

Távadók

Programozható irányítóberendezések
és szenzorrendszerek

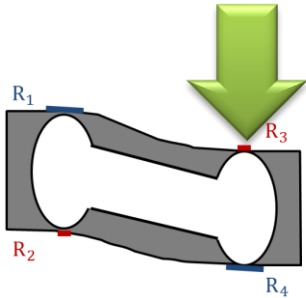
KOVÁCS Gábor

gkovacs@iit.bme.hu

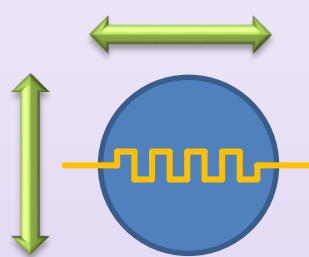
Érzékelők illesztése

Elemi érzékelő

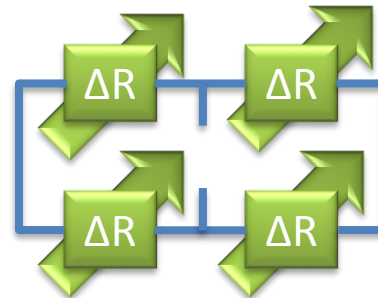
Nyomóerő



Megnyúlás



Ellenállás-változás

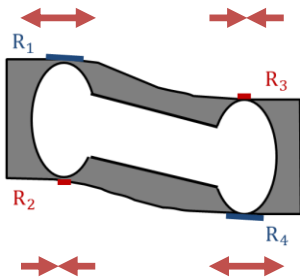


Próbatest

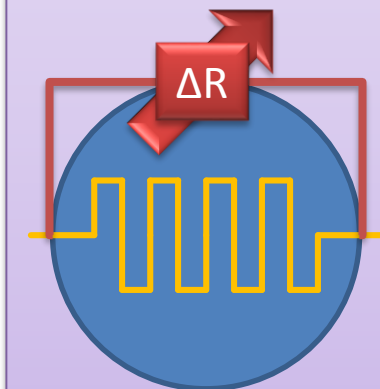
Nyúlásmérő
bélyeg

Hídkapcsolás

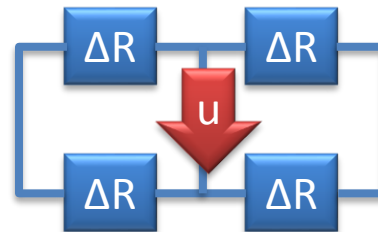
Írányító-
rendszer
felé



Megnyúlás



Ellenállás-változás

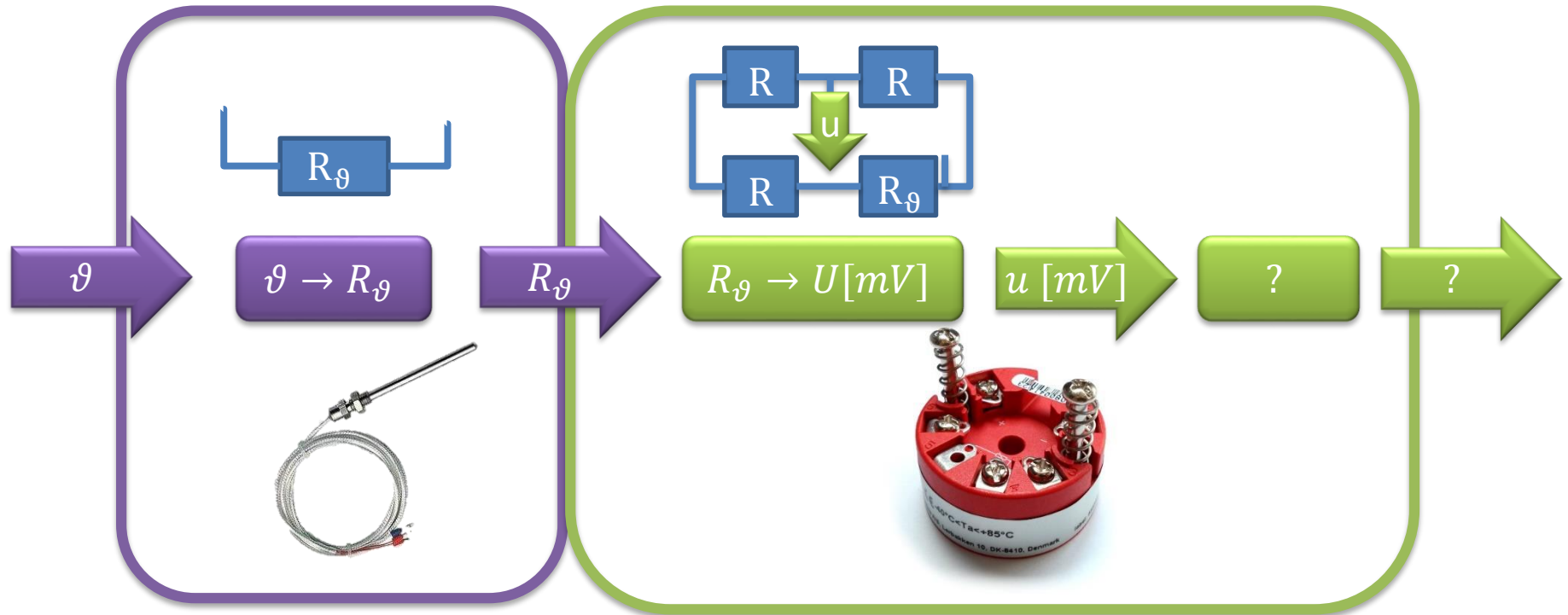


Feszültség (10 mV/V)

Érzékelők kimenete

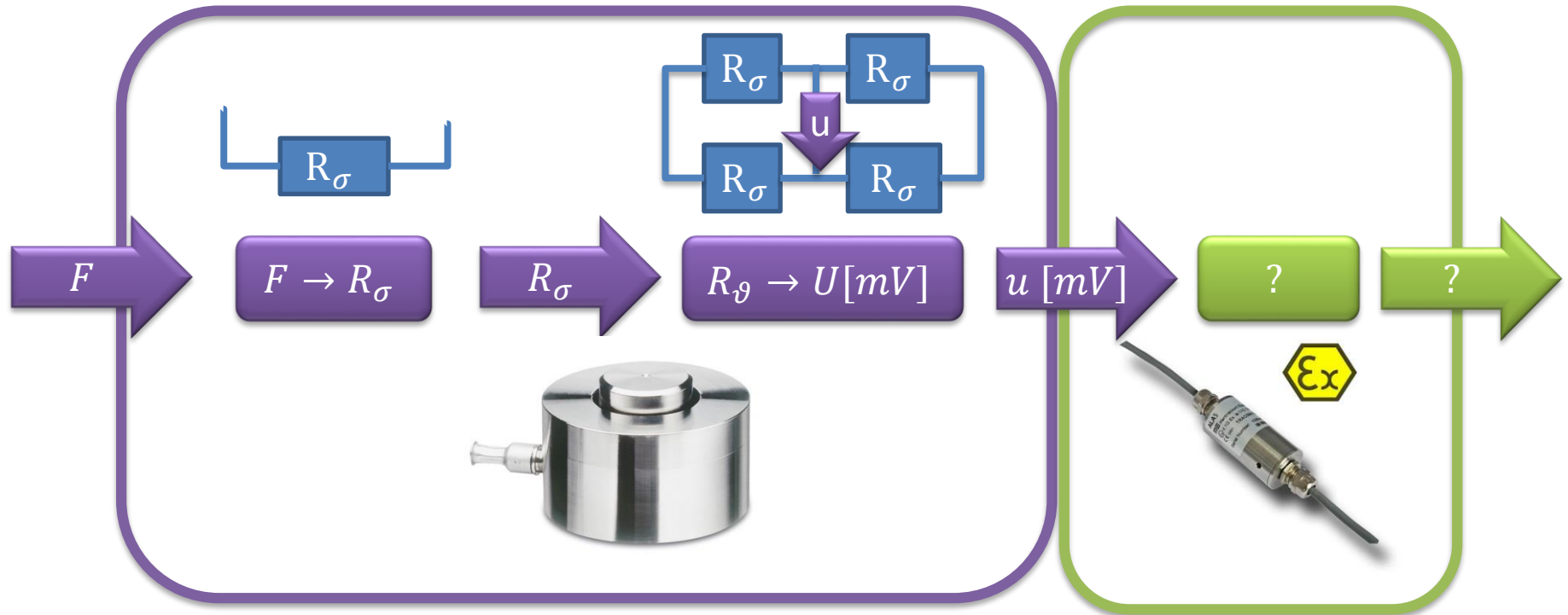
- Érzékelők általában feszültség kimenetűek
- Az értékeket esetenként messzire kell továbbítani
- Távadó (*transmitter*): egy folytonos (nem állásos) mért mennyiséget szabványos formában továbbító berendezés

