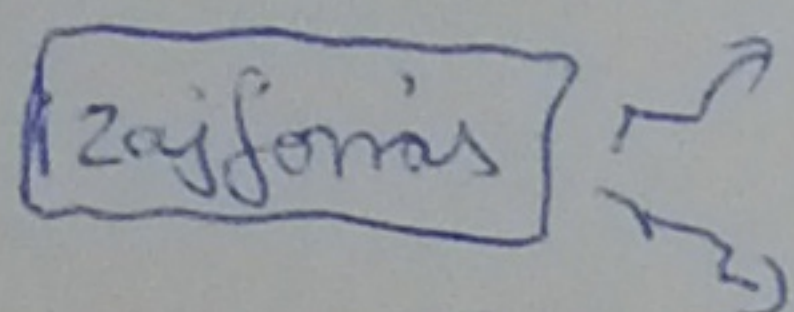
- AD7730 - 24 bites ADC
- rövididejű stabilitás
  - analóg kimentésen MHz



3. Az aktív zajelnyomás rendszer ismertetése. Szinkronizáció és interpoláció a rendszerben.

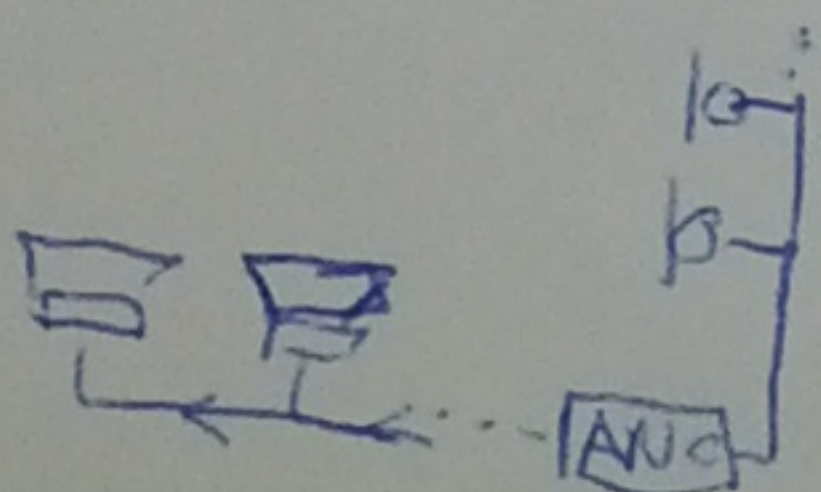
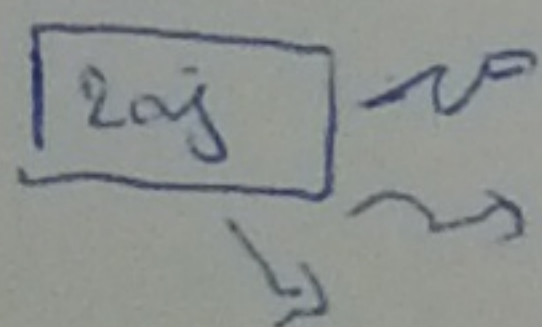
- zaj: az amit nem tekintünk hasznos jelnek
- zajelnyomás:
  - passzív: - valamilyen szigeteléssel pl: párnázott ajtó
  - aktív: - ellenzaj generálásával (antiszé)
    - traktor üllés
    - turbopropeszes repülőgépek
    - légkondicionáló zajok
- Aktív zajelnyomás:
  - periodikus zavarok ellen
  - ellenzajra adott frekvencián
    - ↳ pontos freq. fázis
  - csak 1 pontban van elnyomás (hisz térben)
  - plusz energiát feltétlenül a rendszerbe → figyelni kell a tesz.
  - ha több mikrofont használunk → több pontban is el tudjuk nyomni a zajt → több hangszóró is kell
  - mikrofonok körül elnyomás

- 1 csatornás akusztikus zajelnyomás

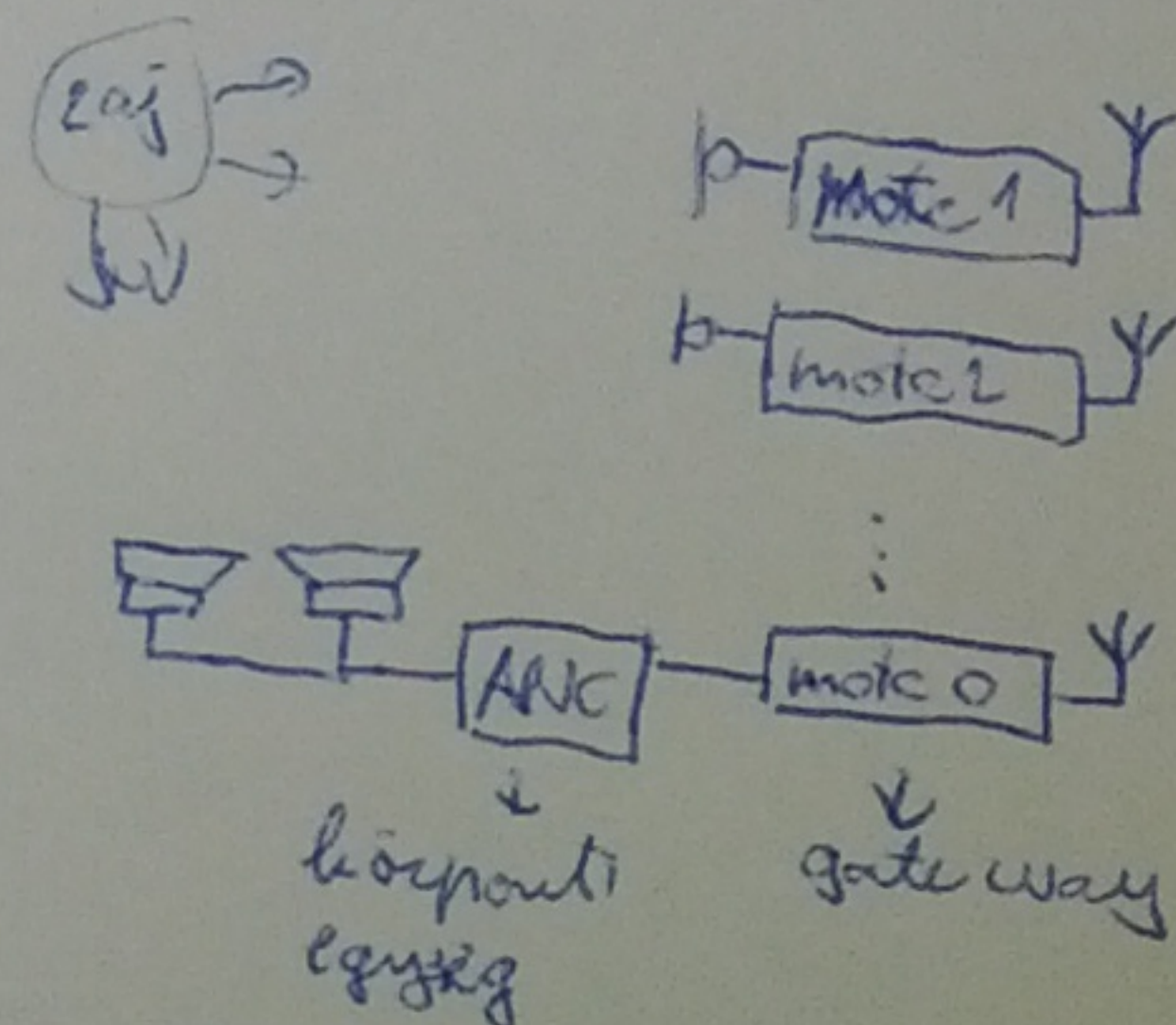


Active Noise Control

- Több csatornás zajelnyomás



hoggy rugalmas legyen? voretik nélkül kell komn.



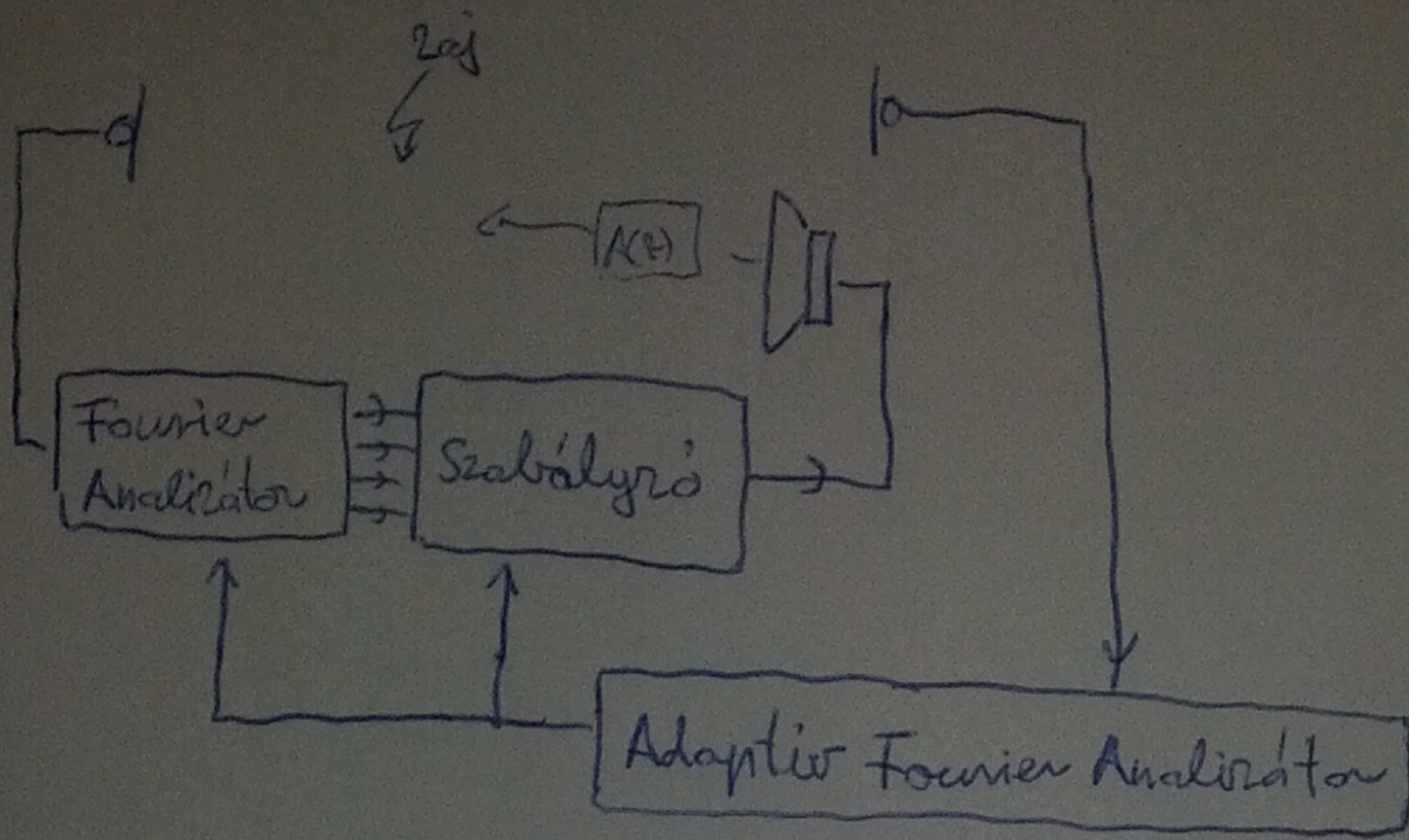
- rendszer hibái:

- sok kis beágy. rend tartalom
- önálló működés
- kooperálhat

- dinamikus adaptív rendszerek

- mote 1...N: mikrofon → jelkond → AD → felgy. → komn.
- mote 0: komn (vostérrel) → felgy → kom (voretikus)
- ANC: kom → felgy → DAC → beavatkozás
  - ↑ alapharmónikus információ (nem felt. mikrofon)





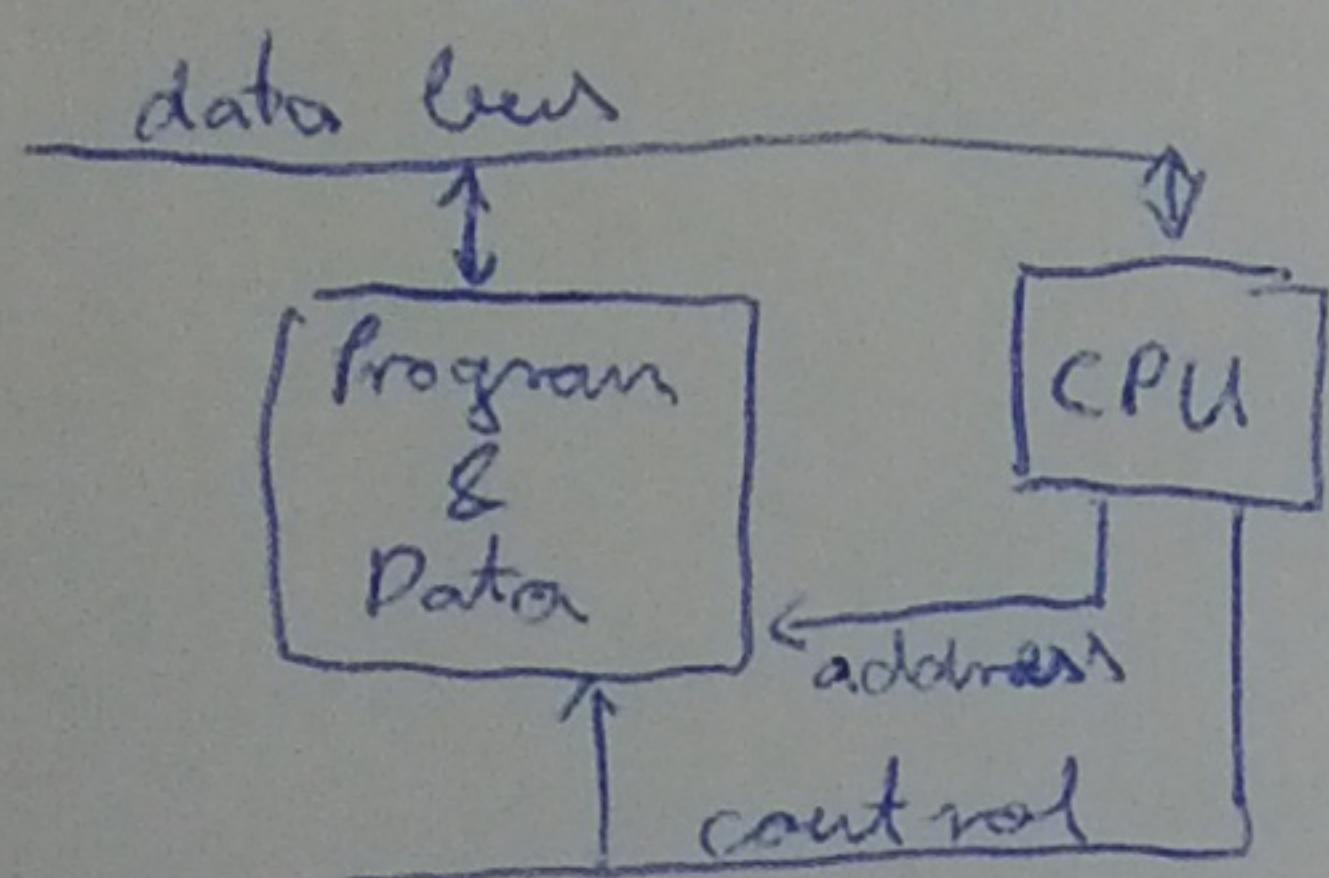
- adólag működletjűh  
 ameddig mindig 0-er



4, Központi feldolgozó egységek begyarolt rendszerekben. Az alkalmazott processzorok főbb fajtái, jellemzői, felhasználási területük. GA DSP-ek főbb jellemzői: architektúra, memóriaszervezés, aritmetikai egység (számbárávalás), címképzés, utasításformátum. FIR szűrés, FFT támogatása

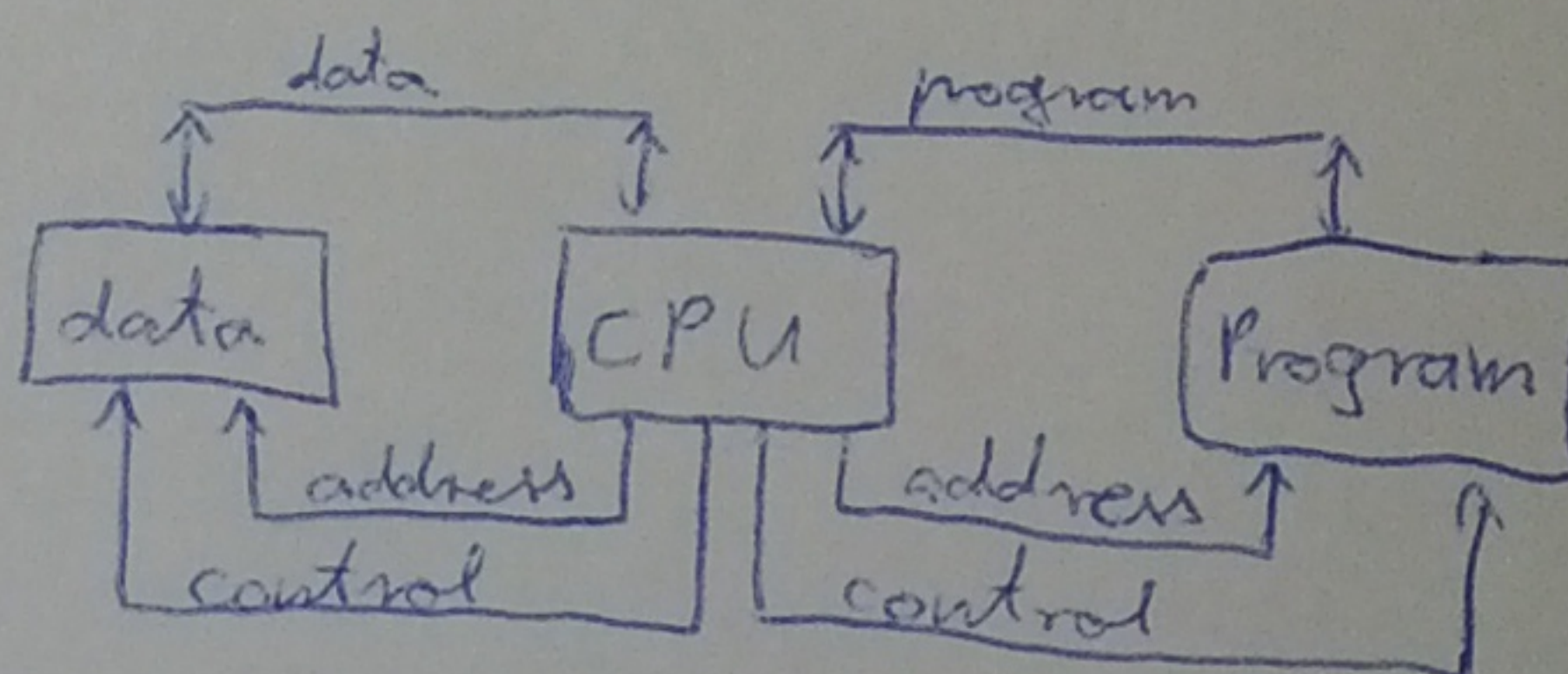
- 2 főle kerülési architektúra van:

