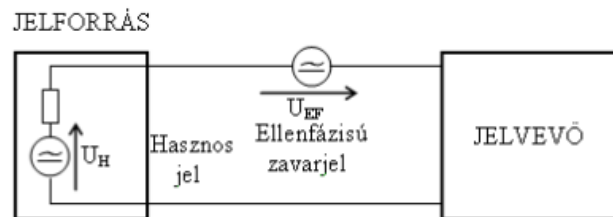


PIRító ZV kérdések kidolgozása

1. Ismertesse a zavarjelek típusait az áramkörben való megjelenési forma szerint!

Ellenfázisú zavarjel:

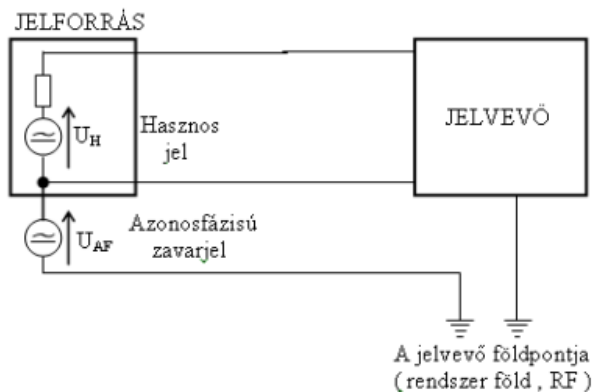
A jelforrás által szolgáltatott hasznos jellel sorosan jelentkezik, a jelvevő bemeneti pontjait ellenfázisban vezérli. Veszélyes, mert a hasznos jel maradandó torzulását okozza.



5.6 ábra

Azonos-fázisú zavarjel:

A hasznos jelet közvetítő két jelvezeték közös pontja és valamilyen referenciapont – rendszerint a jelvevő földpontja – között lép fel, a jelvevő bemeneti pontjait azonos fázisban vezérli. Az azonos-fázisú zavarjelből belső ellenfázisú zavarjel keletkezhet!



Ismertesse az azonos fázisú zavarjelelnyomás növelésének módszereit!

A CMR növelésének módjai:

- Szimmetrikus áramkör kialakítása (ΔZ csökkentése)(pl. szimmetrikus osztó)
- Azonos-fázisú bemeneti impedancia (Z) növelése (pl. védőárnyékolás)

Mi az azonos fázisú zavarjelelnyomás definíciója és hogyan határozható meg aszimmetrikus földelt jelforrás és aszimmetrikus földfüggetlen védőárnyékolt jellevő esetén?

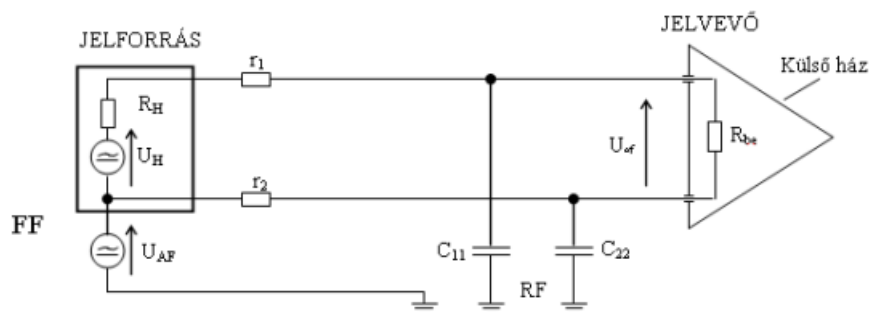
Azonos-fázisú zavarjel elnyomás:

Közösjel elnyomás (CMR) valamely adott azonos-fázisú zavarjel és e zavarjelből keletkező ellenfázisú zavarjel abszolút értékének hányadosa dB -ben kifejezve.

$$CMR = 20 \log \frac{|U_{AF}|}{|U_{EF}|}$$

Az ideális CMR értéke végtelen!

Aszimmetrikus földelt jelforrás – aszimmetrikus földfüggetlen jellevő esetén:



r_1, r_2 - a jelátviteli vezeték ellenállása

R_H - a jelforrás kimenő ellenállása

C_{11}, C_{22} - a jellevő bementi pontjai és föld között mérhető szórt impedancia

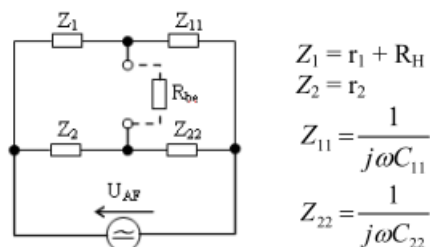
R_{be} - a jellevő bemeneti ellenállása

U_{AF} - a felhasználói föld és a rendszerföld közötti földpotenciál különbség

U_{ef} - az U_{AF} -ből keletkező ellenfázisú feszültség

U_H - a hasznos jel feszültsége

Átrendezve szemléletesebb formára és U_H -t zérusnak tekintve:



A gyakorlatban:

$$|Z_{11}|, |Z_{22}| \gg |Z_1|, |Z_2|$$

Az azonos-fázisú zavarjelből keletkező ellenfázisú zavarjel tehát:

$$\begin{aligned} U_{ef} &= U_{AF} \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_{11}} - \frac{Z_2}{Z_2 + Z_{22}} \right) = U_{AF} \cdot \frac{Z_1(Z_2 + Z_{22}) - Z_2(Z_1 + Z_{11})}{(Z_1 + Z_{11}) \cdot (Z_2 + Z_{22})} = \\ &= U_{AF} \cdot \frac{Z_1 \cdot Z_{22} - Z_2 \cdot Z_{11}}{(Z_1 + Z_{11}) \cdot (Z_2 + Z_{22})} \end{aligned}$$

Tételezzük fel az alábbiakat:

$$Z_{11} = Z_{22} = Z \quad \Delta Z = Z_1 - Z_2, \quad R_{be} \sim M\Omega$$

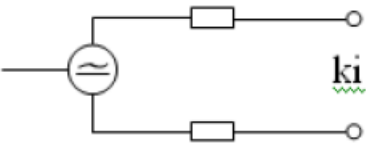
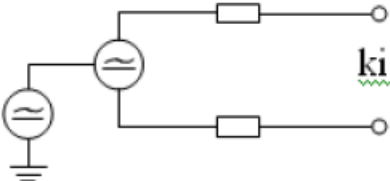
$$U_{ef} \approx U_{AF} \cdot \frac{(Z_1 - Z_2) \cdot Z}{Z \cdot Z} = U_{AF} \cdot \frac{\Delta Z}{Z}$$

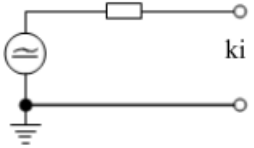
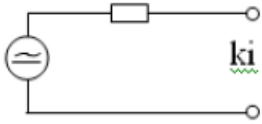
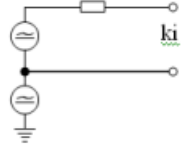
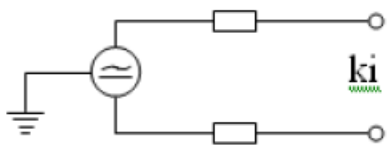
Az azonos-fázisú zavarjel elnyomás:

$$CMR = 20 \cdot \lg \frac{U_{AF}}{U_{ef}} = 20 \lg \frac{|Z|}{|\Delta Z|}$$

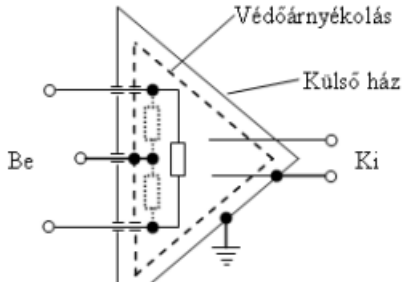
2. Ismertesse a jelforrások, jellevők főbb típusait, jellemzőit, összekapcsolásuk szabályait, tipikus összekapcsolási eseteket.

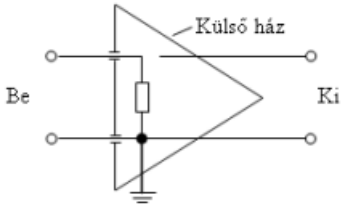
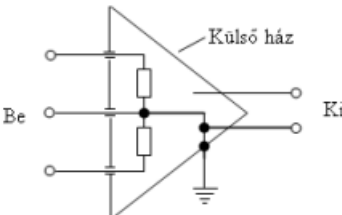
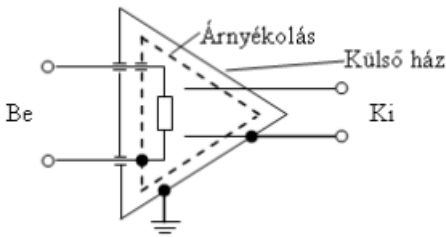
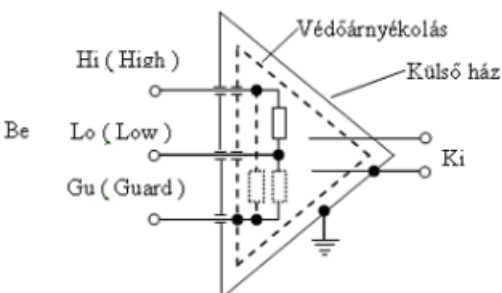
Jelforrások típusai és főbb jellemzőik:

Aszimmetrikus földfüggetlen 	A kivezetett közös pont és a kimeneti vezetékek között mérhető impedanciák nagysága megegyezik. Az egyik kimeneti vezeték, vagy a közös pont leföldelhető.
Aszimmetrikus földelt eltolt nullszintű 	A föld és a kimeneti vezetékek között mérhető impedanciák nagysága megegyezik. A kimeneti vezetékek nem földelhetők

Típus	Jellemző
<u>Aszimmetrikus földelt</u> 	A kimeneti vezetékek és a föld között mérhető impedanciák nagysága különböző. Az egyik kimeneti vezeték földelt.
<u>Aszimmetrikus földfüggetlen</u> 	A két kimeneti vezeték a földtől szigetelt. Az egyik kimeneti vezeték leföldelhető. Ekkor a kimeneti vezetékek és a föld között mérhető impedanciák nagysága különböző.
<u>Aszimmetrikus földelt eltolt nullszintű</u> 	A kimeneti vezetékek és a föld között mérhető impedanciák nagysága különböző. A kimeneti vezetékek nem földelhetők.
<u>Aszimmetrikus földelt</u> 	A kimeneti vezetékek és a föld között mérhető impedanciák nagysága megegyezik. Az impedanciák közös pontja földelt. A kimeneti vezetékek nem földelhetők.

Jelvevők típusai és főbb jellemzőik:

<u>Szimmetrikus földfüggetlen védőárnyékolt</u> 	A bemeneti vezetékek és a védőárnyékoláshoz kapcsolódó közös vezeték között mérhető szórási impedanciák megegyeznek. Csak a külső ház és az egyik kimeneti vezeték földelt. Ha a védőárnyékolás kivezetését az egyik bemeneti vezetékekkel összekötik a jellevő aszimmetrikus földfüggetlen típusú lesz.
--	--

Típus (bemenet szerint)	Jellemző
<u>Aszimmetrikus földelt</u> 	A bemeneti vezetékek és a föld között mérhető impedanciák nagysága különböző. Az egyik bemeneti és kimeneti vezeték, illetve a külső ház földelt.
<u>Szimmetrikus földelt</u> 	A bemeneti vezetékek és a föld között mérhető impedanciák nagysága megegyezik. Az impedanciák kivezetett közös pontja, az egyik kimeneti vezeték és a külső ház földelt.
<u>Aszimmetrikus földfüggetlen árnyékolt</u> 	A bemeneti vezetékek a földtől, a külső háztól és a kimeneti vezetékektől szigeteltek. A egyik bemeneti vezeték a földfüggetlen árnyékolásra kapcsolódik. Az egyik kimeneti vezeték és a külső ház földelt. Az egyik bemeneti vezetékét leföldelve a bemenetek és a föld között mérhető impedanciák nagysága különböző.
<u>Aszimmetrikus földfüggetlen védőárnyékolt</u> 	A melegpont (Hi) a földhöz képest nagy szórási impedanciájú pont. A hidegpont (Lo) a földhöz képest kis szórási impedanciájú pont. A védőárnyékolás (Gu) a jellevő földfüggetlen (lebegő) bemeneti pontja.

Összekapcsolásuk szabályai:

– Egyetlen pont földelése:

A jelforrást és a jellevőt tartalmazó áramkörben csak egy pont földelhető, de egy pontban viszont le kell földelni a rendszert.

– **Szimmetrikus áramkör kialakítása:**

A nagy zavarjel-elnyomás biztosítása érdekében törekedni kell a szimmetrikus áramköri kialakítások alkalmazására.

– **A vezetékárnyékolás potenciáljának rögzítése:**

A vezetékárnyékolás potenciálját *csak egyetlen pontban* szabad rögzíteni, de egy pontban szükséges is.

Ha a jelforrás földfüggetlen, a vezetékárnyékolást a jelvevőnél kell leföldelni.

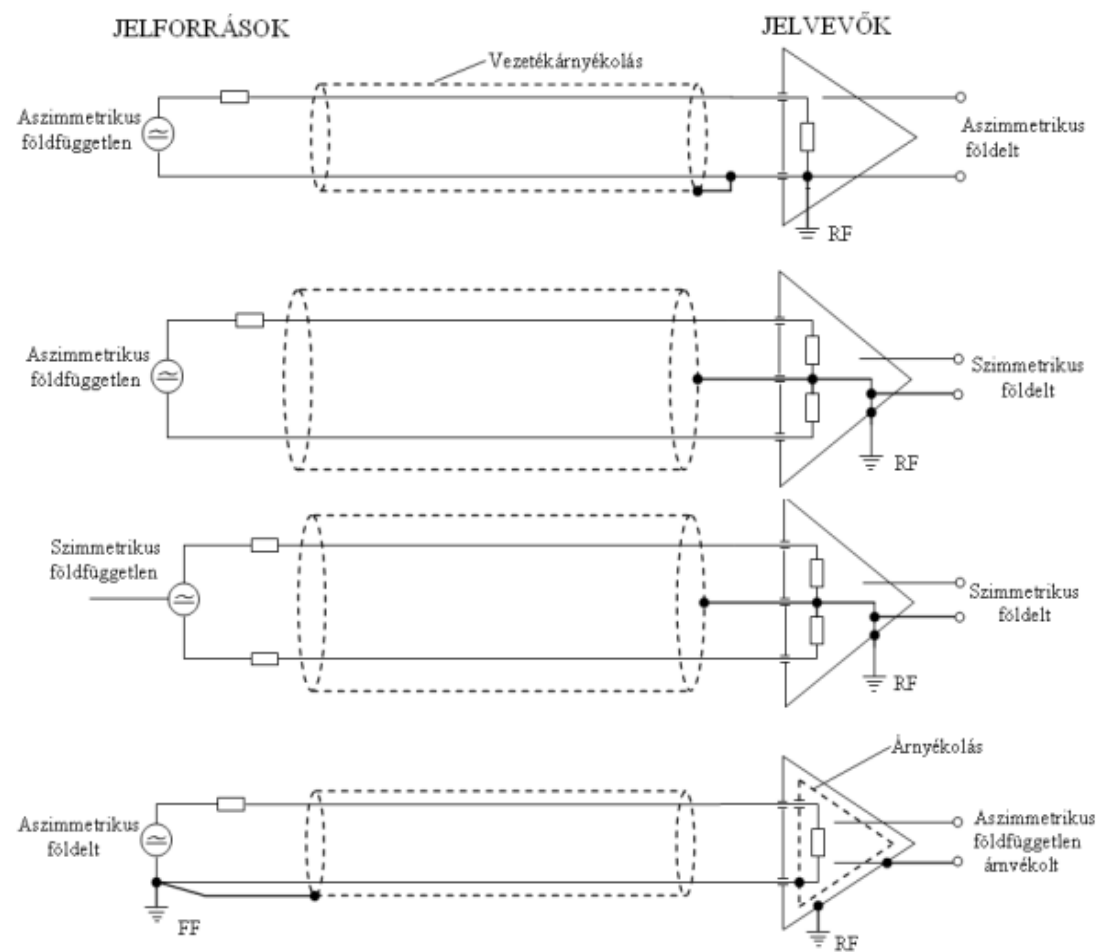
Ha a jelforrás földelt és eltolt nullszintű, vezetékárnyékolást az eltolt nullszintre kell kötni.

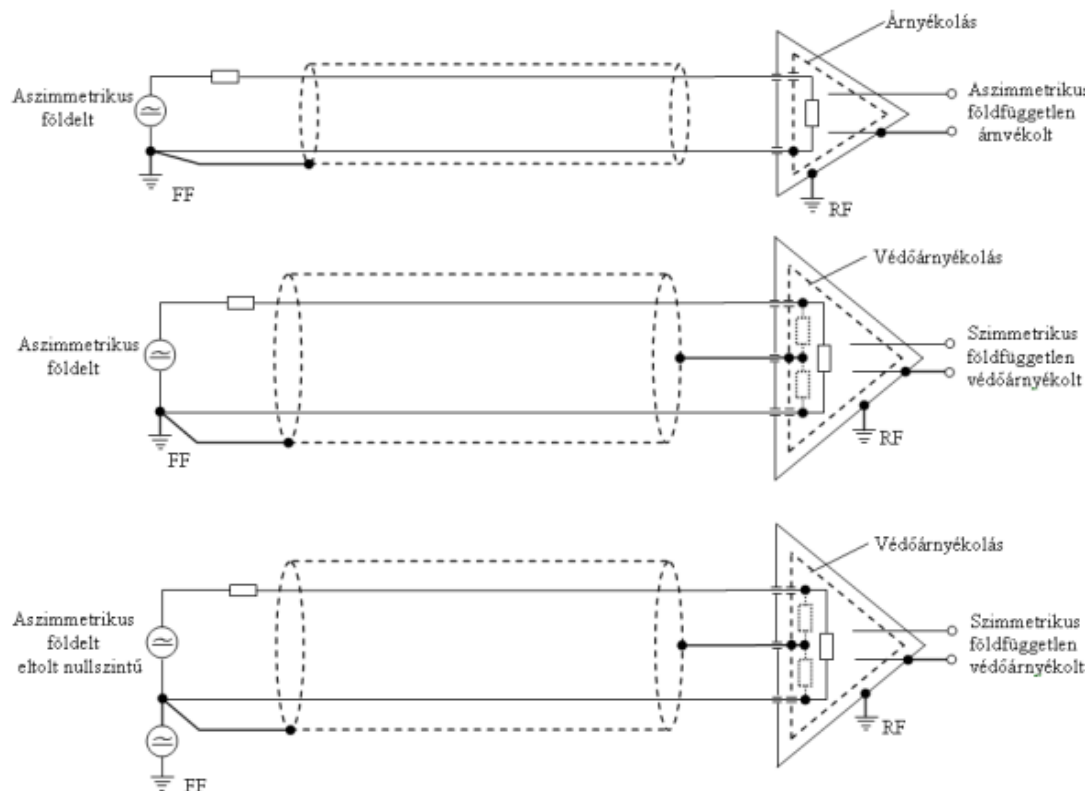
Ha a jelforrás földelt, de nem eltolt nullszintű, a vezetékárnyékolást a jelforrásnál kell leföldelni.