Érzékelők, jelátalakítók és távadók



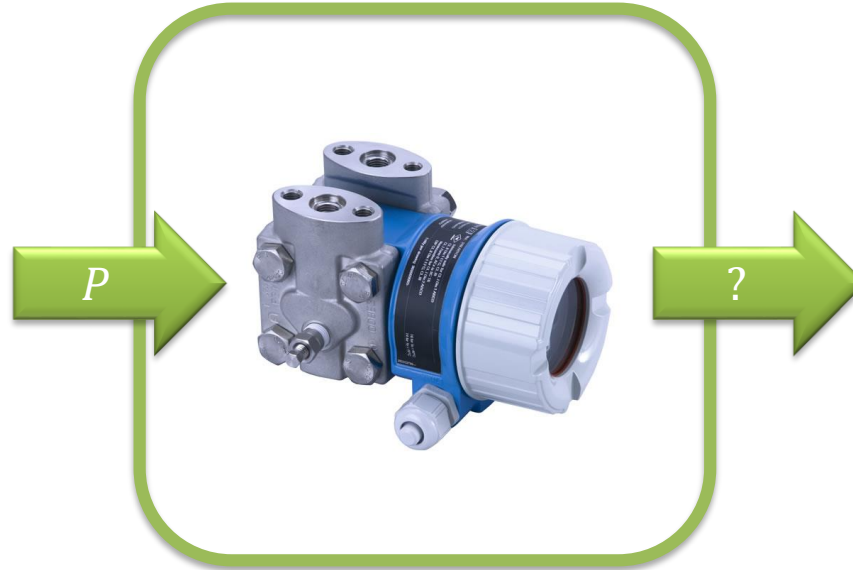
- Szabványos érzékelők esetében a távadó az illesztő kapcsolást is tartalmazza
 - Ellenállás-hőmérők
 - Hőelemek

Érzékelők, jelátalakítók és távadók



- Nem szabványos, de általános felépítésű, jól definiált kimenetű érzékelőknél a távadó nem tartalmazza a primer illesztő elektronikát (pl. erőmérő cellák)

Érzékelők, jelátalakítók és távadók



- Nem szabványosított, egyedi, gyártóspecifikus felépítésű érzékelőnél a jelátalakító, érzékelő és a megfelelő kimenetet biztosító egység együttesét nevezzük távadónak (pl. nyomástávadó)

Távadók lehetséges elemei

- Jelátalakító
- Elemi érzékelő
- Jelkondicionálás, konverzió
- Kompenzálás
- **Kimeneti jelillesztés**

Nyomástávadó

- Membrán
- Nyúlásmérő bélyeg
- Híd
- Illesztés

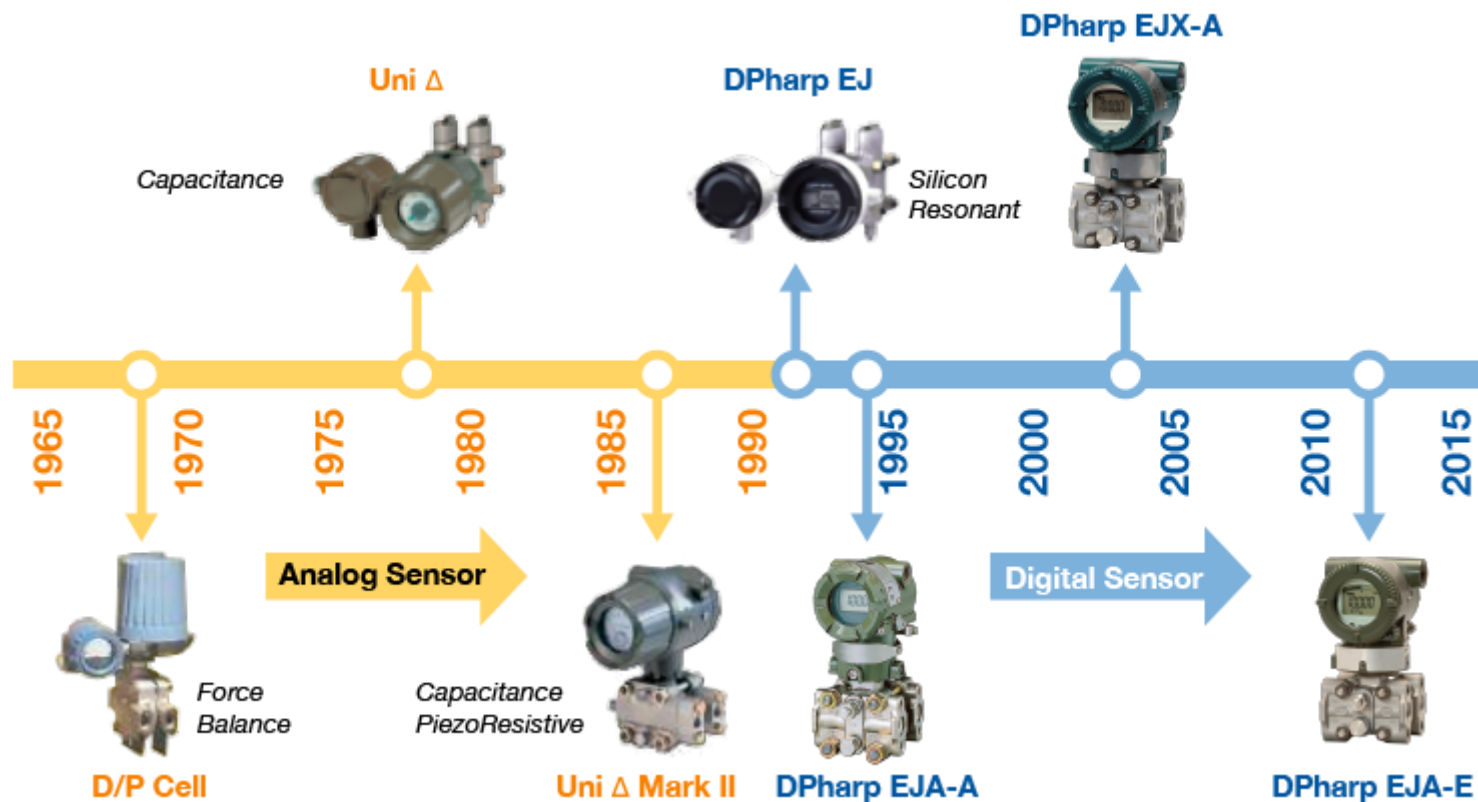
RTD távadó

- Híd
- Illesztés

Erőmérő cella távadó

- Illesztés

Távadók fejlődése



Analóg távadók

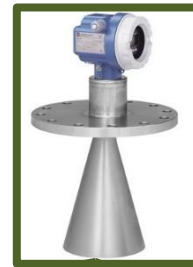
- Jelillesztés
- Analóg kompenzáció
- Analóg kimenet
 - Kezdetben nincs egységes jeltartomány
 - Pneumatika: 3-15 psi
 - Kialakult: **4-20 mA-es áramjel**