Neumann:



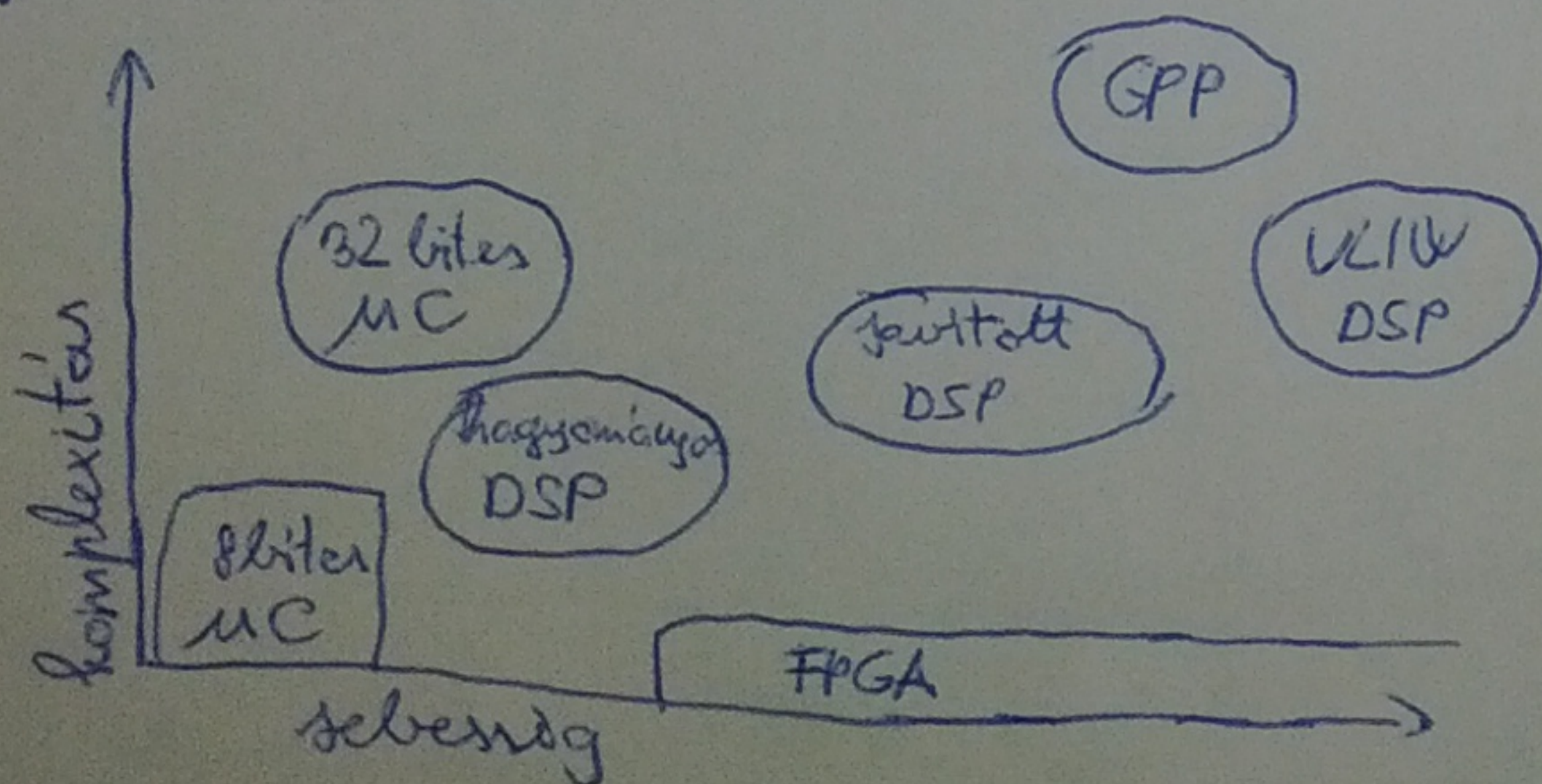
- közös busrendszer
- közös memóriában program, adat
- levezető kivétel, különbség kezelését.
- önmodóritó program

Harvard



- külön program és adat
- akár eltérő méretű busok
- nem módosítható prog. memória
- gyorsabb adat levezetés

- feldolgozó egységek fajtái:



VLIW = Very Long Instruction Word  
GPP = General Purpose Processor



## 5, Mikrokontrollerek főbb jellemzői

- 8 bites  $\mu C$ 
  - HW architektúra
  - adatbussz = 8 bites
  - címbusz: több bites lehet pl.: PIC 16 14 bites
  - RISC - architektúra:
    - általában 1 utasítás 1 órajel alatt (beolvas, művelet, visszat)
    - de PIC 16  $\rightarrow$  1 utasítás 4 órajel
  - sebesség 8-20 MIPS  $\rightarrow$  ez így önmagában értelmetlen
  - statikus működés:
    - ha csökken a fr. nő a foglaltság
    - órajel állítható

### Periféria lehet:

- Power-on  $\rightarrow$  Reset  $\rightarrow$  amíg nem stabil a táp resetel
- Timer 8, 16, ~~32~~ bites
- ADC 8...10...12 bites (SAR  $\rightarrow$  Szukcesszív Approximáció...)
- PWM kimenet:
  - általában egyik timerrel
  - általában lehet DA átalakítások használata
- GPIO - General Purpose Input-Output lábak
- UART, USART: Universal (synchron) Asynchron Receiver Transmitter
- SPI, I<sup>2</sup>C, CAN, LIN
- megszakítás: 1 vagy több  $\rightarrow$  prioritások
- RESET
- WatchDog
- portok: TTL vagy Schmitt triggeres kimenet

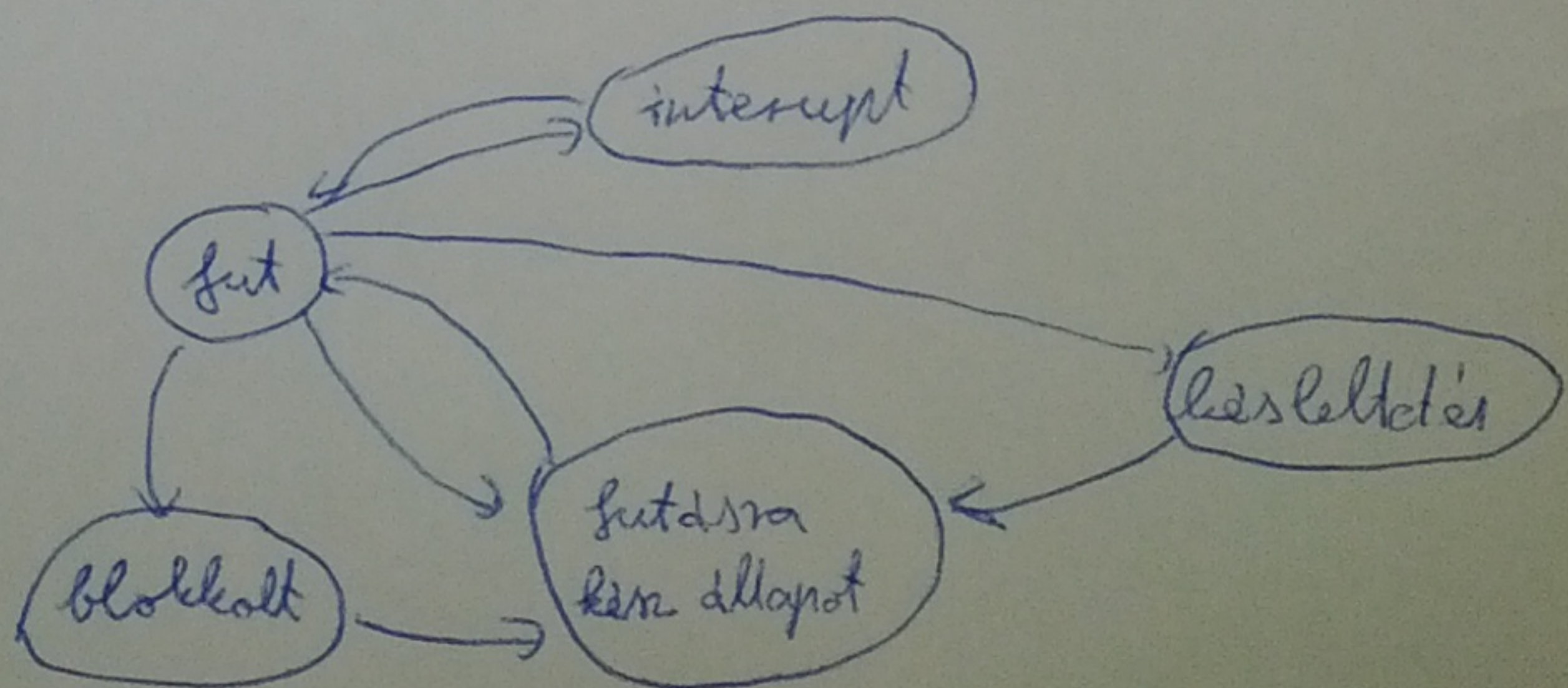
pl.: Atmel ATmega 128

- RISC 133 utasítás
- 16 MHz  $\rightarrow$  16 MIPS
- beépített HW perifériák
- 128k program FLASH
- 4k SRAM
- 4k EEPROM
- külső mem. ill. - max 64k

PIC 16xxx

- RISC
- 5 MIPS 4-gyel osztott órajel (20MHz)
- HW arch. külön pv. és memória
- kicsi STACK (8 bites)
- többes kimenet  $\rightarrow$  kapcsolható memória

- Program:
  - 1x lefut
  - Round-Robin
  - Op. rendszer  $\rightarrow$





- Timerok: - kiválaszható a frekvencia függő
- mcscale
- scale
- 16, 32 - bitesek felvétel 8 v 16 bitesekre
- beállított értékre interrupt
- tárfolyán értékre



5.  
- DSP → digitális jelefeldolgozó processzorok (Digital Signal Processor)

- motivációk: - nagy számú digitális jel feldolgozást igénylő alkalmazások (kép, hang)

- szűrés

- decimálás, interpolálás

- transzformációk

- moduláció / demoduláció

- DSP implementációk: - fix pontos  
- lebegő pontos



- Konvolúció (FIR művelet)

$$y_n = \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cdot h_{n-k}$$

- nagysebesség
- sorozatos akkumulálás
- utolsó N minta korlátozása
- gyors állás reverz

MAC = Multiply and Accumulate

- 1 utastípus alatt több memória művelet → aritmetikai // adatokhoz mozg.
- hardver támogatott állás reverz → SIMD (Single Inst. Mult. Data)
- HW támogatott állású puffer korlátozása
- ↳ független dimenziók

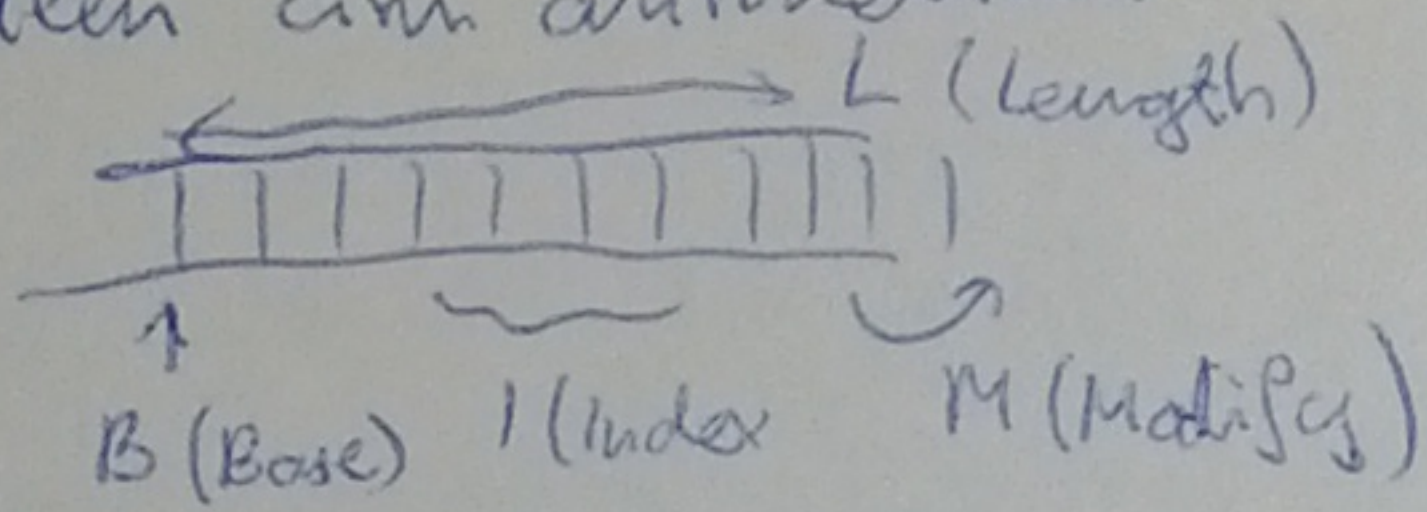
- Barrel-shifter

- DMA

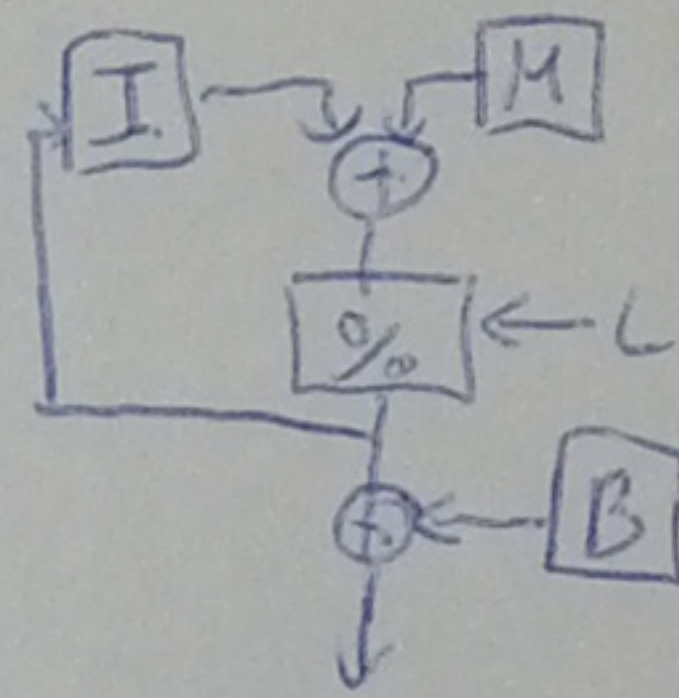
- 24 bit rilles sín (16 bit adat)

- Harvard architektúra

- Független dim. aritmetika



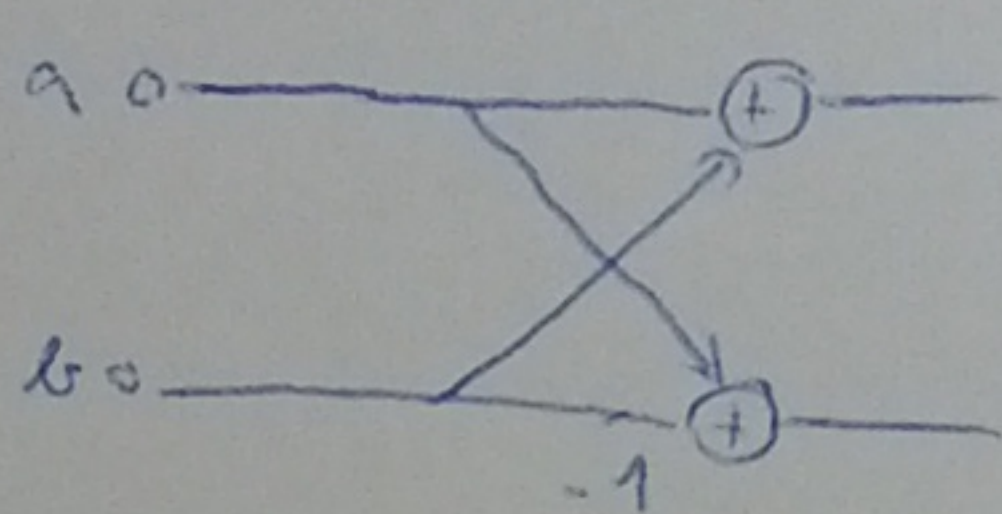
$$dim = B + (I+M) \% L \text{ (modulo)}$$



- FFT (Fast Fourier Transf.)