Ha a jelforrás földelt és a jelvevő földfüggetlen árnyékolt, vagy védőárnyékolt kivételű a vezetékárnyékolást, a jelforrásnál le kell földelni, a jelvevőnél pedig az árnyékoláshoz, ill. a védőárnyékoláshoz is hozzá kell kötni.

(Az árnyékolást, ill. a védőárnyékolást ilyenkor nem szabad leföldelni!)

Tipikus összekapcsolási esetek:





Ismertesse a földelési típusokat és a földáramkör megszüntetésének módszereit!

Földelési típusok:

– **Védelmi föld:**

Villamos berendezések környezetében lévő fémből, vagy nem szigetelőanyagból készült, üzemszerűen feszültségmentes alkatrészekhez (műszer dobozokhoz, fém szekrényekhez) csatlakozó vezeték. Életvédelmi szerepe van, mivel megakadályozza, hogy az ember közelében lévő alkatrészek valamilyen meghibásodás (pl. villamos zárlat) következtében feszültség alá kerüljenek és balesetet okozzanak.

A védelmi földvezetékét áramvezetésre használni tilos!

– **Gyengeáramú teljesítmény föld:**

A gyengeáramú tápfeszültséget szolgáltató, teljesítményt biztosító hálózat közös vezetéke. Kifejezetten áramvezetés a feladata.

– **Analóg jelföld:**

Az információt hordozó analóg jelek referencia pontjaként szolgáló vezeték.

– **Digitális jelföld:**

Az információt hordozó digitális jelek referencia pontjaként szolgáló vezeték.

Földáramkör megszüntetése:

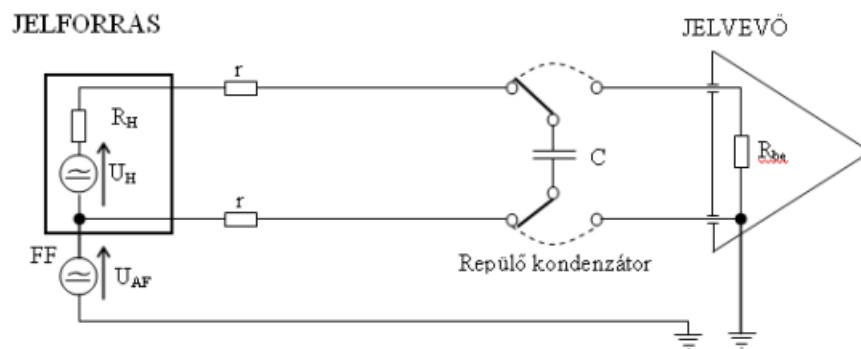
- a többszörös földelések helyett egyetlen pont földelése
- ha a többszörös földelés elkerülhetetlen, a földáramkörök galvanikus leválasztással történő megszakítása.

Egyetlen pont földelése:

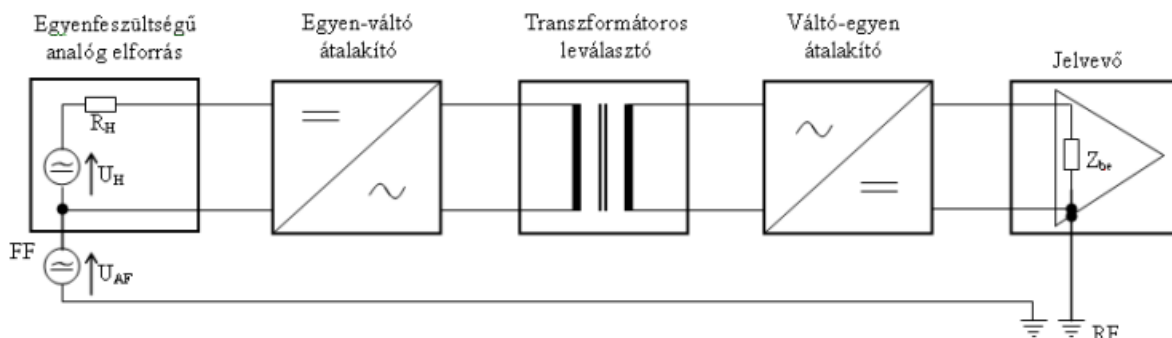
Az egyetlen pont földelése szabályait már részletesen tárgyaltuk, ezért ezekre itt már nem térünk ki.

Galvanikus leválasztás:

A galvanikus leválasztás megakadályozza a földáramkörök kialakulását. Galvanikus leválasztással, pl. földelt jelforrás és földelt jellevő is összekapcsolható egymással anélkül, hogy a földpotenciál különbségből származó azonos-fázisú zavarjel átalakulna ellenfázisú zavarjellé. A galvanikus leválasztást mind az analóg, mind a digitális jelekkel működő áramkörökben alkalmazzák.

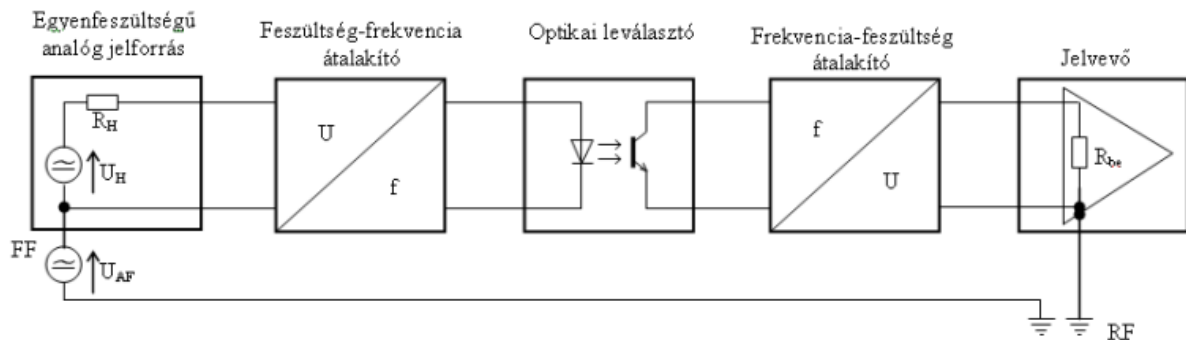
Repülőkondenzátoros leválasztás:

A kondenzátor kapcsaira csatlakozó relé érintkezők nyugalmi állapotban a jelforrásra kapcsolódnak és így a kondenzátor mindenkor hasznos jelfeszültség értékére töltődik fel. A relé átkapcsolásakor a feltöltött kondenzátor a jellevő bemenetére kapcsolódik és a hasznos jelfeszültség értékét megtartva analóg memóriaként működik. A repülőkondenzátor a jelforrást és a jellevőt galvanikusan szétválasztja egymástól, azaz a kettős földelésből eredő U_{AF} azonos-fázisú zavarjel áramkörét megszakítja. Az azonos-fázisú jelből ellenfázisú zavarjel elvileg így nem keletkezik, vagyis az áramkör közös jel elnyomása igen jó. (A valóságban a közös jel elnyomás nagyságát a repülő kondenzátor körüli szórt kapacitások szabják meg.)

Transzformátoros leválasztás:

E megoldás hátránya, hogy lineáris átvitelű transzformátort és pontos egyen-váltó, illetve váltó-egyen átalakítót igényel.

Optoizolátoros leválasztás:



A ábrán látható megoldásban az egyenfeszültségű analóg jelet egy feszültség-frekvencia átalakítóval frekvencia jellé alakítják. A frekvencia jel optikai leválasztóval egyszerűen leválasztható. Az így módon galvanikusan leválasztott jel egy frekvencia- feszültség átalakítóval egyenfeszültséggé visszaalakítható vagy akár közvetlenül a folyamatirányító berendezés számláló bemenetére kapcsolódhat.

3. Ismertesse a zavarjelek típusait a keletkezési ok szerint és megszüntetésük módszereit!

A zavarjelek típusai keletkezési ok szerint:

1. Konduktív zavarjelek
2. Elektromágneses (induktív) zavarjel
3. Elektrosztatikus (kapacitív) zavarjel

Konduktív zavarjelek:

Csatlakozási potenciál:

A nem megfelelő villamos csatlakozásoknál a környezeti nedvesség és szennyeződés (kémiai reakciók) hatására helyi galvánelemek keletkezhetnek, amelyek egyenfeszültségű ellenfázisú zavarjeleket okoznak. Ennek **megakadályozására** az áramkörökben minimálisra kell csökkenteni a csatlakozások számát, a csatlakozási pontokat pedig a korrozív anyagoktól védeni kell.

Termikus potenciál:

A villamos áramkörben lévő különböző anyagú fémek csatlakozási pontjainál, ha e csatlakozási pontok hőmérséklete eltérő, termikus potenciálok keletkeznek. A kialakuló termofeszültség egyenfeszültségű ellenfázisú zavarjelet okoz.

Az egyenfeszültségű ellenfázisú zavarjel az egyik legveszélyesebb zavarjel típus, ugyanis ha egyszer bekerült az áramkörbe, az egyenfeszültségű hasznos jeltől többé nem lehet megkülönböztetni. E jelek által okozott hiba utólag semmilyen módszerrel nem csökkenthető, ezért az egyenfeszültségű ellenfázisú zavarjeleket a zajforrásnál kell megszüntetni.

Megszüntetésük módszerei:

A termofeszültségből származó zavarjelek az alábbi módszerekkel csökkenthetők:

- a csatlakozók számának csökkentése

- egymáshoz közelálló termopotenciálú anyagok használata (pl. vörösréz, ezüst, arany, kadmium-ón ötvözet stb.)
- a hőtermelő egységek és a kisfeszültségű áramkörök térbeli szétválasztása
- a környezeti hőmérséklet gyors változásából eredő hőmérséklet különbségek csökkentése
- korszerű technológiai módszerek alkalmazása: kis teljesítményű áramkörök kiöntése epoxigyantával vagy szilikonnal.

Elektromágneses (induktív) zavarjelek:

Induktív zavarjel valamely áramkörben a környezettel való mágneses kapcsolat miatt keletkezik. A külső mágneses tér által indukált zavarjel nagysága arányos az áramköri hurok felületével.

$$\left. \begin{aligned} u_i &= -\frac{d\Psi}{dt} \\ \Psi &= N\phi \\ \phi &= \int_A B dA = B A \\ B &= \mu H \\ H &= \frac{I N}{l} \end{aligned} \right\} u_i = \frac{dI}{dt} \mu \frac{A N^2}{l}$$

Ha az érpárt alkotó vezetékek távolsága nagy, a beindukált feszültség túlnyomóan ellenfázisú zavarjelként jelentkezik. A zajcsökkentés érdekében ezért az érpár vezetékeinek távolságát minimálisra kell csökkenteni. Lecsökkentett vezetéktávolság esetén is keletkezhet azonban zavarjel, ha az áramkört helytelenül két pontban leföldelik. A mágneses tér ekkor főleg azonos-fázisú zavarjelet indukál.

Megszüntetésük módszerei:

Az induktív zavarjelek csökkentésének gyakran alkalmazott módszere a **vezetékek megcsavarása**. A vezeték csavarás relatív zajcsökkentő hatását az alábbi táblázat szemlélteti.

Vezeték típusa		Zajcsökkentés [dB]
Párhuzamos vezeték		0
Csavart vezeték, a csavarási hurok hossza:	10,0 cm	23
	7,5 cm	37
	5,0 cm	41
	2,5 cm	27
Párhuzamos vezeték 2,5 cm átmérőjű acél kábelvezetőben		43

Vezetékek mágneses árnyékolása:

A táblázat különböző típusú mágneses árnyékolások relatív zajcsökkentő hatását mutatja. Az alumínium cső, mivel nem ferromágneses anyag, természetesen nem csökkenti az induktív zajokat.

Mágneses árnyékolás		Zajcsökkentés [dB]
Árnyékolatlan vezeték		0
12 mm átmérőjű Al cső		0
25 mm átmérőjű acél kábelvezető		43
Mágneses árnyékoló szalag	1 réteg	11
	5 réteg	60

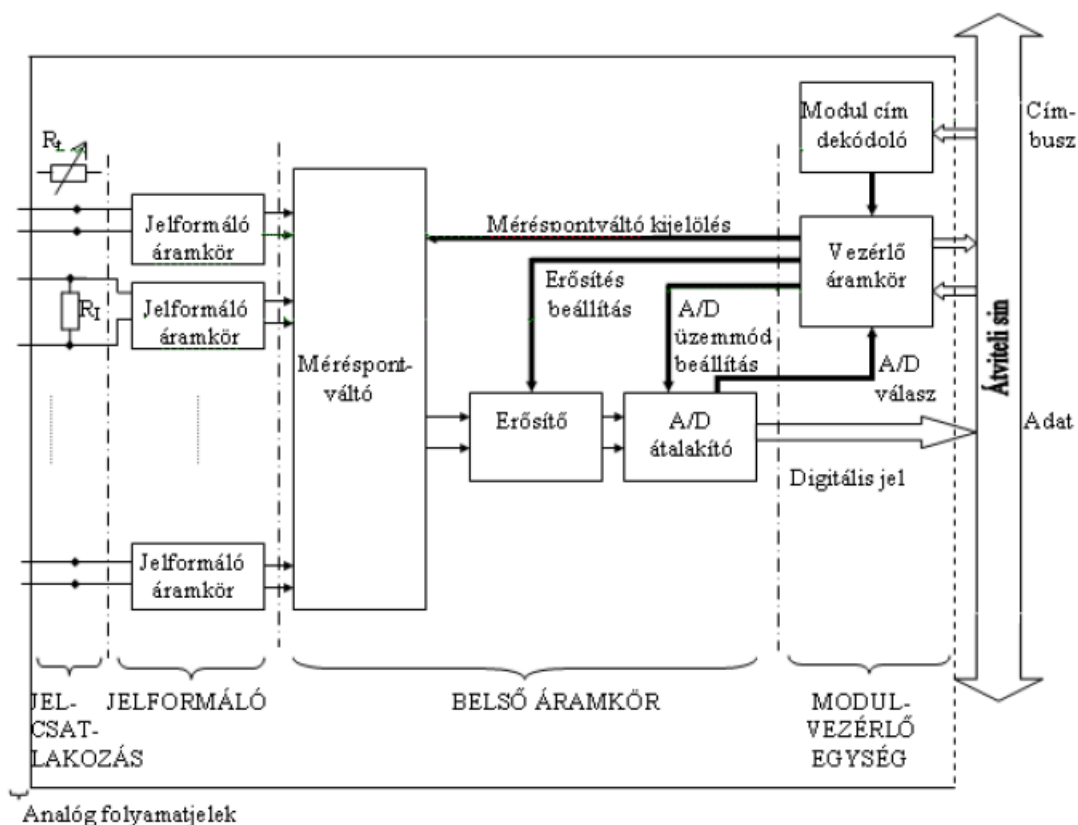
További zavarjelcsökkentés érhető el az alábbiak betartásával:

- A váltakozó feszültségű vezetékeket el kell különíteni az egyenfeszültségű vezetékektől.
- Automatizálási készülékek tápegységeihez menő tápfeszültség vezetékeket a mágneskapcsolókhoz, mágnes szelepekhez, frekvenciaváltókhoz stb. képest másik fázisra kell kötni.

4. Ismertesse az analóg bemeneti modul felépítését! Részletesen ismertesse a jelcsatlakozás, a jelformáló áramkör és a méréspontváltó, az erősítő, az A/D átalakító szerepét, kialakítási lehetőségeit!

Analóg bemeneti modul felépítése:

Az analóg bemeneti modul az egyenfeszültségű/egyenáramú folyamatjeleket alakítja át digitális jelekké.



6.5 ábra Analóg bemeneti modul felépítése

A modul fő egységei az alábbiak (6.5 ábra):

- jelcsatlakozás,
- jelformáló áramkör,
- méréspontváltó,
- erősítő,
- analóg-digitális (A/D) alakító,
- modulvezérlő egység.

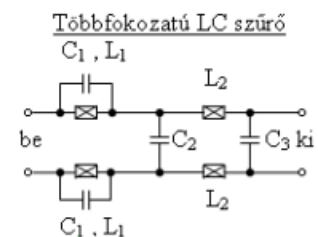
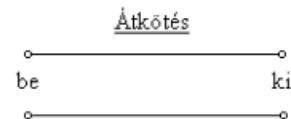
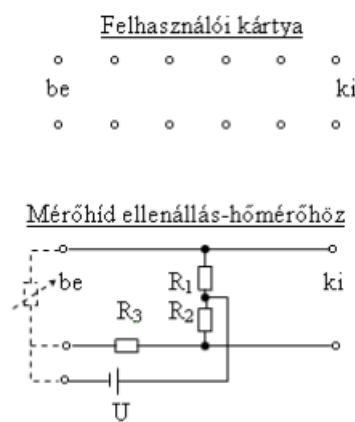
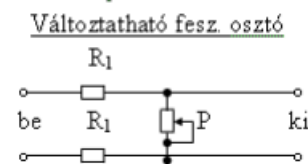
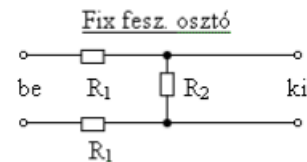
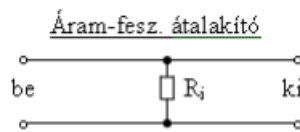
Jelcsatlakozások:

A jelcsatlakozás a folyamatműszerekhez kapcsolódó jelvezetékek villamos csatlakoztatását, a vezetékek rendezését biztosítja. Kis átmeneti ellenállású, nagy szigetelési ellenállású, mechanikailag megbízható csatlakozókat kell alkalmazni. A csatlakozónak illeszkednie kell a jelvezetékek méretéhez (az alkalmazott vezetékek rézkeresztmetszete általában 0,2 – 1,5 mm²).

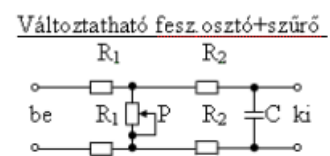
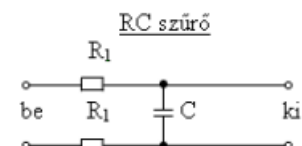
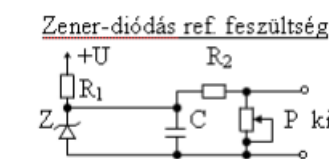
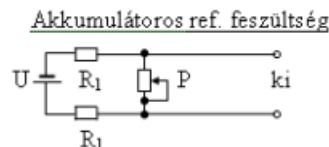
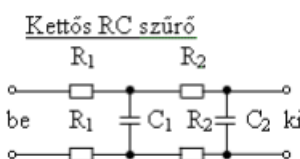
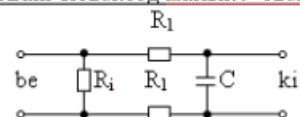
Jelformáló áramkörök (analóg bemeneti):

A jelformáló áramkör a jelillesztést biztosítja. A jelformáló áramkörök kialakíthatók különálló modulként, vagy az adott folyamat-modul bemeneti egységeként, ahol a nyomtatott áramköri kialakítás többféle jelformáló típus beültetését teszi lehetővé és a felhasználás során az adott alkalmazáshoz legjobban illeszkedő jelformáló kerül beépítésre.

