

Irányítórendszerek jelkapcsolatai

Programozható irányítóberendezések
és szenzorrendszerek

KOVÁCS Gábor

gkovacs@iit.bme.hu

Írányítórendszerek gyakori jeltípusai

- Analóg
 - Feszültség
 - Áram
 - Frekvencia
 - (ellenállás)
- Digitális
 - Feszültség (szint/kontaktus)
 - Frekvencia

Írányítórendszerek jelkapcsolatának jellemző moduljai

- Bemeneti modulok
 - Analóg
 - Feszültség/áram
 - Hőmérséklet –RTD ellenállás, hőelem feszültség
 - Digitális
 - Digitális IO
 - Számláló
- Kimeneti modulok
 - Analóg (feszültség/áram)
 - Digitális

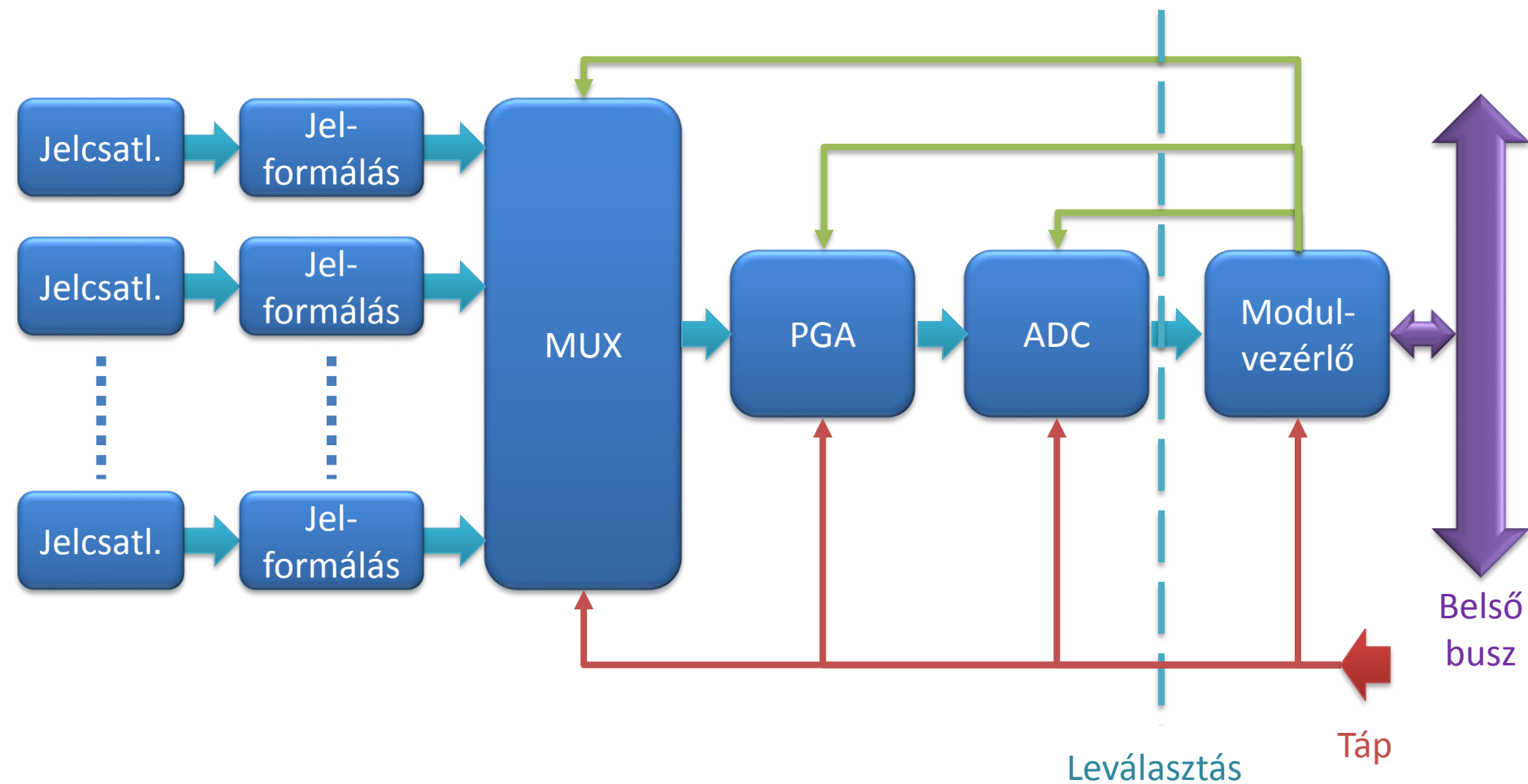
Analóg feszültség- és áramjelek

- Tipikus feszültségtartományok (bemeneti ellenállás $> 1\text{M}\Omega$)