4-20 mA

- Áramjel
 - Zavarokra a feszültségjelnél jóval kevésbé érzékeny
 - Vezetékezés nem csökkenti az átfolyó áramot
- Élő nulla
 - Minimális mért értékhez nem 0, hanem 4 mA tartozik
 - Vezetékszakadás érzékelhető

4-20 mA

- Milyen mért érték tartozik egy áramjelhez?
- Csak a távadót és paramétereit ismerve tudjuk megmondani!
- Minden távadó saját mérési tartományát képzi le a 4-20 mA tartományra



4 mA

20 mA

-6 psid
0 barg
0.4 m
-30°C

6 psid
4 barg
25 m
170°C

4(?) – 20(?) mA

- Előfordulhatnak a 4-20 mA tartományon kívüli jelek is
 - Méréshatáron kívüli értékek jelzése
 - Hibajelzés
- NAMUR NE43 szabvány
 - AO-LL : 3.8 mA
 - AO-HL : 20.5 mA
 - A 4-20 mA tartományon kívüli értékek a mérési tartományon kívüli (alatti ill. feletti) értéket jelzik
 - 3.6 mA alatti illetve 21 mA feletti értékek a távadó hibáját jelzik
- Gyártóspecifikus vagy konfigurálható beállítások

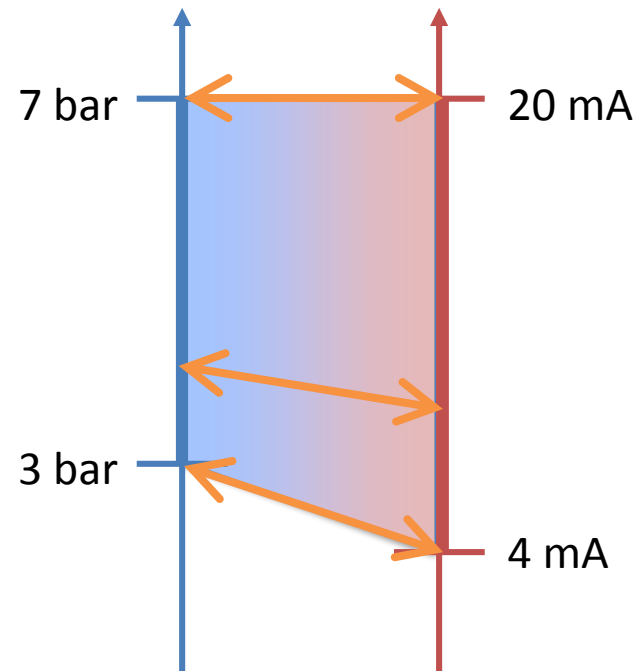


Lineáris karakterisztikájú távadók

- A távadó lineárisan képi le mérési tartományát a 4-20mA jeltartományra
- $$I = 4 + \frac{Y - Y_{min}}{Y_{max} - Y_{min}} \cdot 16 \text{ [mA]}$$
- $$Y = Y_{min} + \frac{I - 4}{16} \cdot (Y_{max} - Y_{min})$$

Lineáris karakterisztikájú távadók - példa

- Egy lineáris karakterisztikájú abszolút nyomástávadó mérési tartománya 3-7 bar. Mekkora nyomást érzékel, ha kimenetén 8mA-es áramot mérünk?
- A mérési tartomány hány %-át jelenti a 8mA-es érték? $I_{\%} = \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} = \frac{4}{16} = 25\%$
- Arányos karakterisztika használata esetén a mért érték a tartomány ugyanezen %-os értékéhez tartozik: $Y_{\%} = I_{\%}$
- A mért érték:
 $Y = Y_{min} + Y_{\%}(Y_{max} - Y_{min}) = 3 + 0.25 \cdot 4 = 4 \text{ bar}$



Egyéb karakterisztikák

- Négyzetgyökös karakterisztika

- $I = 4 + \frac{16}{\sqrt{Y_{max} - Y_{min}}} \sqrt{Y - Y_{min}} \text{ [mA]}$

- $Y = Y_{min} + \frac{(I-4)^2}{256} (Y_{max} - Y_{min})$

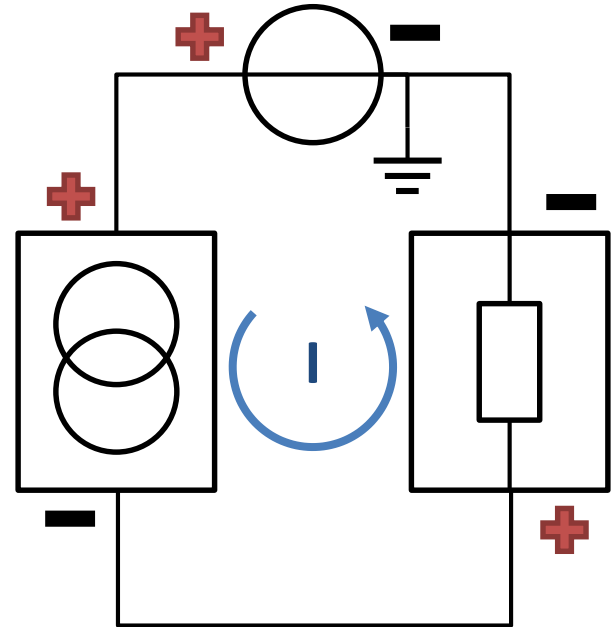
- Logaritmikus karakterisztika

- $I = 4 + 16 \frac{\lg\left(\frac{Y}{Y_{min}}\right)}{\lg\left(\frac{Y_{max}}{Y_{min}}\right)} \text{ [mA]}$

- $Y = \left(\frac{Y_{max}}{Y_{min}}\right)^{\frac{I-4}{16}} \cdot Y_{min}$

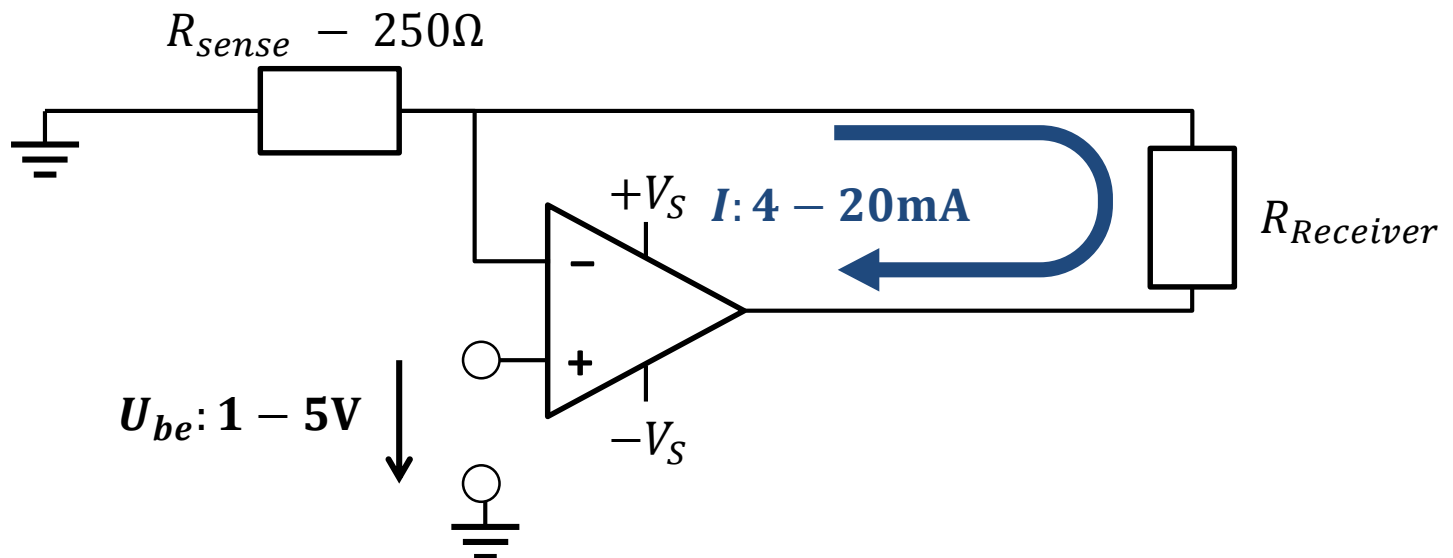
Kétvezetékes áramhurok

- Elemei:
 - (táv)Adó (*transmitter*)
 - Vevő (*receiver*)
 - Tápegység (*power supply*)
- Egy hurkon belül több vevő, de csak egy adó lehet
- Tápegység és jel azonos vezetéken
- A hurok maximális hossza 2000 m