Kialakítási lehetőségei:



Áram-feszültség átalakító+szűrő



Szerepük:

Az áram-feszültség átalakítót áramtávadó esetén használjuk. A fix és változtatható feszültségosztóval a bemenő feszültségjelet az A/D átalakító méréstartományának megfelelő értékűre osztják le. Az RC- és LC-szűrők a váltakozó áramú zavarjelek szűrésére szolgálnak. A mérőhídhöz háromvezetékes ellenállás-hőmérős mérőkapcsolás csatlakoztatható. Az egyszerű átkötést akkor használjuk, ha jelformálásra nincs szükség. A felhasználói kártyára egyedi jelformáló áramkör szerelhető. Az akkumulátoros és Zener-diódás referenciafeszültség segítségével, pl. a bemeneti modul pontosságát ellenőrizhetjük.

Méréspontváltók (multiplexer):

A méréspontváltó feladata, hogy több bemeneti vonal közül egy időben egyet a kimeneti vonalra kapcsoljon.

Főbb típusai:

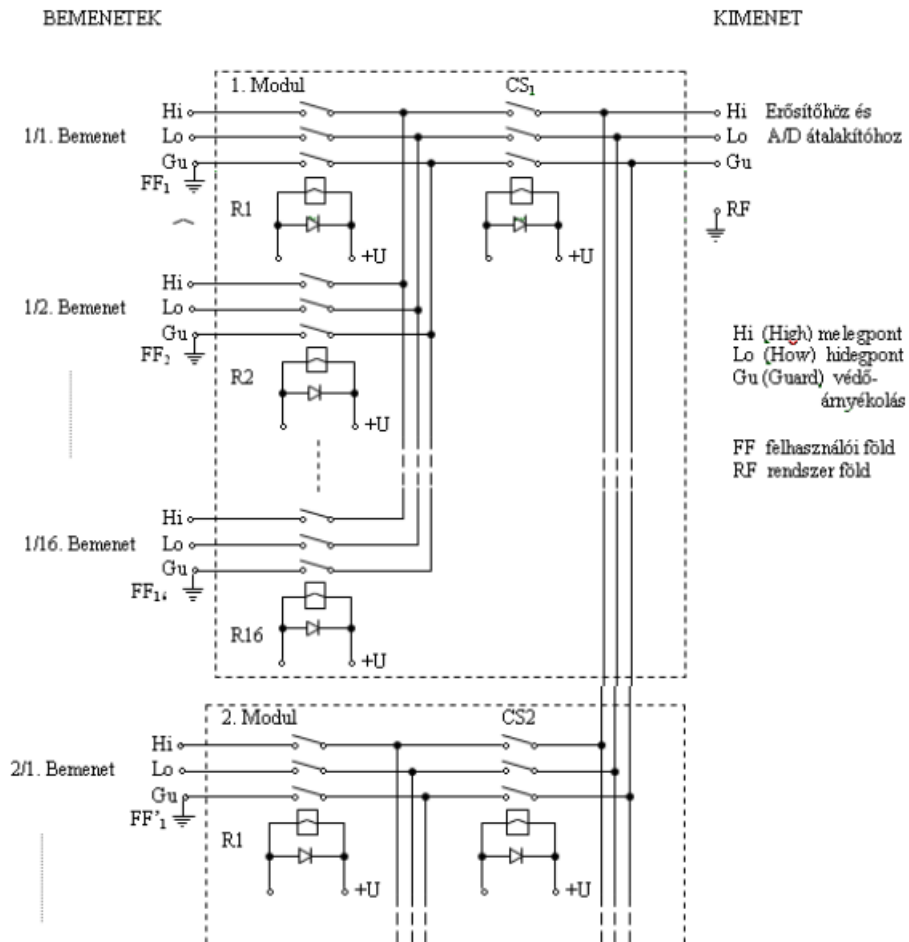
- relés multiplexer
- félvezetős multiplexer

Relés multiplexer:

A relés méréspontváltóban kapcsolóelemként úgynevezett száraz reed relét használnak. A száraz reed relé egy vákuum alatt lévő, vagy védőgázzal töltött üvegcsőbe helyezett, villamos érintkezőpár, mely külső mágneses tér hatására záródik.

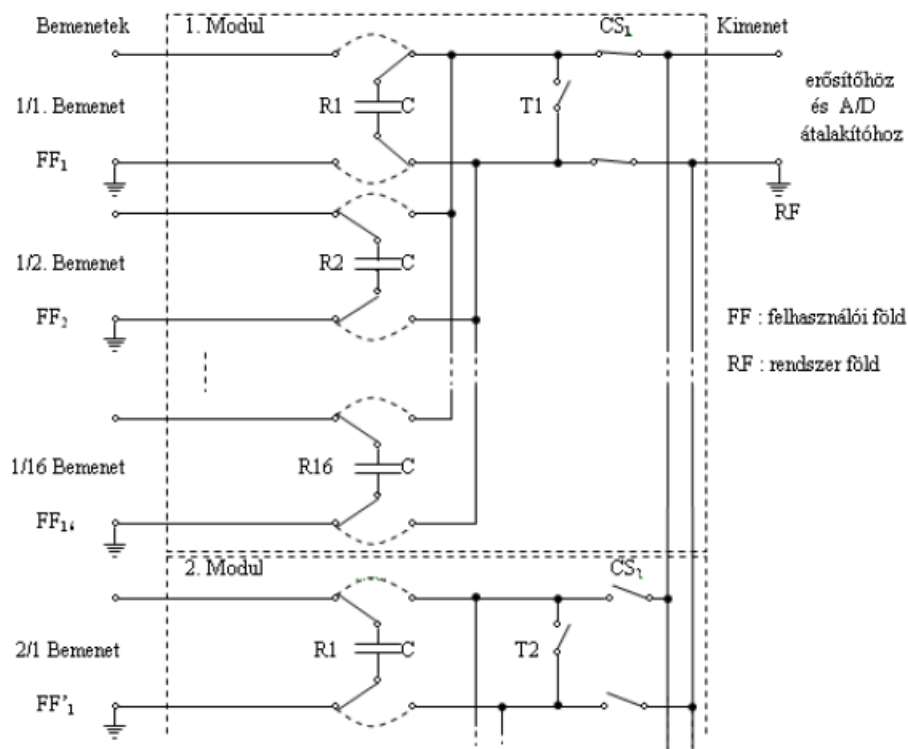
A száraz reed relé főbb villamos jellemzői a következők:

Zárt kapcsoló átmeneti ellenállása:	200 mOhm
Nyitott kapcsoló ellenállása:	10^{10} Ohm
A érintkezők és tekercs közötti szigetelési ellenállás:	10^9 Ohm
Kapcsolási idő:	1–2 ms
Élettartam (kapcsolási szám):	10^7
Rázásállóság:	jó



Az egyenként 16 db bemenetet tartalmazó modulokban R1, R2, ...R16 a méréspontváltó reléket, CS1, CS2 pedig az ún. csoportreléket jelöli. Minden relé három vezetéket kapcsol: a melegpontot (Hi), a hideg-pontot (Lo) és a védőárménykolást (Gu). A csoportrelék (blokk relé) a modulokat választják el galvanikusan egymástól. A leválasztás egyik előnye, hogy ha egy bemenet meghibásodik, akkor e hiba csak a vele egy modulban lévő mérőkörre hat. A leválasztás másik előnye, hogy a nyitott méréspontváltó relék, ill. a méréspontváltó relék és a vezetékezés földhöz képest mérhető szórt impedanciái nem rontják le a jellevő azonos fázisú bemeneti impedanciáit s az ezekkel közvetlen kapcsolatban lévő közösjel elnyomást.

Relés repülő kondenzátoros multiplexer:



Az ábrán látható repülőkondenzátoros relés méréspontváltóban az R relék a felhasználói földeket egymástól, ill. a felhasználói földeket a rendszer földtől galvanikusan elválasztják. A méréspontváltó kimenetéhez csatlakozó erősítő így földelt bemenetű lehet.

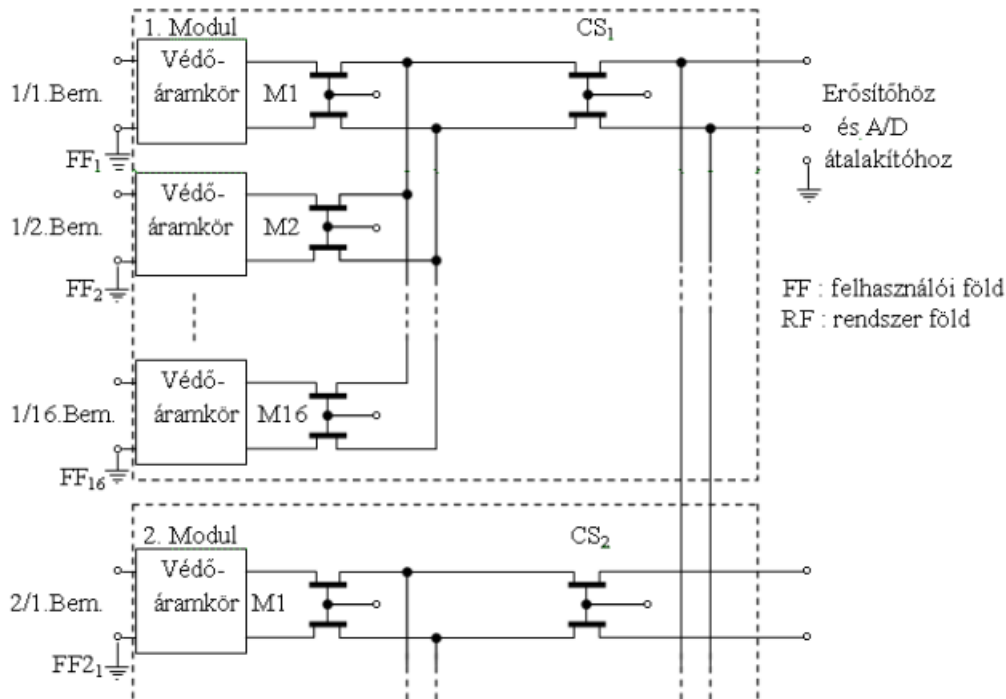
A repülőkondenzátor – jóllehet alapvető feladata az, hogy az A/D átalakítás idejére analóg memóriaként szolgáljon – a jelforrásra kapcsolt állapotban az RC szűrőáramkör kondenzátó-rának szerepét is betölti (az $R/2$, $R/2$ ellenállásokat a jelformáló kártyára kell szerelni), s az így kialakított szűrő a váltakozó áramú ellenfázisú zavarjeleket csillapítja. A jó minőségű, kis átvezetésű kondenzátor a kapcsain lévő feszültséget hosszú ideig megfelelő pontossággal tartja. Ez a feszültség szűrt egyenfeszültség, ezért az erősítő után gyors, zavar érzékeny A/D átalakító is alkalmazható. A repülőkondenzátor azonban a mérőérzékelő, ill. a távadó meghibásodása esetén mérési hibát okozhat. Ha ugyanis a jeladó áramköre megszakad, a feltöltött kondenzátor a feszültségét még hosszú ideig megtartja, s ezt kapcsolja az erősítőre, holott e feszültségnek már semmi köze nincs a mérendő mennyiséghez. E hátrány kiküszöbölése érdekében a CS csoportrelék elé rövidre záró un. tesztrelét (T_1 , T_2 stb.) helyeznek, s meghatározott időpontokban programmal a mérőköröket úgy ellenőrzik, hogy a repülőkondenzátorok töltését kisütik. Ha a tesztelési ciklust követően a repülőkondenzátor zérus feszültséget kapcsol az erősítőre, a mérőkör valószínűleg megszakadt.

Félvezetős méréspontváltó:

A félvezetős méréspontváltóban (solid-state multiplexer) MOSFET (Metal-Oxide Silicon Field-Effect Transistor) tervezérlésű tranzisztor kapcsolókat használnak.

A MOSFET kapcsolók főbb villamos jellemzői a következők:

Zárt kapcsoló átmeneti ellenállása:	20 Ohm
Nyitott kapcsoló ellenállása:	10^9 Ohm
A kapcsoló elektródák és vezérlő elektróda közötti szigetelési ellenállás:	10^{12} Ohm
Kapcsolási idő:	1 μ sec
Élettartam:	végtelen
Rázásállóság:	jó



A kialakítás a relés méréspontváltóéhoz hasonló, jelentős különbség azonban, hogy a félvezető kapcsolók a felhasználói földpontokat sem egymástól, sem pedig a rendszer földtől galvanikusan nem választják el. Emiatt a félvezetős méréspontváltó vagy földfüggetlen jeladók, vagy pedig – ha a jeladók földelték – közel azonos földpotenciálú jeladók esetén használható. Földelt jeladók esetén az erősítőnek és az A/D átalakítónak földfüggetlen bemenetűnek kell lennie és vagy az erősítőben, vagy az A/D átalakítóban meg kell oldani a galvanikus leválasztást.

Mivel a méréspontváltó típusa az erősítő és A/D átalakító bemeneti áramkörét (földelt, földfüggetlen), valamint a galvanikus leválasztás megvalósításának helyét is megszabja, megfelelő méréspontváltó típus a kapcsolandó analóg jel nagyságának, a megkívánt kapcsolási sebesség értékének ismeretében a zaj és a földelési viszonyok fegyelembé vételével választható ki.

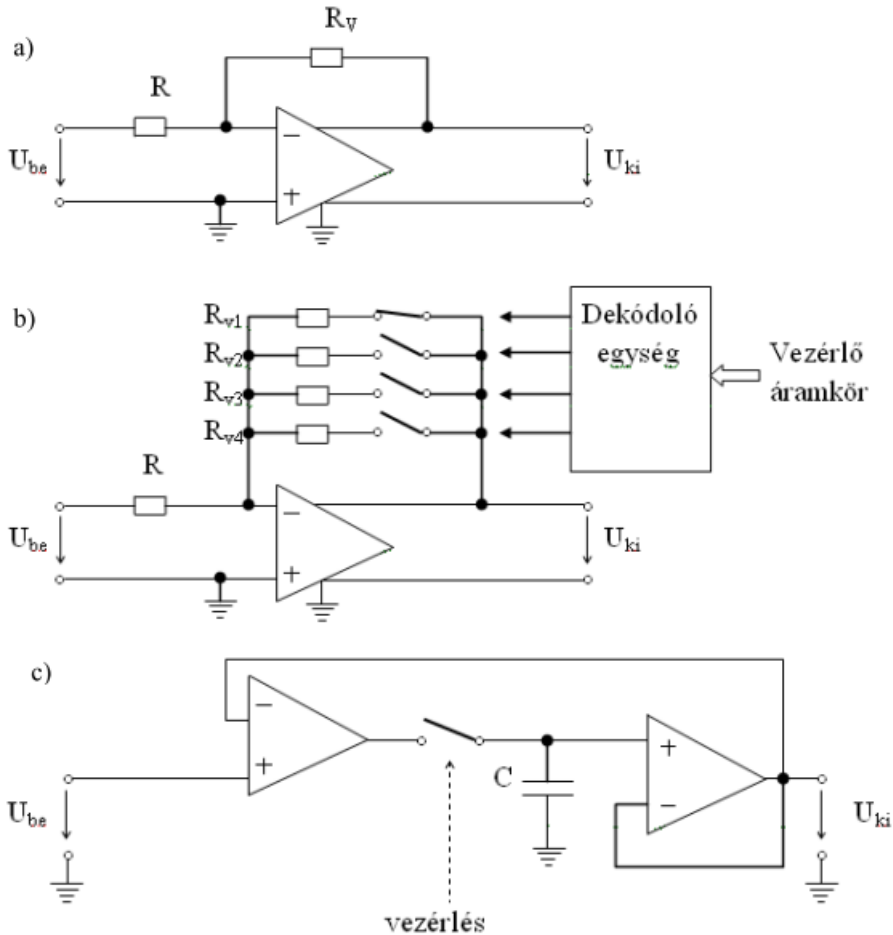
Erősítő:

Az analóg bemeneti perifériákban használt erősítők feladata az analóg jelszintnek az A/D átalakító bemeneti jeltartományához való illesztése, a megfelelő zajelnyomás biztosítása, a galvanikus leválasztás, esetleg mintavételezés és tartás megvalósítása.

Az alkalmazott erősítők földelt vagy földfüggetlen, szimmetrikus vagy aszimmetrikus bemenetű egyenfeszültség erősítők.

Lehetséges kialakítások:

- rögzített erősítésű,
- ellenállásértékkel kívülről beállítható erősítésű,
- programozható erősítésű.



A/D átalakítók

Az analóg-digitális átalakító a bemenetére kapcsolt analóg jelet kódolt digitális jellé alakítja.

Az A/D átalakítók az átalakítandó analóg jel megengedett polaritása alapján lehetnek:

- egypolaritásúak
- kétpolaritásúak

Az **egypolaritású** (unipolar) A/D átalakító csak egyféle előjelű analóg jel digitalizálására használható; az átalakító kimenetén megjelenő digitális jel csak az analóg jel nagyságát adja meg, az előjelet nem.

A **kétpolaritású** (bipolar) A/D átalakító mind pozitív, mind negatív analóg jel átalakítására alkalmas. Az átalakító kimeneti kódjából az analóg jel nagysága és előjele is meghatározható.

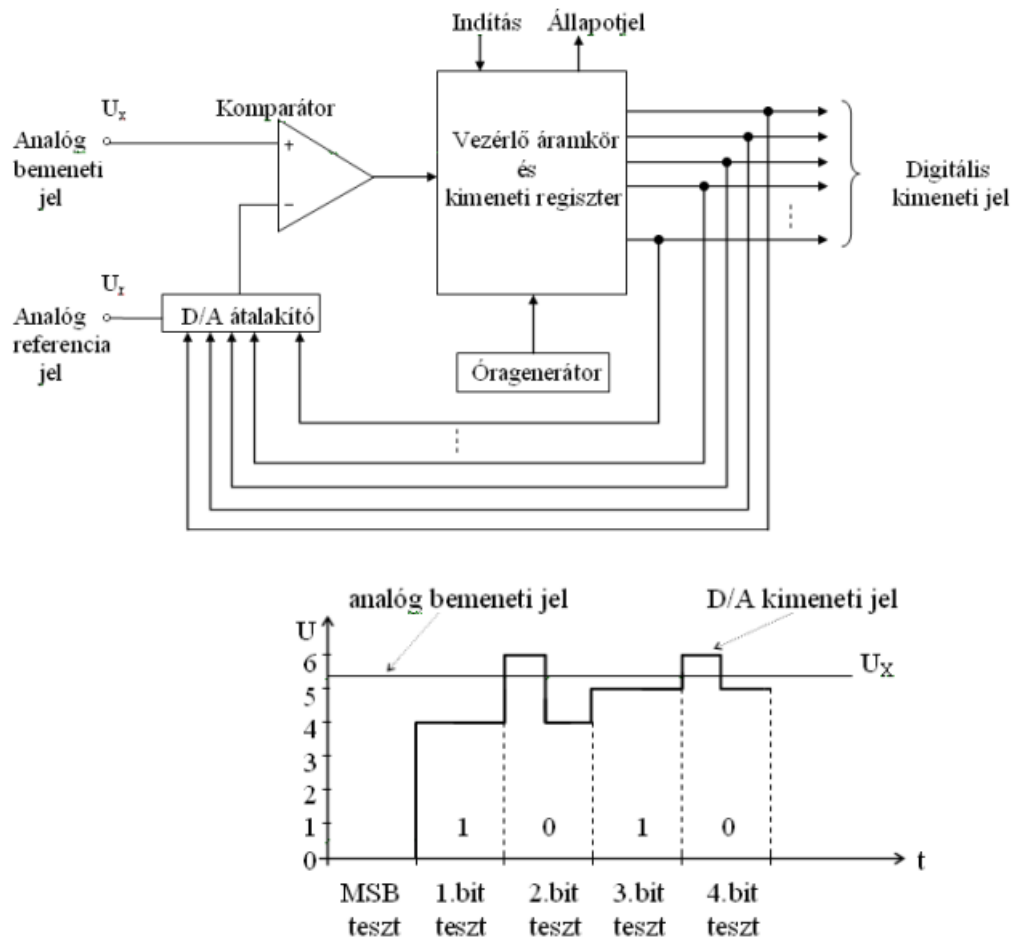
Az A/D átalakítók szokásos bemeneti jeltartománya: $0...+5V$; $0...+10V$; $\pm 2V$ $\pm 5V$; $\pm 10V$, a kimenete, a megkívánt felbontóképességtől függően 8, 10, 12, 16, 24 bit.