 - $\pm 10\text{V}$
 - $\pm 5\text{V}$
 - $\pm 2.5\text{V}$
 - $0 - 10\text{V}$
 - $0 - 5\text{V}$
- Tipikus áramtartományok (bemeneti ellenállás $< 300\Omega$)
 - $0 - 20\text{mA}$
 - $4 - 20\text{mA}$

Analóg jelek típusai

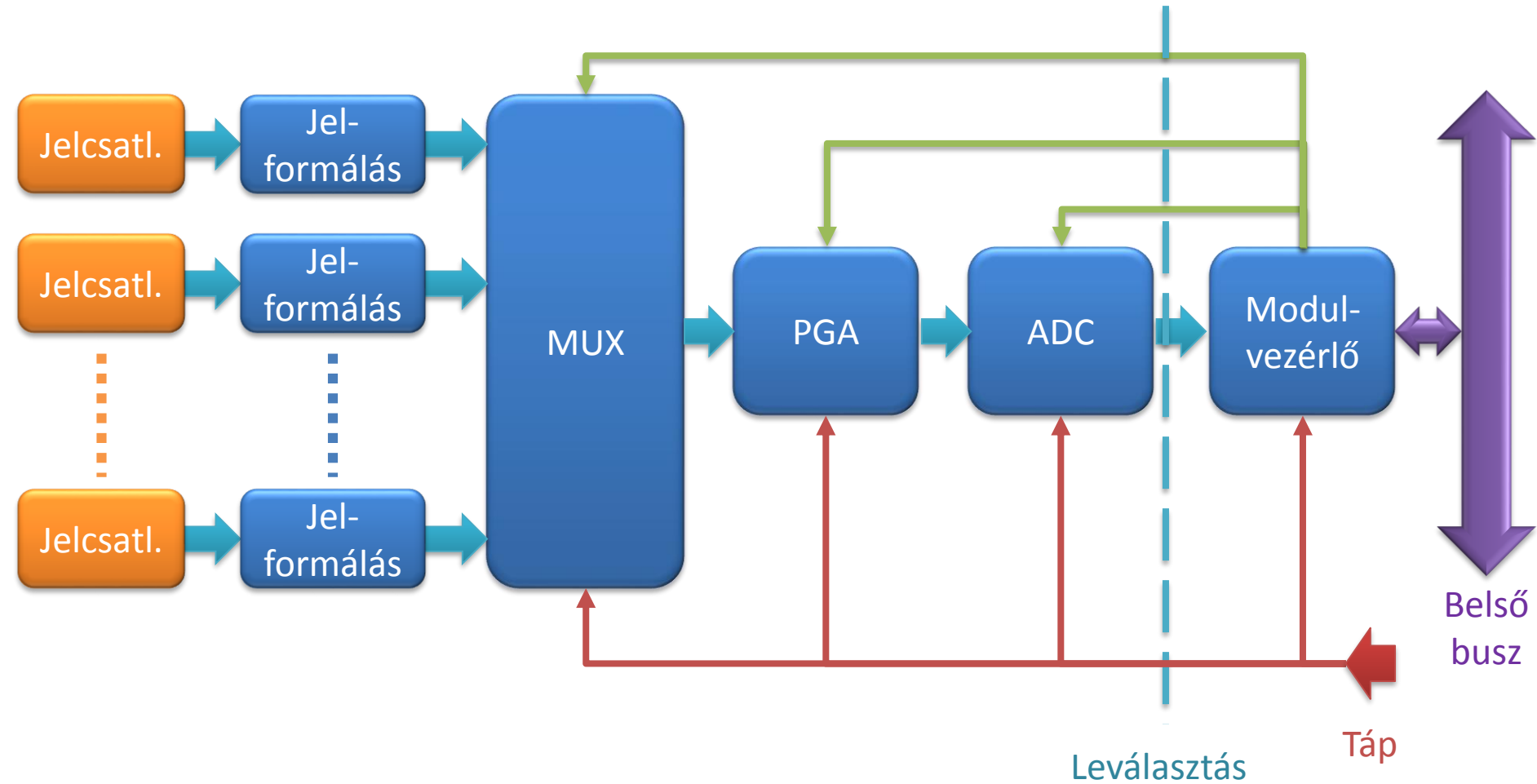
- Földhöz viszonyított (*single ended voltage*)
 - A jelet egy adott referenciaszinthez (földhöz) képest mérjük
 - N csatornához $N+1$ (közös föld) jelkapcsolatra van szükség
- Differenciális feszültség (*differential voltage*)
 - A jelet két feszültség szint különbségeként mérjük
 - N csatornához $2N$ jelkapcsolatra van szükség
- Áram (*single ended current*)
 - Az átfolyó áramot mérjük
 - N csatornához $2N$ jelkapcsolatra van szükség

