

Nukleáris elektronika

Az órák tartalma

- Előadások, melyek diások és azok átbeszélései köré épülnek
- Közös feladatmegoldások, ahol áramkör építési és C alapú mikrokontroller programozási feladatok lesznek
- Egyéni feladatmegoldások, melyek a projekt-feladat részét képezik

Követelmények

1. A félév során 1 db zárthelyi dolgozat eredményes megírása
2. Csoportos projekt munka elkészítése
3. A projekt munka kivitele, terjedelme, tartalma:
 - Működőképes áramkör
 - 10-15 oldal terjedelmű, A4 méretű, pdf formátumú dokumentum
 - Tartalmát tekintve legyen benne a feladat kiírás, blokkvázlat az áramkörről, kapcsolási rajzok, fénykép az elkészített berendezésről, C forráskód fontosabb elemei és azok részletes ismertetése
 - Fejlesztőkörnyezet ismertetése
 - Az áramkör részletes ismertetése

Témakörök

Atomreaktorok irányítástechnikai rendszerei

- Irányítópulti vezérlések, visszajelzések és a biztonságvédelmi logika
- Technológiai mérések, mérőrendszerek
- Nukleáris mérések, vezérlések, szabályozások

Jogi szabályozás

Minden tervezési folyamatra érvényes az NBSZ!

Nukleáris Biztonsági Szabályzat



Ami ugyan csak irányadó, de a tervezés során figyelembe veszik és be is tartják.

Berendezések tápellátása

A készülékek önálló tápegységgel rendelkeznek, melyek szigorúan földelve kell legyenek, különben fennáll a lebegés lehetősége és a mérések, vezérlések, beavatkozások nem működnek megfelelően.



A mérőkörök belső tápellátása többnyire föld független, azaz leválasztott. Az áramkörök tápellátása gyakran DC/DC konverterrel megoldott.

Irányítópulti vezérlések, visszajelzések



Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

Honnan érkezhettek jelzések?
Többnyire diszkrét szintek,
bináris jelzések.
De vannak analóg műszerek is.



Irányítópulti vezérlések, visszajelzések

Üzembe helyezés műszaki feltételei

- kulcsos kapcsolók egymástól távol
- napi rutin tesztek elvégzése
- kontaktusok ellenőrzése
- beragadás mentességek
- fény és hangjelzések megléte
- analóg műszerek tesztelése

Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

Bemenetek és kimenetek a jelzés típusától függően többségében leválasztottak!

Cél a visszahatás mentesség, esetleges szintillesztés. (trafó, opto, relé, szigetelő erősítő)

AC analóg átvihető: trafóval, szigetelő erősítővel, relével

DC analóg átvihető: szigetelő erősítővel, relével

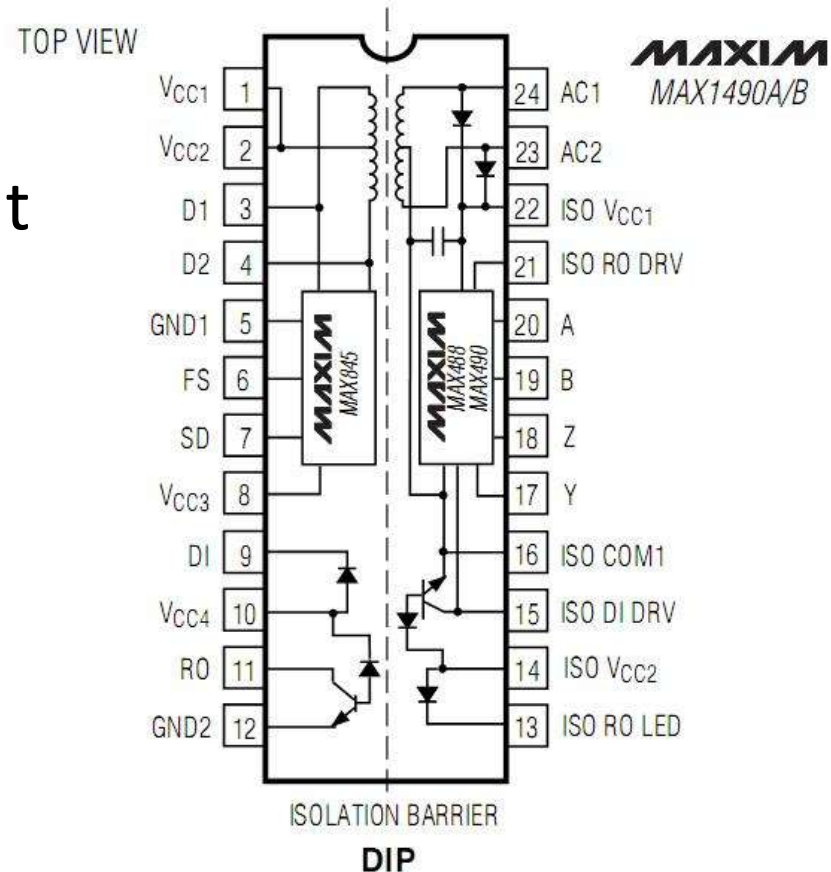
DC diszkrét átvihető: szigetelő erősítővel, de értelmetlen, relével és optoval

Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

Transzformátoros megoldást nem nagyon használunk ezekben a készülékekben manapság.

Elvértve persze, esetleg integrált formában előfordulhatnak.

Ekkor nincs szükség a leválasztott oldalon tápkialakításra!



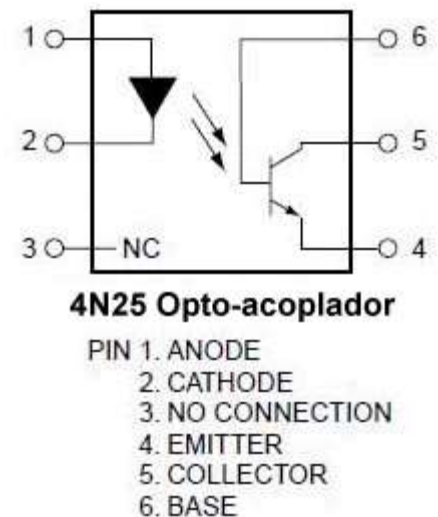
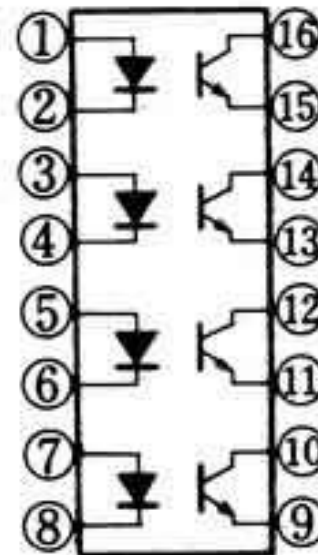
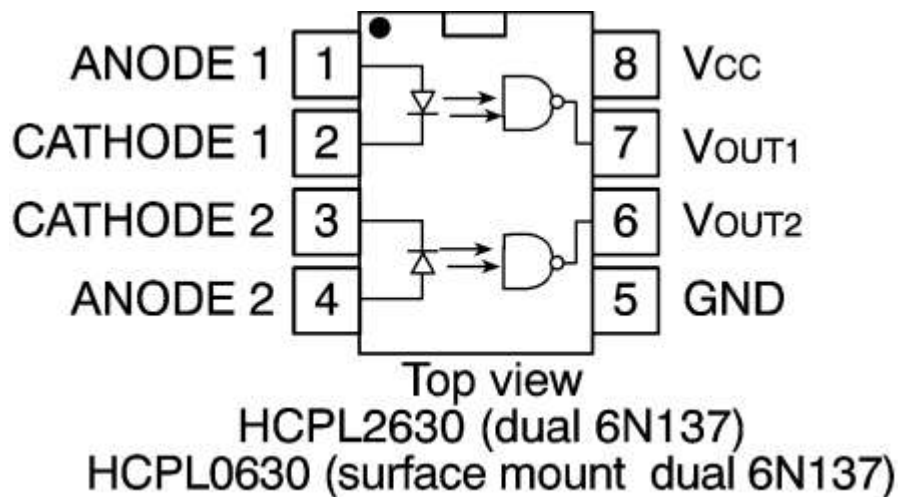
Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

Optocsatolós megoldások esetén, csak DC jelek továbbíthatók.