Leggyakoribb típusai:

- Pillanatérték mérő A/D átalakító
 - fokozatos közelítésű A/D átalakító

- többkomparátoros (párhuzamos) A/D átalakító
- D/A visszacsatolásos A/D átalakító,
- integráló típusú A/D átalakító:
 - kettős integráló A/D átalakító,
 - feszültség - frekvencia átalakító A/D átalakító

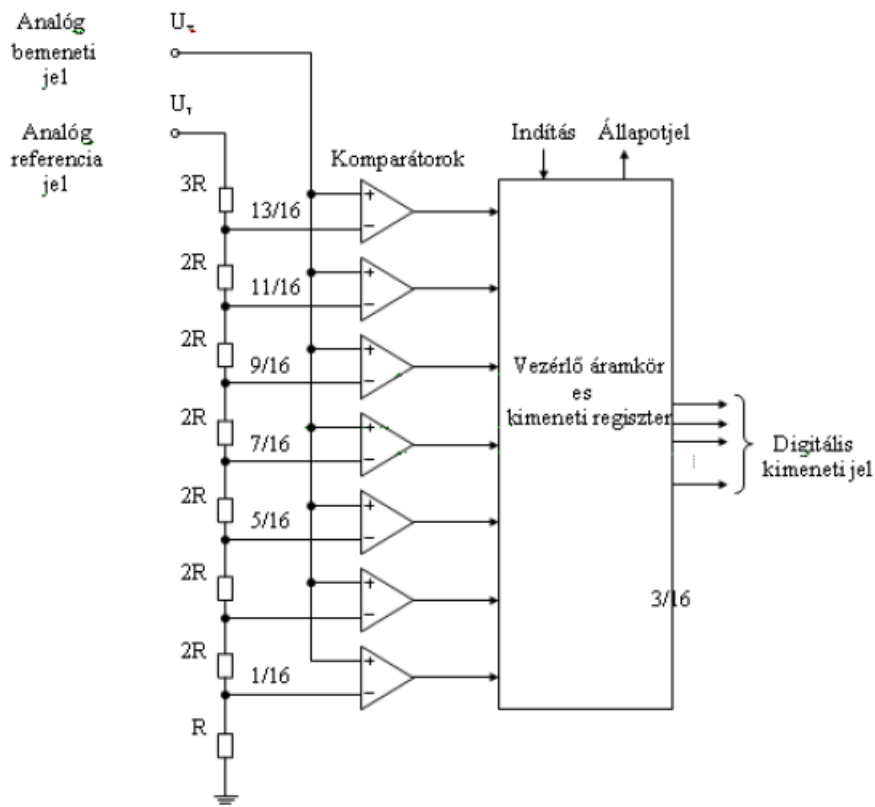
Fokozatos közelítésű A/D átalakító (successive - approximation A/D converter):



A fokozatos közelítésű A/D átalakító gyors átalakító, az átalakítási idő a mérendő feszültség nagyságától független. Szokásos értéke: $2\mu\text{s/bit}$, így egy 10 bites átalakító átalakítási ideje $20\mu\text{s}$. Az átalakító működési elvéből következik, hogy a mérés ideje alatt az U_x feszültségnek állandó értékűnek kell lennie. Az átalakító tehát zavarérzékeny, ezért a mérendő feszültséget először szűrni kell. Ha a mérendő jel gyorsan változik, a pillanatérték mérése érdekében az A/D átalakító bemenetén mintavevő és tartó áramkört kell alkalmazni.

Az átalakító pontosságát, linearitását a D/A átalakító felbontása, az U_r referencia feszültség forrás és a komparátor pontossága határozza meg.

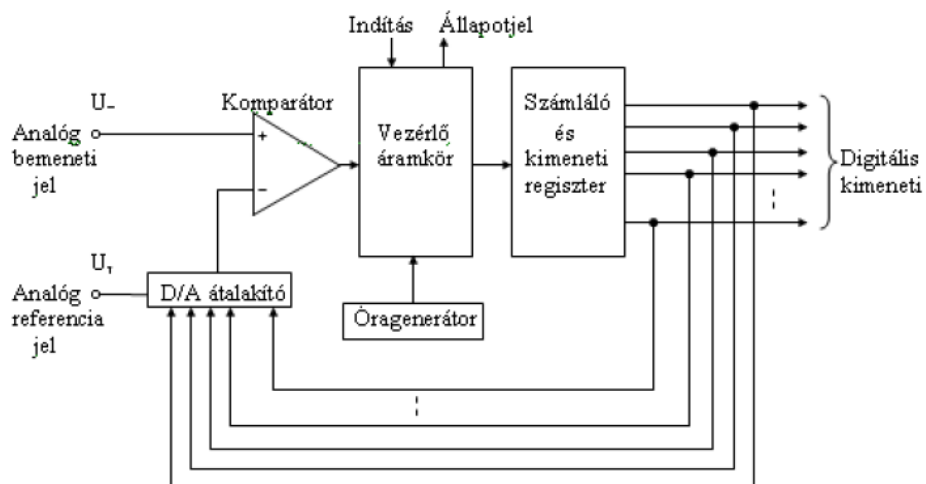
Többkomparátoros (párhuzamos) A/D átalakító (multiple comparator A/D converter)

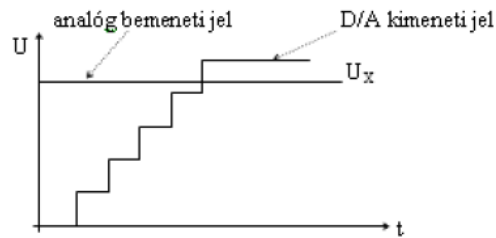


Az átalakító előnye, hogy az átalakítási idő igen kicsi, a mérendő feszültség nagyságától és a felbontóképességtől függetlenül néhány μs , hiszen a sebességet a kapcsolók kapcsolási sebessége, a komparátorok és a kapuáramkörök sebessége szabja csak meg.

Az átalakító hátránya, hogy a felbontóképesség növelésével jelentősen nő a felhasznált elemek száma: egy n bites átalakítóhoz $2^n - 1$ komparátor alkalmazása szükséges. Az átalakító a bemeneti analóg jel pillanatértékét méri, ezért a bemeneti hasznos jellel együtt megjelenő zavarjelek mérési hibát okoznak.

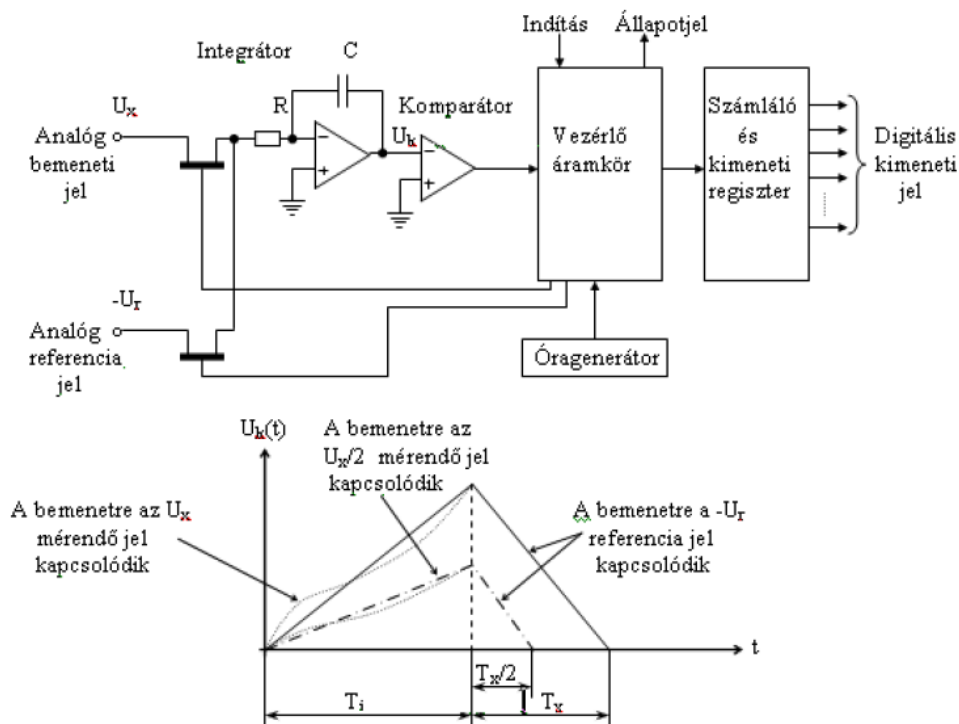
D/A visszacsatolásos A/D átalakító (counter type A/D converter):





Az átalakítási idő a mérendő feszültség nagyságától és a felbontóképességtől függ. Az átalakító zavarérzékeny, a mérendő hasznos jelre szuperponálódó zavarjel mérési hibát okoz.

Kettős integráló A/D átalakító (dual-slope):

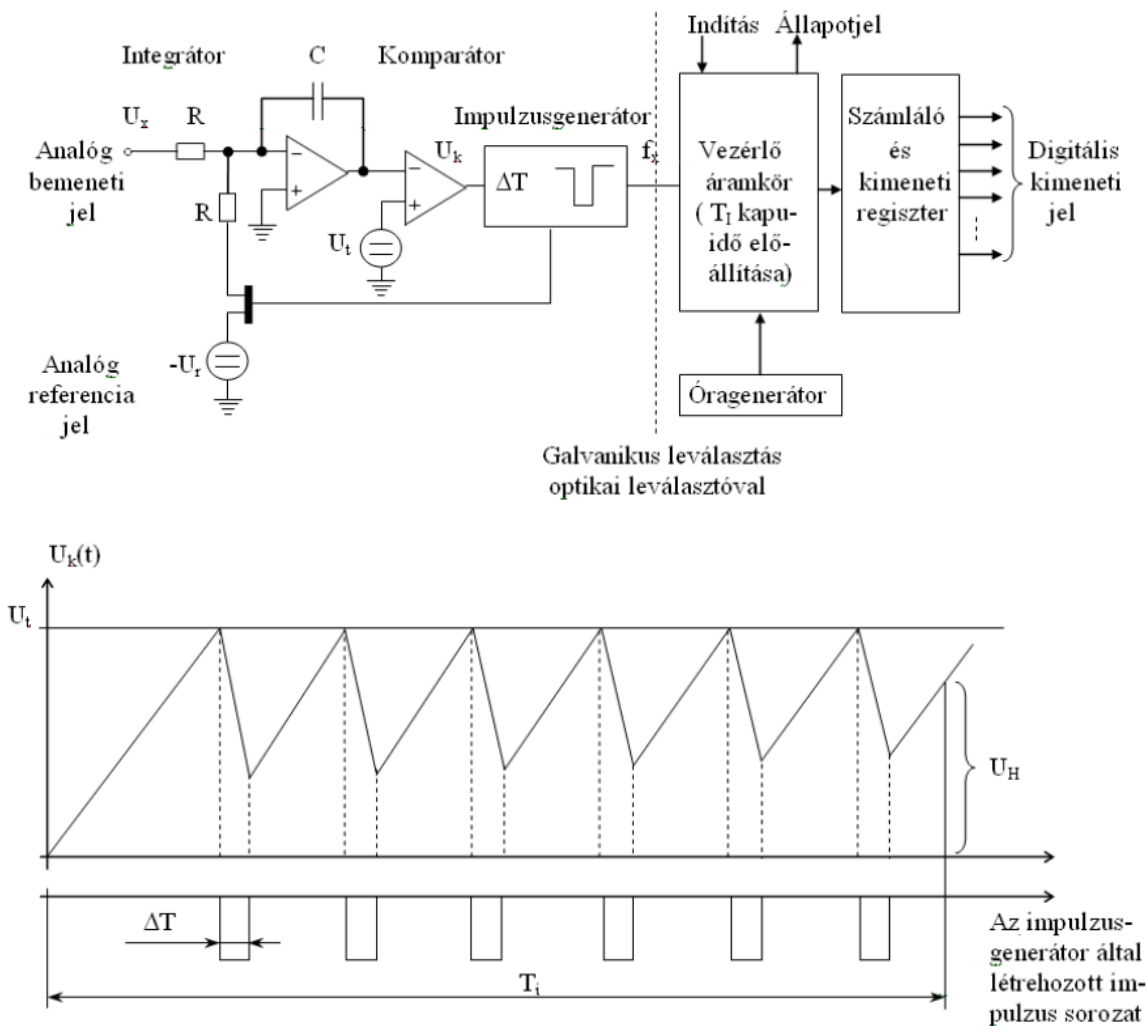


Az átalakító átalakítási idejét a rögzített integrálási idő és a mérendő feszültség nagyságától függő kisütési idő összege adja meg. Az 50 Hz-es zavarjel szűrésére beállított átalakító esetén a mérési tartománynak megfelelő maximális bemeneti jel mérésekor az átalakítási idő 40 ms. Az átalakító tehát lassú, azonban ez a sebesség az ipari igényeket nagyon gyakran kielégíti. A jó zajelnyomási tulajdonság miatt a kettős integráló A/D átalakítót az iparban elterjedten alkalmazzák.

A bemeneti jel átlagértéke:

$$U_{xa} = U_r \cdot \frac{T_x}{T_i}$$

Feszültség - frekvencia átalakító A/D átalakító:



Az impulzusgenerátor kimenetén mérhető jel frekvenciája (f_x) az analóg bemeneti feszültség nagyságával arányos. Az f_x frekvenciát megmérve, a kapuzott számláló tartalma (N_x) az analóg bemeneti jel átlagértékével (U_{xa}) lesz arányos. Az átlagolás idejét a T_i - kapuidő szabja meg.

5. Ismertesse a hálózat-kimaradás elleni védelemmel ellátott memória főbb funkcionális egységeit, azok szerepét és egy ilyen modul blokkvázlatát!

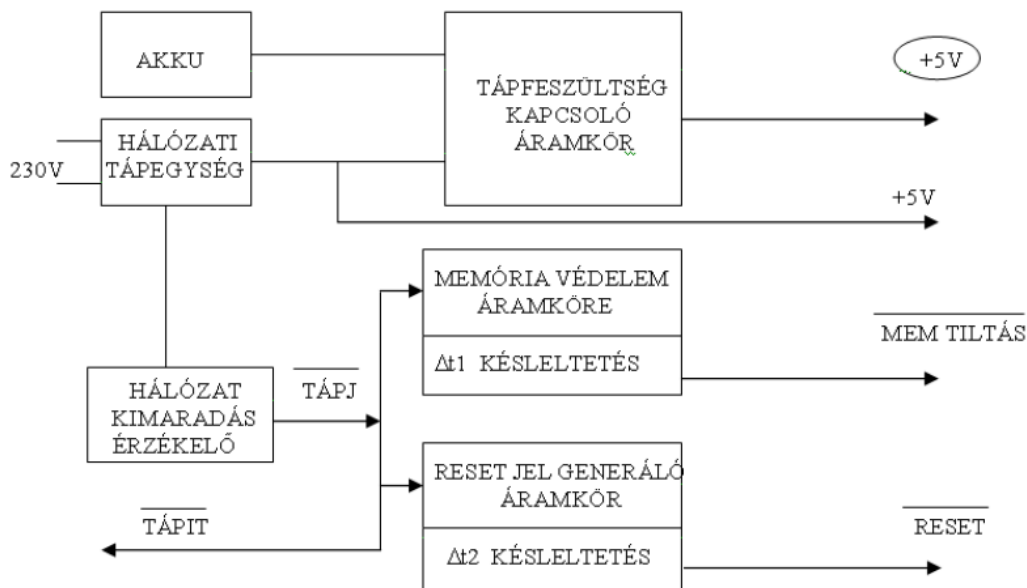
Elve:

A RAM tartalom tápfeszültség kimaradás elleni védelme az úgynevezett hálózati akkumulátoros működtetésen alapul. Ez azt jelenti, hogy a hálózati feszültség megléte esetén a RAM-ok hálózati feszültséggel működtetett stabilizátorról vannak táplálva. Ha viszont a hálózati feszültség kimarad a táplálás automatikusan akkumulátorról történik. Az áramköri kialakítás biztosítja – hálózati működtetés alatt – az akkumulátorok folyamatos töltését is.

A funkcionális egységekkel szembeni általános követelmények:

- hálózat-kimaradás esetén is megbízhatóan kell működniük, ezért akkumulátoros táplálásúak.
- legyenek kis fogyasztásúak (CMOS áramkörök)

A funkcionális egységek és logikai kapcsolatuk:



Főbb funkcionális egységei:

- Tápfeszültség-kimaradás érzékelő áramkör
- Tápfeszültség átkapcsoló áramkör
- Memória védelem áramköre
- Reset jel generáló áramkör

Tápfeszültség-kimaradás érzékelő áramkör

Az áramkör feladata a hálózati feszültség megszűnésének megbízható érzékelése és jelzése. Az érzékelő áramkör funkciójából eredően a tápegységben kerül kialakításra.

Az érzékelés lehet:

- **primer oldali:** a hálózati primer feszültséget figyeli és ha a hálózatban egy fél periódus kimarad jelzést ad.
- **szekunder oldali:** az egyenirányított, de stabilizálatlan 5V-os tápfeszültség értékét figyeli hiszterézises komparátorral, és ha a feszültség egy előre beállított komparálási szint alá csökken jelzést ad.

A tápegységgel szembeni követelmények:

- a tápegység tárolókapacitását úgy kell kialakítani, hogy névleges terhelés esetén is a hálózat-kimaradás jelzést követően néhány millisecundumig (tipikusan 5msec) biztosítsa a teljes rendszer működőképességét.
- a tápegység tárolási idejének nagyobbnak kell lenni, mint a tápfeszültség-kimaradáshoz rendelt interrupt (TÁPIT) kiszolgálási idejének.