Analóg bemeneti modul



Jelcsatl.: jelcsatlakozás

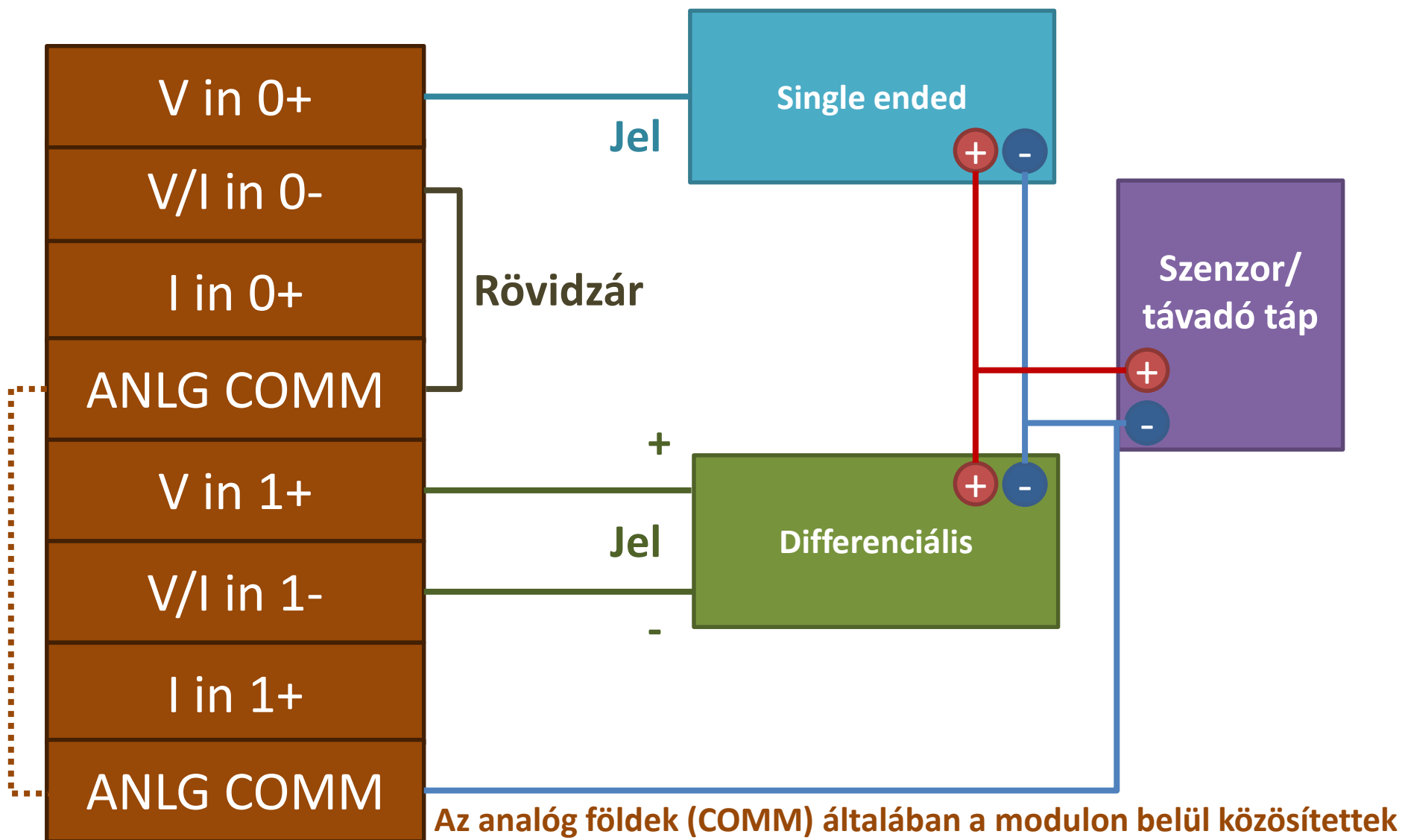
Jelcsatlakozás



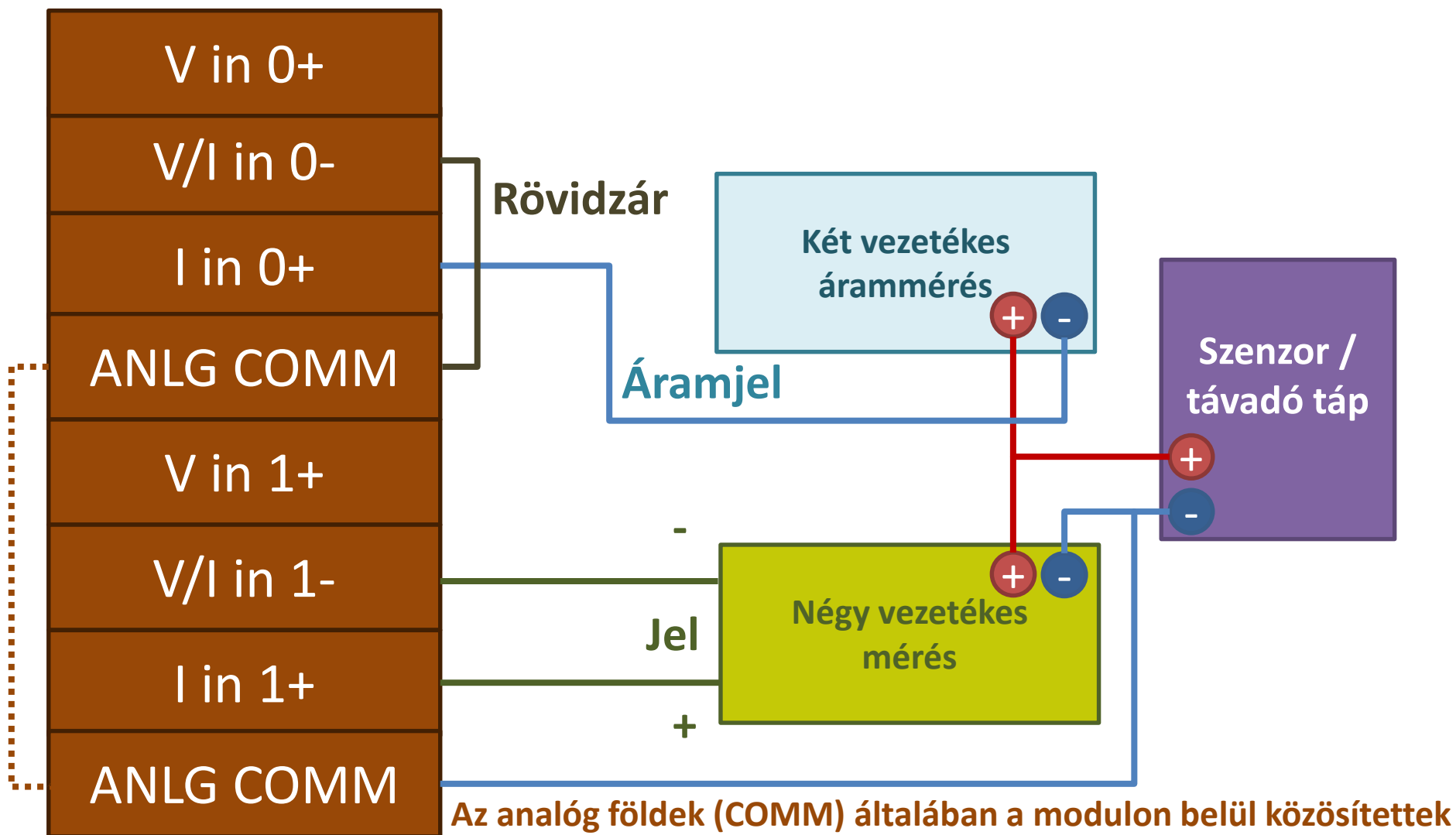
Bemeneti modul jelcsatlakozása

- Feszültség bemenet
 - Csatornánként egyetlen jelcsatlakozás földhöz viszonyított méréshez (pl. $V_{IN\ 0}$)
 - Pozitív és negatív jelcsatlakozás differenciális méréshez (pl. $V_{IN\ 0+}$, $V_{IN\ 0-}$)
- Áram bemenet
 - Az egyik csatlakozó általában közös az adott csatorna egyik feszültség-csatlakozójával ($V/I_{IN\ +}$), a másik különálló ($I_{IN\ -}$)
 - Azonos csatorna áram bemenete és feszültség/áram bemenete között referencia-ellenállás ($\approx 250\Omega$)
- Referencia (föld): RTN, COM
 - Több csatlakozás
 - A csatlakozók egy része vagy az összes közösítve lehet – mindig nézzük meg a kézikönyvet!