Bemenet többnyire infra LED, kimenet tranzisztoros OC, logikai inverteres esetleg triakos lehet.

Általában sebesség szempont szerint választunk.

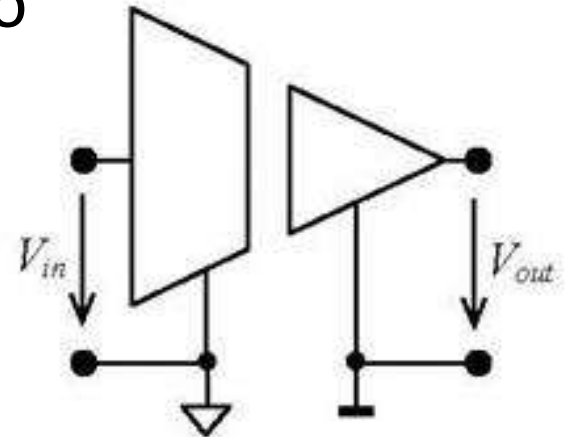
(HCPL26030, ILQ621GB, !N25, stb.)



Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

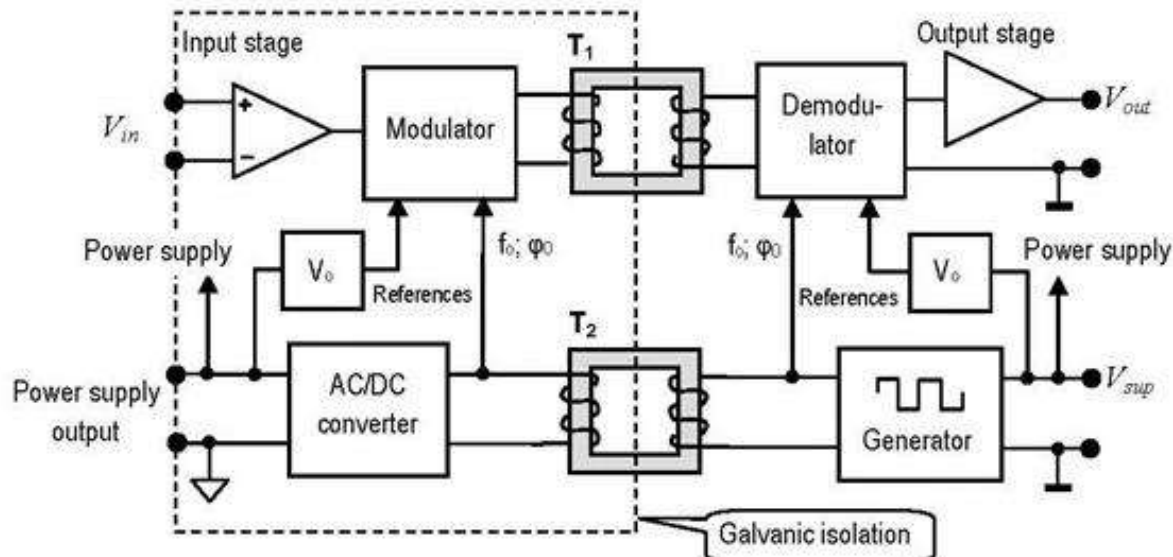
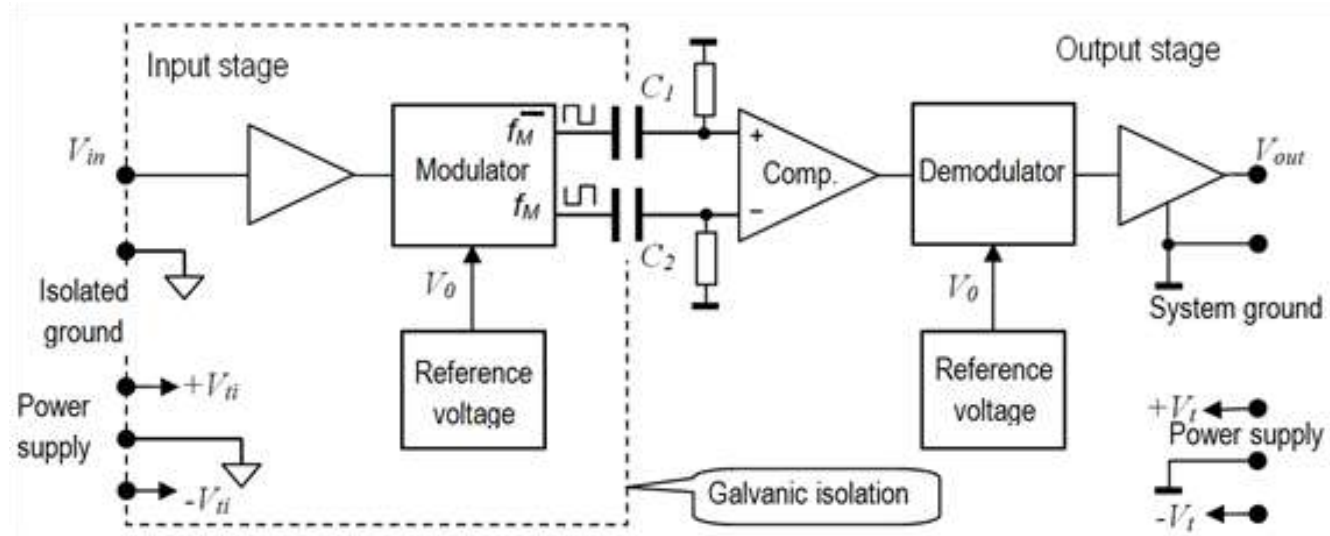
Szigetelő erősítők típusai

- kisméretű transzformátort tartalmazó
- kapacitív elvű
- optikai elvű



Mindegyik V-F konvertert tartalmaz, melynél a frekvencia hordozza az információt. Pl.: ISO124, ISO122, HCPL-7840