Adó

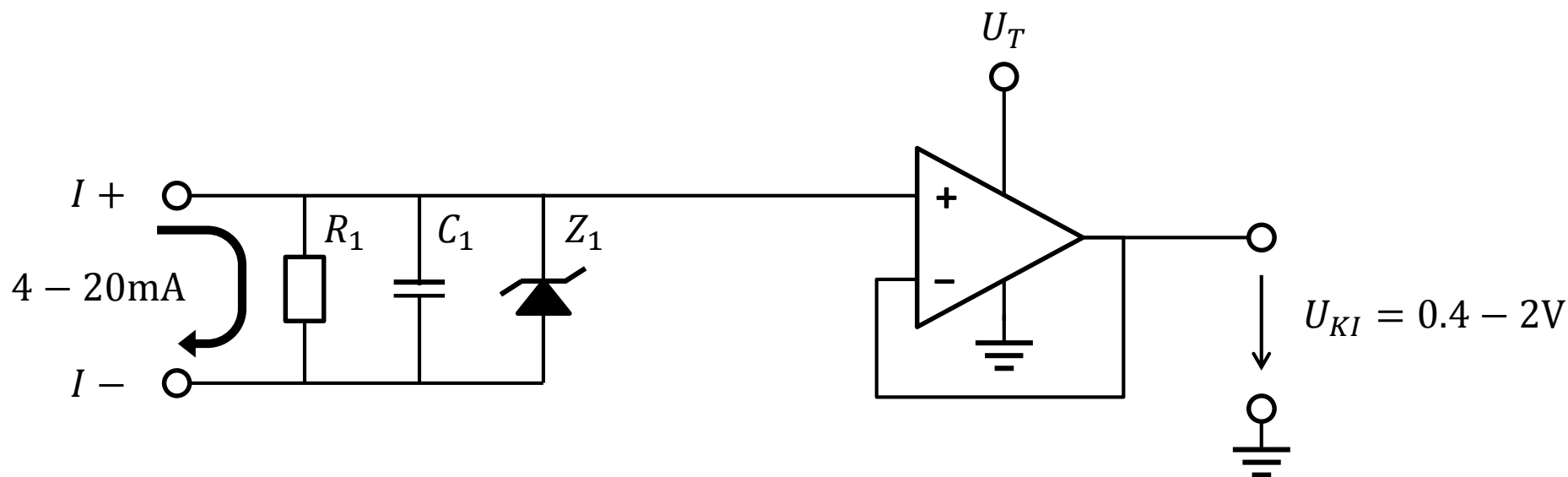
- Az áramot nem az adó állítja elő, hanem a tápegység – az adó az áramfelvétellel befolyásolja a hurokban folyó áramot
- Áramgenerátor, ami az energiát a tápegységtől nyeri (V_S)



Vevő

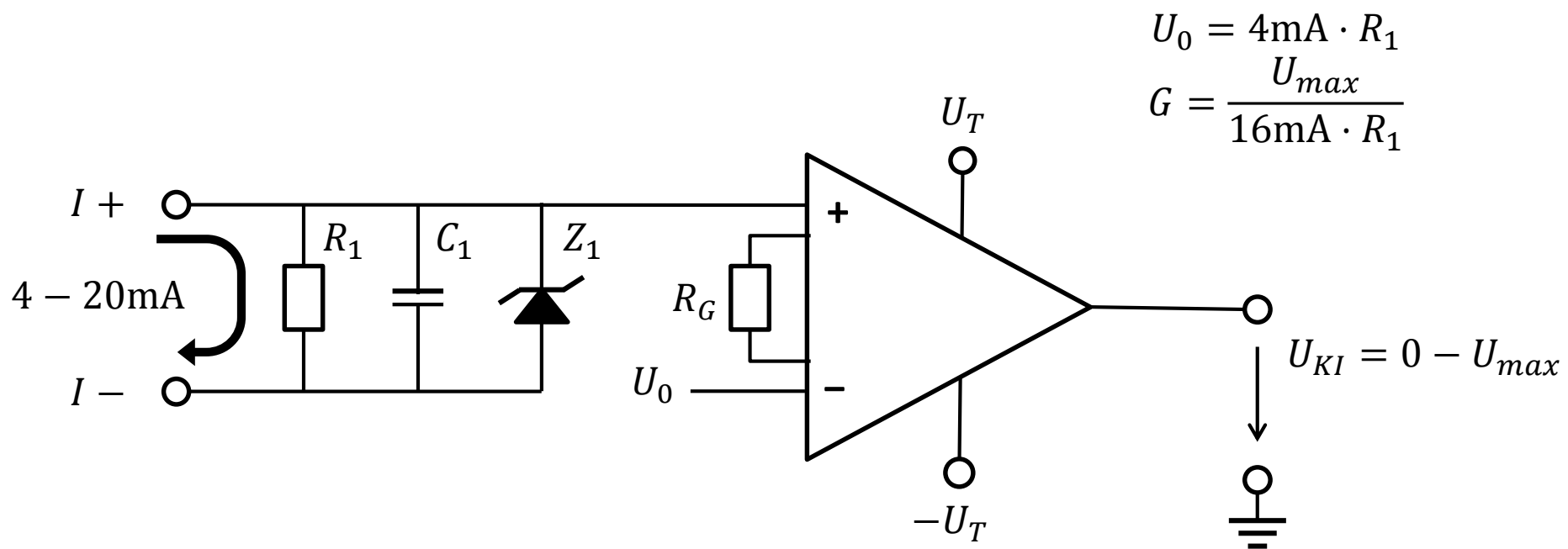
- Passzív szereplő
- Kulcs az áram-feszültség átalakítás: precíziós ellenállás
 - $500\Omega \Rightarrow U = 2 - 10V$
 - $250\Omega \Rightarrow U = 1 - 5V$
 - $200\Omega \Rightarrow U = 0.8 - 4V$
 - $100\Omega \Rightarrow U = 0.4 - 2V$