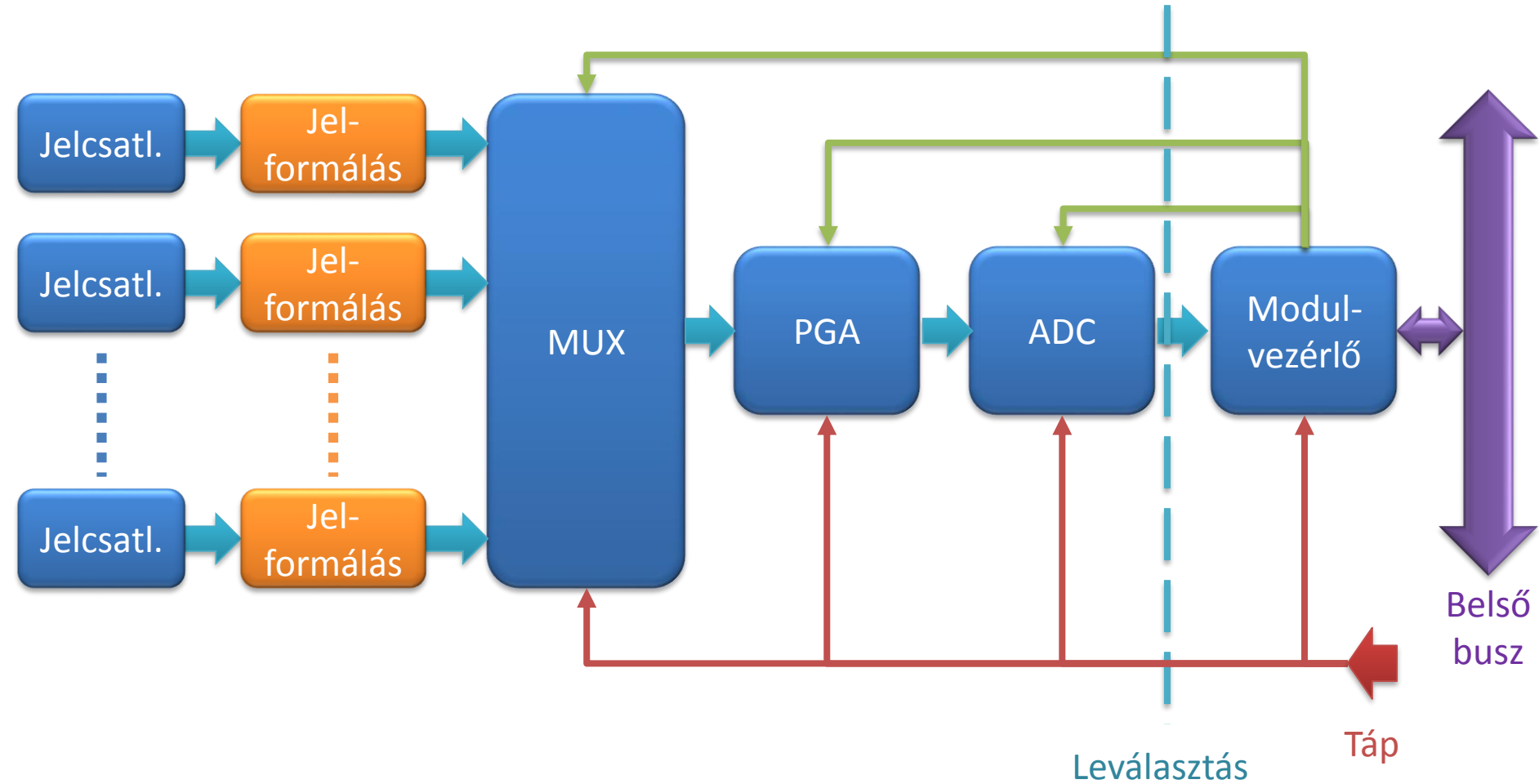
Analóg feszültségbemenetek



Analóg árambemenetek

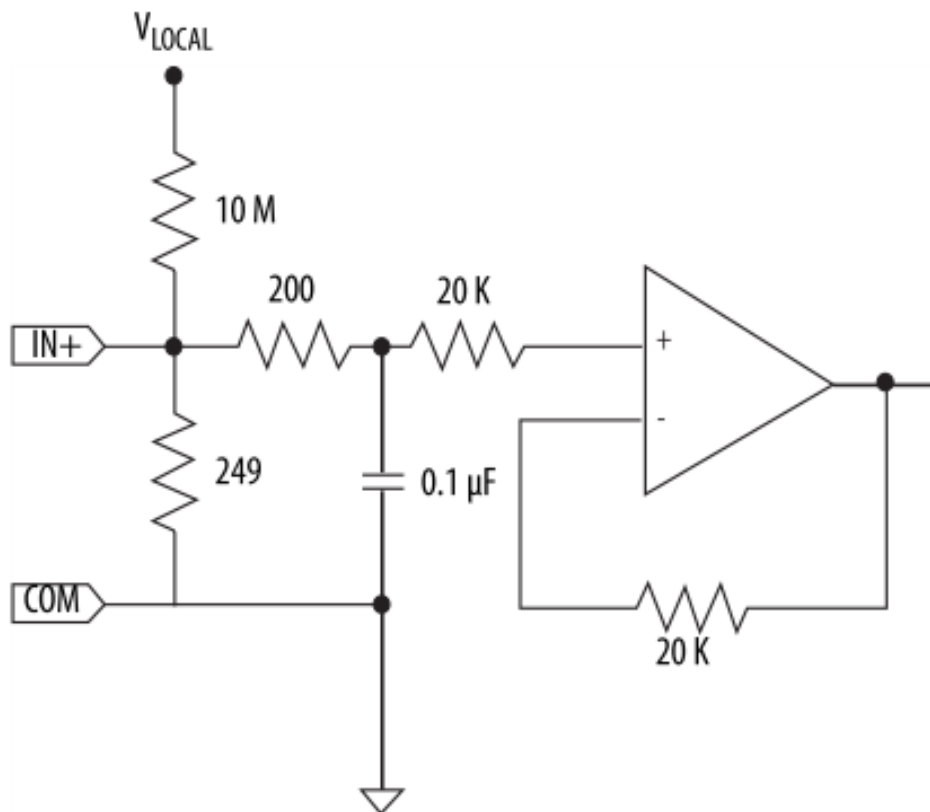