Írányítópulti vezérlések, visszajelzések



Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

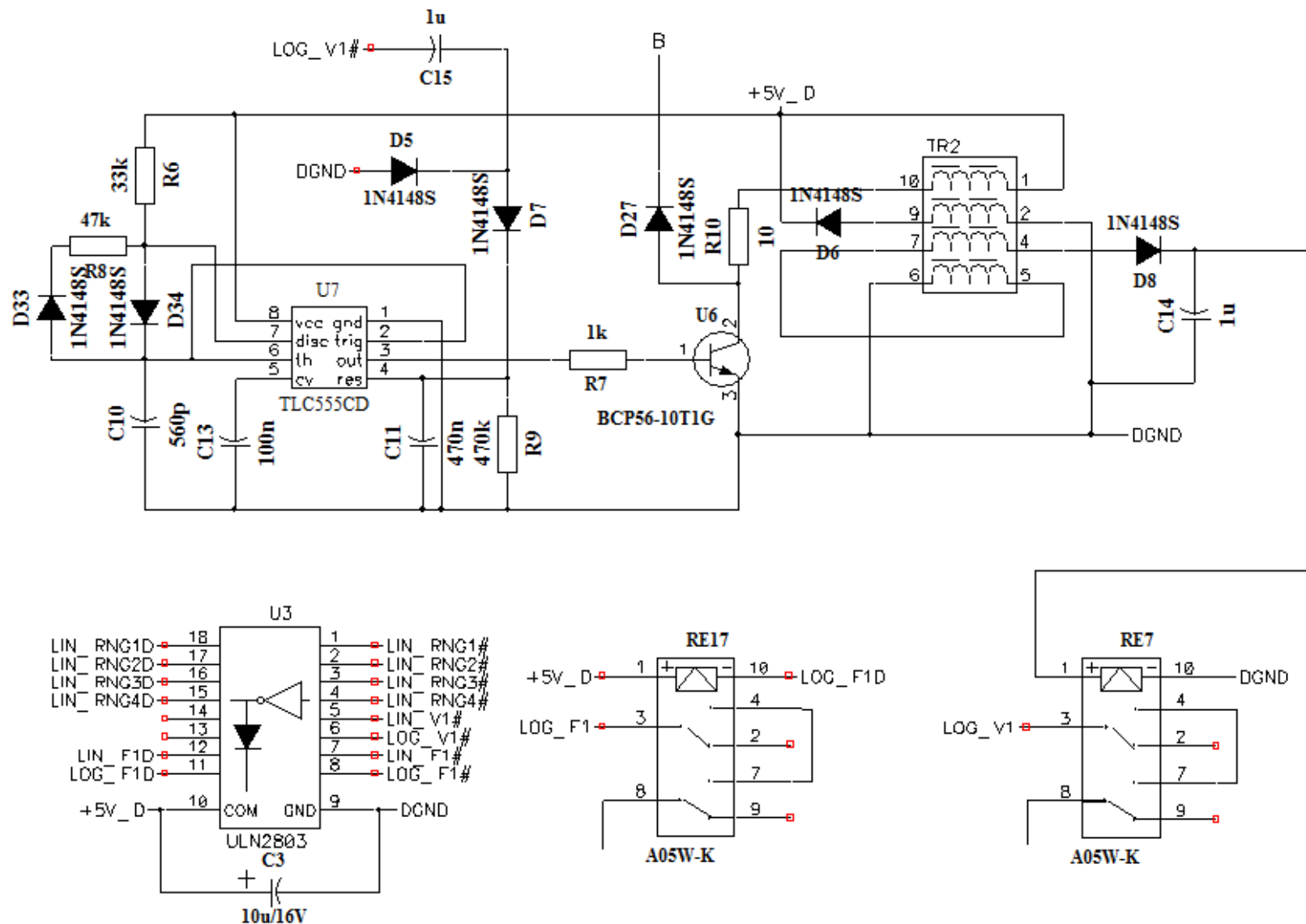
Jelzés típusok

- biztonságvédelmi jelzések (ezekre mindenképp leáll a reaktor)
- figyelmeztető jelzések (ezekre nem áll le a reaktor, de beavatkozás szükséges)

Beragadások (biztonságvédelmi jelek esetében különösen fontos!):

- jelkiadás relével dinamikus kimenetről: nagy áram esetén összeolvadhat az érintkező - beragadás
- védelmi jelzés beragadás mentesítése (relé és annak redundancia problémái)
- Mikrokontrolleres kimenet esetén hiba lehet: kontroller lefagy - magas jelszint vagy alacsony = relé is beragad
dinamikus jelet kell használni - pl.: négyszög jel + elektronika a relé miatt(trafó, kondi, tranzisztor)

Irányítópulti vezérlések, visszajelzések



Irányítópulti vezérlések, visszajelzések

Vezérlések a logika és a nukleáris mérőberendezések felé

- DC egyen szint, jellemzően 24V vagy DC impulzus sor
- Miért nem 5V vagy 3,3V, mint a kontrollerek tápja?
- Nyomógombok, kapcsolók, többnyire bontók, de ezek betervezése során ügyelni kell a feladatra is. (beragadás mentesítés duplán kötve)

Irányítópulti vezérlések, visszajelzések

Kimeneti indikátorok

- Többnyire LED-ek, de régebbi rendszerekben vannak izzós megoldások, AC 12-24-36-48-230V-ra.
- Jelzés megjelenésére lehet időkorlát:
 - pl.: vészjelzés eljutásának ideje , egy nagyságrenddel kisebb legyen mint a szabályzó rúd leesésének ideje
- Indikátorok jelzésének megszűnése, megszüntetése nem mindig automatikus és csak akkor lehetséges, ha megszűnt a kiváltó ok!
- Van, ahol inverz logikát használnak, ha esetleg kiégne a fényforrás. Pl.: szivárgás

Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

Rúdhúzások, azok feltételei, kivitelezés.

- Lehet rá időkorlát (Atomtörvény szabályozza!)
- Egyszerre több rudat/ rúdcsoporthoz nem lehet húzni manuálisan az oktatóreaktorban, máshol lehet
- Adott rudak (pl. BV) nincsenek végpozícióban, a szabályzó nem húzható (reteszfeltételek)
- Fel és le egyidejűsége esetén a lefelé győz (biztonság irányába)

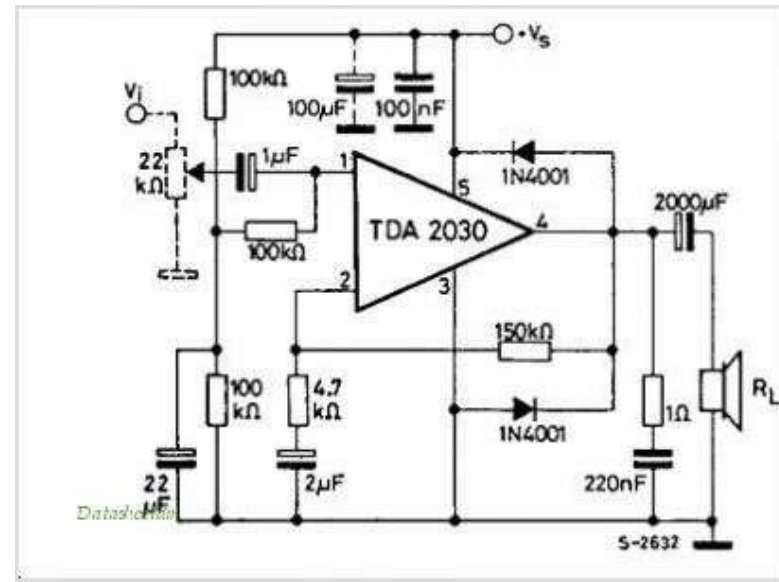
Rúdpozíció vizsgálata:

- Végpozíció BV rudak esetén végállás kapcsolóval, optikai érzékelővel, kapacitív érzékelővel, induktív szenzorral (bontó mechanizmust alkalmaznak)
 - a nincs ott a logikai magas
 - vezetékszakadás miatt
- Kijelzés többnyire mm-ben digitálisan, esetleg oszlop diagrammal.
 - potméter
 - impulzus jeladó

Írányítópulti vezérlések, visszajelzések

Hangjelzések, előállítása, azok feltételei, megszűnésük.