Vevő bemenete - példa



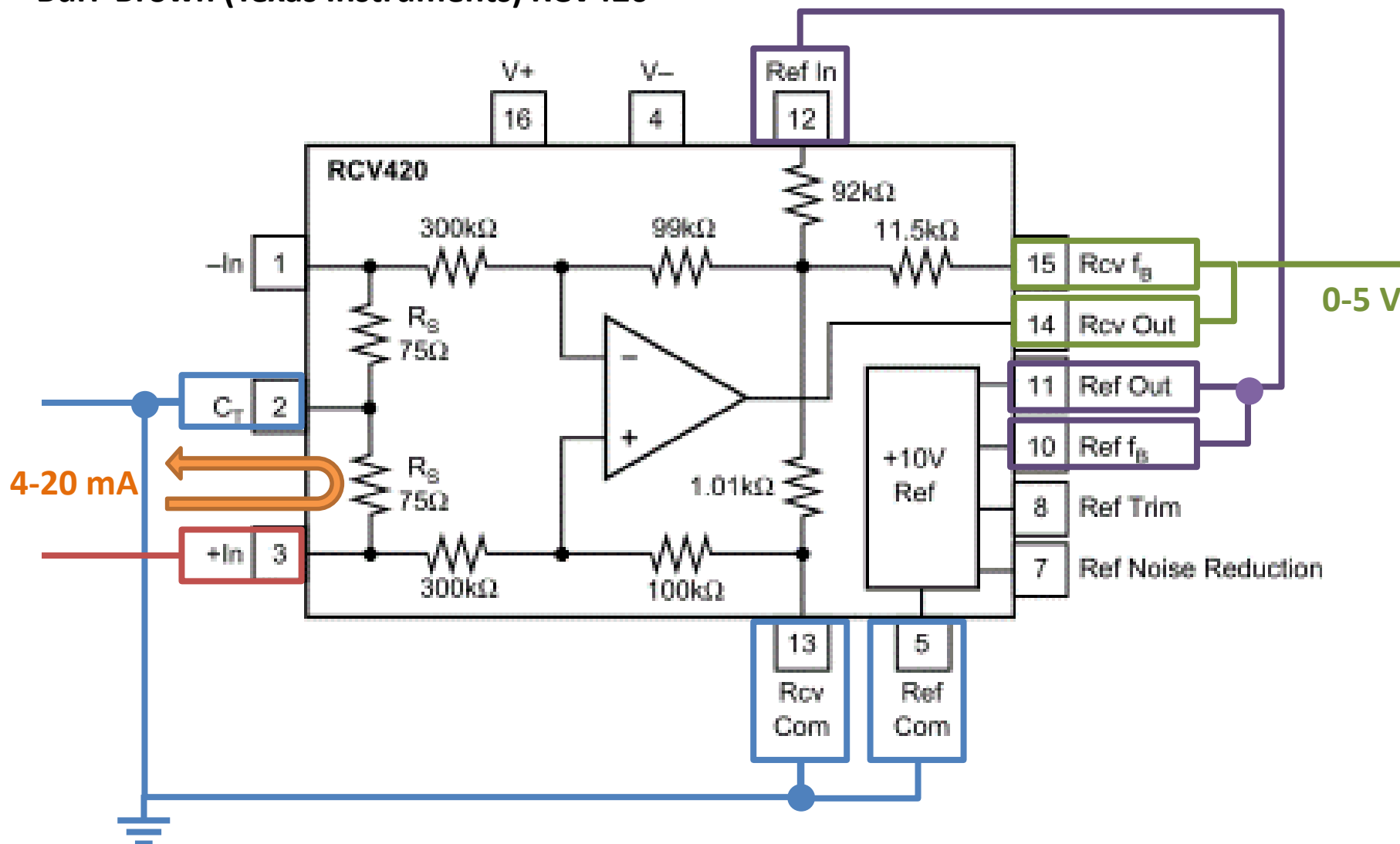
- $R_1 = 100\Omega$
- $C_1 = 100\text{nF}$ (csillapítás)
- Z_1 : Zener-dióda (túlfeszültség-védelem)

Vevő áramkör



$$R_1 = 100\Omega, U_{max} = 10\text{V} \Rightarrow U_0 = 100 \cdot 4 \text{ mV} = 0.4\text{V}, G = \frac{10}{0.016 \cdot 100} = \frac{10}{16} = 0.625$$

Burr-Brown (Texas Instruments) RCV420



A visszacsatoló ágban elhelyezett osztónak köszönhetően a stabil 10V-os referenciafeszültség mellett kimeneti tartomány 0-5V.

Tápegység

- DC tápegység
- Feladata: az adó energiaellátása
 - Az adó által igényelt tápfeszültséget kell szolgáltatnia
 - A feszültséget csökkenti a vevő(k) és a vezetékezés ellenállása

Tápegység méretezése

- A tápegységnek energiát kell biztosítania
 - a távadó áramgenerátoron kívüli elektronikája számára
 - a 4-20mA-es áramjel számára

- Tápegység méretezése:

$$U_T \geq U_{S,Transmitter} + 20mA \cdot R_{Receiver} + 20mA \cdot R_{Wiring}$$

$U_{S,Transmitter}$: a tápegység minimális tápfeszültsége

$R_{Receiver}$: a vevők belső ellenállásainak összege

R_{Wiring} : a hurok vezetékezésének teljes ellenállása

Célszerű a minimálisan szükségesnél nagyobb feszültségeű tápegységet alkalmazni.

Tápegység méretezése

Egy távadó adatlapján a tápfeszültség megengedett értéke $V_S = 11 - 36\text{V}$. A távadó körében két vevő helyezkedik el, egyenként 200Ω -os bemeneti ellenállással, az áramhurok vezetékezésének teljes ellenállása pedig 10Ω . Milyen feszültségű tápegységet kell használnunk?

$$U_T \geq 11\text{V} + 2 \cdot 200\Omega \cdot 20\text{mA} + 10\Omega \cdot 20\text{mA}$$

$$U_T \geq 19.2\text{ V}$$

Távadó teljesítménye

- A távadó teljesítménye limitált
- Maximális felvehető áram 4 mA-nél (mérési tartomány túllépés megengedése esetén 3.8 mA-nél) kisebb
- Ha az adó 4 mA-nél több áramot venne fel, akkor 0 továbbítandó érték esetén is 4 mA felett lenne a hurokban folyó áram értéke

Távadó teljesítménye - példa

Egy távadó adatlapján a tápfeszültség megengedett értéke $V_S = 11 - 36V$, a távadó teljesíti a Namur NE43 szabvány szerinti 3.8-20.5 mA kimenetre vonatkozó előírásokat. Adjon becslést a távadó elektronikájának teljesítményfelvételére!

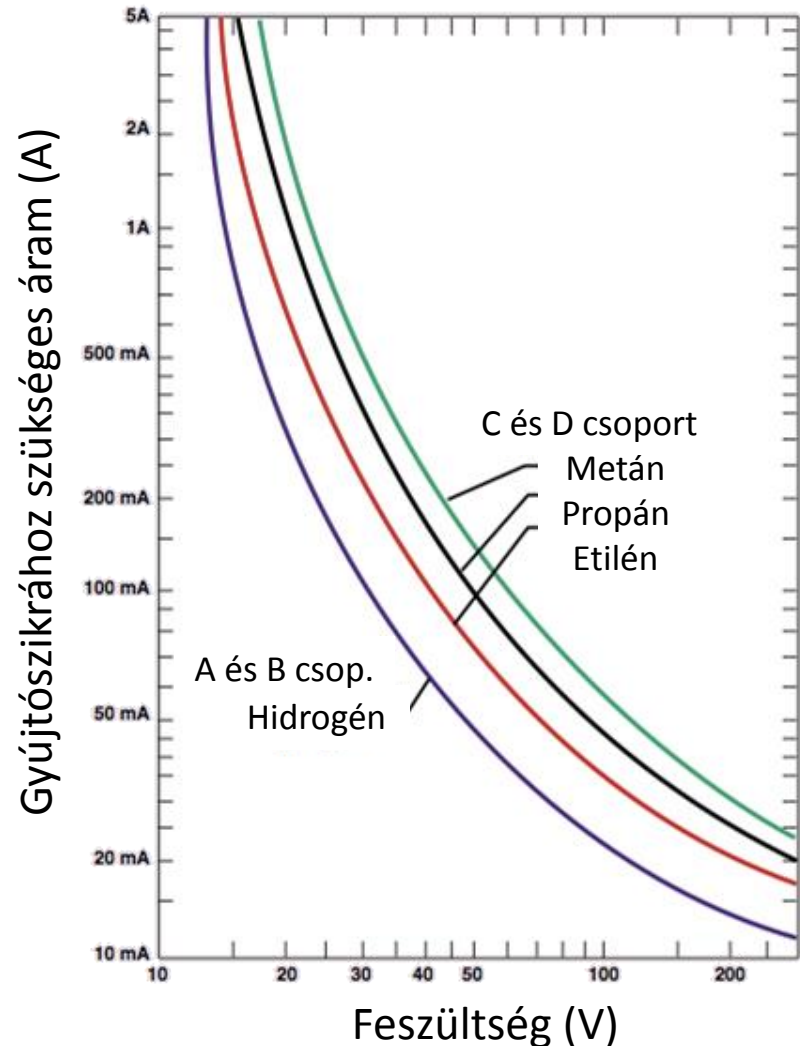
$$P < 11V \cdot 3.8mA = 41.8mW$$

Aktív adó

- A tápegység az adóban kap helyet
- Szenzor-távadóknál ritka
- Csak korlátozott terhelést képes kezelni (általában $R \leq 500\Omega$)