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi}{N} \cdot kn}$$

- Párhuzos (2-es DFT az FFT alapművelete)



$$A = a + W_N^n b$$

$$W_N^n = e^{-j \frac{2\pi}{N} \cdot n} = \cos\left(\frac{2\pi}{N} \cdot n\right) - j \sin\left(\frac{2\pi}{N} \cdot n\right)$$

$$B = a - W_N^n b$$

$$x(0) \rightarrow X(0)$$

$$x(1) \rightarrow X(2)$$

$$x(2) \rightarrow X(1)$$

$$x(3) \rightarrow X(3)$$

bit revers címzés miatt

DSP támogatja

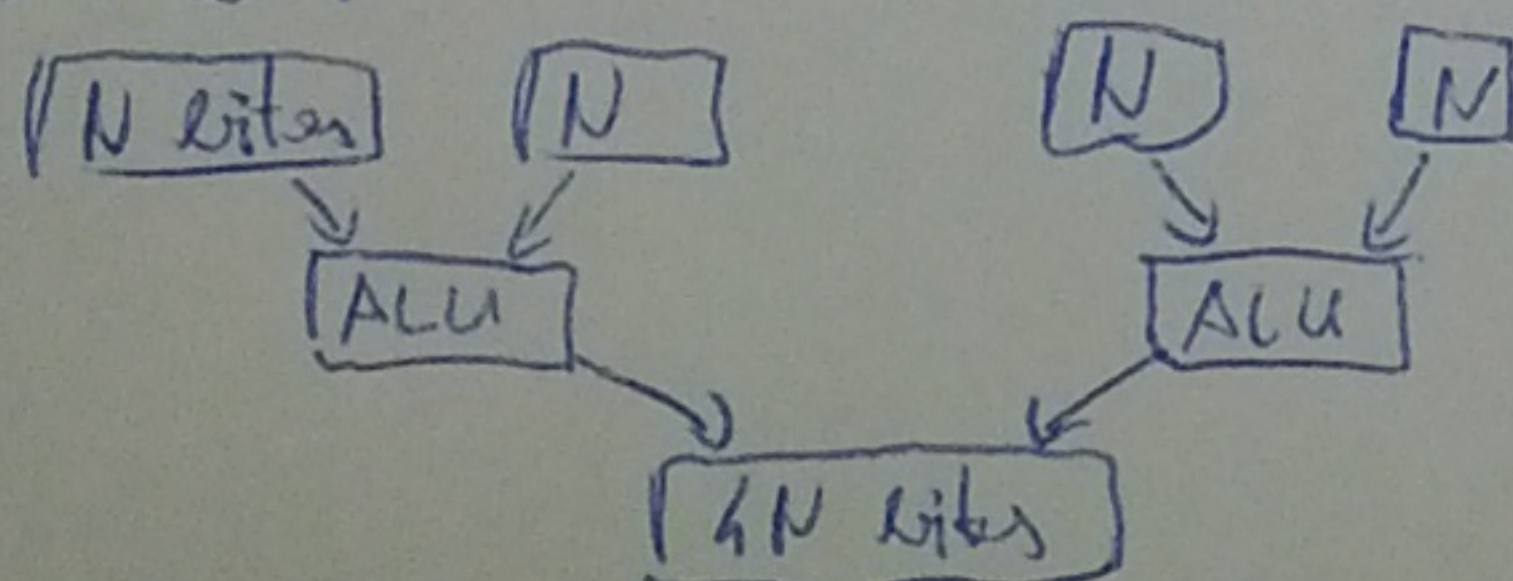
$$00 \rightarrow 00$$

$$01 \rightarrow 10$$

$$10 \rightarrow 01$$

$$11 \rightarrow 11$$

- javított DSP → SIMD



- VLIW - - sok kis utastípus körűl művelet elvégezhető el párhuzamosan  
↳ komplex műveleti összefogás (128-256 bit rilles)  
- compile time scheduling

- Super skalár : - sok művelet végre, futási időben //



## ↳ Műveltség sebességnövelésének lehetőségei feldolgozó egységekben

### - Órajel növelése

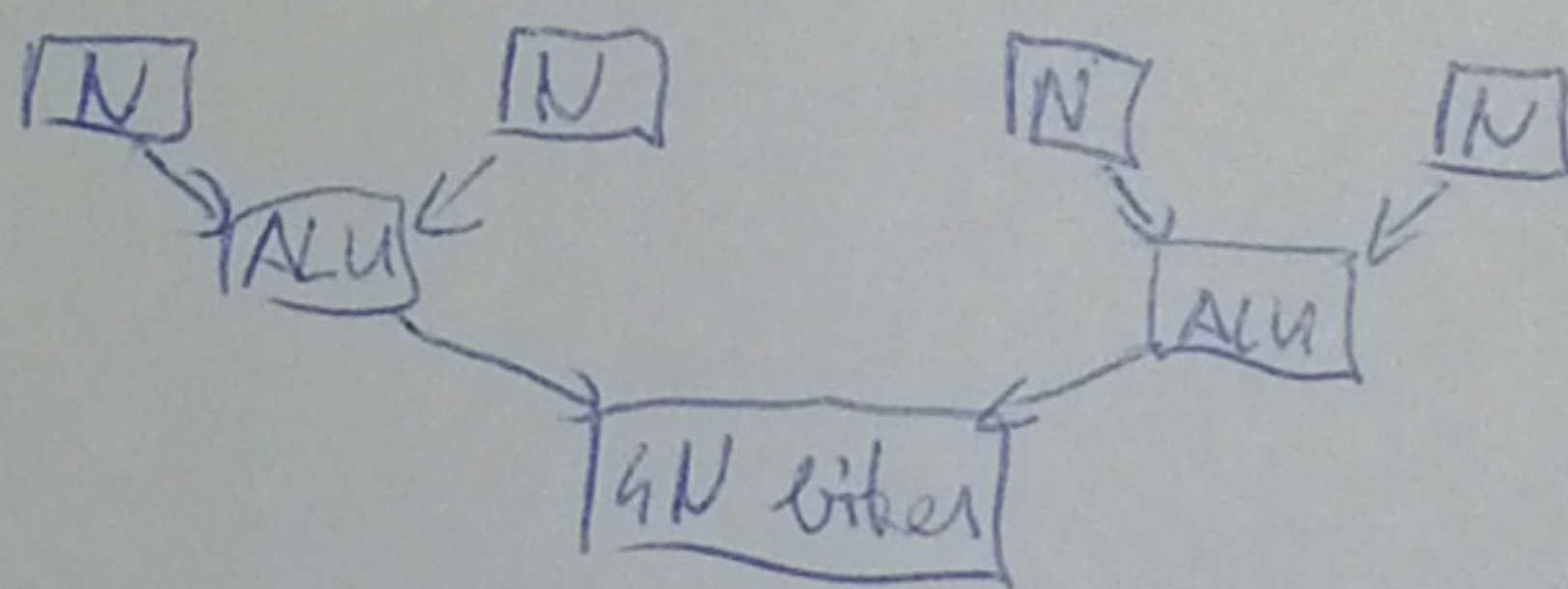
- növeli a CPU sebességét → egységnyi idő alatt több ábrát kezel
- véger → fizikai korlátjai vannak: a tranzistorok seb. elemét
- végfelé már sokat csökkentek
- nagy fogyasztás és melegedés

### - Parhuzamos struktúrák (transputer)

- ~~blokkokból~~ <sup>egység</sup> többet pakolunk rá
- feleslegesen ismétlődő belső blokkok → drága, hely és energia pazar.

### - Belső blokkok ismétlése

- SIMD → Single Instruction Multiply Data
- bizonyos blokkokból többet teszünk a kódrészletbe
- pl: több MAC



### - Pipe-line

- úgy tervezik a műveletet hogy tökéletesen kihasználják az állandó rendelkezésre álló egy egységet
- egyúttal parhuzamosan halytunk előre alap utasításokat
- VLW (Very Long Instruction Word)
  - sok kis utasítás egy komplex ötfogú (128-256 bites)
  - complex time scheduling

### - Super-skalár arch:

- sok műveletvezérlő egység
- futási időben kénes parhuzamosítást
- runtime scheduling



8, FPGA-k első generációs FPGA-k funkcionális elemei. Logikai blokkok típusok felépítése. HW konfiguráció tárolási lehetőségek. Feldolgozó egységek megvalósítási lehetőségei (soft core, hard core)

FPGA: Field-programmable gate array

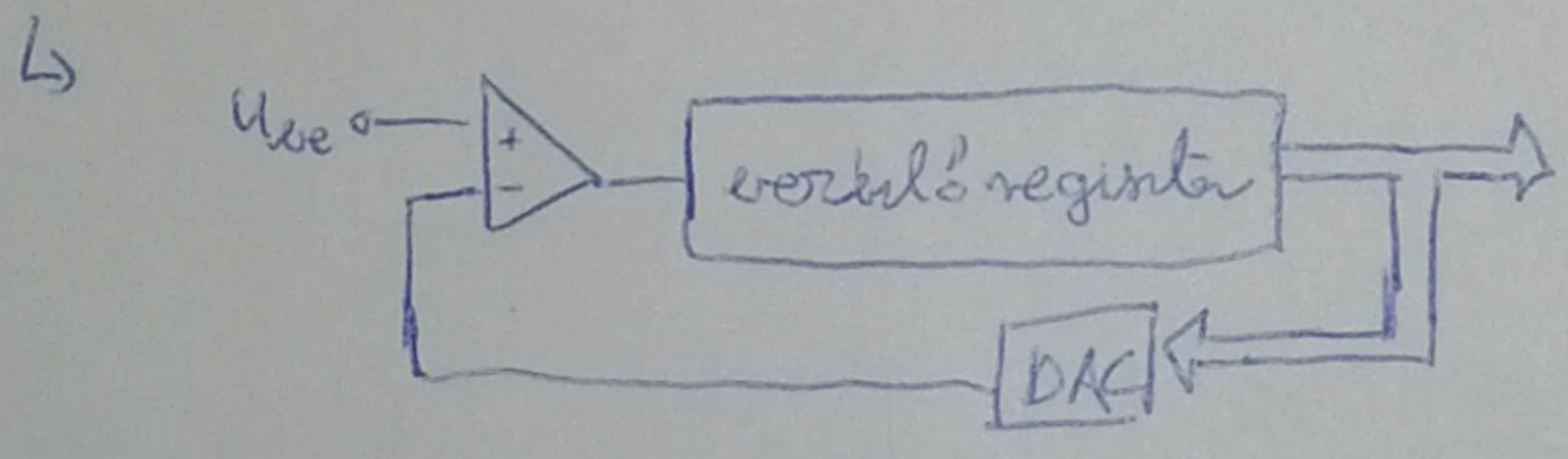
- egyszerű PLD előzők (Programmable Logic Device): - PAL (array logic)  
- PLA (Logic array)
- egyre általánosabb elemekből építve fel
- ma már programozható drakon MPGA (elő: FPGA)
- felhívható programozhatóság:
  - OTP: - csak egyszer, kis méretű, kapcsolók átég
  - FPGA: - minden indultkor
  - SRAM FPGA: - minden újó memóriában
    - olcsó, bármikor átvihető
- FPGA: I/O blokkok, logikai blokkokból és programozható átkapcsolásból áll
  - egy logikai cella: - átviteli logika, szorzó (tömbszorzó), memória
  - I/O: - sokféle jel/típusú csatlakozás lehet
    - gyakran több funkciót, konfigurálható kábel
- hivatkozás: - 80% hivatkozás és kapcsoló a CHIP-ek
  - többszörre kihasználható
  - erősen beletölthető a sebességgel
- SRAM FPGA mindig LUT alapú (Look up Table)
  - ↳ 1 bites memória, mélysége (címtartomány) változó
  - ↳ vagy több bemenetes sokbort leírás (16x1 bites pl)
- Célközvetítés: - BRAM (Block RAM)
  - MULT → szorzó
  - CDCM → órajel manager, globális órajelgenerátor beállítása
- PCI (Peripheral Component Interconnect)
- soft-core: - CPU - Célul implementálva az FPGA-ban programmal
- hard-core: - beépített CPU amit lehet kihasználni



9, AD átalakítók: pillanatérték mérők, átlagérték mérők. Párhuzamos átalakítók, automatikus kompenzáció elve: sukcerív approximáció, lépcsőgenerátoros, követőszámlálás. Sukcerív approximációs AD ~~klip~~ átalakító kapacitív kapacitásos PIA áramkörének felépítése és működése. Ferültség-idő átalakítás: működési elve, hibaforrások, differenciál kiállítás.

- AD átalakítók típusai:
  - közvetlen:  $sen \rightarrow digit$
  - közvetett:  $sen \rightarrow idő, freq, stb \rightarrow digit$
- pillanatérték mérők:
  - jól meghatározott időpontban (flash, kondenzátor leírása)
  - amplitudó függő időpontban (számlálás, sukcerív, fűrészfűggen.)
- átlagérték mérő: dual-slope

- Közvetlen AD
  - visszacsatolt és visszacsatolt nélküli



- pontos DAC működik
- régim lényegrel trimmelhető (R)
- most kapacitív kapacitások

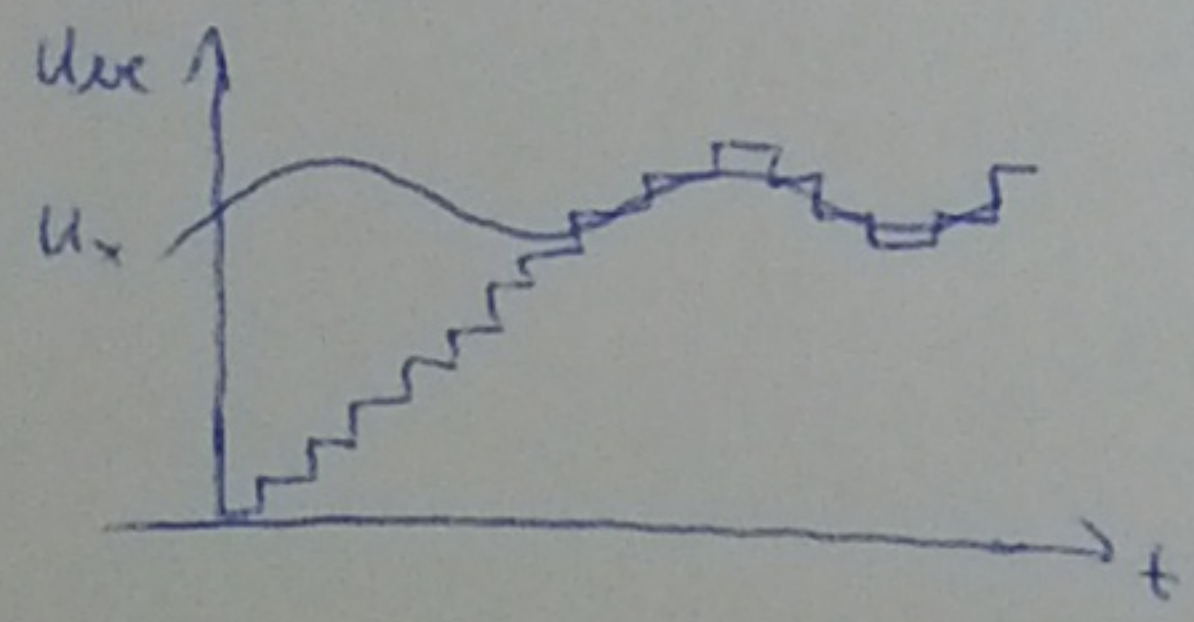
- értékelési algoritmusok

- Számlálás AD:



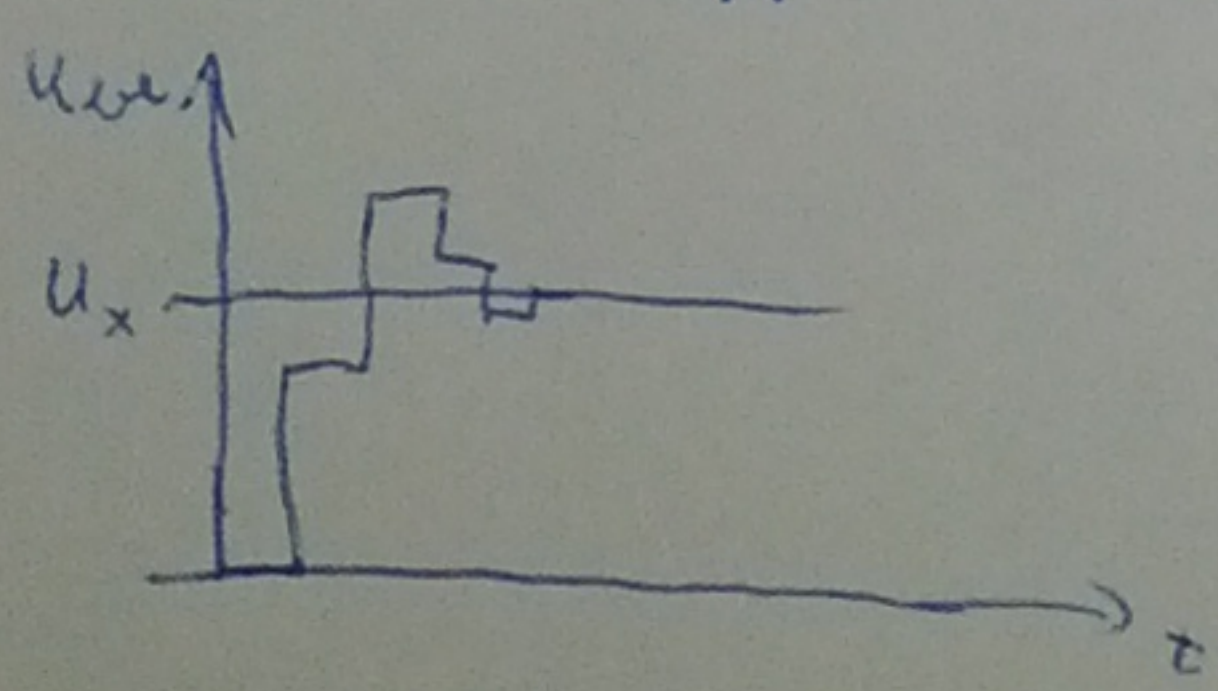
- lassú
- változó konverziós idő
- mintavétel időpontja jellegű

- Követő számlálás



- ha a jel lassú akkor a követés gyors / definíciós garantált
- változó konverziós idő
- mintavétel jellegű

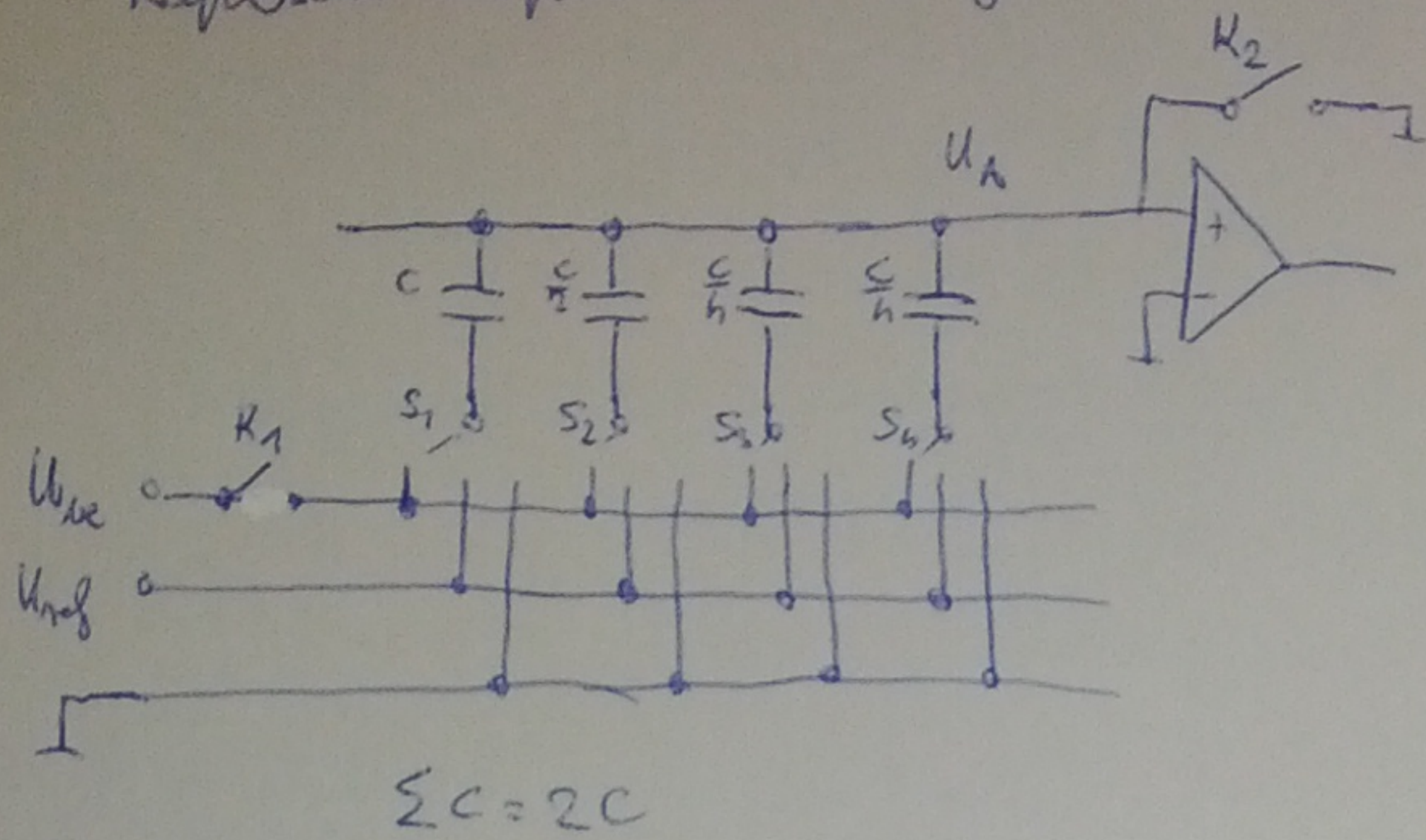
- Sukcerív approximációs



- komparátoros
- relatív gyors
- fix konverziós idő
- mintavétel időpontja jól definiált
- 12-16 bites ált.
- ~ 100 kHz