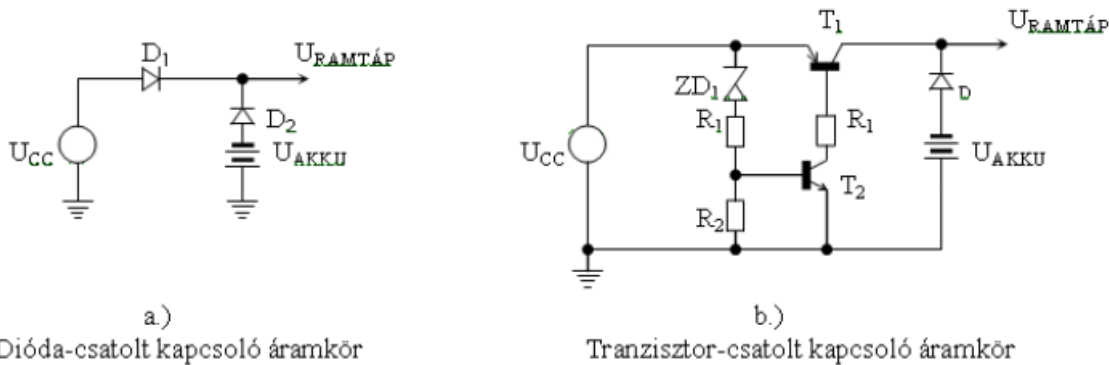
A tápfeszültség kimaradás érzékelő áramkör jelzésének (TAPJ) interruptként történő felhasználása lehetővé teszi a megszakított program állapotának, illetve a pillanatnyi rendszerállapotnak az elmentését, továbbá a program működésének felfüggesztését.

Ehhez biztosítani kell, hogy:

- a tápfeszültség-kimaradás jelzés a legnagyobb prioritású legyen
- az alacsonyabb prioritású interrupt kiszolgáló rutinok azonnal engedélyezzék a TÁPIT interrupt érvényre jutását.

Tápfeszültség átkapcsoló áramkör

Ez az egység végzi a RAM-ok hálózati táplálású rendszer-tápfeszültségről akkumulátoros táplálásra történő átkapcsolását. A kapcsoló áramkör lehet dióda vagy tranzisztor.



A dióda csatolt kapcsolóáramkör előnye az egyszerű kialakítás, hátránya, hogy a kapcsoló dióda viszonylag nagy záróirányú árama akkumulátoros táplálás esetén többletfogyasztást eredményez. A tranzisztor csatolt kapcsolóáramkör előnye, hogy a kapcsoló tranzisztor határozott zárása miatt az akkumulátor működési idejét csökkentő záróirányú áram lényegesen kisebb, mint dióda esetén.

Memória védelem áramköre

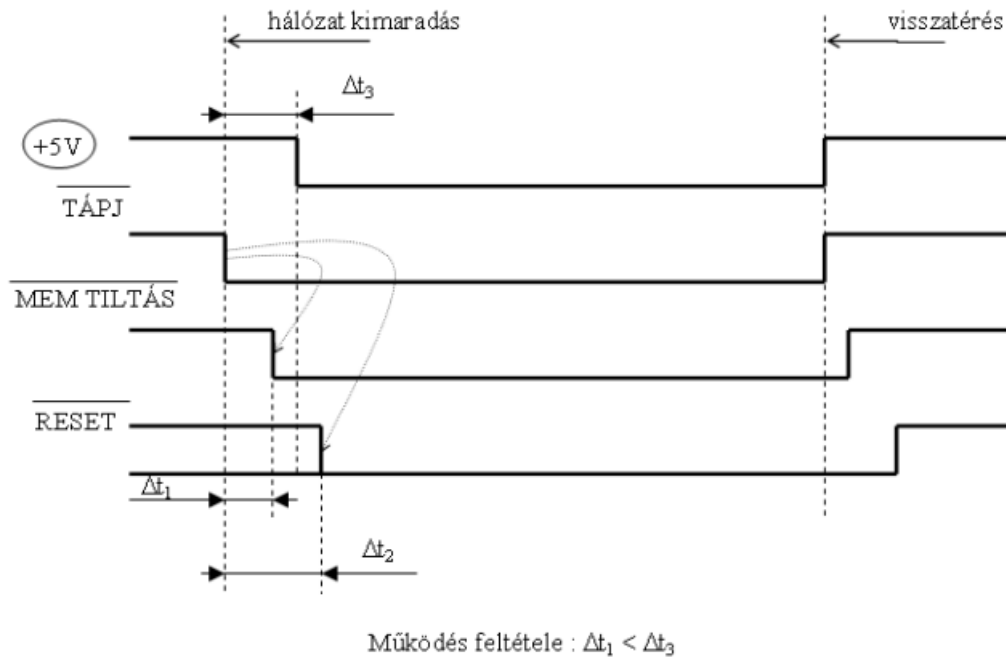
Az áramkör feladata, hogy tápfeszültség kimaradás esetén a TÁPIT rutin kiszolgálási idejének megfelelő késleltetési idő (Δt_1) eltelte után letiltsa a RAM memória kiválasztását.

A memória tiltás jel (-TE) két módon hozható létre:

- A TÁPIT kiszolgáló rutin utolsó lépéseként egy erre a célra fenntartott kimeneti vonal értékének beállításával.
- Egy késleltető áramkör felhasználásával, amelynek késleltetési ideje kisebb, mint a tápegység tárolási ideje.

Reset jel generáló áramkör

A hálózat-kimaradás jelzés hatására lefutó TÁPIT rutinban az állapotmentés végrehajtása után a rendszert egy felfüggesztett üzemmódba (HALT) célszerű állítani (azért, hogy a tápfeszültség megszűnésekor esetlegesen fellépő hibás programvégrehajtást elkerüljünk), amelyből csak egy rendszer reset hozhatja ki. Ezért biztosítani kell, hogy a TÁPJ jel megjelenését követő $\Delta t_2 > \Delta t_1$ idő múlva a Reset (a rendszert alapállapotba hozó) jel megjelenjen és a hálózat visszatérését követően Δt_2 ideig fennálljon.



6. Ismertesse a kétállapotú bemeneti jelek csoportosítását, valamint a kétállapotú bemeneti modul felépítését, tipikus jelformáló, változásfigyelő áramköröit!

Kétállapotú bemeneti jelek csoportosítása:

Időbeli lefutás alapján

- állapotjel (A jel értékváltozása a folyamatirányító ciklusidejéhez képest lassú.)
- impulzusjel (A jel értékváltozása a folyamatirányító ciklusidejéhez képest gyors. A jelet a számítógép bemenetén tárolni kell.)

A jel megjelenési formája szerint

- feszültségszint jel (Ha a folyamat-berendezés diszkrét állapotaihoz feszültség szinteket rendelünk.)
- kontaktus jel (Ha a folyamat-berendezés állapotaihoz érzékelők nyitását, ill. zárását rendeljük.)

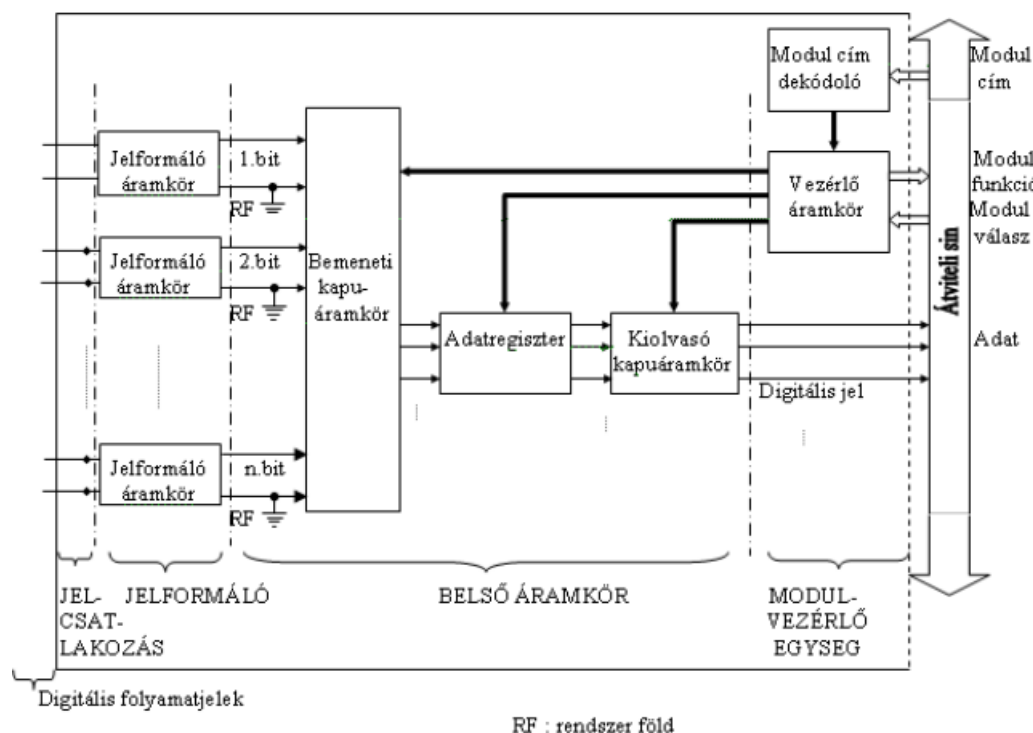
A jel értelmezése szempontjából

- független bitek (Ha a bemeneti port bitjeihez független folyamat-berendezések állapotait rendeljük.)
- összefüggő bitcsoportok (Ha a bemeneti port bitjei kapcsolatban vannak egymással.pl BCD kód)

A jel funkciója alapján

- ellenőrzött (A jel vizsgálatát a beállított ciklusidőnként a számítógép kezdeményezi.)
- megszakítás jel (A folyamat üzemvitele szempontjából olyan lényeges jel, amelynek változását azonnal észlelni kell.)

Felépítése

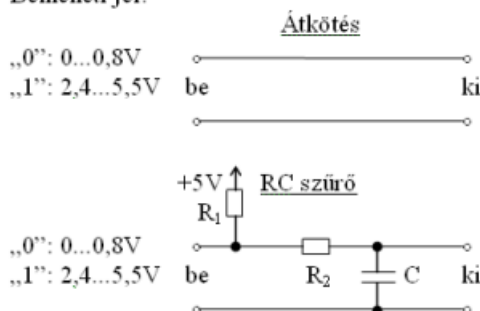


A modul a számítógép szóhosszúságától függő számú (pl. 8 bit, 16 bit) digitális bemeneti jelet kezel, és mind a kapuáramkörök száma, mind pedig az adatregiszter bitszáma is ezzel egyezik meg. A jelcsatlakozás a jelek mechanikai csatlakoztatását, a jelformáló áramkör a villamos illesztést, a bemeneti kapuáramkör a digitális jelek adatregiszterbe való programmal vezérelt beírását, az adatregiszter a jelek tárolását, a kiolvasó kapuáramkör a tárolt adatbájt számítógépbe való – programmal vezérelt – beolvasását biztosítja.

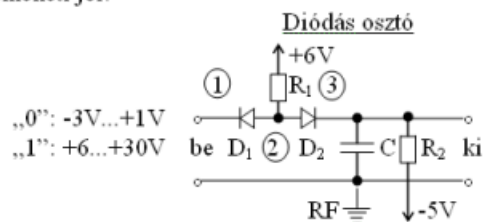
A bemeneti kapuáramkörre áttatásban TTL szintű feszültségjelek kapcsolhatók, ezért az ettől eltérő típusú digitális jeleket a jelformáló egységben kell átalakítani TTL szintű jellé.

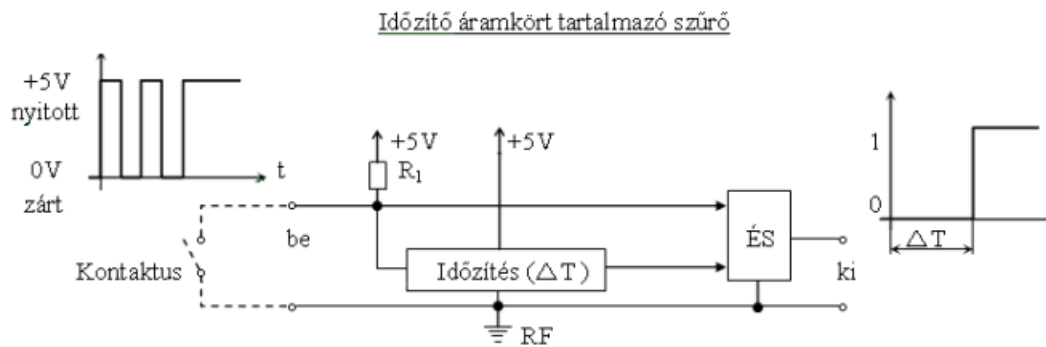
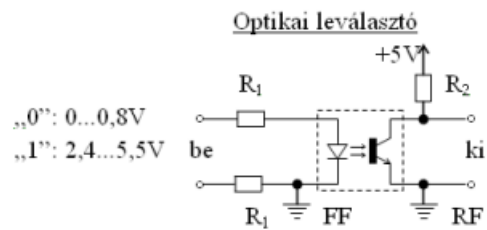
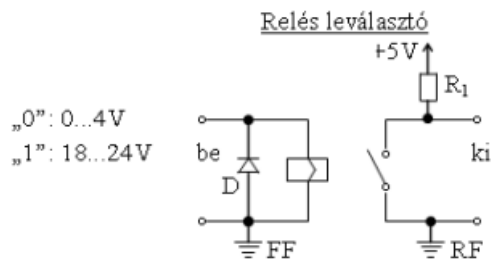
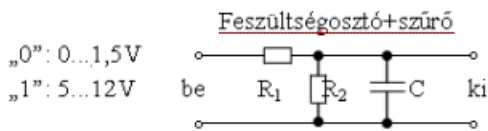
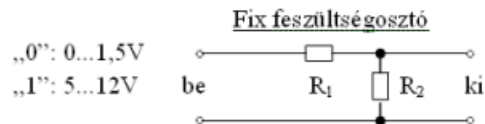
Jelformáló áramkörök:

Bemeneti jel:



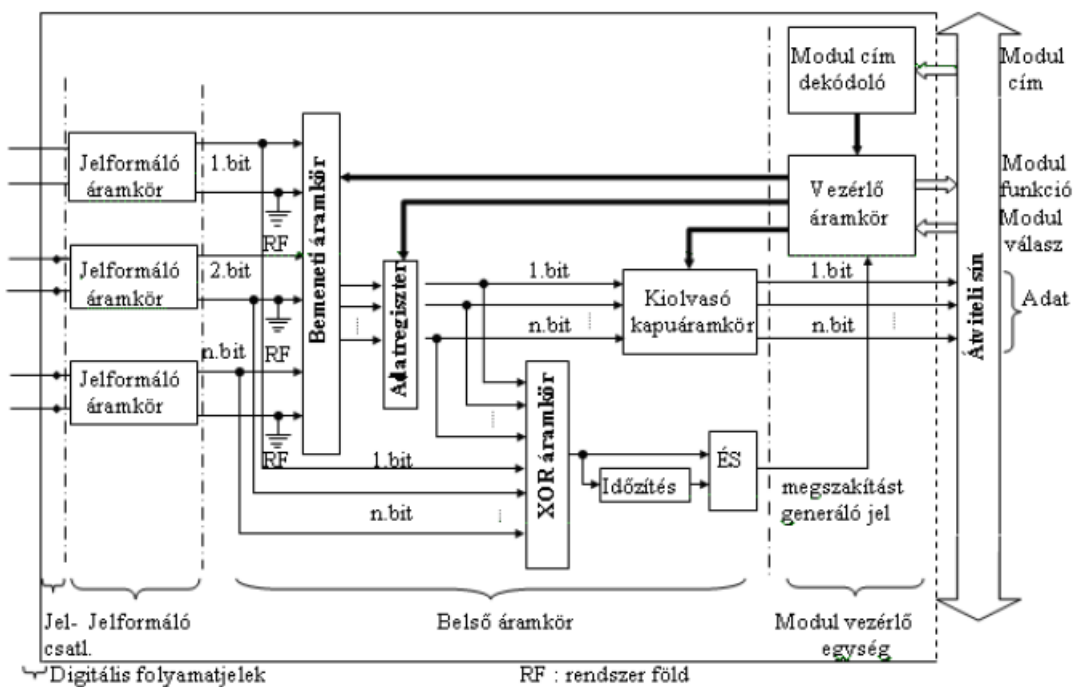
Bemeneti jel:





RF: rendszer föld
FF: felhasználói föld

Kétállapotú bemeneti modul változásfigyelő áramkörrel



7. Ismertesse a kétállapotú kimeneti jelek csoportosítását, valamint a kétállapotú kimeneti modul felépítését, tipikus jelformáló áramköreit!

A digitális kimeneti jelek a jel időbeli lefutása alapján fenntartott és impulzusjelek, a jel megjelenési formája szerint feszültségszint és kontaktusjelek, a jel értelmezése szempontjából pedig független bitek vagy összefüggő bitcsoportok lehetnek.

kétállapotú kimeneti jelek csoportosítása

Időbeli lefutás alapján:

- állapotjel (Ha a folyamat-berendezés működésének teljes időtartamára a jelet biztosítani kell → pl. jelzőlámpa.)
- impulzusjel (Ha a folyamat-berendezés adott szélességű és amplitúdójú jellel működtethető → pl. számlálók.)

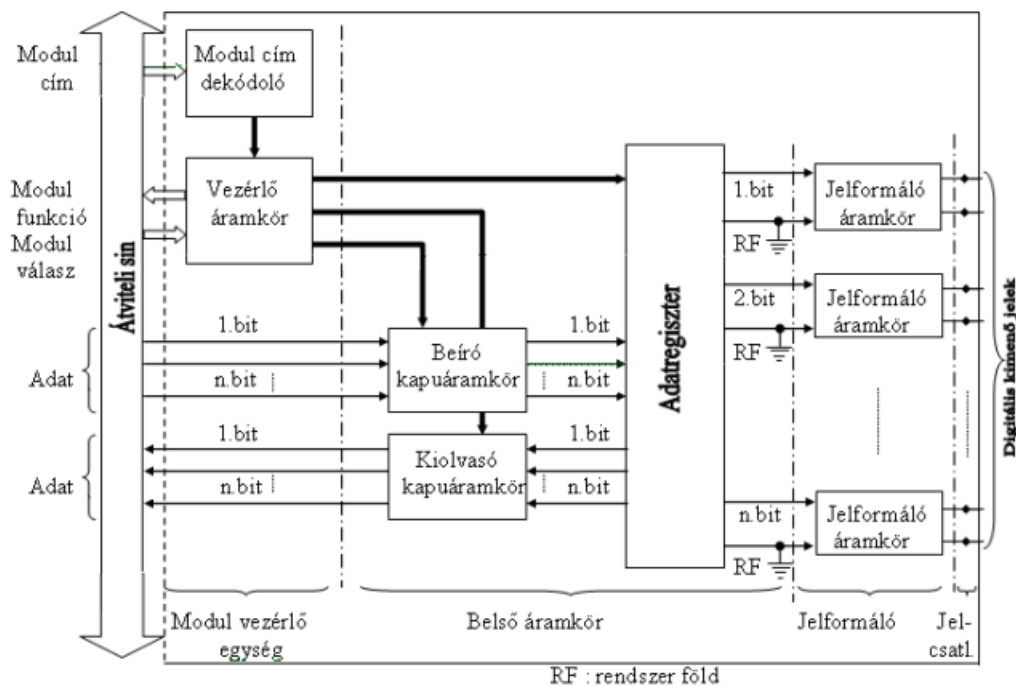
A jel megjelenési formája szerint:

- feszültségszint jel (Ha a folyamat-berendezés állapotaihoz feszültség szinteket rendelünk.)
- kontaktus jel (Ha a folyamat-berendezés állapotaihoz érintkezők zárását / nyitását rendeljük.)