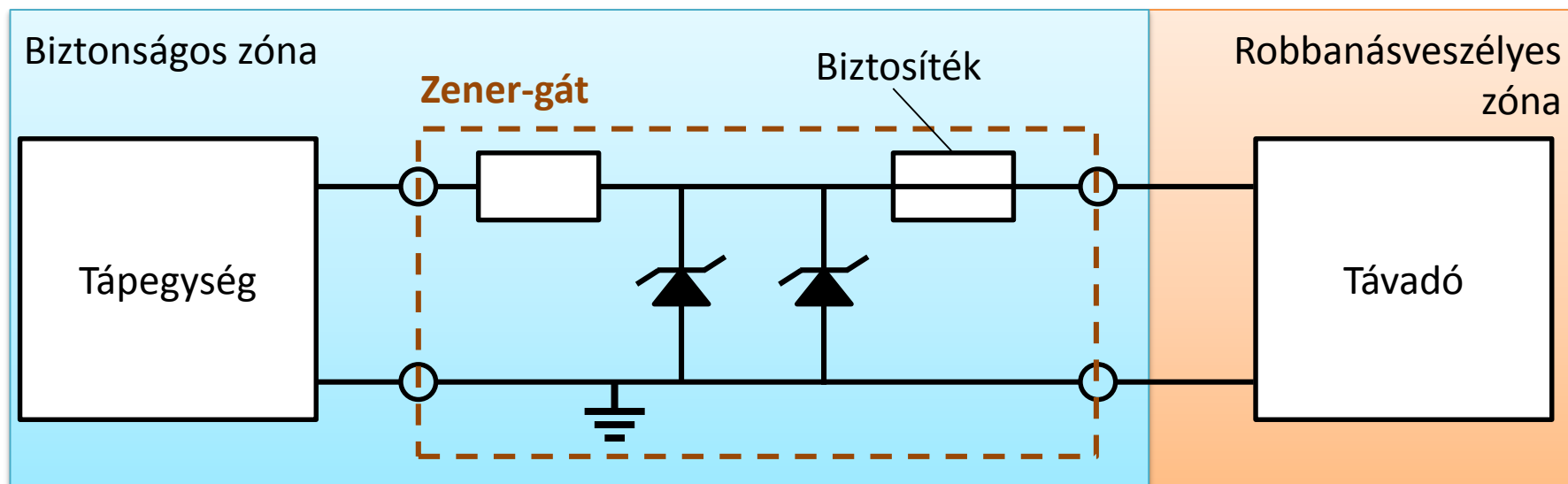
Távadók robbanásveszélyes környezetben

- 24V-os tápfeszültség mellett a 4-20mA-es távadók teljesítménye nem elég robbanás kialakulásához
- A távadóban nem alakulhat ki gyújtószikra
- Jeltartományból adódóan biztonságos eszközök: *intrinsic safety*



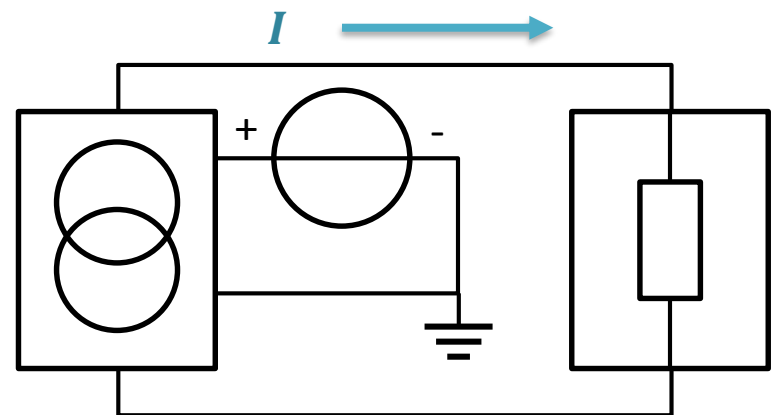
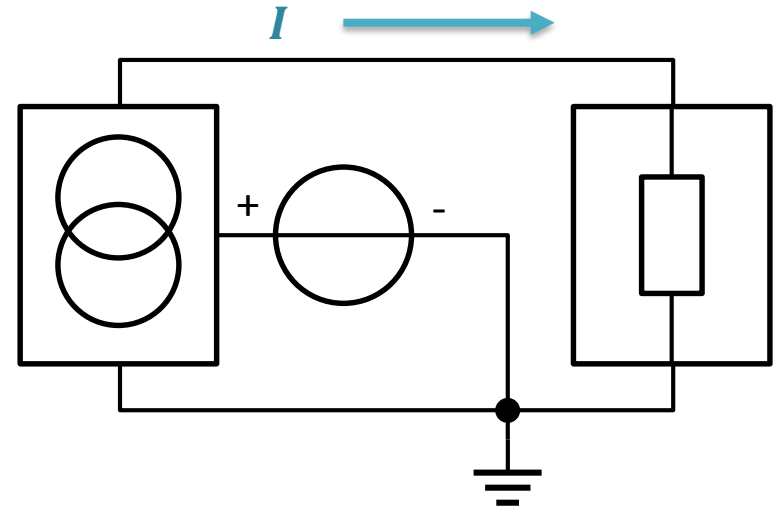
Gyújtószikramentes leválasztás

- A távadóban üzemszerűen nincsen a gyújtószikrához szükséges teljesítmény, ezt biztosítani kell meghibásodás (pl. rövidzár létrejötte) esetén is
- Távadó leválasztása: Zener-gát
 - Túláram ellen: áramkorlátozó ellenállás és biztosíték
 - Túlfeszültség ellen: Zener-diódák

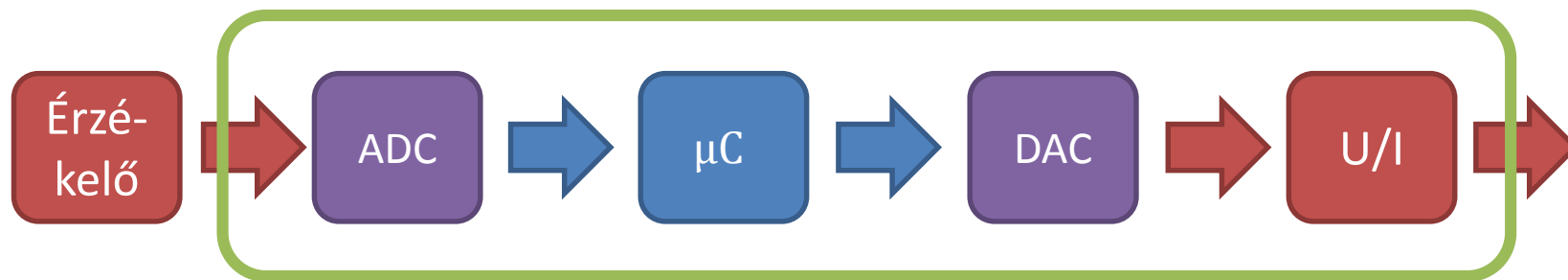


Analóg kimenetű távadók típusai tápellátás szerint (ISA)

- 2-es típus: kétvezetékes
- 3-es típus: háromvezetékes
- 4-es típus: négyvezetékes
- Előny: távadó teljesítménye nem korlátozott