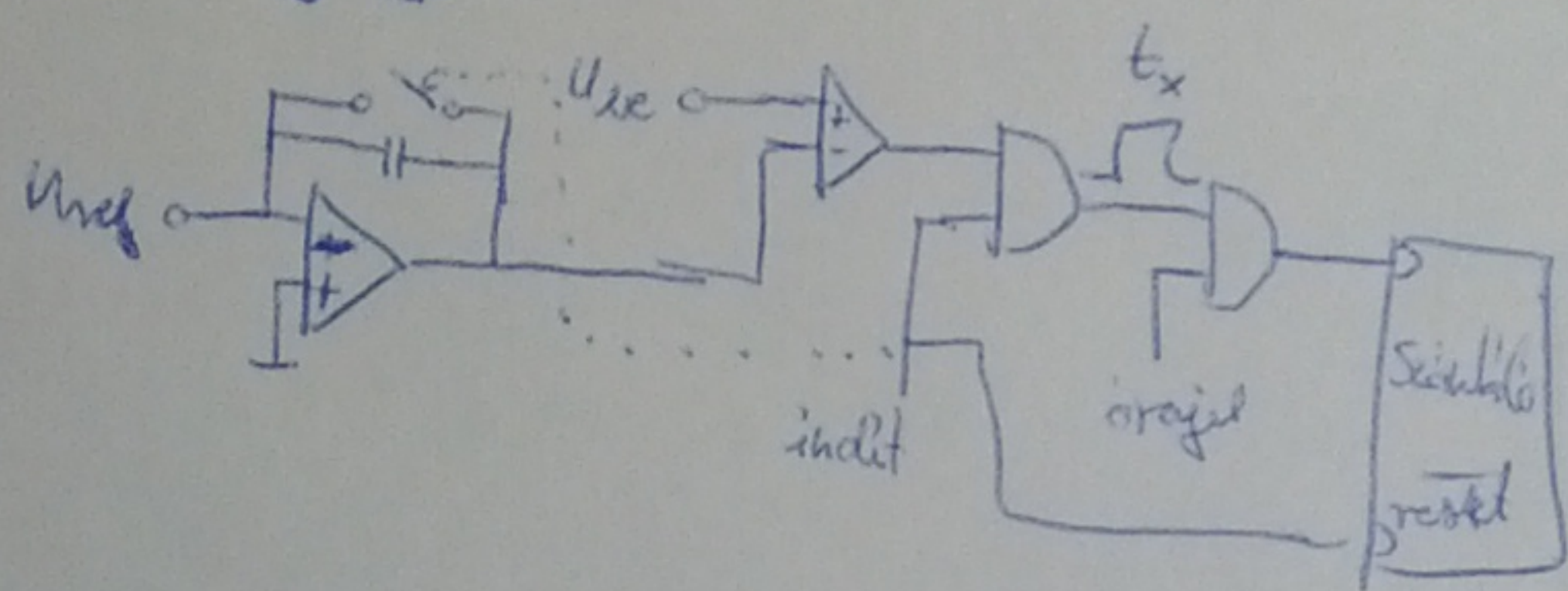
- Kapcsoló kapacitással megvalósított bemenet in DA felosztás (3 bites)



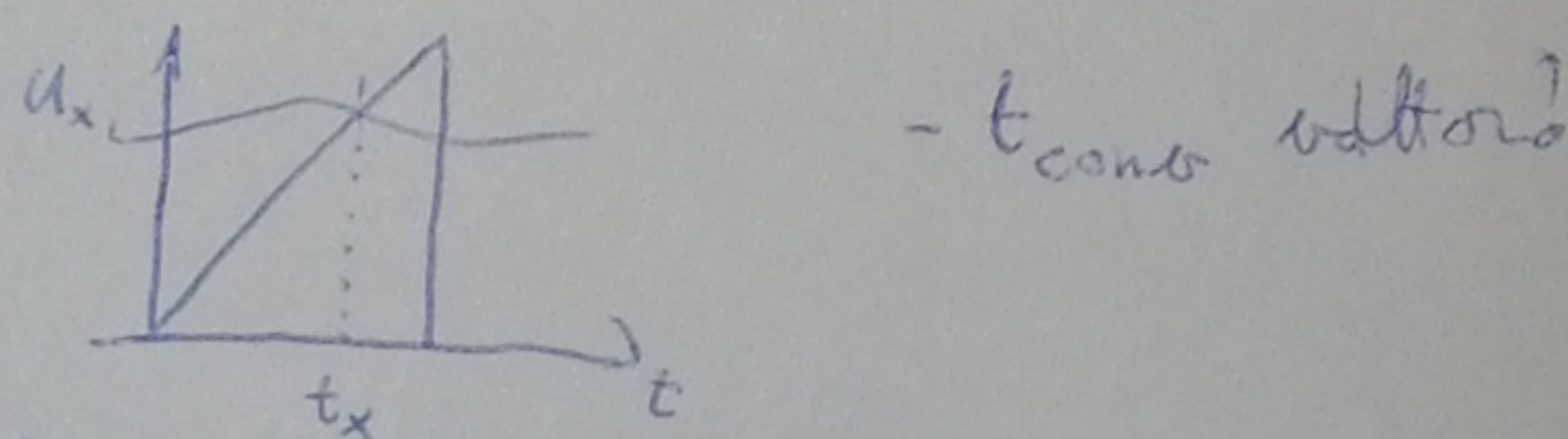
- 1)  $K_1, K_2$  be és  $S_n U_x \rightarrow$  követ (Track)
- 2)  $K_1$  ki tartás (Hold)
- 3)  $K_2$  ki az  $A^+$  pont balra van csatlakoztatva
- 4)  $S_n$  földre  $U_A = -U_{ref}$
- 5)  $S_1 U_{ref} \rightarrow \frac{1}{2} U_{ref} - U_x = U_A$
- $S_2 U_{ref} \rightarrow \frac{1}{4} U_{ref} - U_x = U_A$

- újabb bit hozzáadásakor  $\frac{C}{2^n}$   $\frac{C}{2^n}$  kell a végére kapcsolni mindig

- Fémringrendezés

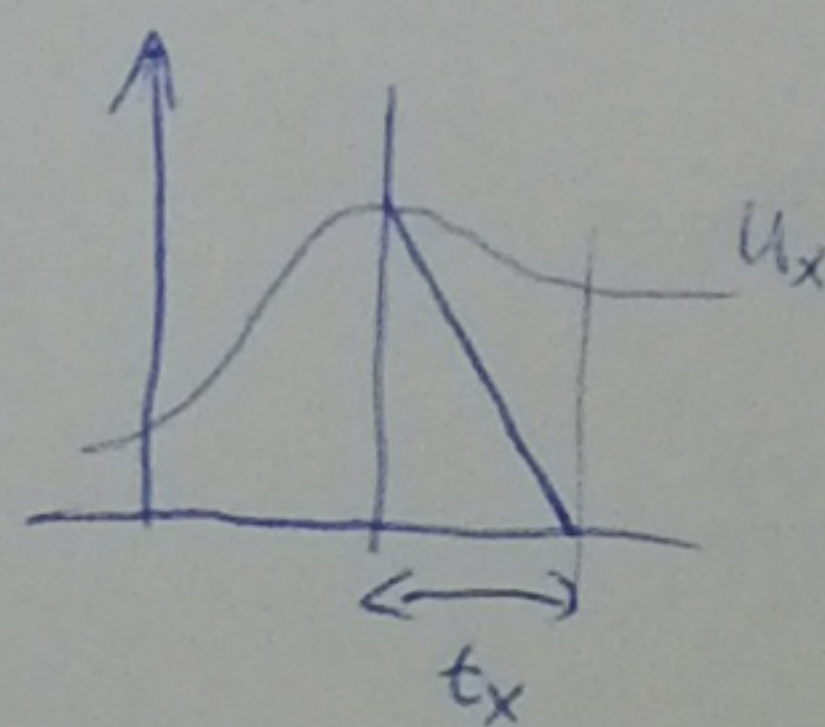
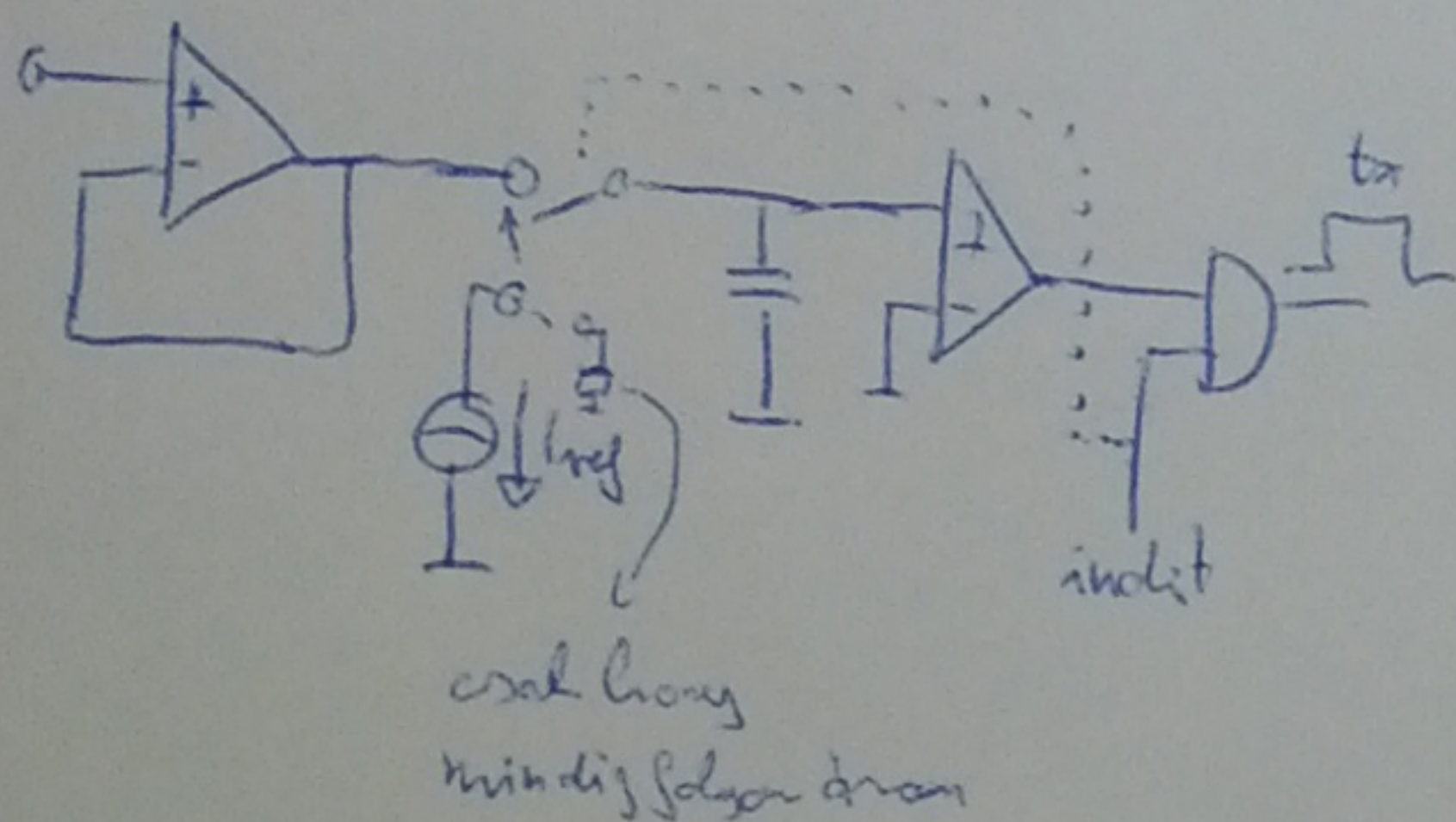


- az első blokk utáni a feszültség-illő a második az idő/ditólis átalakítás
- $t_x$  időt mér a támláló



- a mintavétel az átalakítás utján függ a mintavétel időtől

- Kondenzátor lesütés



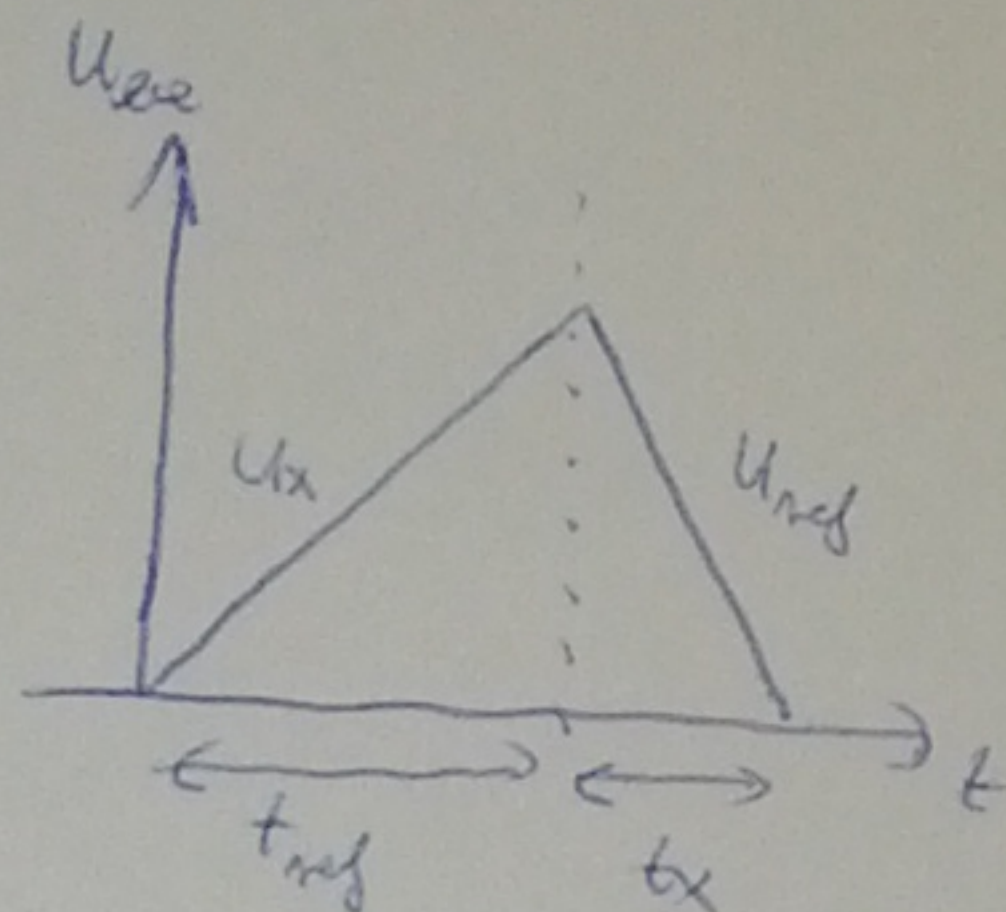
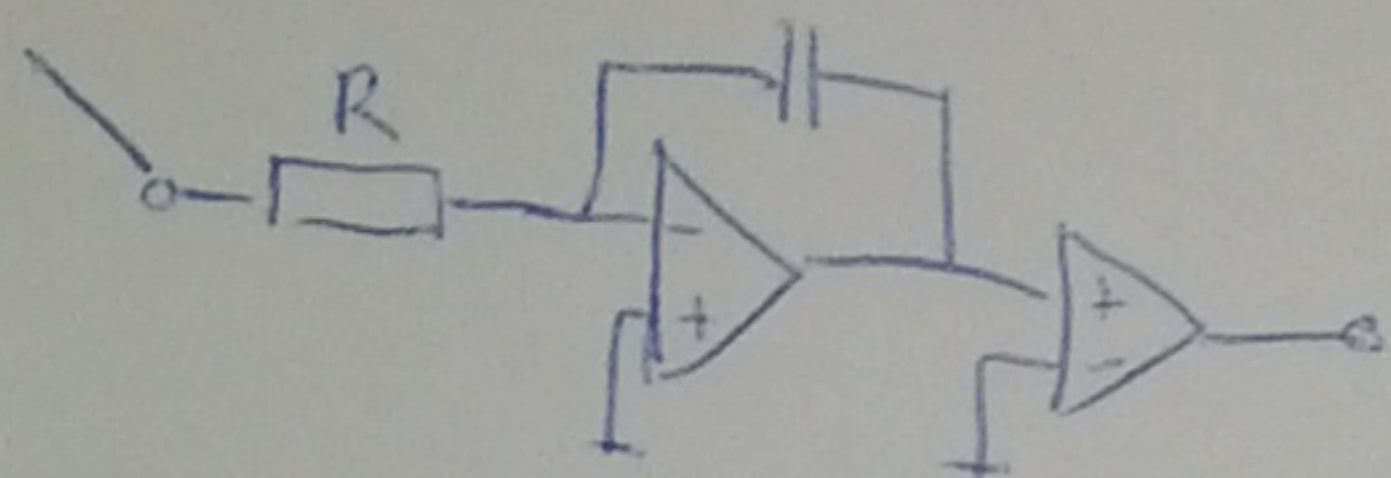
csak hogy mindig legyen áram



10, Kettős meredekségű (dual-slope) stabilizálás elve, hibaelemzése. A rövididejű és a hosszúidejű stabilitás fogalma. Precíziós mérés a hálórati frekvenciára szinkronizált órajellel.