- Jelzésenként más hang lehet (figyelmeztető és BV)
- Ez kikapcsolható, törölhető, de nem nyugtázható, csak ha megszűnt a kiváltó ok
- Hangjelzés nagyobb teljesítményű, ezért műveleti erősítőre szokták kötni

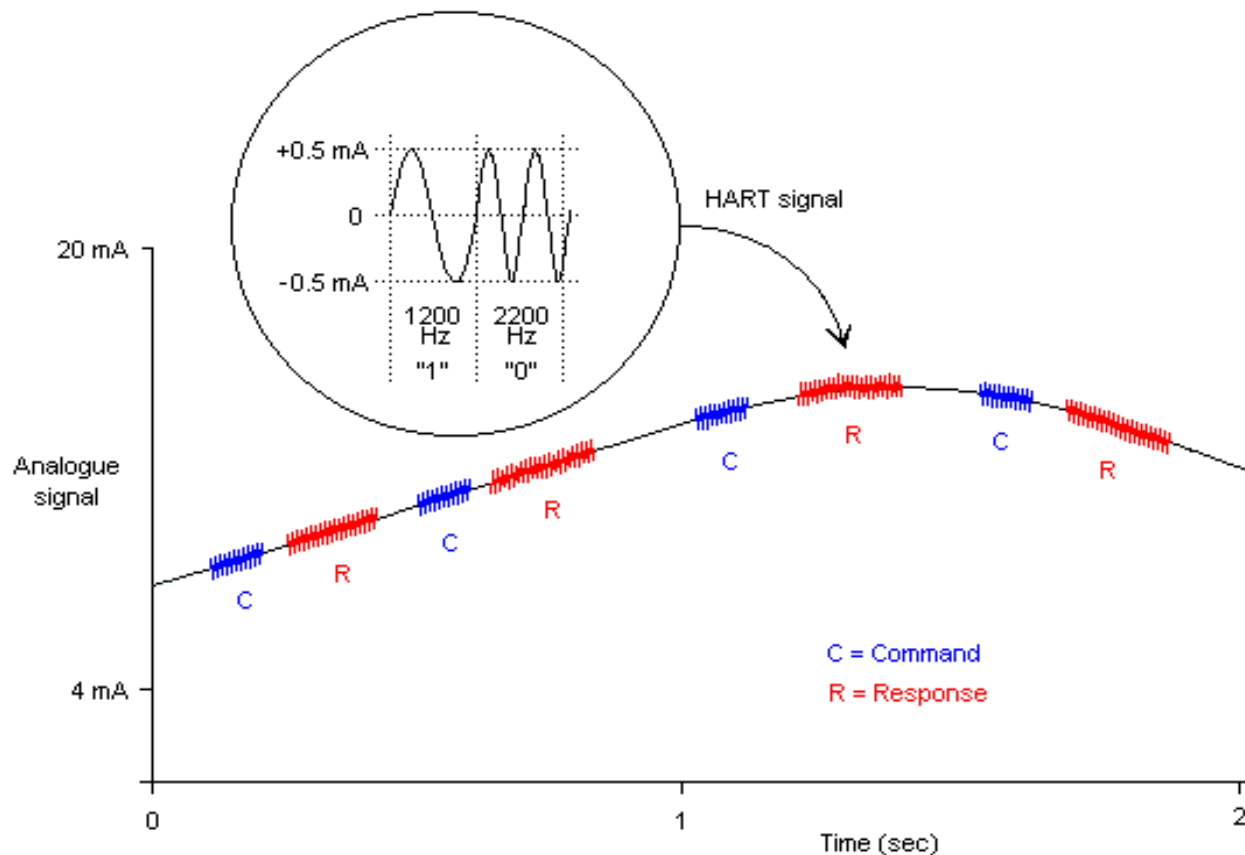


Technológiai mérőrendszerek

- Tápellátás többnyire közös az egyes egységeknél.
- Van ugyan külön leválasztás, abban az esetben, ha a környezeti zaj befolyásolja a mérést.
- Ilyenkor leválasztó transzformátort iktatnak be. $a=1:1$
- Az egységek tápja többnyire DC 24V, de van amikor 230V AC és megcsinálja magának a tápellátást.
- Kimeneteik többnyire analógok 0-20 mA, 4-20 mA. Van olyan, ami az analóg vonalra modulál digitális jelet pl. HART protokoll. (ez bináris adatfolyam)

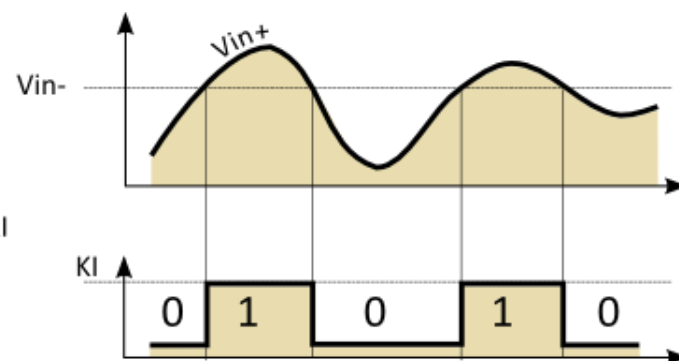
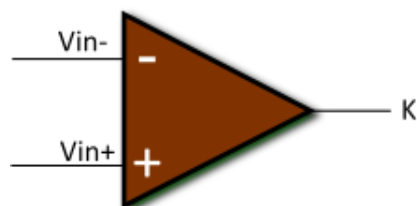
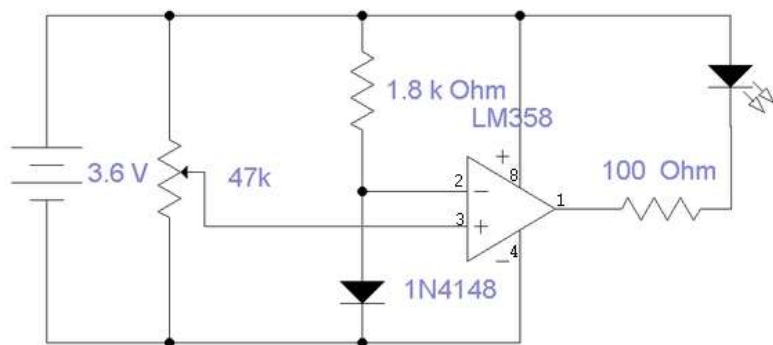
Technológiai mérőrendszerek

Highway Addressable Remote Transducer



Technológiai mérőrendszerek

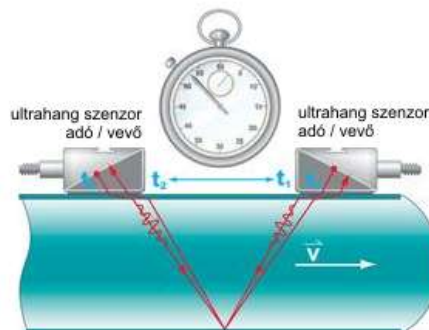
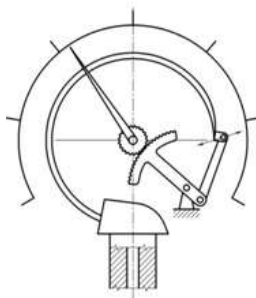
- Folyamatos mérés és diszkrét riasztási szintek
- Diszkrét esetben a legegyszerűbb pl. komparátor alkalmazása a kimenet felé. Vagy a folytonos mérésből intelligens logikával riasztási szint képzése.