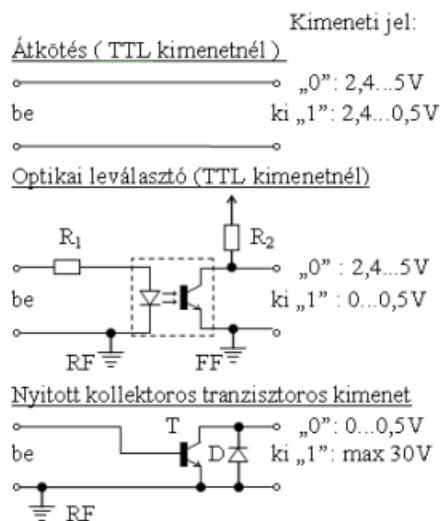
A jel értelmezése szempontjából :

- független bitek (Ha a kimeneti port biteihez független folyamat-berendezések vezérlését rendeljük.)
- összefüggő bitcsoportok (Ha a kimeneti port bitcsoportjai logikai kapcsolatban vannak egymással → pl. digitális számkijelzők.)

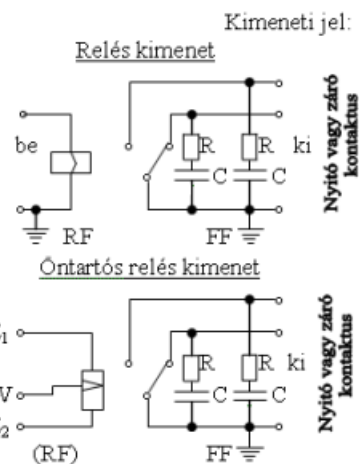
Felépítése (Kétállapotú kimeneti modul)



Kimeneti jelformáló áramkörök:



RF : rendszer föld
FF : felhasználói föld



8. Ismertesse az analóg kimeneti jelek típusait, az analóg kimeneti modul felépítését, tipikus jelformáló áramköreit!

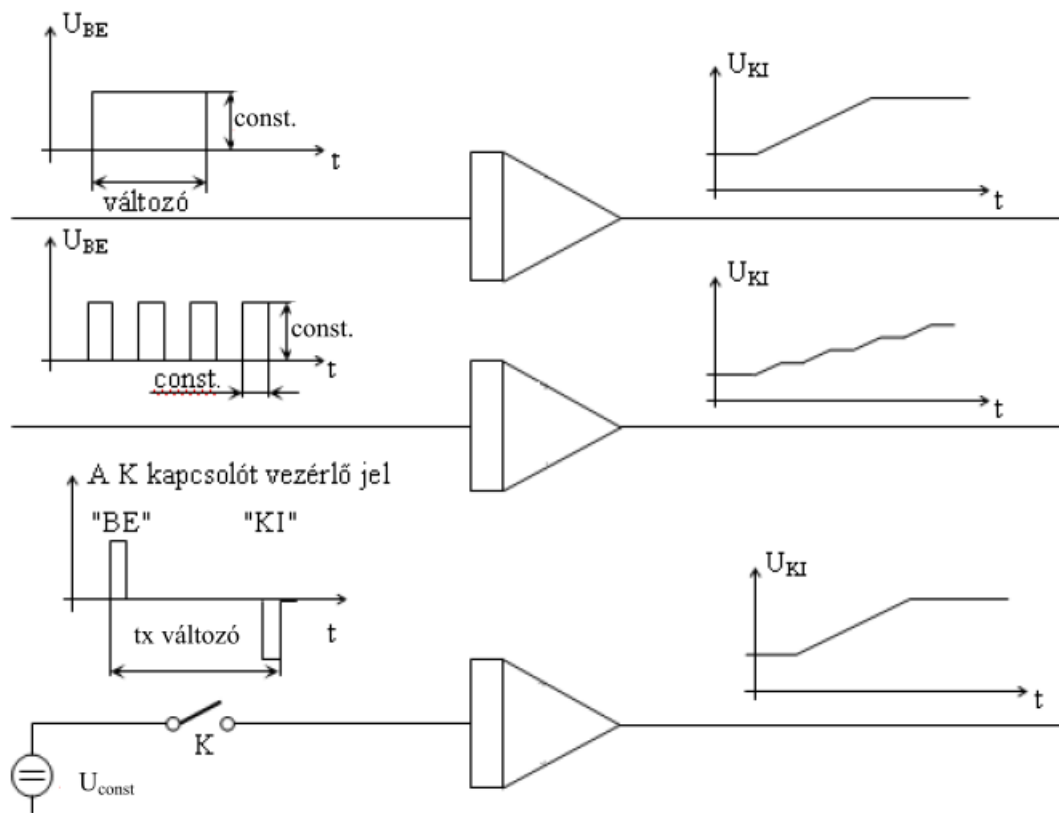
Kimeneti jelek csoportosítása

Az analóg kimeneti jelek a folyamat analóg működtetésű berendezéseit, beavatkozó szerveit vezérlik. Kialakításukat tekintve alapvetően kétfélék lehetnek:

1. Valóságos analóg kimenő jel:
 - o egyenfeszültség: 0...5 V , 0...10V

- egyenáram: 0...20 mA, 4...20 mA
- frekvencia: 10 Hz ... 4 kHz

2. Digitális kimeneti jellel előállított analóg jel:

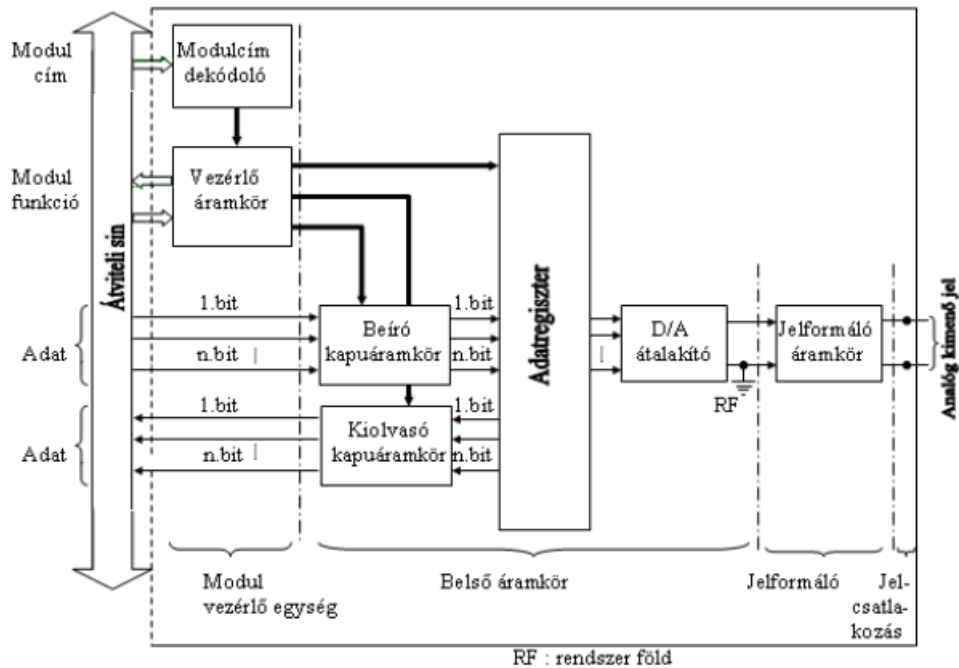


A digitális kimeneti jelekkel csak olyan analóg működésű berendezések vezérelhetők, amelyeknek a bemenetén integrátor áramkör van, vagy amelyek önmagukban integráló típusúak.

Analóg kimeneti modul felépítése

Az analóg kimenetek a számítógép által szolgáltatott digitális jelet alakítják át:

- egyenfeszültség
- egyenáram, vagy
- frekvencia jellé.



A számítógép az átalakítandó digitális jelet a beíró kapuáramkörtön keresztül az adatregiszterbe tölti, amely e jelet mindaddig tárolja, amíg a számítógép a regiszter tartalmát ismét át nem írja.

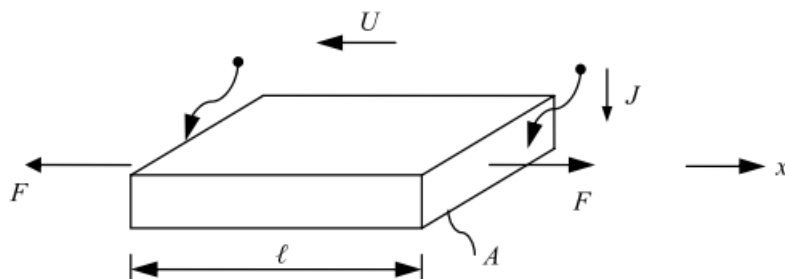
Jelformáló áramkörök

- átkötés
- feszültség-áram , ill. áram-feszültség átalakító
- feszültség-, vagy áramosztót, ill. nullponteltoló áramkört ritkábban tartalmaz.

Akkor van szükség rájuk, ha a felhasználói berendezés a D/A átalakító által szolgáltatott jeltípustól eltérő jelet igényel.

9. Ismertesse a nyúlásmérő bélyeges átalakítók működési elvét, mérőköri kialakításait, a hőmérséklet, mint zavaró paraméter, kiszűrési módszereit!

Működése a piezorezisztív hatáson alapszik, mely a következőt jelenti: A mechanikai feszültség változása fém és félvezető anyagokban villamos ellenállás változást eredményez.



$$\sigma_x = \frac{F}{A} \quad \sigma_y = \sigma_z = 0$$

$$R = \underbrace{\frac{\ell(1+\varepsilon_x)}{A(1+\varepsilon_z)(1+\varepsilon_y)}}_{\sim(1+\varepsilon_z+\varepsilon_y)} \cdot \rho_0(1+\pi_{11}\sigma_x) \quad \left. \begin{array}{l} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \pi_{11}\sigma_x \end{array} \right\} \text{mind kicsi}$$

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} \sigma_x \quad \varepsilon_z = \varepsilon_y = -\frac{\nu}{E} \sigma_x$$

$$\begin{aligned} &\cong R_0(1+\varepsilon_x-2\varepsilon_z)(1+\pi_{11}\sigma_x) \cong R_0(1+\pi_{11}\sigma_x+\varepsilon_x-2\varepsilon_z) = \\ &= R_0 + R_0(\pi_{11} + \frac{1}{E} + \frac{2\nu}{E})\sigma_x = R_0 + R_0(\pi_{11}E + 1 + 2\nu)\varepsilon_x \end{aligned}$$

↓

Legyen $g = \frac{\delta}{\varepsilon_x} = (\pi_{11} \cdot E + 1 + 2\nu)$, ahol: $\delta = \frac{R - R_0}{R_0}$, a relatív ellenállásváltozás

A fentiek figyelembe vételével a fém nyúlásmérő bélyegek statikus karakterisztikája:

$$R = R_0(1 + g\varepsilon)$$

ahol:

R – a nyúlásmérő ellenállása terhelt állapotban

R_0 – a nyúlásmérő ellenállása terheletlen állapotban

ε – relatív deformáció (megnyúlás)

g – gauge-faktor

A hőmérséklet, mint zavaró paraméter hatása

A fő ellenség: a hőmérséklet

Az ellenállásanyagok hőmérsékletfüggését a hőmérsékleti tényezővel jellemezzük:

$$R = R_0(1 + \alpha\nu) \quad \rightarrow \quad \alpha = \frac{R - R_0}{R_0} \cdot \frac{1}{\nu} = \frac{\delta}{\nu} \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right],$$

azaz a hőmérsékleti tényező az 1 °C-ra eső relatív ellenállásváltozást adja meg.

A hőmérséklet, mint zavaró jellemző ellenállásváltozást eredményez, amit látszólagos relatív megnyúlásnak érzékelünk (ε_ℓ).

Mekkora ez a hiba?

$$\alpha \cdot \nu = (\delta) = g\varepsilon_\ell$$

$$\boxed{\frac{\varepsilon_\ell}{\nu} = \frac{\alpha}{g}} \quad 1^\circ\text{C-ra eső látszólagos relatív megnyúlás}$$

A gauge-faktor hőmérsékletfüggése

ok: a rugalmassági modulus hőmérsékletfüggése

- belyeg anyaga
- hordozó (felragasztott híd)

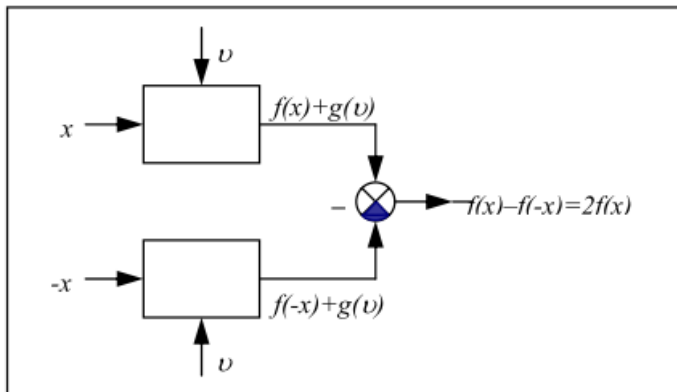
Belyeg és a hordozó lineáris hőtágulási együtthatója

Mérőköri kialakítás

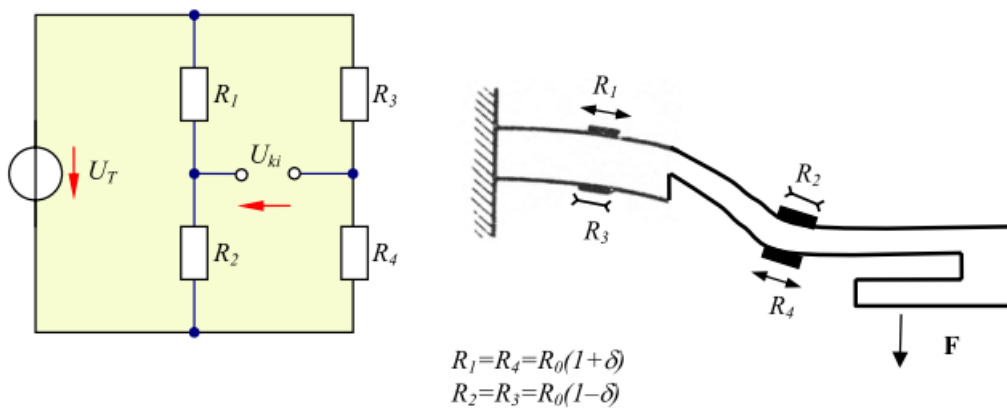
Nyúlásmérő ellenállásokat mindig hídkapcsolásban alkalmazzuk.

1. döntő ok: hőmérsékletkompenzáció a hídérés különbségi mérési elvet realizál
2. döntő ok: érzékenységnövelés

A különbségi mérési elv:



4 aktív belyeges mérőhíd feszültséggenerátoros táplálással



$$\begin{aligned}
 U_{ki} &= U_T \frac{R_4}{R_3 + R_4} - U_T \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_T \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} = \\
 &= U_T \frac{R_0^2 (1 + \delta)^2 - R_0^2 (1 - \delta)^2}{4 R_0^2} = U_T \cdot \delta
 \end{aligned}$$

Nyúlásmérő ellenállások mérőelektronikája

1. Egyenfeszültségű mérőhidak
2. A vívőfrekvenciás mérőhidak (nem tárgyaljuk)
3. Az egyenfeszültségű és a vívőfrekvenciás mérőerősítők összehasonlítása

Az egyenfeszültségű és a vívőfrekvenciás mérőhidak, mérőerősítők összehasonlítása

<i>Vívőfrekvencia</i>	<i>225 Hz</i>	<i>5 Hz</i>	<i>Egyenfeszültség</i>
Felső határfrekvencia	9 Hz	500 Hz	10 000 Hz
Felfutási idő	20 ms	0,5 ms	10 μsec
A nullpont hőmérsékletfüggése	0,5 mV	3,5 mV	15 mV
Az érzékenység hőmérsékletfüggése	0,05%	0,2%	0,01%
Linearitási hiba	0,01%	0,05%	0,01%
Zaj (effektus-érték)	0,04 μV	0,02 μV	0,13 μV

10. Ismertesse a fém ellenálláshőmérők működési elvét, mérőköri kialakításait, a vezetékellenállás hatásának kiszűrési módszereit!

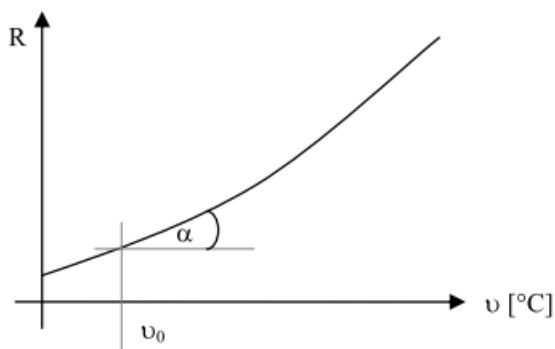
Működési elv:

A μ_e elektronmozgékonyosság minden vezető anyagban hőmérsékletfüggő, az n a vezetésben résztvevő töltéshordozók, az elektronok száma pedig fémeknél állandó, félvezetőknel hőmérsékletfüggő.

Miért és hogyan függ az elektronmozgékonyosság a hőmérséklettől?

A hőmérséklet növekedésével nő v k , és csökken λ , tehát μ_e csökken. Ez azt jelenti, hogy a fajlagos vezetőképesség emiatt csökken, azaz a fajlagos ellenállás nő. Ez a jelenség határozza meg a fém ellenállás-hőmérők működését.

Ellenállás hőmérő karakterisztikája:



Lineáris közelítést alkalmazva az **ellenálláshőmérő statikus karakterisztikája:**

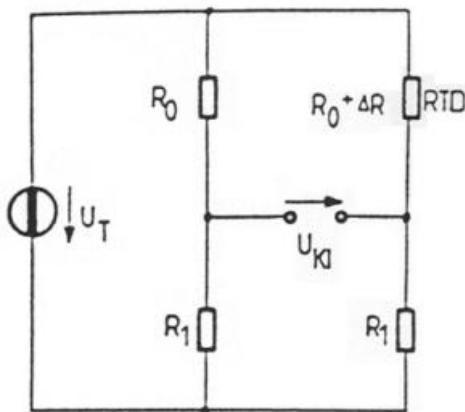
$$R(v) = R_0(1 + \alpha \cdot v) \quad (9)$$

Mérőköri kialakításai:

A fém ellenállás-hőmérők mérőelektronikáival szemben támasztott követelmények:

- A mért feszültség és a hőmérsékletfüggő ellenállás-változás $U(\Delta R)$ karakterisztikája legyen lineáris.
- Ki kell küszöbölni, vagy jelentős mértékben csökkenteni kell a vezetékellen-állások hatását. Ezért hosszabb mérővezetékek esetén három-, vagy négyvezetékes ellenállásmérőt alkalmazunk.
- A mérőáram által okozott önmelegedési hibát a megengedett hibahatár alatt kell tartani.
- Nagy közös jelelnyomást kell biztosítani.