### Dual-Slope

$U_x \rightarrow 0$   
 $+U_{ref} \rightarrow 0$   
 $-U_{ref} \rightarrow 0$



$$\frac{U_x}{R} \cdot T_{ref} + \frac{U_{ref}}{R} \cdot T_x = 0$$

$$U_x = -U_{ref} \cdot \frac{n_x \cdot t_{o1}}{n_{ref} \cdot t_{o2}}$$

$t_{o1} = t_{o2}$  - rövididejű stabilitás

- lépésenként: -  $U_x$  integrálása fix idejűig

-  $+U_{ref}$  integrálása amíg visszahozunk 0-ra

- Zavarérzékelésig sin-os zavarfeszültség esetén

$A \cdot \sin(\omega t)$  zavar  $\rightarrow$

$$\frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin(\omega t) dt = -\frac{2}{T} \frac{1}{\omega} [\cos \omega t]_0^{\frac{T}{2}} = -\frac{2}{T} \frac{1}{2\pi} [\cos \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2} - \cos 0]$$

$$= -\frac{1}{\pi} [-1 - 1] = \frac{2}{\pi} = 0,64 \text{ a WC mellett}$$

(maximális lehet fél periódusra való integrálásakor)

- ha  $T_{ref}$ -et szinkronizáljuk a zavarforrás (tipikusan 50 Hz hálórati) akcióra a frekvenciára a zavarérzékelésig nagyon jó

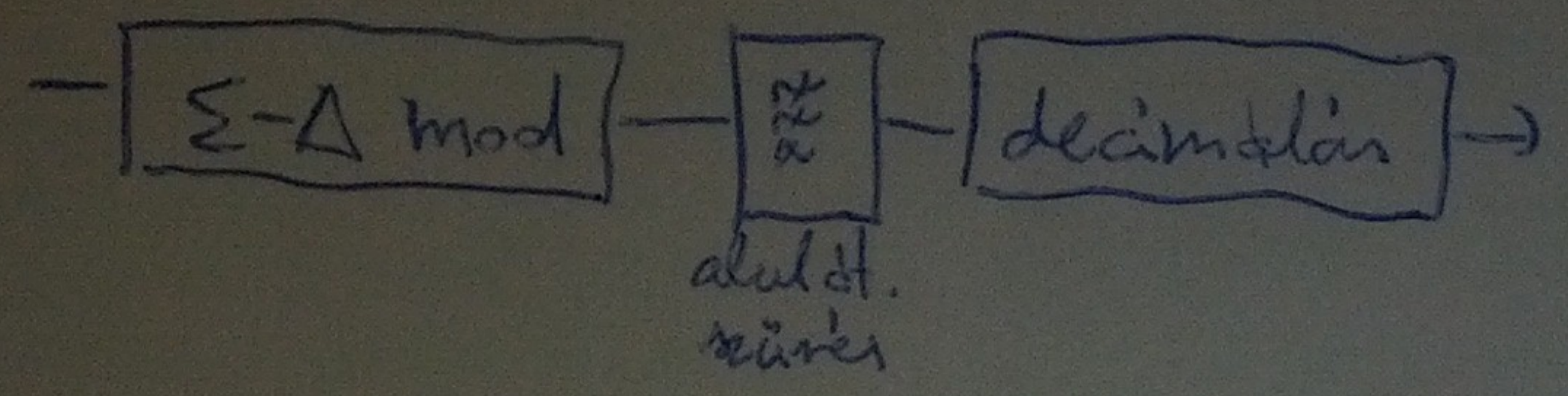
- rövididejű stabilitás = állandóság a mérés időtartalmára

- hosszúidejű stabilitás = állandóság a mérés reprodukálhatóságára időleletben

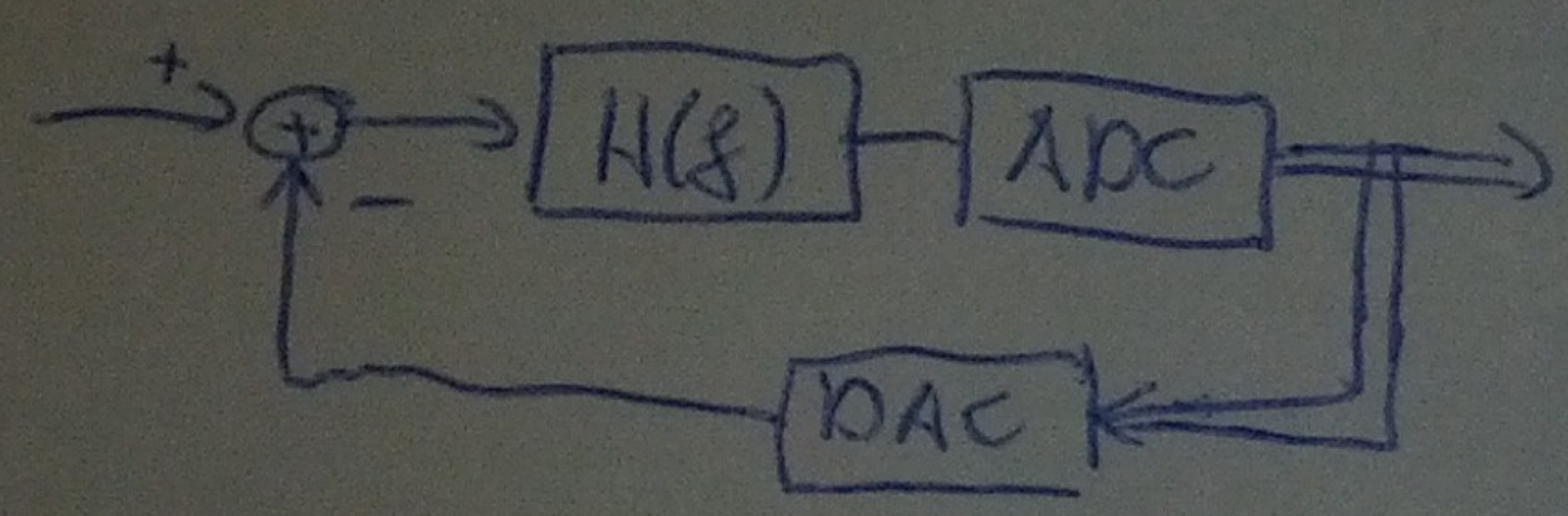


11,

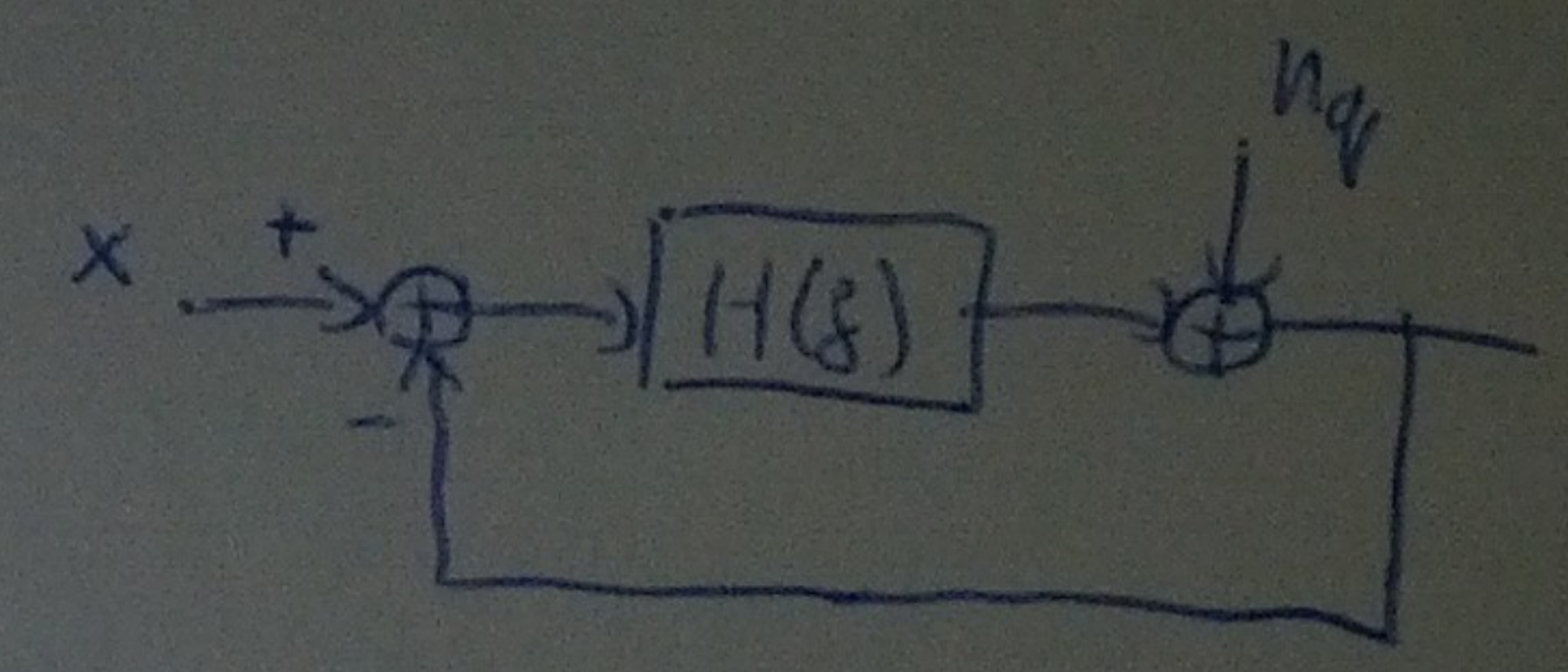
- Sigma-Delta átalakító



- Σ-Δ modulátor



lineáris  
⇒  
modellje

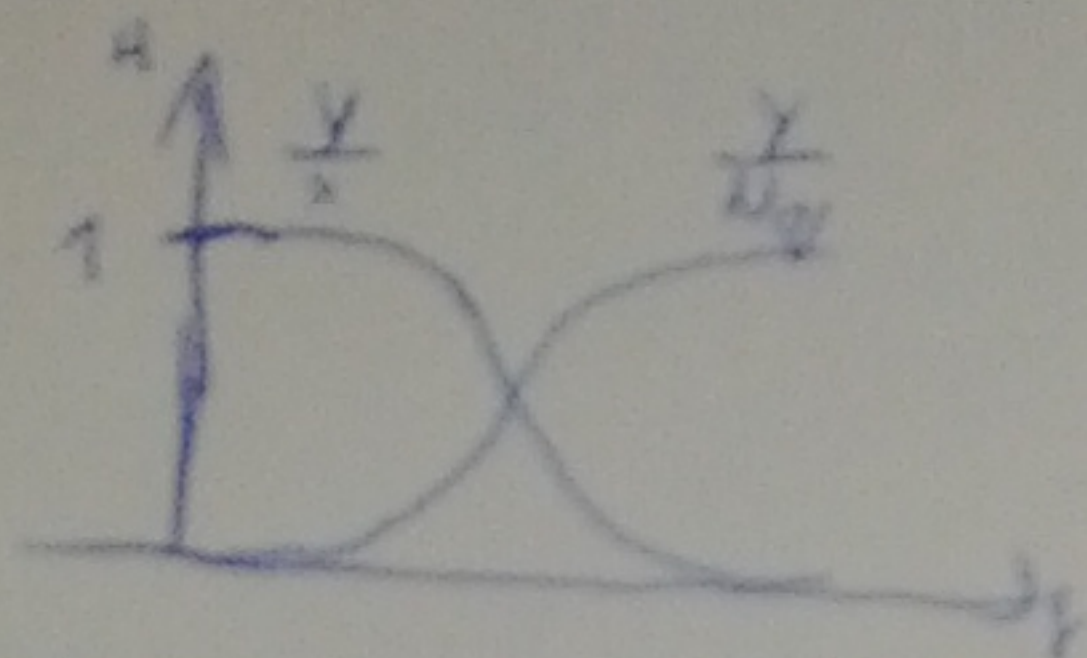


$$Y(s) = \frac{H(s)}{1+H(s)} \cdot X(s) + \frac{1}{1+H(s)} \cdot Q(s)$$



-  $H(j\omega)$  legyen aluláteresztő pl.:  $H(j\omega) = \frac{1}{j\omega}$

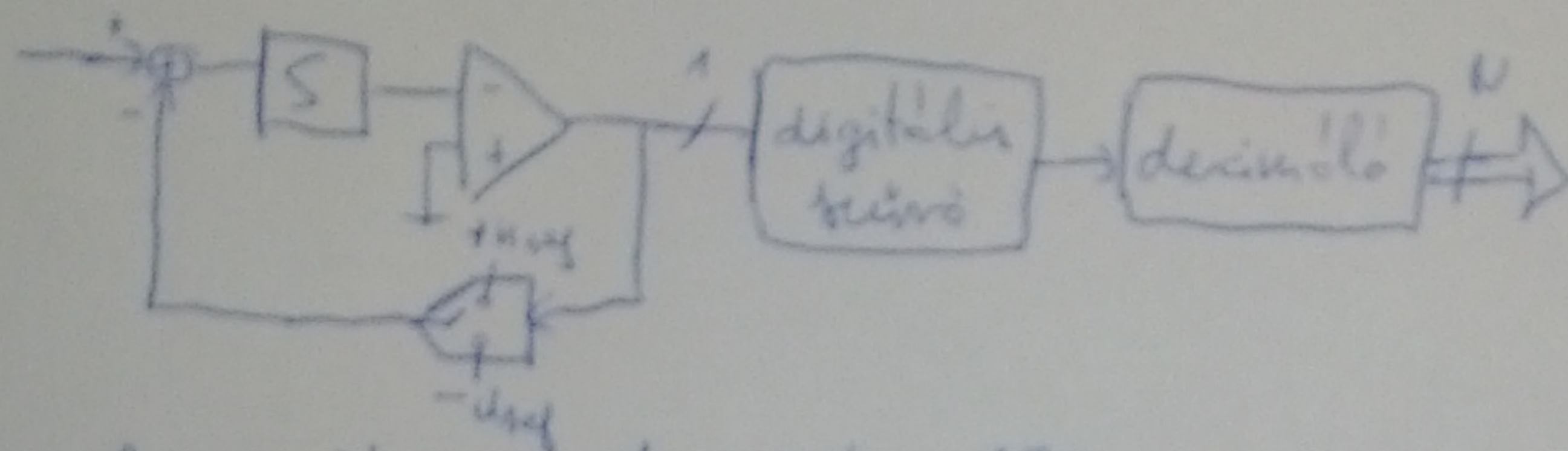
$$Y(j\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega}}{1 + \frac{1}{j\omega}} X(j\omega) + \frac{1}{1 + j\omega} Q(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega} X(j\omega) + \frac{j\omega}{1 + j\omega} Q(j\omega)$$



Zajformáló kérés

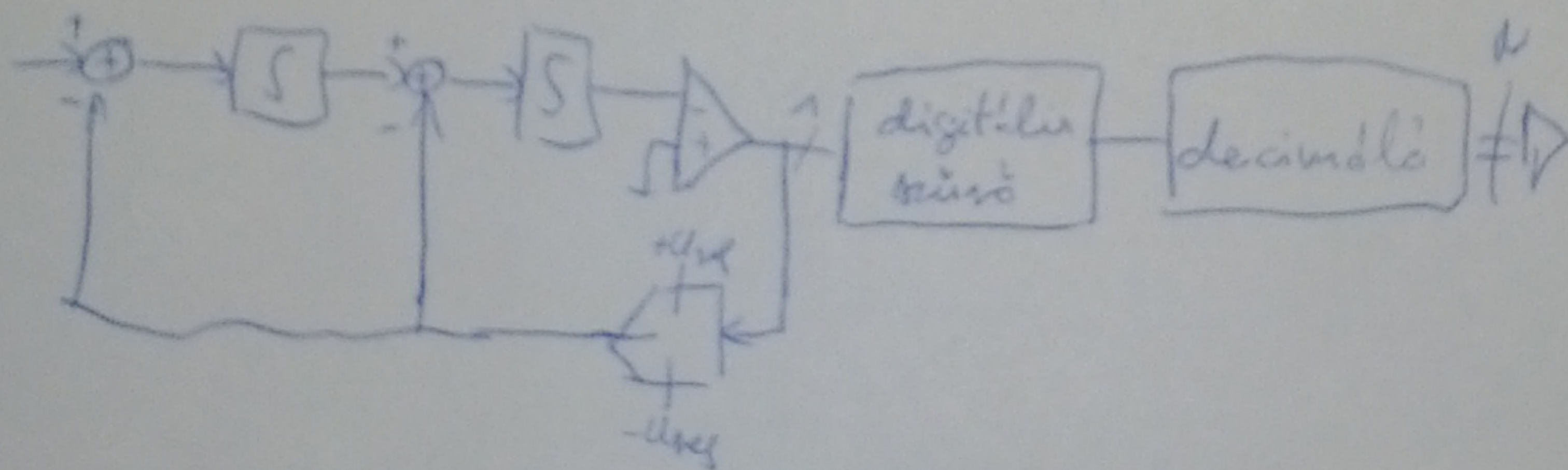
- a kimentésen zajt kéri nagyfrekvenciára