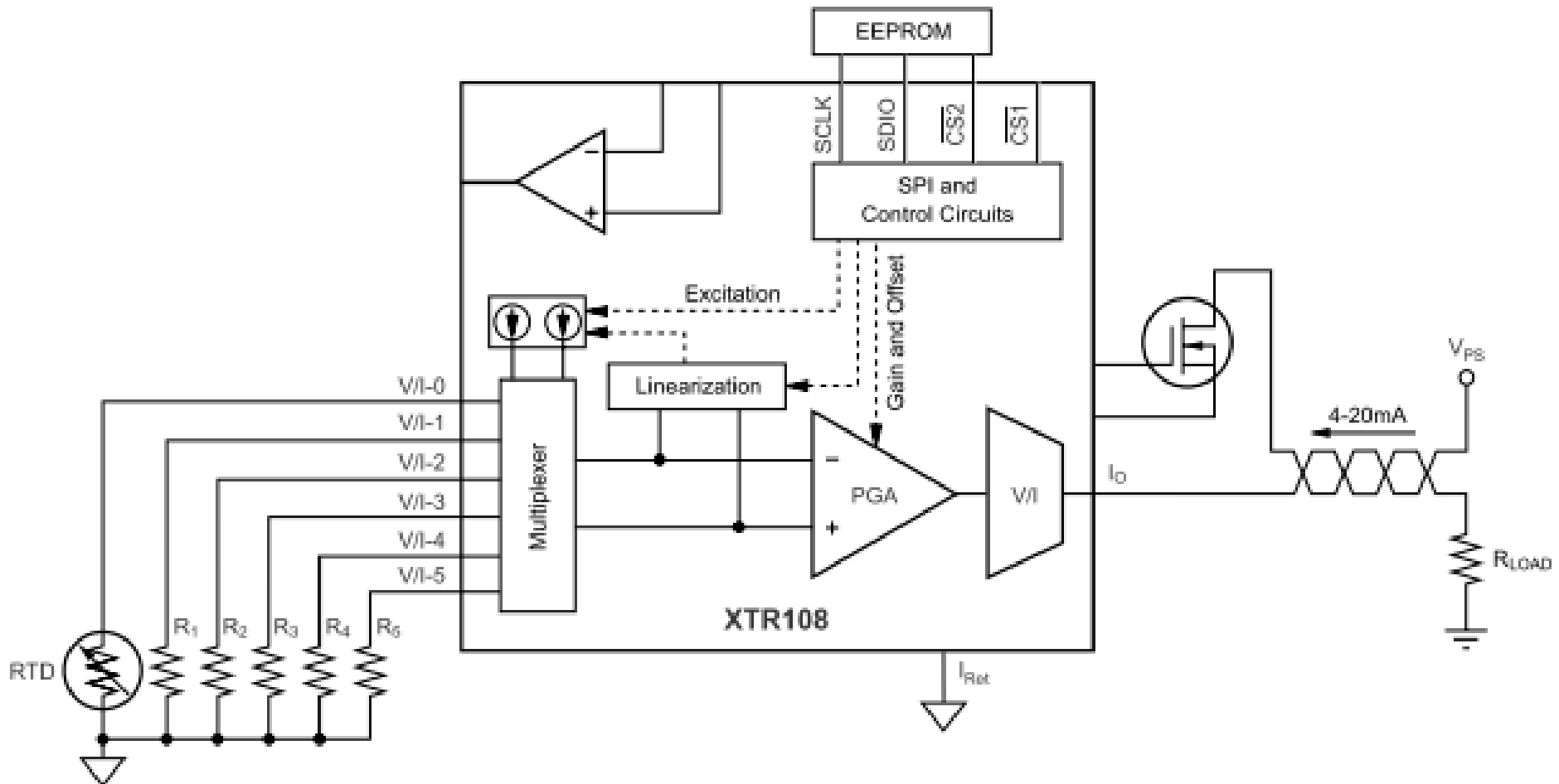
Analóg kimenetű digitális távadók



- Távadón belül digitális elektronika
 - Azonos pontosság olcsóbban
 - Kiegészítő funkciók
 - Komplex kompenzáciási algoritmusok
- Kimenet: hagyományos analóg 4-20 mA áramjel

Burr-Brown (Texas Instruments) XTR108

- RTD és híd-távadó
- Digitális kalibráció és kompenzáló elektronika
- Analóg áramkimenet



Digitális működésű távadók funkciói

- Nullpont, mérési tartomány, kimeneti tartomány beállítása
- Beállítható korrekció és kompenzáció
- Szélsőértékek és státusz tárolása
- Öndiagnosztika

Digitális működésű távadók helyi interfésze

- Kijelző + nyomógombok
- Mért érték megjelenítése akár többféle mértékegységben
- Paraméterek beállítása



HART

- 1980-as évek vége, Rosemount Inc.
- Kommunikáció a digitális távadókkal a meglévő jelkapcsolatot felhasználva, az analóg áramhurok megtartása mellett
- 1993: HCF – HART Communication Foundation
- Ma már a 8. változatnál jár

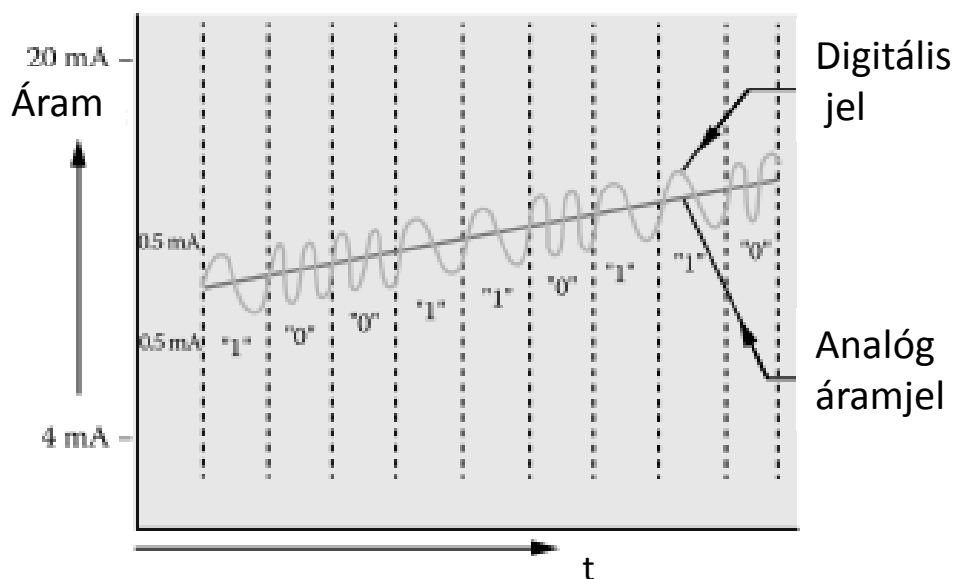


A HART protokoll rétegei

OSI réteg	HART
Alkalmazási	HART parancsok
Megjelenítési	Nem implementált
Viszonylati	
Szállítási	
Hálózati	
Adatkapcsolati	HART protokoll szabályok
Fizikai	Bell 202 FSK