Ellenállás-hőmérő passzív Wheatstone-hídban

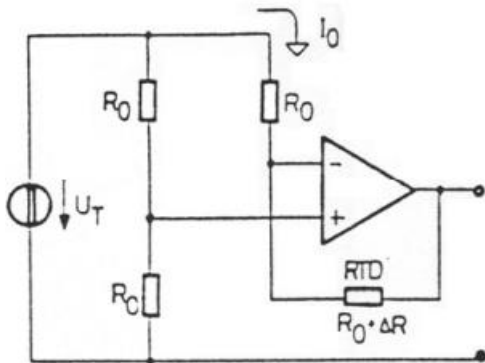


$$U_{ki} = U_T \frac{R_1}{R_1 + R_0} - U_T \frac{R_1}{R_1 + R_0 + \Delta R} =$$

$$= U_T \frac{R_1}{(R_1 + R_0)^2} \cdot \frac{\Delta R}{1 + \frac{\Delta R}{R_1 + R_0}}$$

A passzív Wheatstone-híd az eredetileg lineáris statikus karakterisztikát elrontja.

Ellenállás-hőmérő aktív mérőhidakban



$$I_0 = \frac{U_T}{2 \cdot R_0}$$

$$U_{ki} = \frac{U_T}{2} - \frac{U_T}{2R_0} (R_0 + \Delta R) =$$

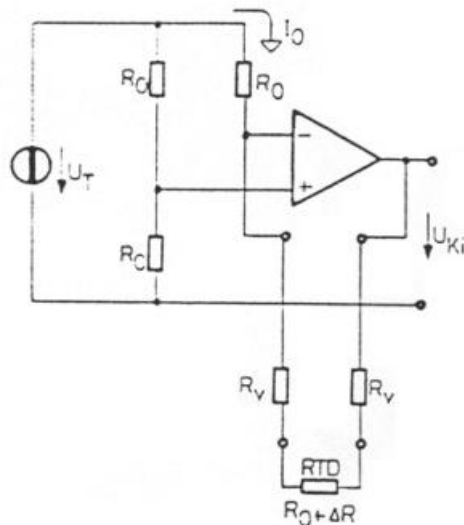
$$= -\frac{U_T}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R_0} \cong -\frac{U_T}{2} \cdot \alpha \cdot v$$

Az aktív Wheatstone-híd a lineáris statikus karakterisztikát nem rontja el.

A vezeték-ellenállás hatásának kiszűrési módjai

Az érzékelő (ellenálláshőmérő) a jelfeldolgozó elektronikától távolabb helyezkedik el, azonban a hozzávezetés ellenállása is befolyásolhatja a mérés pontosságát.

Kétvezetékes kialakítás esetén (ekkor maximális a hiba):



ΔR helyett $\Delta R'$ -t mérünk,

ahol:

$\Delta R' = \Delta R + 2R_v$ ahol R_v -a hozzávezetés ellenállása

Az abszolút hiba:

$$h_a[\Omega] = \Delta R' - \Delta R = 2R_v$$

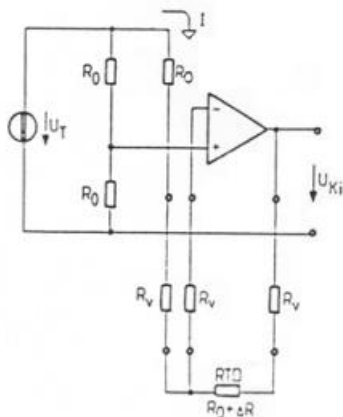
$$h_a[^\circ C] = \frac{2R_v}{\alpha \cdot R_0}$$

A relatív hiba:

$$h_r = \frac{\Delta R' - \Delta R}{\Delta R} = \frac{2R_v}{\Delta R} = \frac{2R_v}{\alpha \cdot R_0 \cdot \nu}$$

Az aktív Wheatstone-híd a lineáris statikus karakterisztikáját nem rontja el, de a vezetékellenállás hatását nem tudja kiszűrni.

Háromvezetékes kialakítással:



$$\text{A mérőáram: } I = \frac{U_T}{2(R_0 + R_v)}$$

$$U_{ki} = -\frac{U_T}{2} \frac{\Delta R}{R_0 + R_v}$$

Az $R_v = 0$ feltételezéssel számított $\Delta R'$ ellenállás relatív hibája ΔR -hez képest:

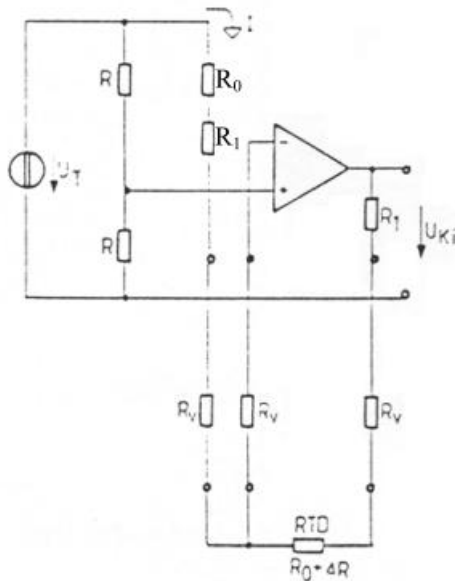
$$h_r = \frac{\Delta R' - \Delta R}{\Delta R} = -\frac{R_v}{R_0 + R_v} \cong -\frac{R_v}{R_0}$$

Az abszolút hiba:

$$h_a[\Omega] \cong -\frac{R_v}{R_0} \cdot \Delta R \cong -R_v \cdot \alpha \cdot \nu$$

$$h_a[^\circ C] \cong -(R_v / R_0) \cdot \nu$$

A vezeték-ellenállás hatásának további csökkentése:



$$I = \frac{U_T}{2(R_0 + R_1 + R_v)}$$

$$U_{ki} = -\frac{U_T}{2} \frac{\Delta R}{R_0 + R_1 + R_v}$$

A relatív hiba:

$$h_r = -\frac{R_v}{R_1 + R_0 + R_v} \cong -\frac{R_v}{R_1 + R_0}$$

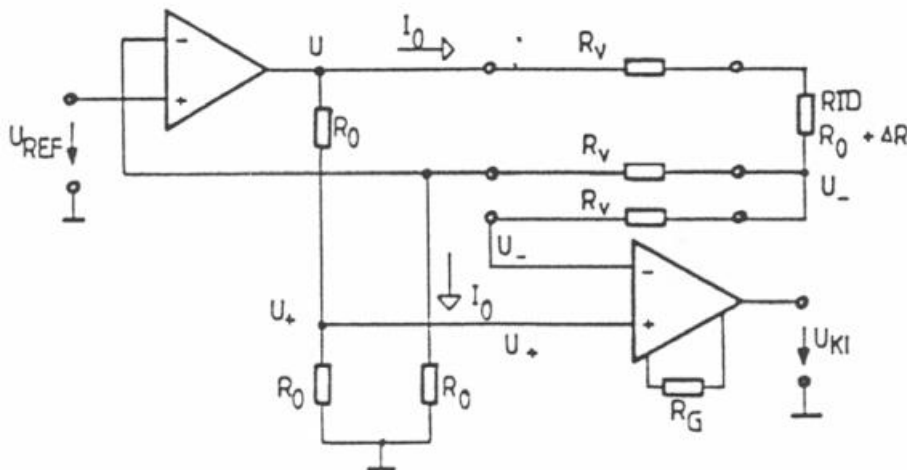
Az abszolút hiba:

$$h_a[\Omega] \cong -\frac{R_v}{R_1 + R_0} \cdot \Delta R \cong -\frac{R_v \cdot R_0}{R_1 R_0} \cdot \alpha \cdot \nu$$

$$h_a[^\circ C] = -\frac{R_v}{R_1 + R_0} \cdot \nu$$

A hiba $R_1 > R_0$ választással jelentősen csökkenthető.

Háromvezetékes kialakítás állandó áramú mérőhíddal:



Az állandó mérőáram: $I_0 = U_{REF} / R_0$

$$U = I_0 \cdot (2R_0 + 2R_v + \Delta R) \quad U_+ = \frac{U}{2} = I_0 \cdot (R_0 + R_v + \frac{\Delta R}{2})$$

$$U_- = I_0 \cdot (R_0 + R_v)$$

$$U_+ - U_- = I_0 \cdot \frac{\Delta R}{2};$$

$$U_{ki} = G \cdot (U_+ - U_-) = G \cdot I_0 \cdot \frac{\Delta R}{2} = G \cdot \frac{U_{REF}}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R_0}$$

$$U_{ki} = G \cdot \frac{U_{REF}}{2} \cdot \alpha \cdot \nu$$

11. Ismertesse a PN átmenet hőmérsékletfüggésének felhasználását hőmérséklet mérésére!

A dióda, mint hőmérsékletérzékelő

A pn átmenet nyitóirányú árama:

$$I = I_0(e^{\frac{U_N}{U_T}} - 1) \quad \text{ahol: } U_{N-} \text{ a nyitóirányú feszültség}$$

$$U_T = \frac{KT}{q} \text{ termikus feszültség}$$

A pn átmenet záróirányú árama:

$$I_0 = K \cdot T^m e^{-\frac{U_{ti}}{U_T}} \quad \text{ahol: } U_{ti} - \text{az adott félvezetőkre jellemző tiltott sáv, } U_{Ti} = 1,21 \text{ V szilícium esetén}$$

Az (1)-ből fejezzük ki U_N nyitóirányú feszültséget:

$$U_N \cong U_T \ln \frac{I}{I_0}$$

A pn átmenet feszültségének hőmérsékletfüggése $I = \text{áll}$ esetén egyrészt U_T , másrészt I_0 hőmérsékletfüggéséből adódik.

$$\begin{aligned} \frac{dU_N}{dT} &= \frac{dU_T}{dT} \cdot \ln \frac{I}{I_0} + U_T \frac{d \ln \frac{I}{I_0}}{dT}; & \frac{dU_T}{dT} &= \frac{K \cdot T}{Tq} = \frac{U_T}{T} \\ \frac{dU_T}{dT} \cdot \ln \frac{I}{I_0} &= \frac{U_T}{T} \cdot \ln I / I_0 = \frac{U_N}{T} \\ \frac{dU_N}{dT} &= \frac{U_N}{T} - U_T \frac{d \ln I_0}{dT} \end{aligned} \quad (4)$$

Írjuk fel az $\ln I_0(T)$ függvény deriváltját a (2) alapján!

$$\ln I_0 = \ln K + m \ln T - \frac{U_{ti}}{U_T}$$

$$\frac{d \ln I_0}{dT} = \frac{m}{T} + \frac{U_{ti}}{T \cdot U_T}; \quad \frac{d}{dT} \frac{1}{T} = -\frac{1}{T^2}$$

Ezt írjuk be (4)-be:

$$\frac{dU_N}{dT} = \frac{U_N}{T} - \frac{U_T \cdot m + U_{ti}}{T}$$

$\swarrow$ 25 °C-on ~40-50 mV
 $\nwarrow$ ~1,2 V

$$\boxed{\frac{dU_N}{dT} \cong \frac{U_N - U_{ti}}{T}}$$

Tudjuk, hogy szobahőmérsékleten U_N jó közelítéssel $0,6\text{ V}$. Ebből adódik, hogy:

$$\frac{dU_N}{dT} \cong \frac{0,6 - 1,2\text{V}}{300\text{K}} = -2 \frac{\text{mV}}{\text{K}}$$

Pontosabb számítások szerint ez az érték -jelöljük a továbbiakban az abszolút értékét C -vel-:

$$C = 2,15 \frac{\text{mV}}{\text{K}}$$

$$U_N = U_{fi} + \frac{dU_N}{dT} \cdot T \quad (9)$$

Itt nem ismertett megfontolások és mérések igazolják, hogy C széles hőmérsékleti tartományban közel állandó, ezért:

$$U_N = U_{fi} - CT \quad (10)$$

A (10)-ből jól látható, hogy egy dióda vagy tranzisztor bázis-emitter átmeneti nyitóirányú feszültségének hőmérsékletfüggése lineáris és negatív. Gyártástechnológiai okok miatt (paraméterszórás) diódát nem alkalmaznak hőmérsékletmérő eszközként, tranzisztorok B-E átmenetét azonban igen.

Bázis- emitter feszültségek különbségének hőfokfüggésén alapuló hőmérsékletérzékelő

Képezzük két azonos technológiával készült azonos hőmérsékleten működő tranzisztor bázis-emitter feszültségeinek különbségét. A két tranzisztor különböző munkapontban üzemel ($I_1 \neq I_2$).

$$\Delta U_{BE} = U_T \ln \frac{I_1}{I_{01}} - U_T \ln \frac{I_2}{I_{02}} = U_T \ln \frac{I_1}{I_{01}} \cdot \frac{I_{02}}{I_2}$$

A fenti feltételek mellett igaz, hogy

$$I_{01} = A_1 J_0 \text{ és } I_{02} = A_2 J_0,$$

ahol A_1 és A_2 a pn átmenetek felülete.

Ekkor igaz, hogy

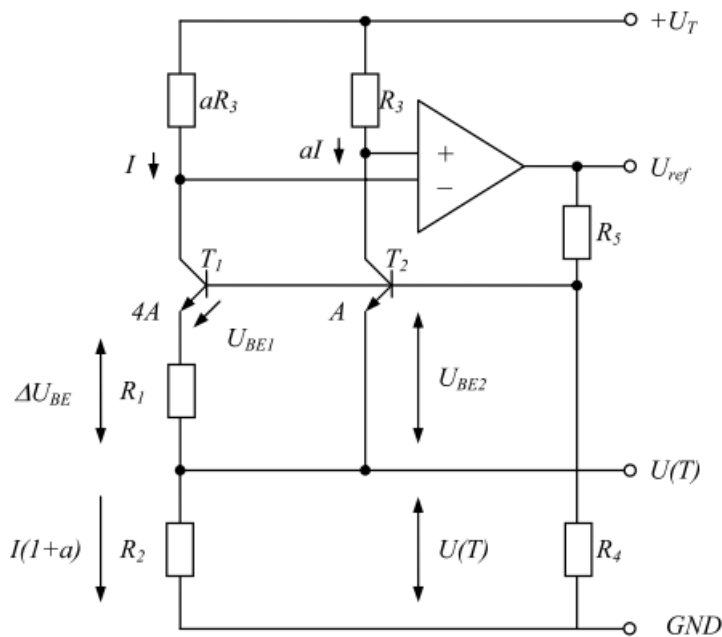
$$\Delta U_{BE} = U_T \ln \frac{I_1}{A_1} \cdot \frac{A_2}{I_2} = U_T \ln \frac{J_1}{J_2}.$$

Vagyis:

$$\Delta U_{BE} = \frac{KT}{q} \ln \frac{J_1}{J_2}$$

K és q fizikai állandók J_1 / J_2 szintén állandó, mert I_1 és I_2 külső áramköri elemek által meghatározott és A_1 , A_2 a gyártás során kialakított állandó értékek, T a mérendő hőmérséklet. Tehát ΔU_{BE} a hőmérséklettel lineárisan arányos és hőmérsékleti együtthatója pozitív. Az így kialakított hőmérséklet-érzékelő nagy előnye az egy pn átmenettel megvalósított hőmérséklet-érzékelőkhöz képest, hogy a különbségképzés eredményeként a gyártástechnológiából adódó paraméterszórások lényegében kiküszöbölhetők és nagyon jól reprodukálható, csereszabatos eszközt hozhatunk létre.

Realizálva:



$$I \cdot R_1 = \Delta U_{BE} = U_{BE2} - U_{BE1}$$

$$U(T) = (1+a)I \cdot R_2 = (1+a)\Delta U_{BE} \frac{R_2}{R_1}$$

$$U(T) = (1+a) \cdot I \cdot \frac{KT}{q} \ln \frac{J_1}{J_2} \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

Az ábrán látható kapcsolás a hőmérséklet mérésen kívül nagy pontosságú referencia feszültség előállítására is alkalmas (pl.: REF-10):

$$U_{ref} \frac{R_4}{R_4 + R_5} = U(T) + U_{BE2} = (1+a)\Delta U_{BE} \cdot \frac{R_2}{R_1} + U_{BE2} = (1+a) \frac{R_2}{R_1} \frac{KT}{q} \ln \frac{J_1}{J_2} + U_{ti} - CT = U_{ti},$$

ha $(1+a) \frac{R_2}{R_1} \frac{K}{q} \ln \frac{J_1}{J_2} = C.$

$$U_{ref} = \frac{R_4 + R_5}{R_4} \cdot U_{ti}$$

12. Ismertesse az Összenyomhatatlan közegek szűkítőelemes áramlásmérésnek módszereit, mérés technikai problémáit!

Elv:

A szűkítőelem a zárt csővezetékben áramló közeg útjába iktatott koncentrált fojtás, melynek ellenállásán az áramló közeg mennyiségétől függő nyomásesés jön létre. A szűkítőelemes mennyiségmérési módszer lényege, hogy a csővezetékbe épített szűkítőelemen létrejövő nyomásesés egyértelműen összefüggésben van a csővezeték keresztmetszetén időegység alatt átáramló közeg mennyiségével.

$$\Delta p = c \cdot q^2$$

A mennyiségmérő berendezés részei:

- Szűkítőelem,
- nyomáskülönbségmérő műszer,
- mérőszakasz,
- segédberendezések, tartozékok.

Előnyei:

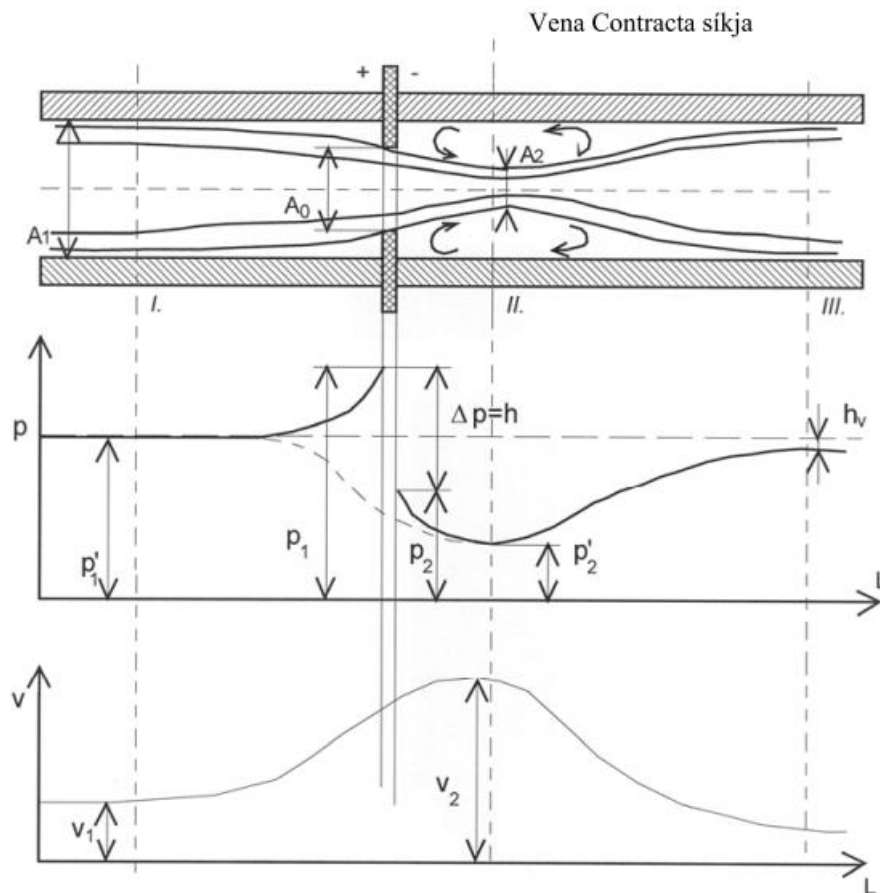
- a mérések a megfelelő pontossággal hajthatók végre,
- megbízhatóan reprodukálhatók,
- a mérési módszer egyszerű és általánosan használható,
- széles hőmérséklet- és nyomástartományban nagy mennyiségű folyadék, gáz vagy gőz is mérhető,
- az előállítási, beszerelési és karbantartási költségek viszonylag alacsonyak.