- Elsőrendű  $\Sigma$ - $\Delta$  modulátor



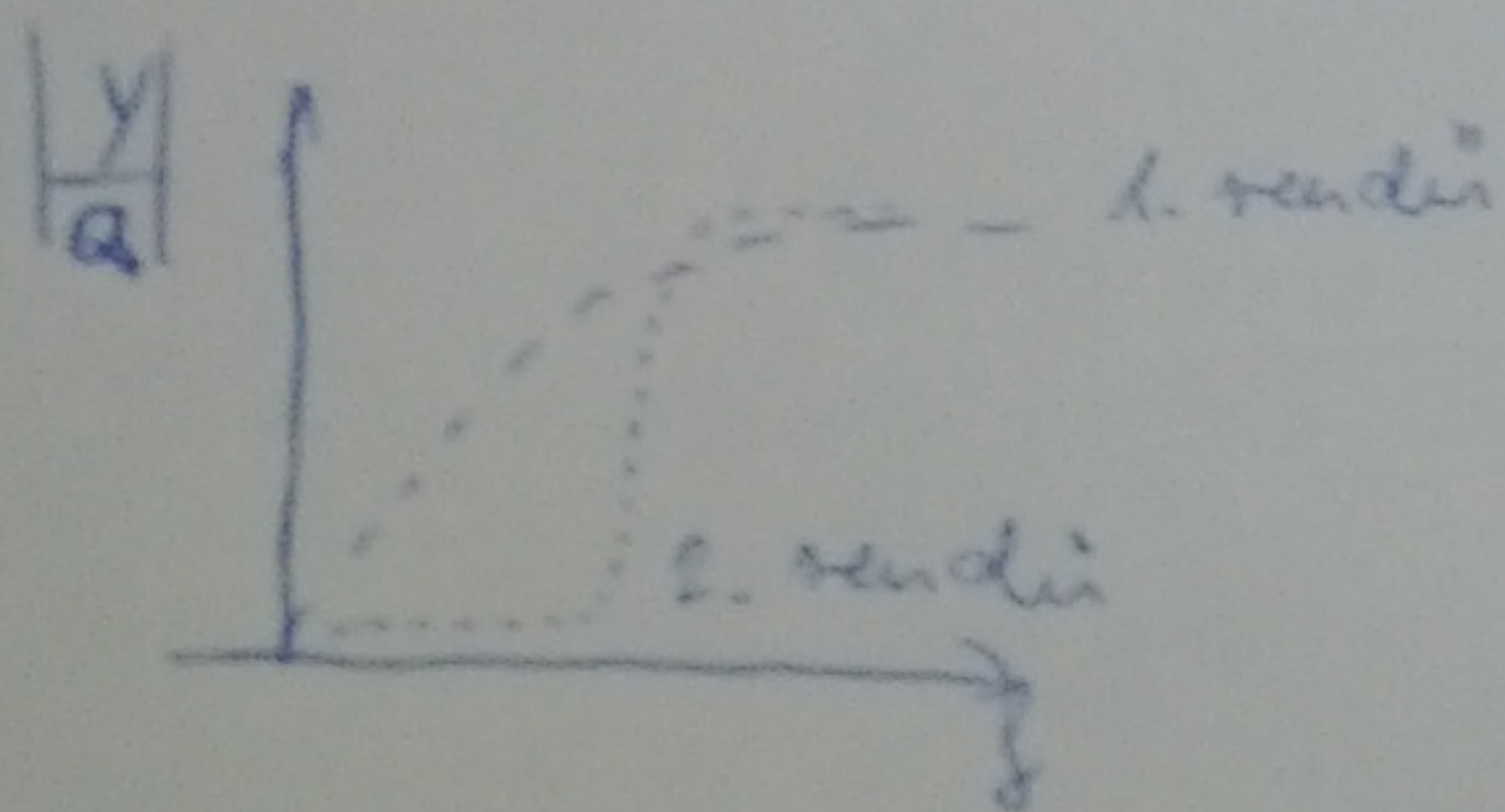
- komparátor mint 1 bites ADC

- Másodrendű  $\Sigma$ - $\Delta$  modulátor



- jobb zajcsökkentés mint elsőrendűnél

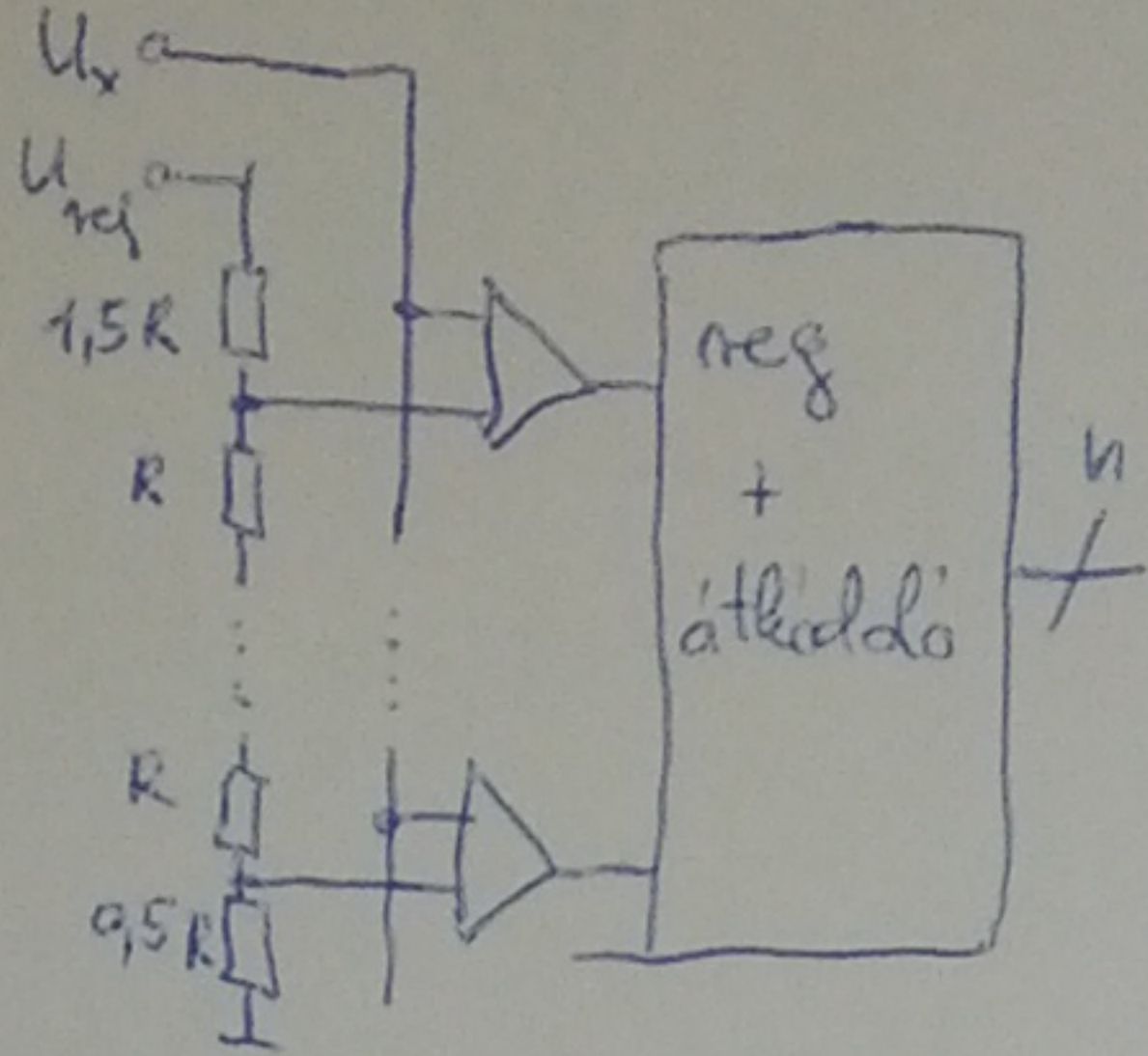
- de stabilitási gondok lehetnek  $\rightarrow$  figyelni kell, ha gond van be kell avatni.





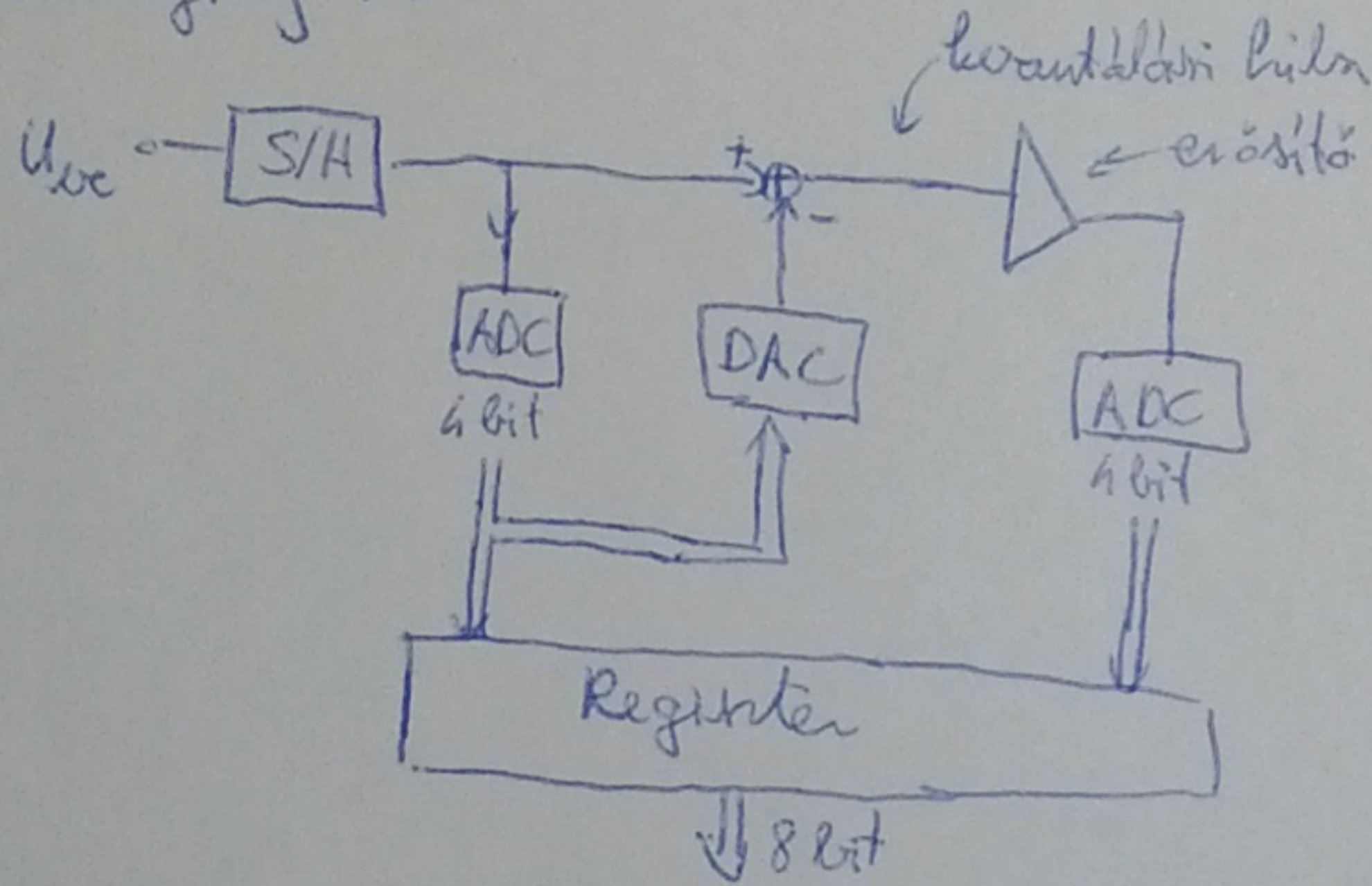
12) Többfokozatú (sub-ranging) A/D átalakítók felépítése és működése.  
A pipelined sub-ranging architektúra.

- Flash konverter (párhuzamos minultán átalakító)



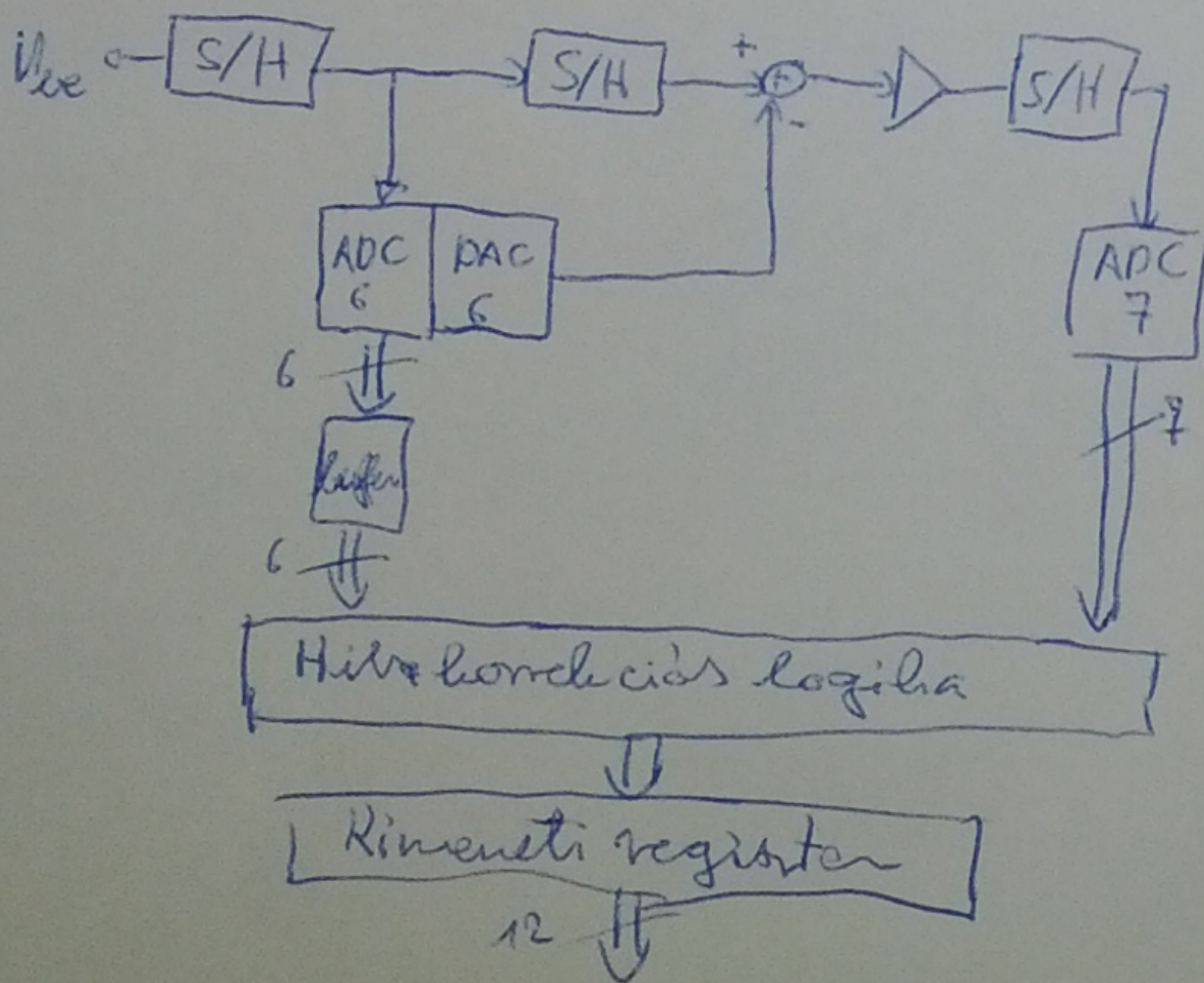
- $2^n$  db R
- $2^n - 1$  db komparátor
- leggyorsabb: - 100MHz / 10-12 bit  
- 1GHz / 8 bit
- sok R nagy felület  $\rightarrow$  drága és nagy a fogyasztása
- kéremel trimmelni kell az ellenállásokat

- Sub-ranging ADC



- S/H - mintavétel tartó
- ADC  $\rightarrow$  flash AD
- kisebb fogyasztás mint a FLASH-nál
- kisebb méret
- csak kicsivel lassabb mint a FLASH

- Gyorsítás: Pipelined sub-ranging ADC

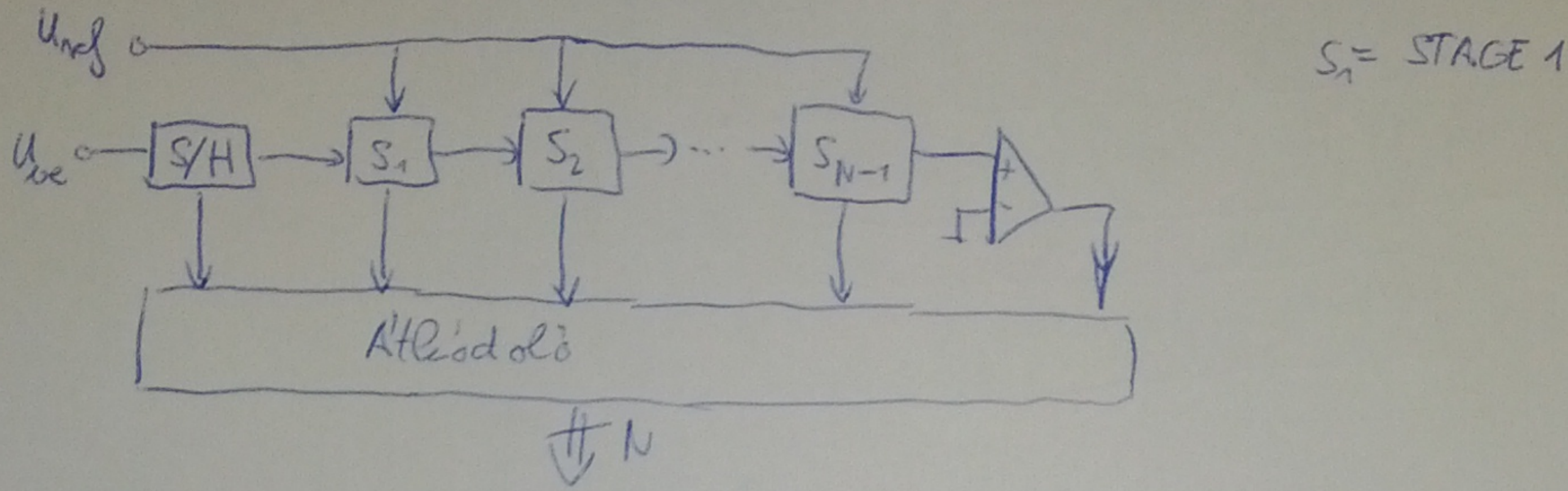


- 3. S/H glitch mentesíteni a 7 bites ADC bemenetét
- pipeline belül 3 söt 4-es is
- a pipeline késést okoz, de az eredő átmenetőkéséség nem változik
- késleltetés gyábkor nem gond, kivétel a szabályzó körökben



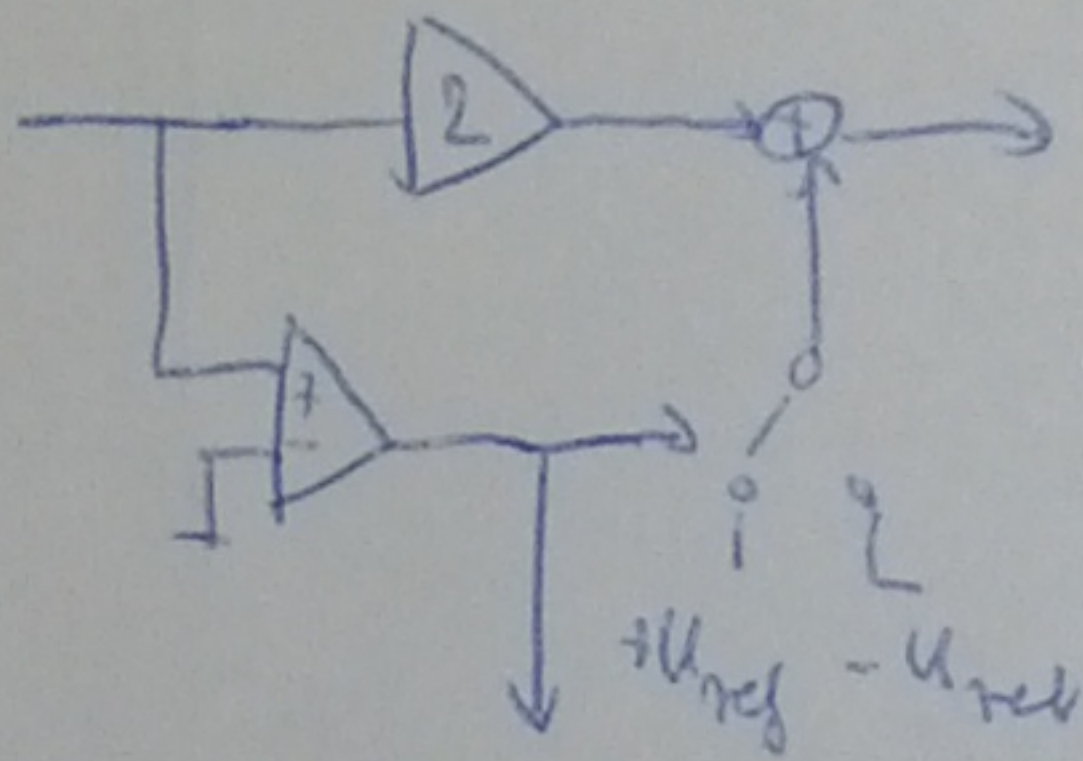
13) Bit-per-stage AD átalakítók; megvalósításuk fűtőfog-erősítő és Maghimp felhasználásával