Technológiai mérőrendszerek

Milyen jeleket vizsgálhatunk technológiai mérőrendszerrel?

- hőmérséklet
- forgalom
- nyomás
- vízszint
- vezetőképesség
- pH
- szivárgás



Technológiai mérőrendszerek

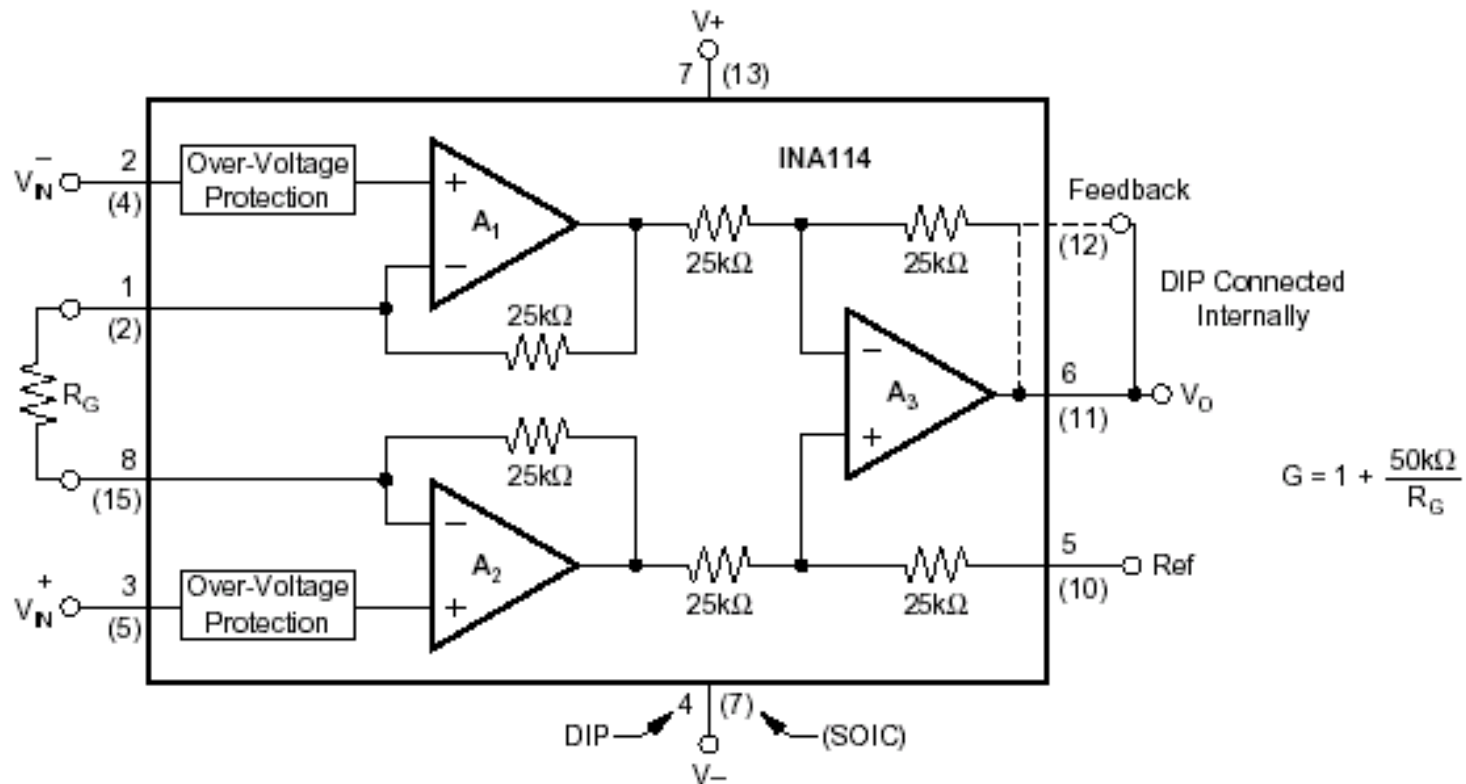
Hőmérséklet mérések

- Primer körben, nem primer körben.
- PT100-zal.
- Félvezető alapú hőmérőkkel.
- Hőelemekkel
 - K-típusúval a felaktiválódás miatt.
 - Mérőerősítő (instrumentációs erősítő) alkalmazása. μV -mV nagyságrend erősítése a cél, kis zajjal.
 - A használati hőmérséklet függ a használt vezetők típusától, például:
 - Cu-Konstantán (Ni+Cu+Mn) 370°C alatt
 - Cr-Ni 850°C alatt
 - Cr-Konstantán 870°C alatt
 - Cr-Al 1250°C alatt
 - Pt-Rh és B-Grafít $2000 - 2500^{\circ}\text{C}$ alatt használható.



Technológiai mérőrendszerek

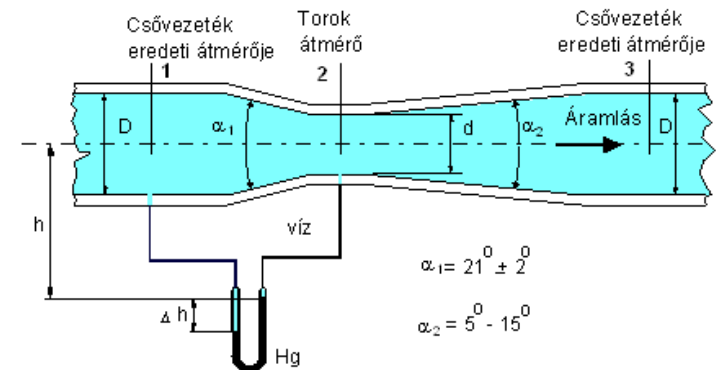
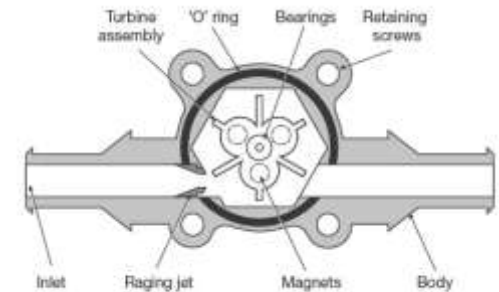
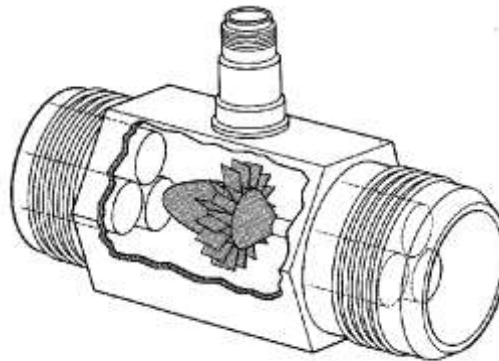
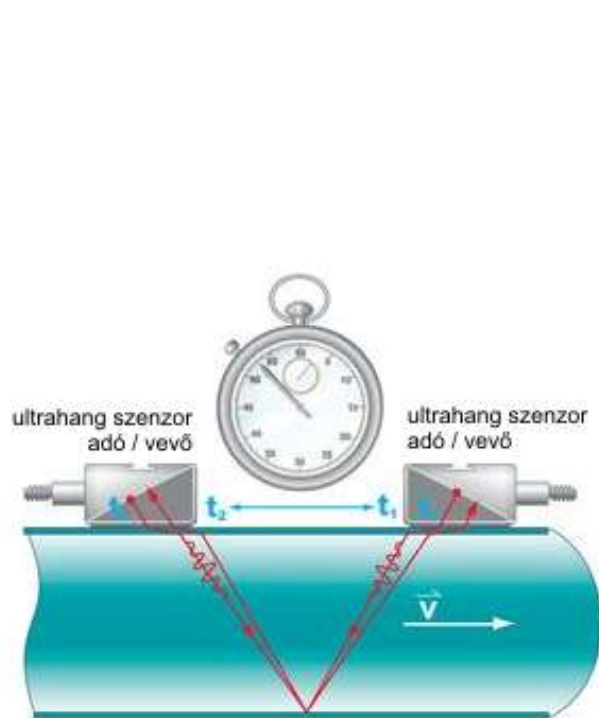
Mérőerősítő (instrumentációs erősítő)