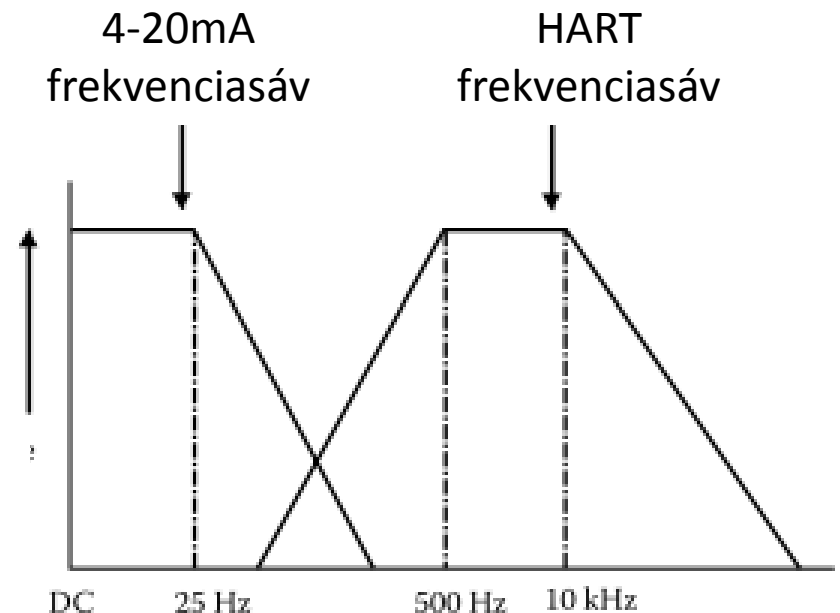
HART fizikai réteg

- FSK a 4-20mA tetején
 - 1200Hz – 1
 - 2200Hz – 0
- Fázisfolytonos, 0.5mA-es áramjel



HART fizikai réteg

- A jel DC átlaga nulla, úgyhogy nem ad egyenáramú komponenst az áramjelhez
- A spektrumok nem lapolódnak át
- A nem HART-képes eszközöknél szűrőt kell alkalmazni



HART kommunikáció

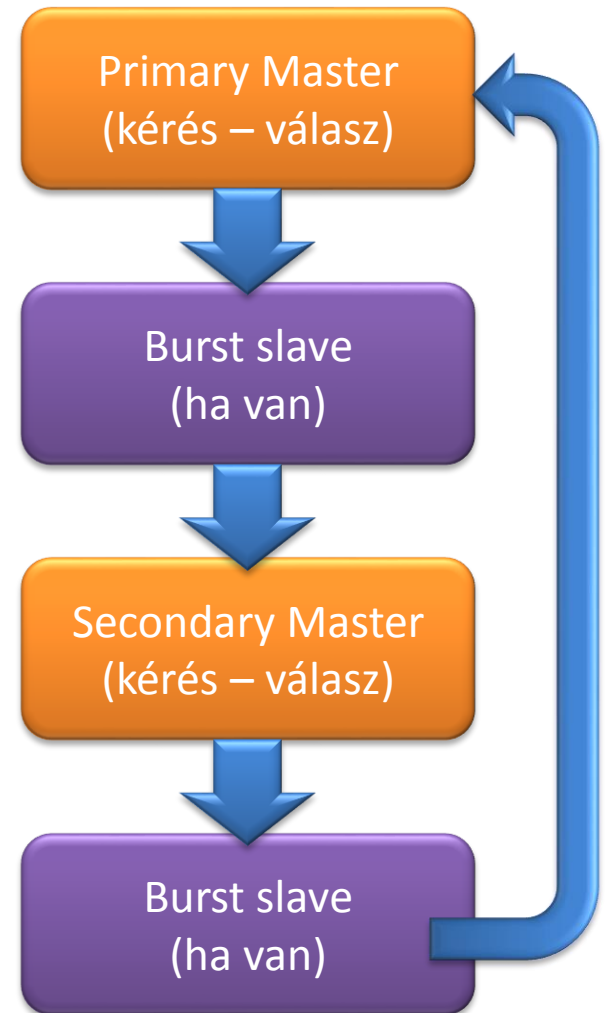
- Master-slave architektúra
 - Primary master
 - Secondary master
 - 1-15 slave
- Token passing arbitráció
- Alapesetben a slave eszközök csak a master kéréseire válaszolnak

HART burst mód

- A slave eszköz nem vár megszólításra
- Saját maga kezdeményezi az üzenetküldést
- Folyamatosan üzen, amikor lehetősége van rá
- Broadcast üzenet, mindenki megkapja

HART arbitráció

- Token passing
- Ciklikus
- Nem preemptív
- Determinisztikus
- $\approx 0.5s$ válaszidő



HART címzés

- Master: 1 bites cím
- Slave
 - Rövid címzés (polling address): 4 bites cím
 - Az adott hálózaton belül egyedi
 - A master által beállítható
 - 1-15
 - Egyedi címzés (unique identifier): 38 bites cím
 - Gyártó azonosító
 - Eszköztípus-azonosító
 - Sorozatszám

HART telegram: Master

Delimiter (1 byte)	Cím (1 v. 5 byte)	Parancs (1 byte)	Üzenethossz (1 byte)	Adat (n byte)	CRC (1 byte)
-----------------------	----------------------	---------------------	-------------------------	------------------	-----------------

- Delimiter
 - Címzési mód
 - Üzenettípus
- Cím: slave címe
- Parancs: kiadott parancskód
- Üzenethossz: további byte-ok száma CRC nélkül

HART telegram: Slave

Delimiter (1 byte)	Cím (1 v. 5 byte)	Parancs (1 byte)	Parancs specifikus válasz (1 byte)	Státusz (1 byte)	Üzenet- hossz (1 byte)	Adat (n byte)	CRC (1 byte)
-----------------------	-------------------------	---------------------	---	---------------------	------------------------------	------------------	-----------------

- Cím: saját cím (ismétlés)
- Parancs: kiadott parancskód ismétlése
- Parancs specifikus válasz: siker vagy hibakód
- Státusz: slave eszköz státusza (hiba, határérték-túllépés stb.)

HART parancsok

- Általános parancsok (*universal commands*)
 - 0-32 kódok
 - Minden HART eszköznek támogatnia kell
- Gyakori parancsok (*common practice commands*)
 - 33-127 kódok
 - A legtöbb, de nem minden HART eszköz támogatja
 - Minden ezeket támogató HART eszköznél ugyanazt a parancsot jelentik
- Eszköz specifikus parancsok (*device-specific commands*)
 - 128 feletti kódok
 - Más-más parancsot jelentenek az egyes eszközöknél

Általános HART parancsok

- Gyártó és eszköztípus kiolvasása
- Mért érték és mértékegység olvasása
- Áramkimenet és % olvasása
- 8 karakteres címke, 16 karakteres név, dátum írás/olvasás
- 32 karakteres üzenet írás/olvasás
- Polling address írás
- ...

Gyakori parancsok

- Csillapítási idő írása
- Méréshatár írása
- Kalibráció (nulla, FS)
- Fix kimeneti áram beállítása
- Önteszt indítása
- Master reset
- Mért érték nullázása
- Mért érték egységének beállítása
- Átviteli függvény beállítása – lineáris vagy négyzetgyökös
- Szenzor sorozatszám írása
- ...

Eszköz-specifikus parancsok

- Integrátor indítása, leállítása, nullázása
- Sűrűség beállítása (áramlásmérés)
- Mért érték kiválasztása (tömegáram, térfogatáram)
- Szabályozó paraméterek beállítása
- ...

HART – többváltozós távadók

- Egy távadóhoz több érzékelő tartozik – akár 256 mért érték
 - Nyomás
 - Hőmérséklet
 - ...
- Ezek közül egy kerülhet a 4-20mA-es kimenetre
- A többi HART-on keresztül lekérdezhető

Digitális kimenetű távadók

- Kimenete digitális, buszra illeszkedik
- Terepi busz (részletesen a félév második felében)
 - Foundation Fieldbus
 - Profibus PA
 - AS-i
- Távadó tápellátása a buszon is történhet

Vezeték nélküli távadók

- Versengő szabványok
 - Wireless HART
 - ISA100 Wireless
 - ZigBee Plus
- Mesh architektúra a redundancia biztosítására
- Akár több száz méteres hatótáv
- Fejlett biztonsági megoldások
- Teljesen vezeték nélküli – tápvezeték sincs!
 - Akkumulátoros táplálás
 - Periodikus kommunikáció
 - Power harvesting
 - Akár 10 év akkumulátoros élettartam