- A bit-per-stage ADC az 1 bites subranging ADC-k egy speciális változata

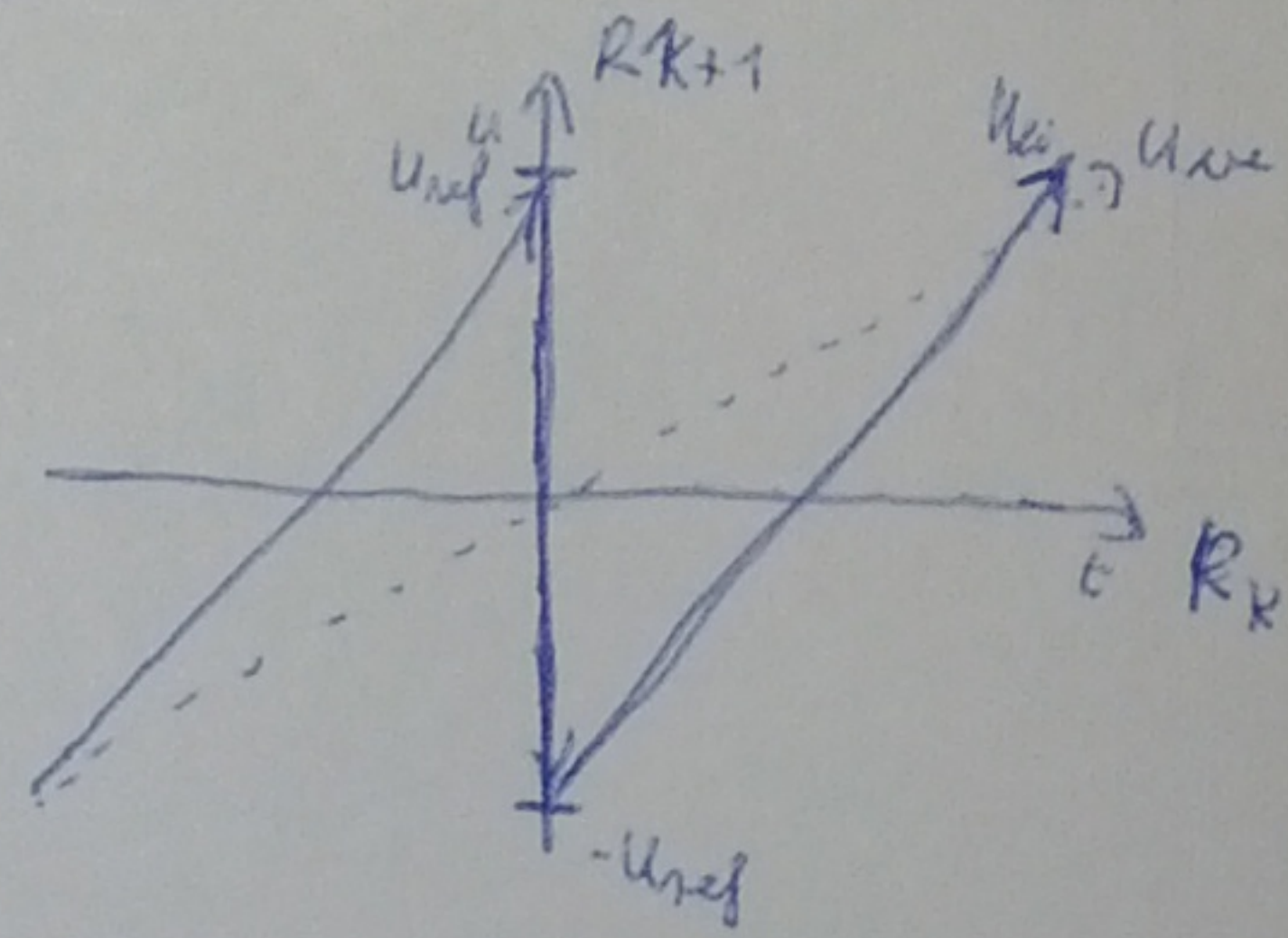


- Fűtőfog erősítőt tartalmazó Bit-per-Stage ADC

- fokozat felépítése:



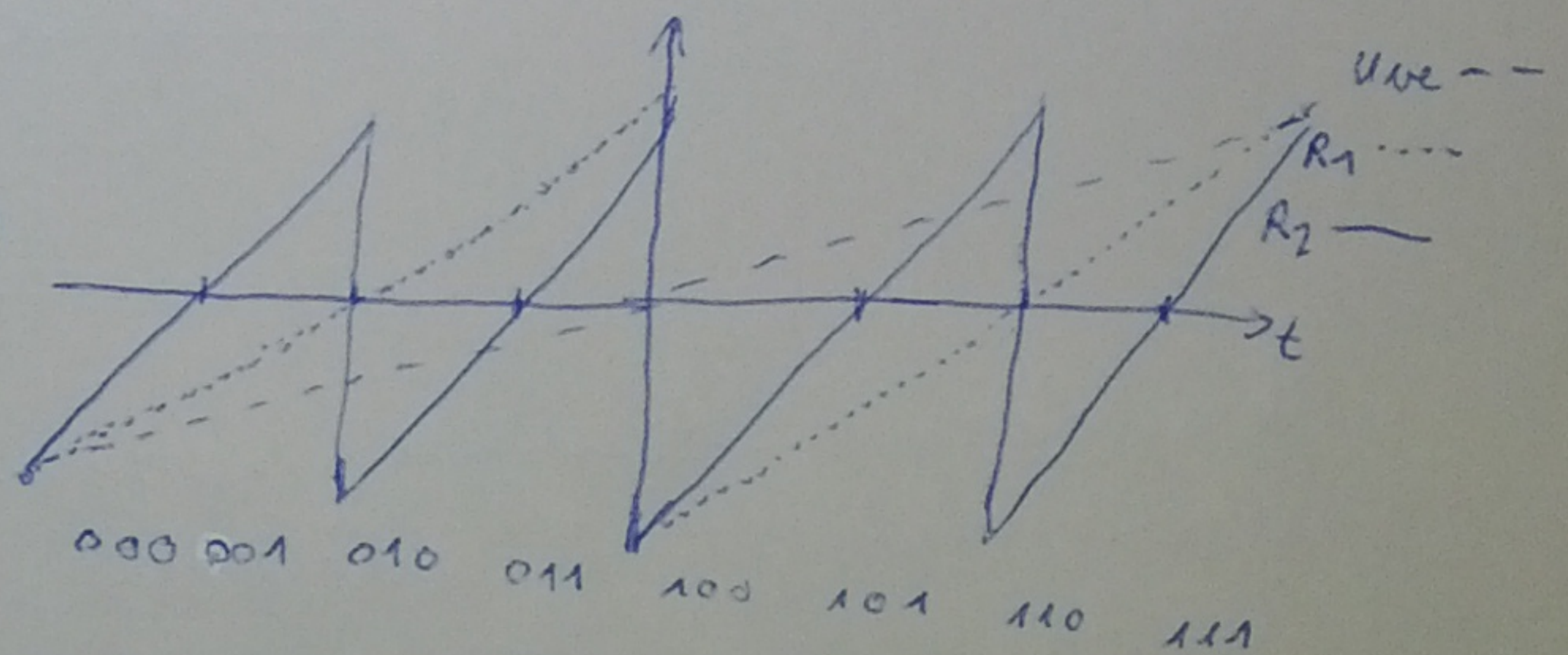
- időben lineárisan növekvő jelre adott válasz



- egy 3 bitesre

- gond: - késéssel történő ugrás az egyes fokozatokban, emiatt hosszú a beállási idő, kisebb teljesítmény érhető el

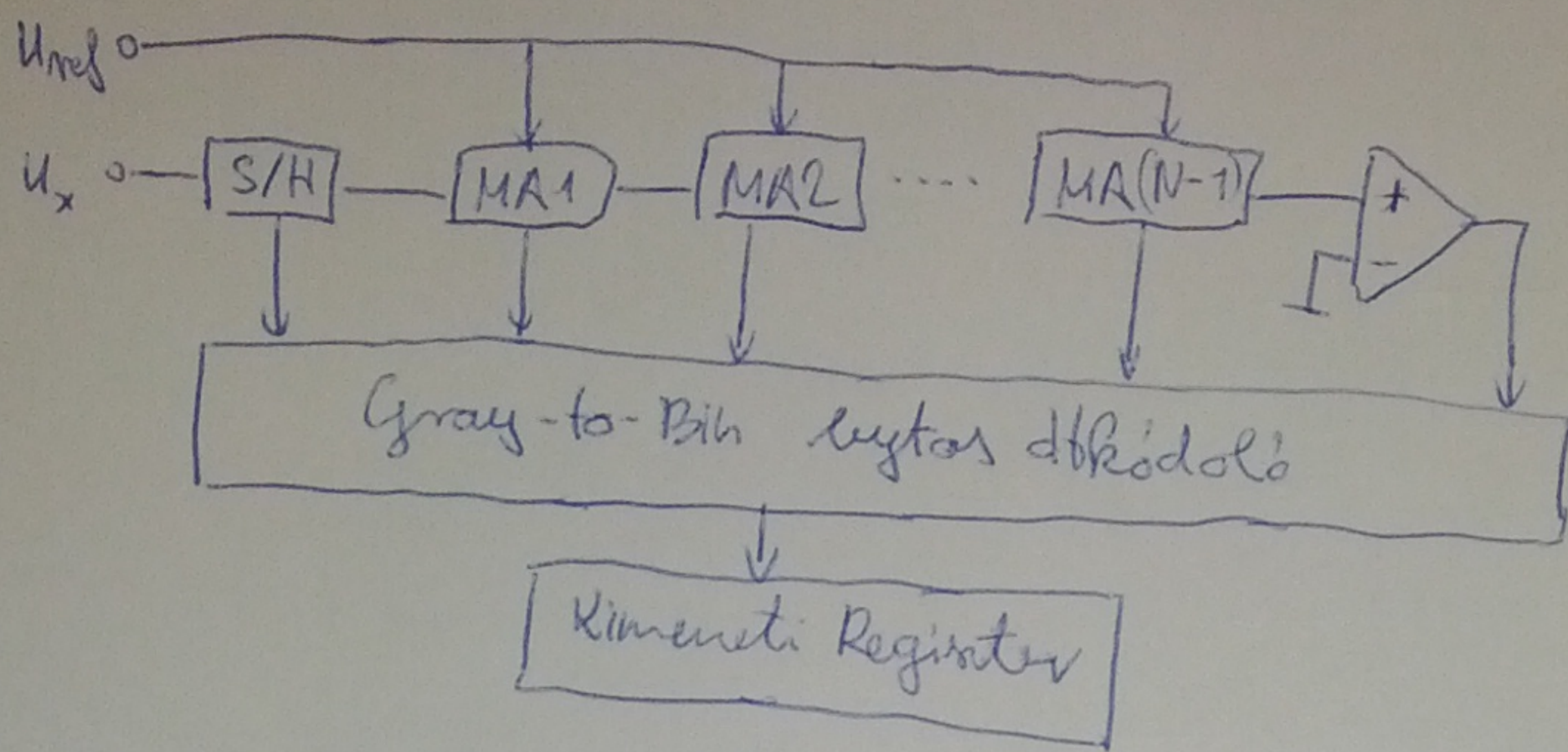
↳ még kell várni amíg a tranzier stabilizálódik és beáll mindvégig fokozatban → tranzier: - szakadásban



- Tranzier összehasonlítás szempontjából jobb aránytalanságot az abszolút érték erősítőt tartalmazó bit-per-stage átalakító

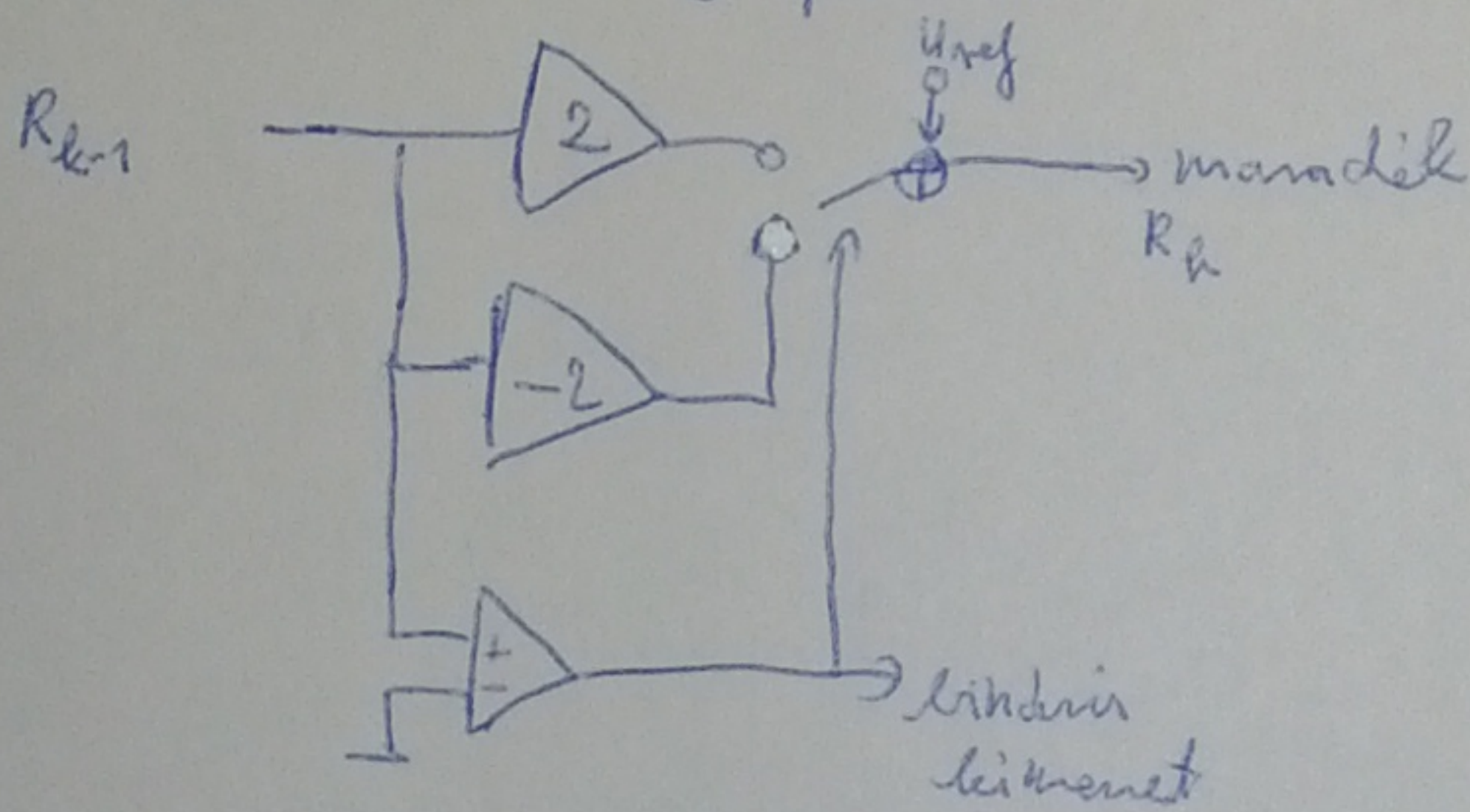


- Abszolútérték erősítő tartalmazó Bit-per-Stage ADC

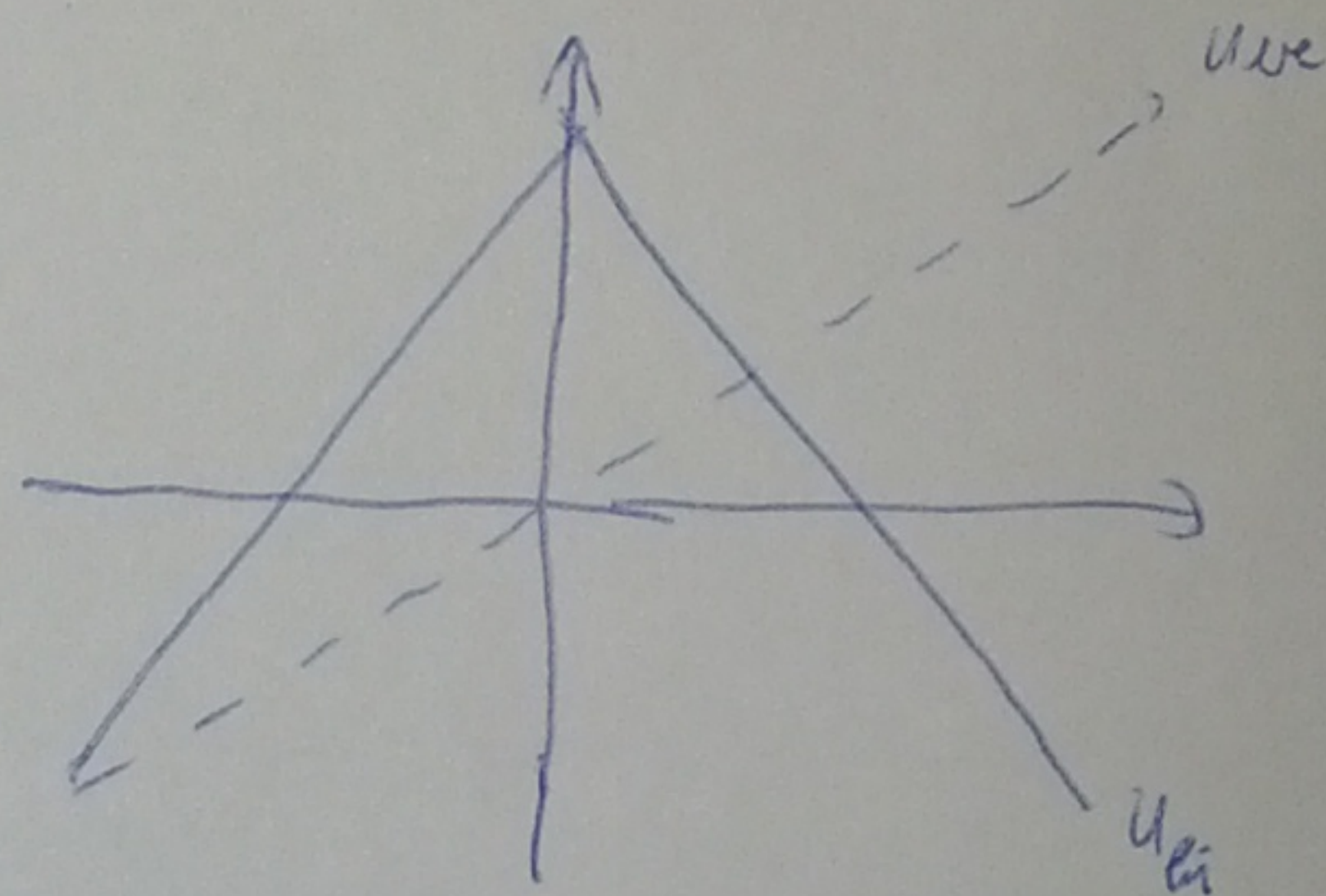


- MagAmps (Magitude Amplifier, Abszolútérték erősítő)