Technológiai mérőrendszerek

Forgalommérés

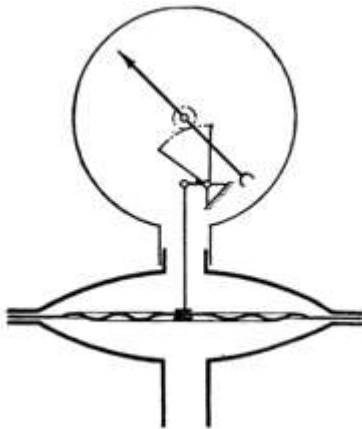
Turbinával impulzusszámlálási elven, nyomáseséses elven, vagy ultrahanggal.



Technológiai mérőrendszerek

Nyomásmérés

Membrános távadóval, Si félvezetős elven, pneumo-hidraulikus elven. Itt is mérőerősítőt alkalmaznak.

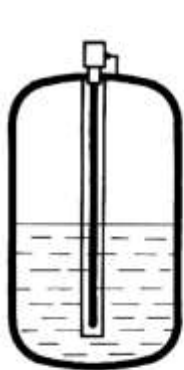


Technológiai mérőrendszerek

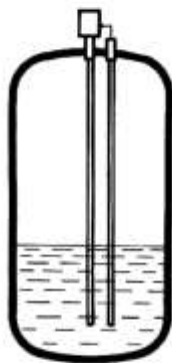
Vízszintmérés

- Kapacitív elven
- Ultrahangos szondával

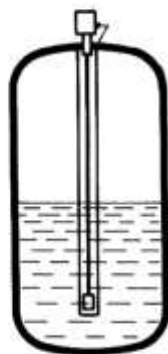
Kapacitív szintérzékelők



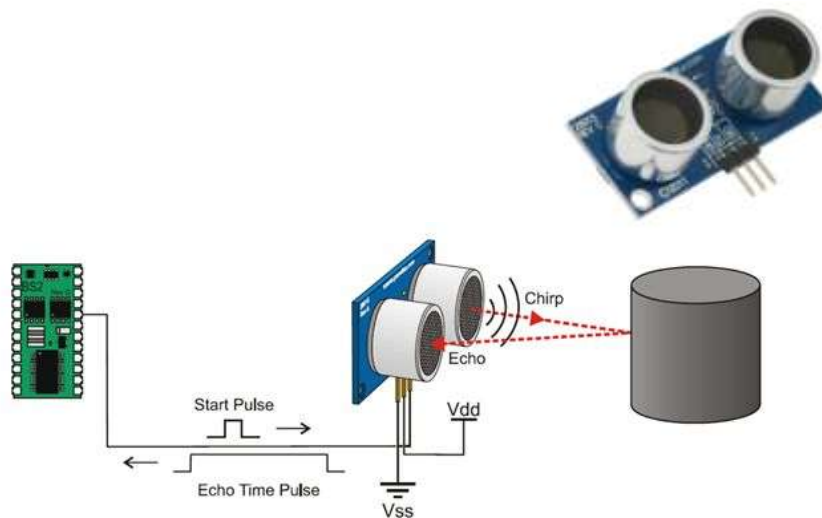
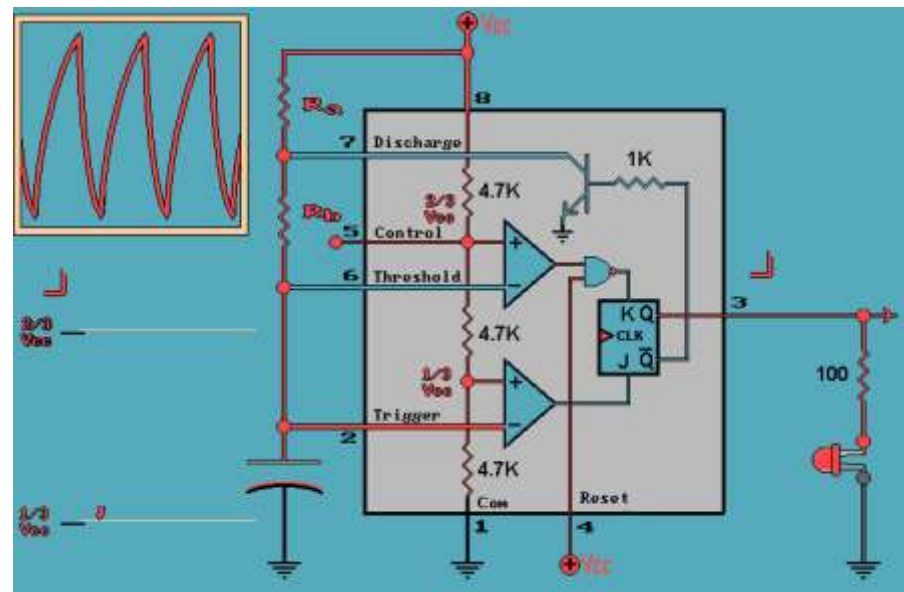
Egyik fegyverzet a fémtartály



Segédelektóddal



Elektroda körüli köpeny fegyverzet



Technológiai mérőrendszerek

Szivárgás

Rezisztív szondával



Technológiai mérőrendszerek

Üzembe helyezés műszaki feltételei

- Védőföldelés, egyéb rendszerektől való visszahatás mentes működés.
- Létfontosságú mérések legyenek redundánsak és diverzek.
- A döntések szinte mind kétállapotúak és hiszterézissel rendelkeznek.
- Félintelligens rendszerek. SIL-es berendezések. Riasztások hanggal és fénnnyel. Nyugtázhatóak legyenek. Igaz ezekre is, hogy nyugtázással a hang némítható, ha fennáll a kiváltó ok, de a fény nem!

Nukleáris mérőrendszerek

Cél a radioaktív sugárzások (részecskék) detektálása.