Hátrányai:

- az áramló közeg energiája kismértékű veszteséget szenved,
- a kis áramló közegek és lüktető áramlások mérése csak igen nehezen, vagy egyáltalán nem lehetséges,
- a különböző halmazállapotú anyagokat tartalmazó áramlások mérésére nem alkalmazható.

A szűkítőelemes mennyiségmérő módszer megbízható alkalmazásához a mérendő közegre, áramlására, valamint a technológiai csővezetékre a következő feltételeknek kell fennállniuk:

- az áramló közeg homogén fázisú legyen, szennyeződések csak kis mértékben tartalmazhat,
- az áramló közeg fázisa ne változzék meg a szűkítőelemen való áramlás közben,
- az áramló közeg a csővezeték teljes keresztmetszetét töltse ki,
- a szűkítőelem előtt a sebességeloszlás legyen egyenletes, rendezett áramlási kép alakuljon ki,
- a közeg áramlása stacionárius legyen,
- az áramló közeg fajsúlya és viszkozitása ismert és állandó legyen,
- a szűkítőelem beépítési helyén a tényleges belső csőátmérőt ismerni kell, a belépés helye előtt és után megfelelő hosszúságú csőszakaszt kell biztosítani,
- gáz vagy gőz halmazállapotú közegek esetén a szűkítőelem utáni és előtti abszolút nyomások viszonya nem haladhatja meg a hangsebesség szempontjából kritikus nyomásviszony 80%-át.

Megvalósítás:

- A₁: cső belső keresztmetszete = $D \cdot \pi/4$
- D: csőátmérő
- A₀: szűkítőelem belső keresztmetszete = $d \cdot \pi/4$
- d: szűkítőelem belső átmérője
- A₂: Vena Contracta síkja, a folyadéksugár legkisebb keresztmetszete
- P₁': folyadék nyomása a csővezeték tengelyvonalában
- P₁: szűkítőelem előtti nyomás (I. szakasz)
- P₂: szűkítőelem mögötti nyomás (II. szakasz)
- P₂': Vena Contracta síkjában lévő nyomás a csővezeték tengelyvonalában
- h_v: megmaradó nyomásvesztés
- v₁: csőben lévő folyadék sebessége a mérőszakasz előtt (I. szakasz)
- v₂: Vena Contracta síkjában a folyadék sebessége (II. szakasz)

13. Ismertesse a hőelemek működési elvét és a hidegponti hőmérséklet mérést befolyásoló hatásának kiszűrési módszereit!

Működési elv

Azt tapasztaljuk, hogy ha két különböző fémek egyik végpontjuknál összeforrasztjuk és a forrasztási pontot melegítjük, a két fém másik végpontjai között hőmérsékletfüggő feszültséget mérhetünk. A vezetópár neve: hőelem, a mért feszültséget termofeszültségnek nevezik. A hőelem működésének fizikai alapját a termoelektromos jelenségek képezik.

A Seebeck-effektus:

Ha két különböző (A és B) fémből zárt áramkört készítünk és a két forrasztási helyet különböző hőmérsékleten (T illetve $T+dT$) tartjuk, akkor a körben feszültség keletkezik és áram folyik.



A feszültség:

$$dU_{AB} = S_{AB} \cdot dT, \quad S_{AB} = \frac{dU_{AB}}{dT}$$

S_{AB} a Seebeck-együttható, más néven a differenciális termofeszültség. Dimenziója [V/K], értéke a két fém anyagi minőségétől és a hőmérséklettől függ.

A Peltier-effektus

Ha két különböző vezetőből készült zárt áramkörben áramot folytatunk keresztül, akkor a forrasztási pontokon hő szabadul fel, illetve nyelődik el, azaz a forrasztási pontok egyike felmelegszik, a másik lehűl.



Az időegység alatt kivált hőmennyiség a Peltier-hő:

$$dQ_P = \pi_{AB} \cdot I$$

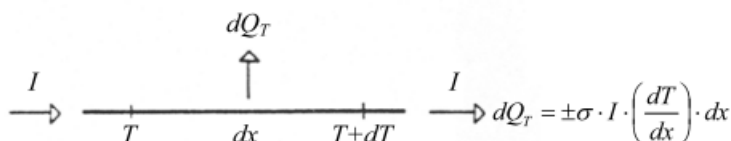
π_{AB} [V] a Peltier-együttható, értéke a két anyag jellemzőitől és a hőmérséklettől függ.

A Thomson-effektus

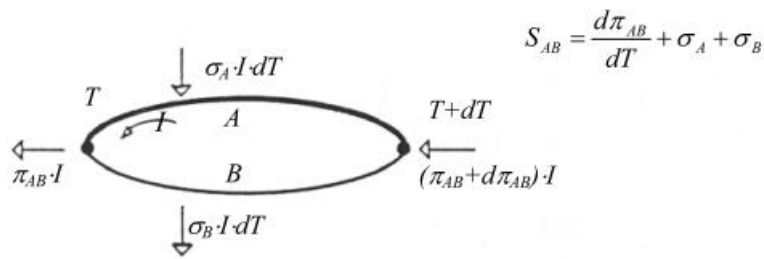
Ha egy vezető mentén hőmérséklet-gradienst hozunk létre és ezen a vezető szakaszon I áramot hajtunk keresztül, akkor dx hosszúságú szakaszon hőmennyiség szabadul fel, vagy nyelődik el az áram irányától függően. Ez a Thomson-hő:

$$dQ_T = \pm \sigma \cdot I \cdot \left(\frac{dT}{dx} \right) \cdot dx$$

σ [V/K] a Thomson-együttható, értéke függ az anyagi minőségtől és a hőmérséklettől.

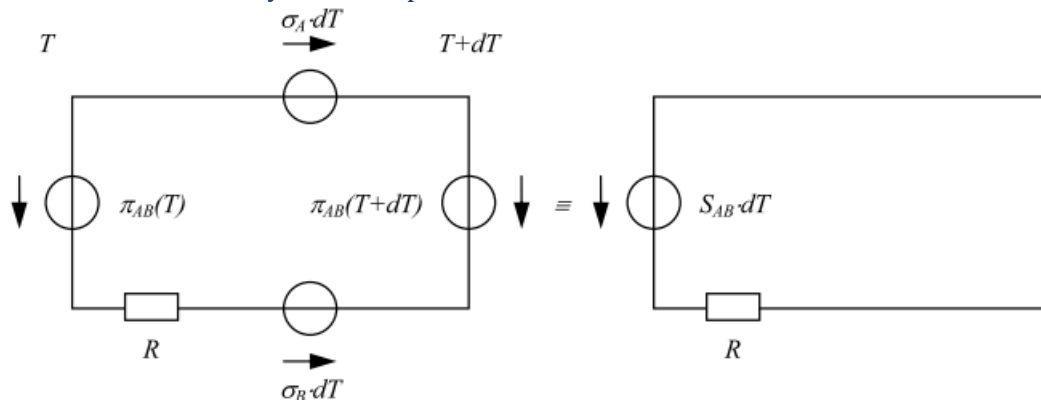


Termoelektromos együtthatók összefüggése



A termo-feszültség egy hőelemben egyrészt a csatlakozási pontokon, másrészt a hőelem szárai mentén keletkezik.

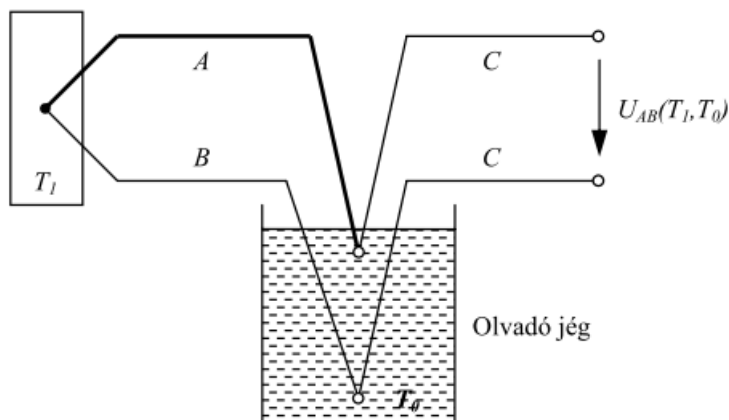
A hőelem villamos helyettesítőképe

**A hidegponti hőmérséklet hatásának figyelembe vétele**

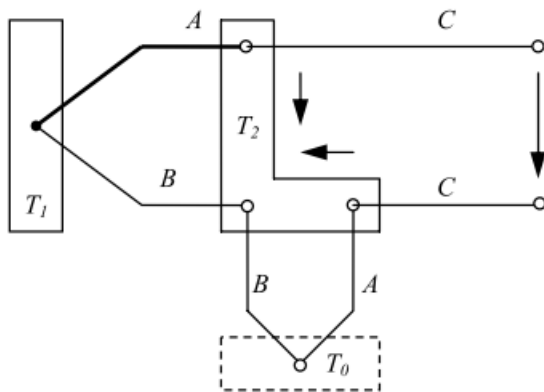
a hőelem csatlakozási pontjain mérhető termofeszültség egyaránt függ a hidegpont és a melegpont hőmérsékletétől. A melegponti hőmérséklet meghatározásához ismernünk kell a hidegpont hőmérsékletét is.

1. A hidegponti hőmérséklet stabilizálása

Ezt a módszert laboratóriumi körülmények között alkalmazzák precíziós mérések, a hőelemek kalibrációja céljából. A hidegponti csatlakozásokat olvadó jégbe vagy speciális, nagy pontosságú 0 °C-os hőmérsékletet előállító berendezésbe helyezik.



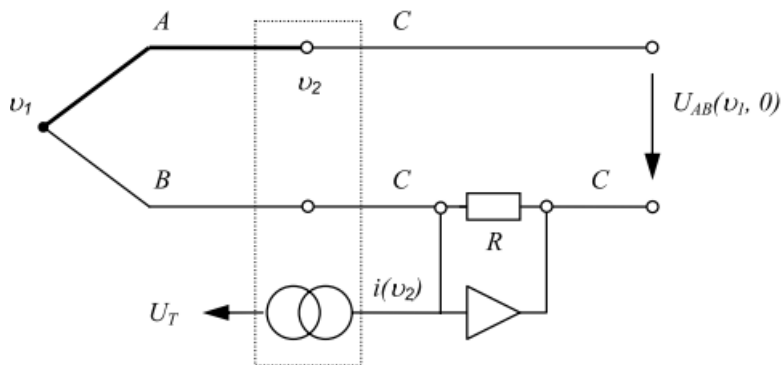
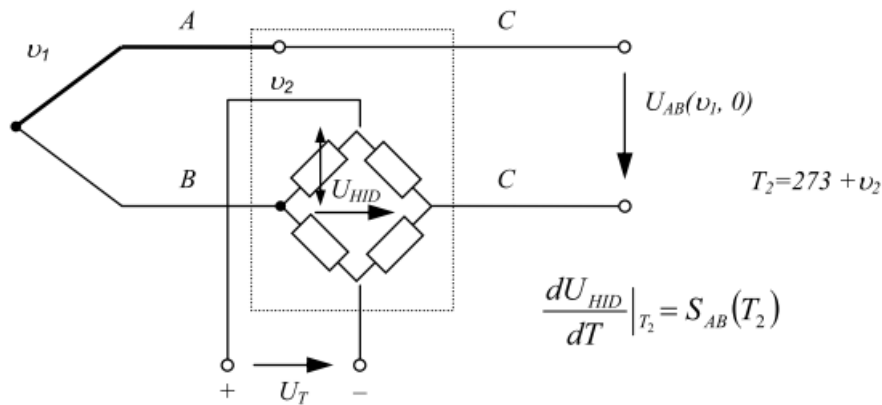
Az előző megoldással egyenértékű megoldás a **referencia hőelem** alkalmazása:

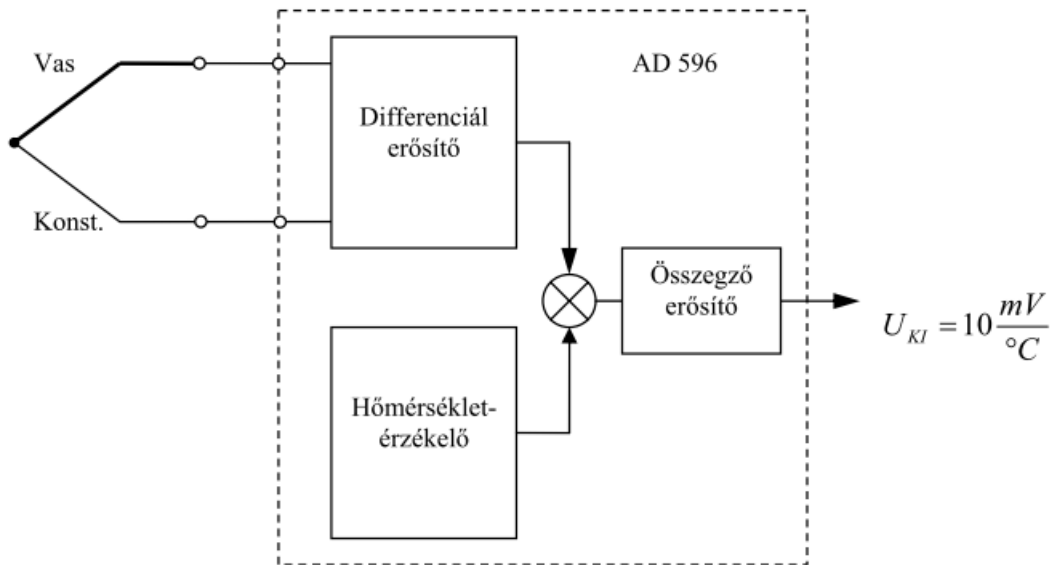


$$\begin{aligned} U_{AB}(T_1, T_2) - U_{AB}(T_0, T_2) &= \\ &= U_{AB}(T_1, T_2) + U_{AB}(T_2, T_0) = \\ &= U_{AB}(T_1, T_0) \end{aligned}$$

2. A hidegponti hőmérséklet mérése

A mindenkori hidegponti hőmérsékletet (u 2) fém (Platina) ellenállás-hőmérővel vagy integrált hőmérsékletérzékelővel mérhetjük. A mért termofeszültséget a hidegponti hőmérsékletnek megfelelő értékkel hardver vagy szoftver segítségével kompenzáljuk úgy, hogy a jelfeldolgozó elektronika, vagy szoftver 0 °C-os hidegponti hőmérséklettel számolhasson.





14. Ismertesse az ultrahangos áramlásmérés elvét, mérés technikai problémáit!

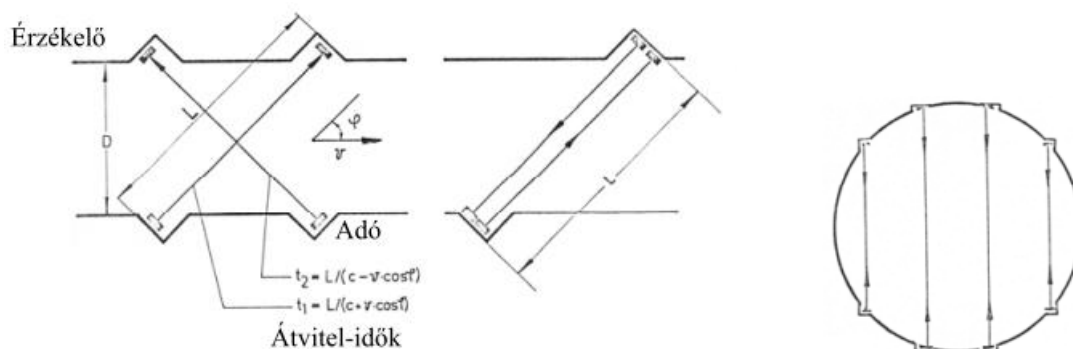
Elve

A mérők a hanghullám azon tulajdonságán alapulnak, hogy a hanghullám az áramló közegen áthaladva:

1. terjedési sebesség-változást,
2. irányváltozást,
3. frekvenciaváltozást szenved egy az áramlás által mozgatott részecskén való szóródás miatt. (Ezen utóbbi hatás Doppler-effektus néven ismeretes).

Terjedési sebességváltozáson alapuló ultrahangos áramlásmérő

A mérő működése azon az elven alapul, hogy ha az áramlás irányával ellenkező irányba hanghullámot bocsátunk ki, akkor az lelassul. Ha a hangot az áramlás irányának megfelelő irányba bocsátunk ki, akkor felgyorsul.



Mivel a hangsebesség (C) igen nagy a közeg sebességéhez (v) viszonyítva, ezért meg kell kísérelni C -t kiküszöbölni. Ez két hangszög összehasonlításával történik, melyek közül az egyik az áramlási sebességgel együtt, a másik azzal ellentételesen halad.

A kibocsátott hangterjedési idők:

1. számú adó esetén:

$$t_1 = \frac{L}{C + v \cdot \cos \varphi} = \frac{D \cdot \operatorname{ctg} \cdot \varphi}{C + v \cdot \cos \varphi}$$

2. számú adó esetén:

$$t_2 = \frac{L}{C - v \cdot \cos \varphi} = \frac{D \cdot \operatorname{ctg} \cdot \varphi}{C - v \cdot \cos \varphi}$$

ahol:

t_1, t_2 – a hangterjedési idők,

D – csőátmérő,

C – a hang terjedési sebessége nyugvó közegben,

v – a közeg sebessége.

φ – az adókat összekötő egyenesnek a cső középvonalával bezárt szöge

A fentiekből a közegsebesség:

$$V = \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \frac{D}{\sin 2\varphi}$$

Azért, hogy elkerüljék a t_1 és t_2 hangterjedési idők mérését (melyek a nagy hangsebesség miatt néhányszor 10⁻⁶ másodpercben különböznek egymástól) rövid idejű hangimpulzusokkal dolgoznak, amelynek az a lényege, hogy az adó akkor küld újabb impulzust, ha az előző a vevőhöz megérkezett.

Ezen impulzussorozatok frekvenciái

$$f_1 = \frac{1}{t_1}; f_2 = \frac{1}{t_2} \quad \Delta f = f_1 - f_2$$

A D átmérőjű csővezetékben áramló közeg térfogatárama ily módon Δf mérésével:

$$q_v = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{D}{\sin 2\varphi} \cdot \Delta f$$

Az eljárás nagy **előnye**, hogy a mérés független a közeg anyagi minőségétől és, hogy a mérőeszköz nem jelent akadályt az áramló közeg útjában.

Hátránya viszont, hogy a v sebességet csak az érzékelők átlója mentén határozták meg, a sebességprofil pedig a Re-szám változása miatt változik.