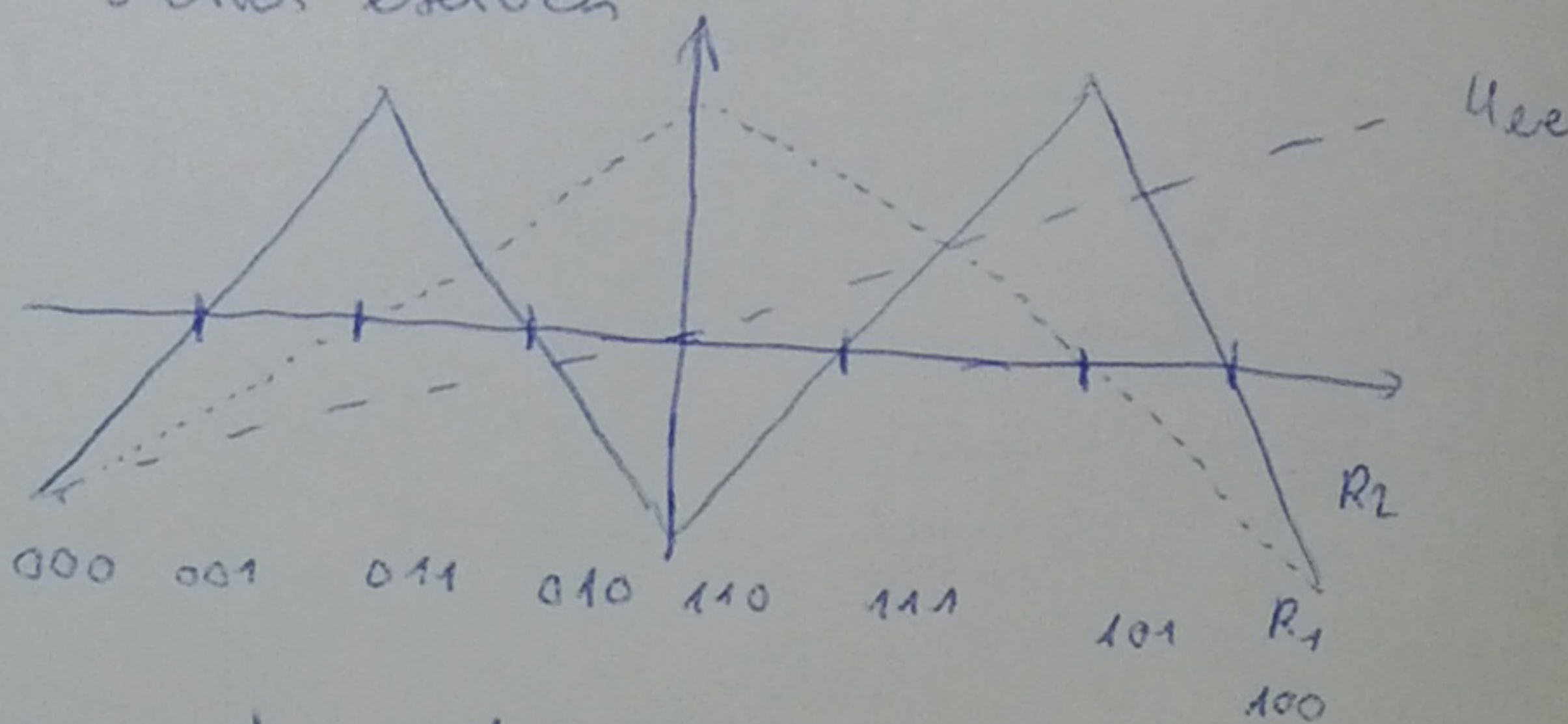
- egy fokozat felépítése



- ideális lineáris filre adott válasz



- 3 bites esetében



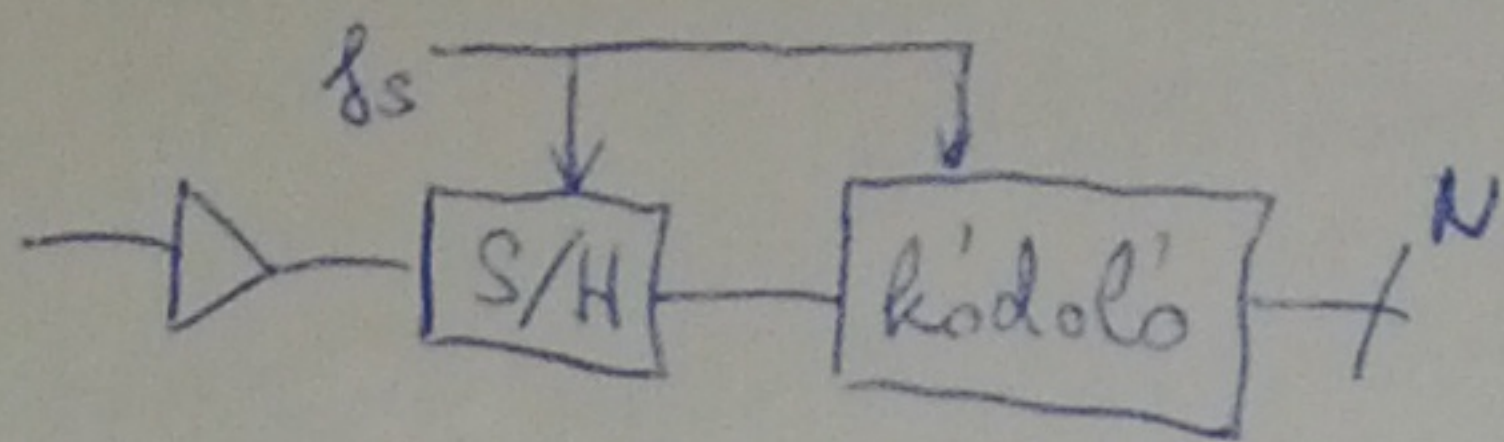
- itt a fokozatok végén nincs nagyon ezeket gyorsabb a bedllas, nagyobb sebesség érhető el. Az architektúra a FLASH hovártá versengéskorra, azaz az előnyed hogy nem kell idővel trimmelni

- létezik vegyes architektúra is pl: felső 5 bit MagAmp alsó 3 bit FLASH így egy 8 bit tudunk 100MHz csíkhív



14) AD átalakító jellemzése és hibái. DC hibák (offset, erősítéshiba, integrálás és differenciálás linearitási hibák).

- AD átalakító általános felépítése

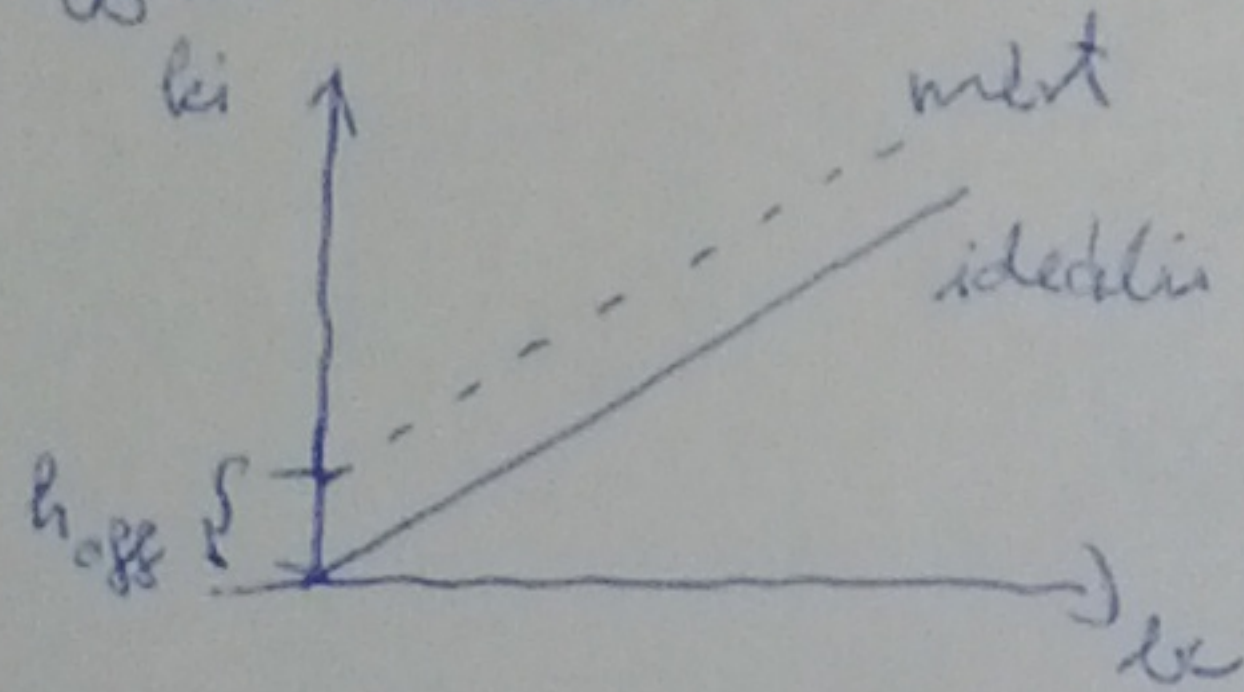


- lehetséges hiba források:

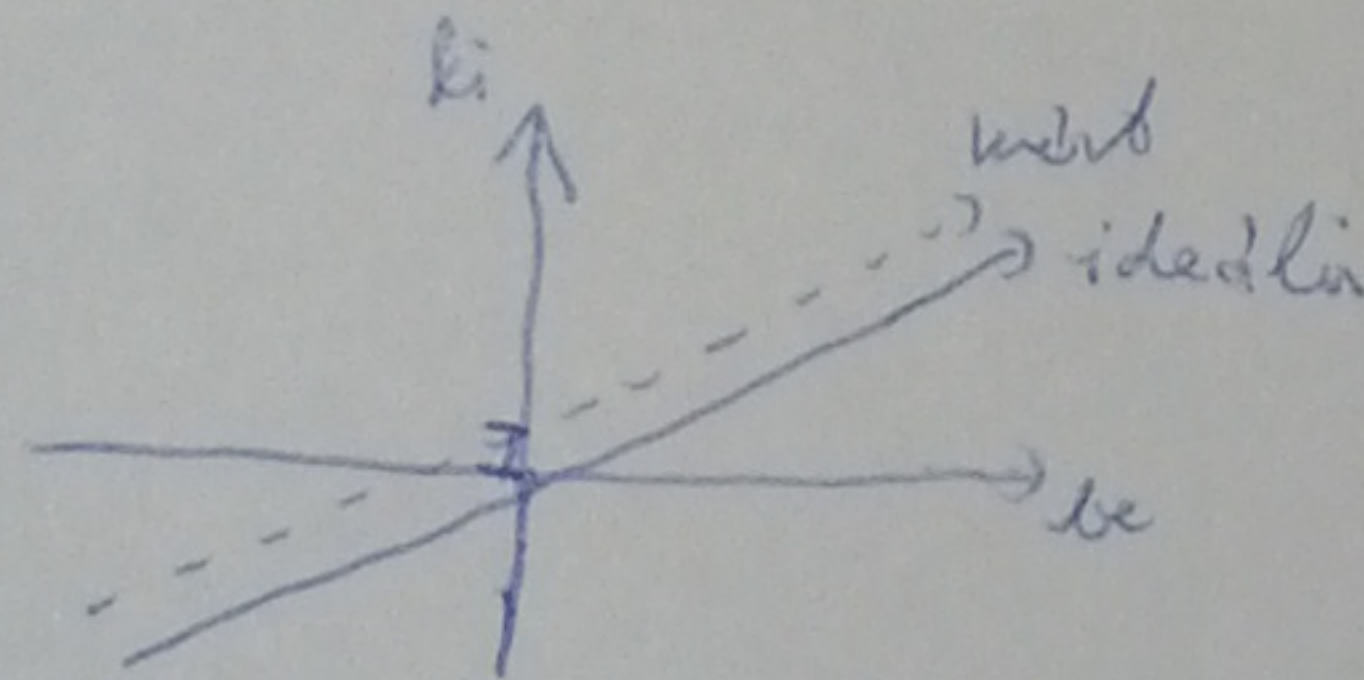
- analóg bemeneti bufferrel: - zaj (termikus), torzítás, véges sávviseléség
- mintavevő-tartóval: - zaj (termikus), torzítás, véges sávviseléség, aprótimerű jitter
- kódolóval: - kvantálási zaj, nemlineáris torzítások (integ. és differenc. nemlin.)

- DC hibák

- offset-hiba

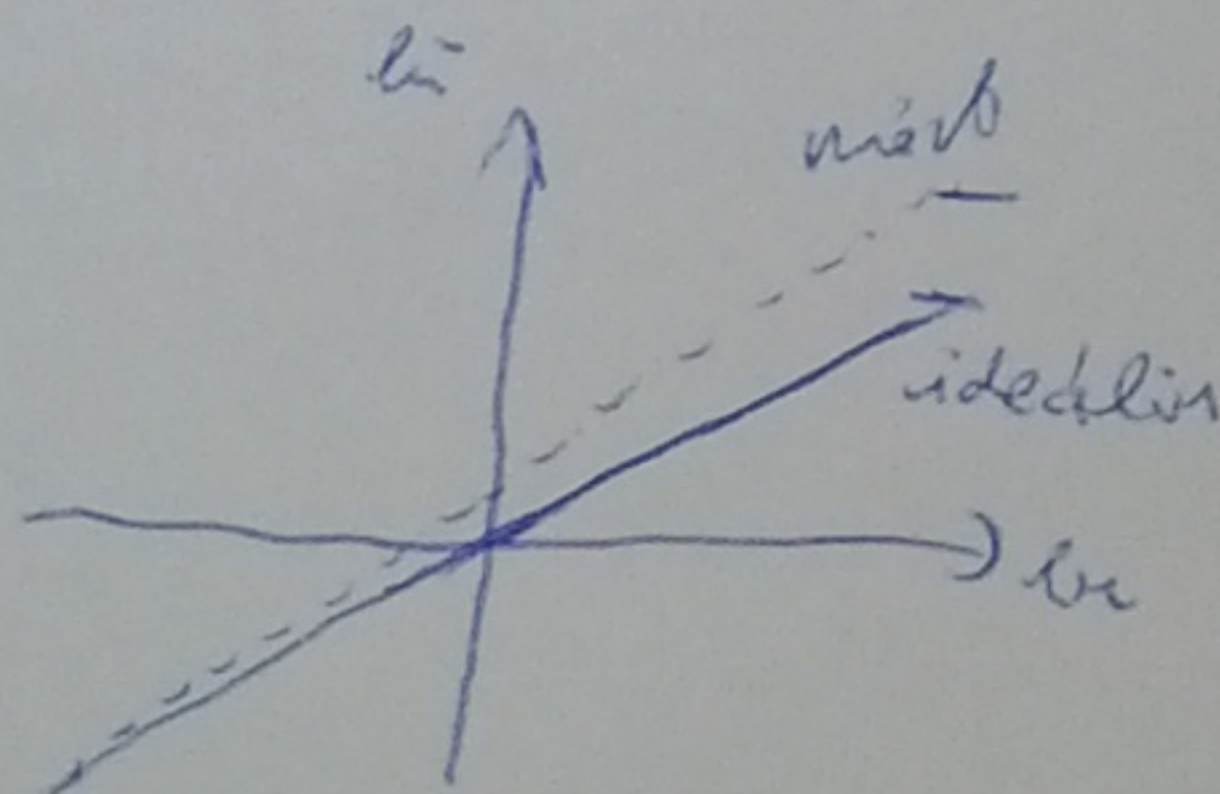
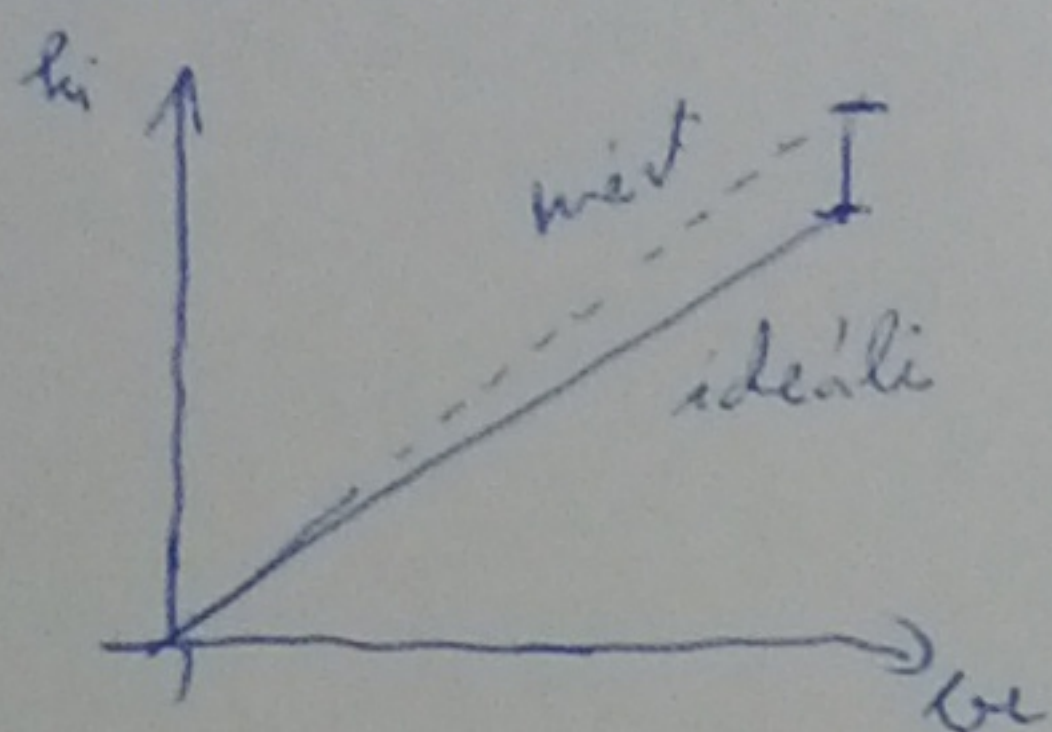


unipoláris



bipoláris

- Erősítési hiba



- offset kompenzálás után

- Null-point hiba (bipolárisnál)