- alfa, béta, gamma, neutron
- Ionizáló sugárzások detektálása során a detektor érzékeny térfogatában keletkezett töltéshordozók (elsődleges, másodlagos stb.) a kimeneten áramimpulzust hoznak létre, vagy ionizációs nyomuk megjeleníthető.
- A töltéssel rendelkező részecske detektálása nagy nehézséget nem okoz, gáz ionizáció.

Nukleáris mérőrendszerek

A töltéssel rendelkező részecske detektálása nagy nehézséget nem okoz, gáz ionizáció.

- ionizációs kamrát,
- proporcionális számlálócsövet,
- GM-csövet,
- félvezető detektort,
- szcintillációs detektort,
- magemulziót,
- detektorokból álló teleszkóprendszert,
- Wilson-kamrát,
- buborékkamrát,
- szikrakamrát,
- Cserenkov-számlálót
- szilárdtest-nyomdetektort, stb.

Nukleáris mérőrendszerek

A lehetséges kölcsönhatások, amelyek során a semleges neutron ionizáló részecskévé transzformálhatjuk, a következők:

- rugalmas szóródás (visszalökés),
- rugalmatlan szóródás
- maghasadás (fragmentáció)
- magreakció radioaktív termék keletkezésével (neutronok által indukált mesterséges radioaktivitás, indikátormódszer)
- magreakció radioaktív termék keletkezése nélkül

Nukleáris mérőrendszerek

Magreakción alapuló neutron-detektorok

Reakció	Hatáskeresztmetszet (termikus)	Izotóparány	Q (reakcióhő) MeV
$^{10}\text{B} (n,\alpha) ^7\text{Li}$	$3900 \pm 110 \text{ barn}^*$	18,83%	2,791
$^6\text{Li} (n,\alpha) ^3\text{T}$	$910 \pm 100 \text{ barn}$	7,4	4,785
$^{113}\text{Cd} (n,\gamma) ^{114}\text{Cd}$	19500 barn	12,3	7,5
$^3\text{He} (n,p) ^3\text{T}$	$5060 \pm 200 \text{ barn}$	$1-10 \times 10^{-5}$	0,7637

Nukleáris mérőrendszerek

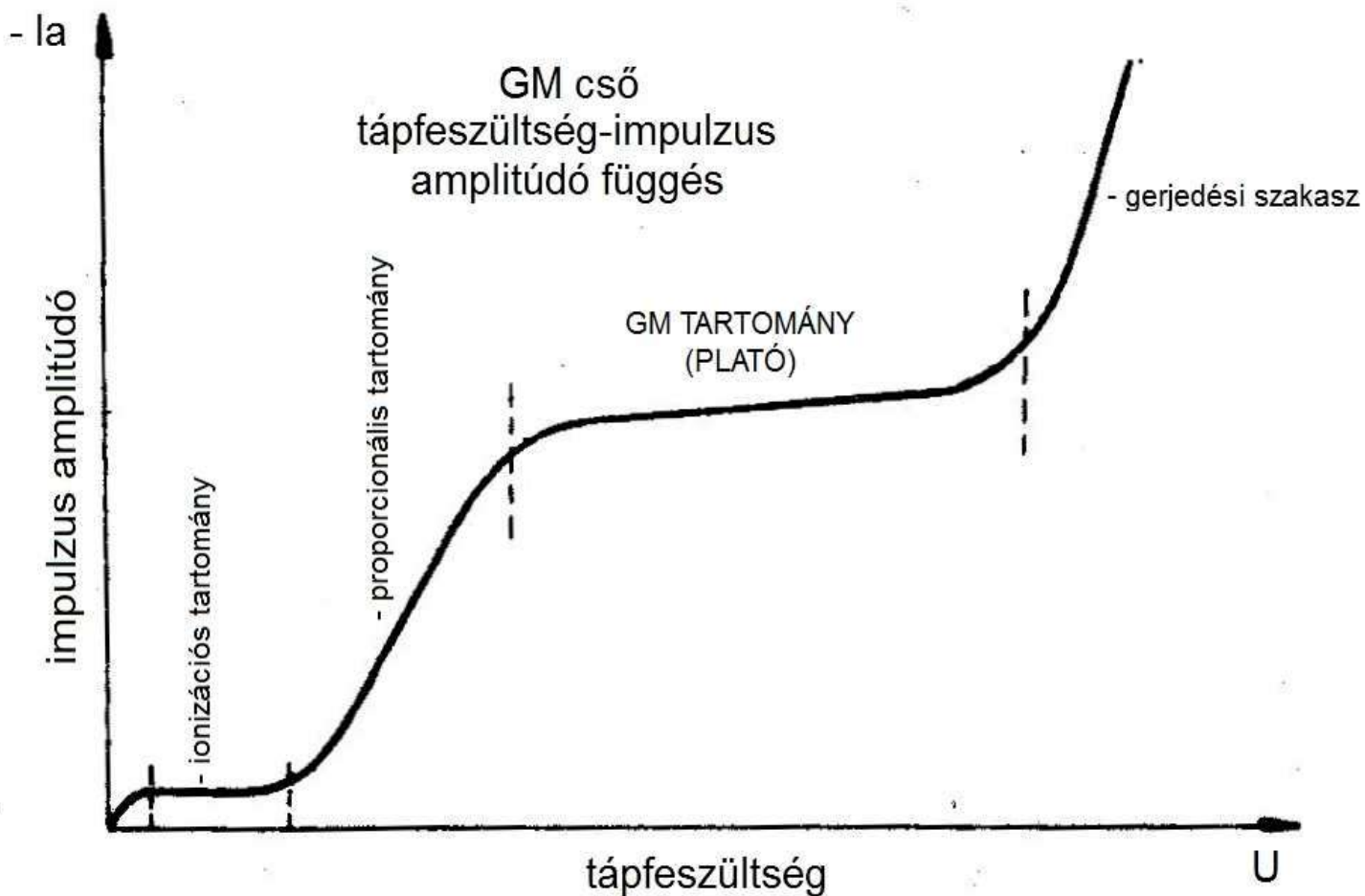
Hasadási neutron-detektorok

- A hasadásnál felszabaduló nagy energiának jelentős része (mintegy 160 MeV) a hasadási termékek kinetikus energiájaként jelentkezik. (A periódusos rendszer végén lévő elemek közül termikus neutronok hatására hasad: pl. ^{235}U , ^{239}Pu). Ennek következménye, hogy a hasadási termékek pl. egy ionizációs kamrában igen nagy impulzusokat váltanak ki annál is inkább, mert erősen (sokszor húszszorosan) ionizáltak.
- Az átlagban mintegy 75 MeV kinetikus energiájú hasadási termékek ionizációs nyoma ui. levegőben kb. 2,1 cm, míg pl. egy 5 MeV-os α -részecske kb. 4 cm levegőúthosszon ionizál.
- CFUL-08 esetén 80 ns a begyűjtési idő és 1 hasadásra kb. 1 μA áramot ad. A diszkriminációs szintet fél μA -re szokás állítani.

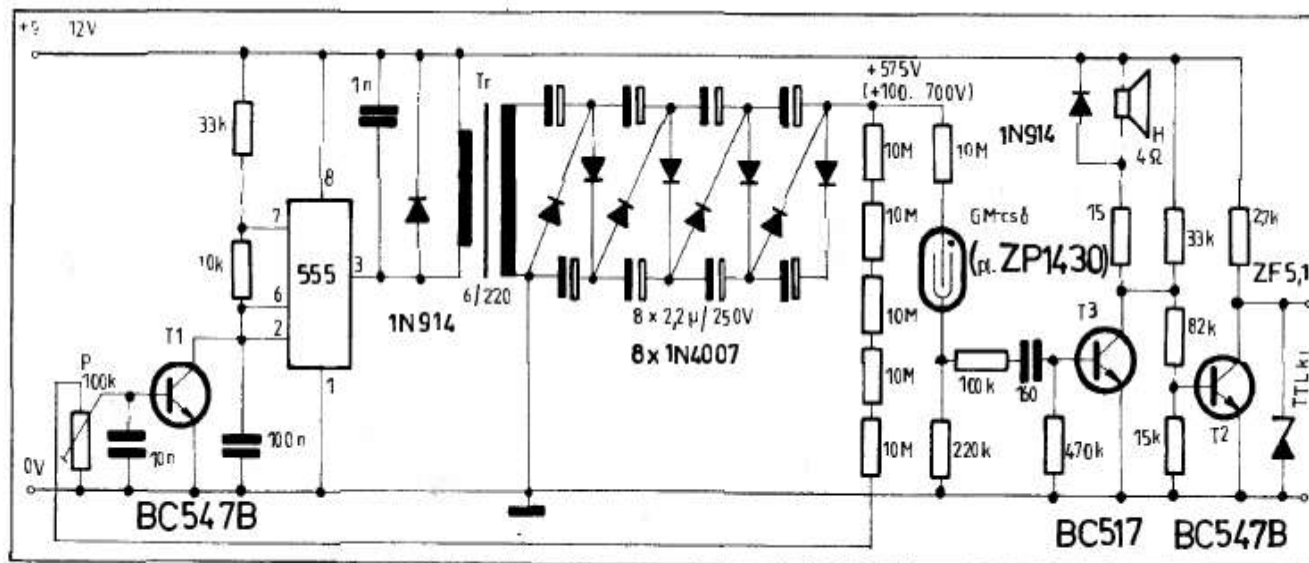
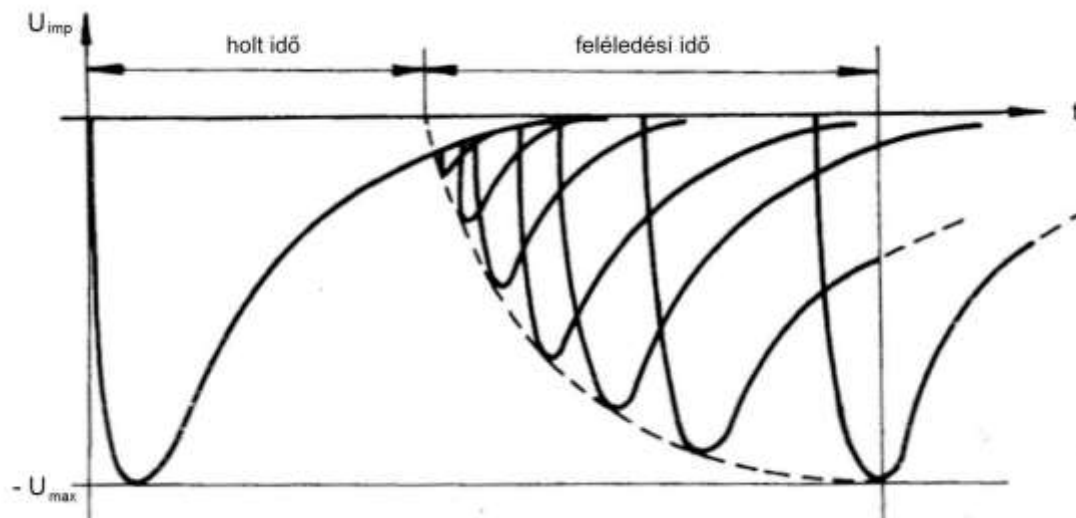
Gyors neutron is lehet detektálni

- Ilyen pl. az ^{238}U , ^{232}Th , ^{209}Bi , stb., amelyeknél a hasadáshoz szükséges neutron energia MeV nagyságrendű.

Nukleáris mérőrendszerek



Nukleáris mérőrendszerek



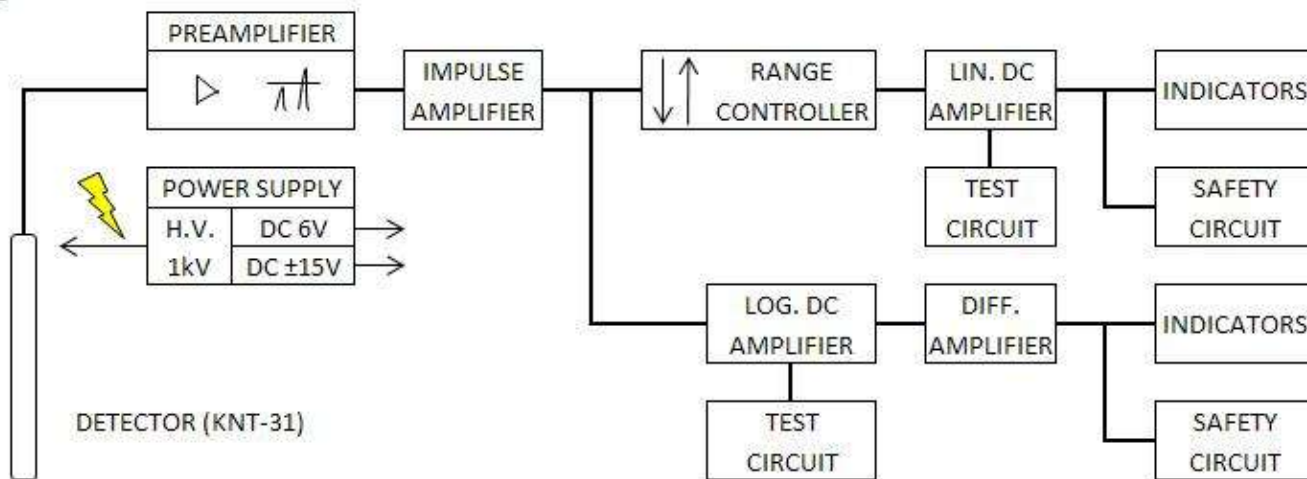
5. ábra. Geiger—Müller-csőves sugárzásjelző

Nukleáris mérőrendszerek

- Tápellátás központi tápellátással, ami nem feltétlenül stabil, mert minden egység tartalmaz DC/DC konvertert.
- Az egységek tápja többnyire DC 5V, $\pm$ DC 15V.
- Sok egység használ referenciát, pl. REF02, LM334, stb. ezek kis hőfoktényezőjű félvezető alapú referenciák. 2,5V, 4096V, stb.
- Esetenként a digitalizálásnál a μ C belső A/D-je az 5V-os tápot használja referenciaként. (nem ajánlott!!!)
- Kimeneteik a felhasználók felé többnyire digitálisak, kivéve a mért értékek kijelzése, melyek analógok 0-20 mA, 4-20 mA. (pl. pult kijelzések)

Nukleáris mérőrendszerek

I1, I2



E4, E5