Jelformálás



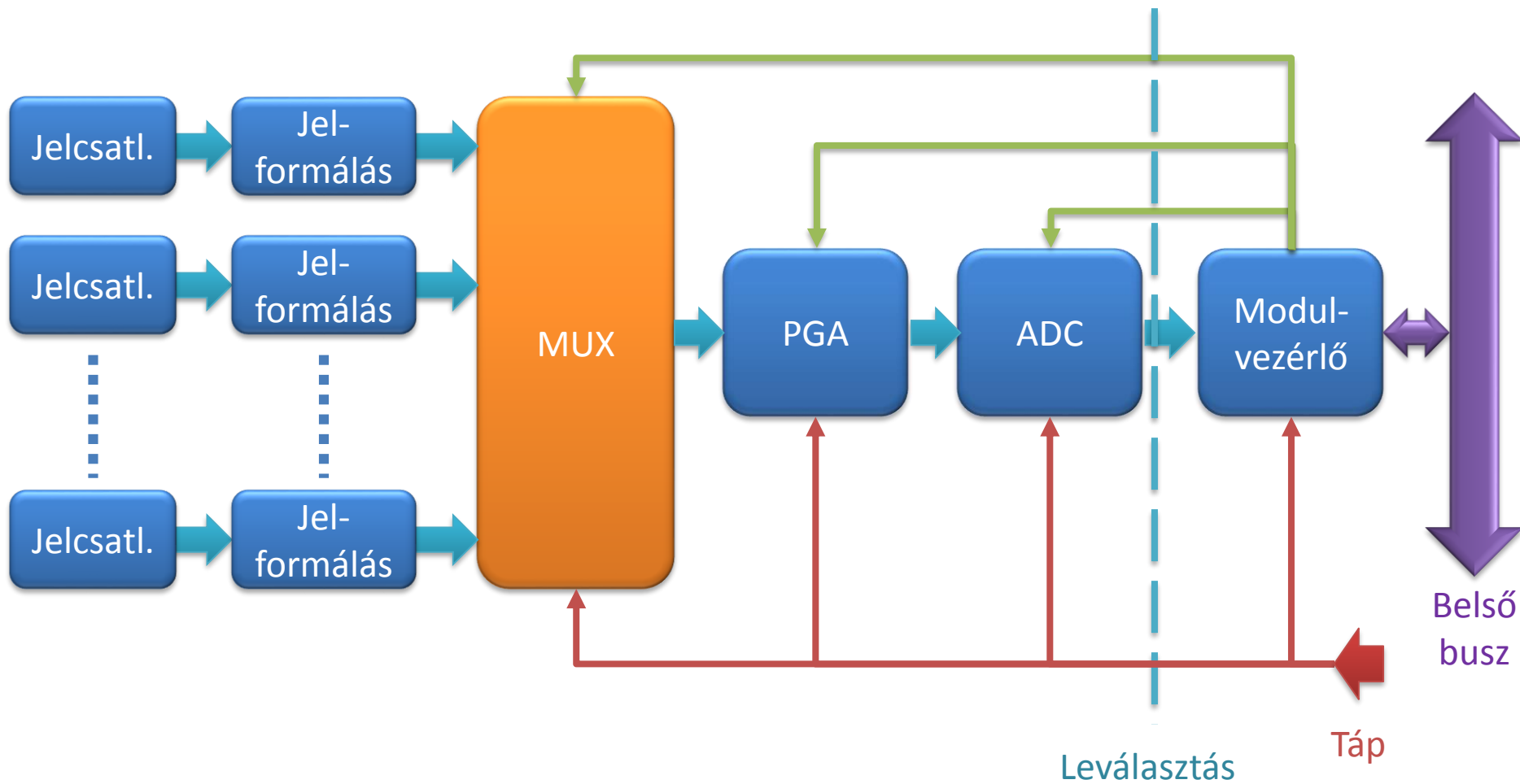
Jelformálás

- Áram-feszültség átalakítás (referencia ellenállás segítségével)
- Feszültségosztó
- Szűrő
- Védelem



Rockwell 1769-IF16C bemeneti modul jelformáló áramköre

Méréspontváló

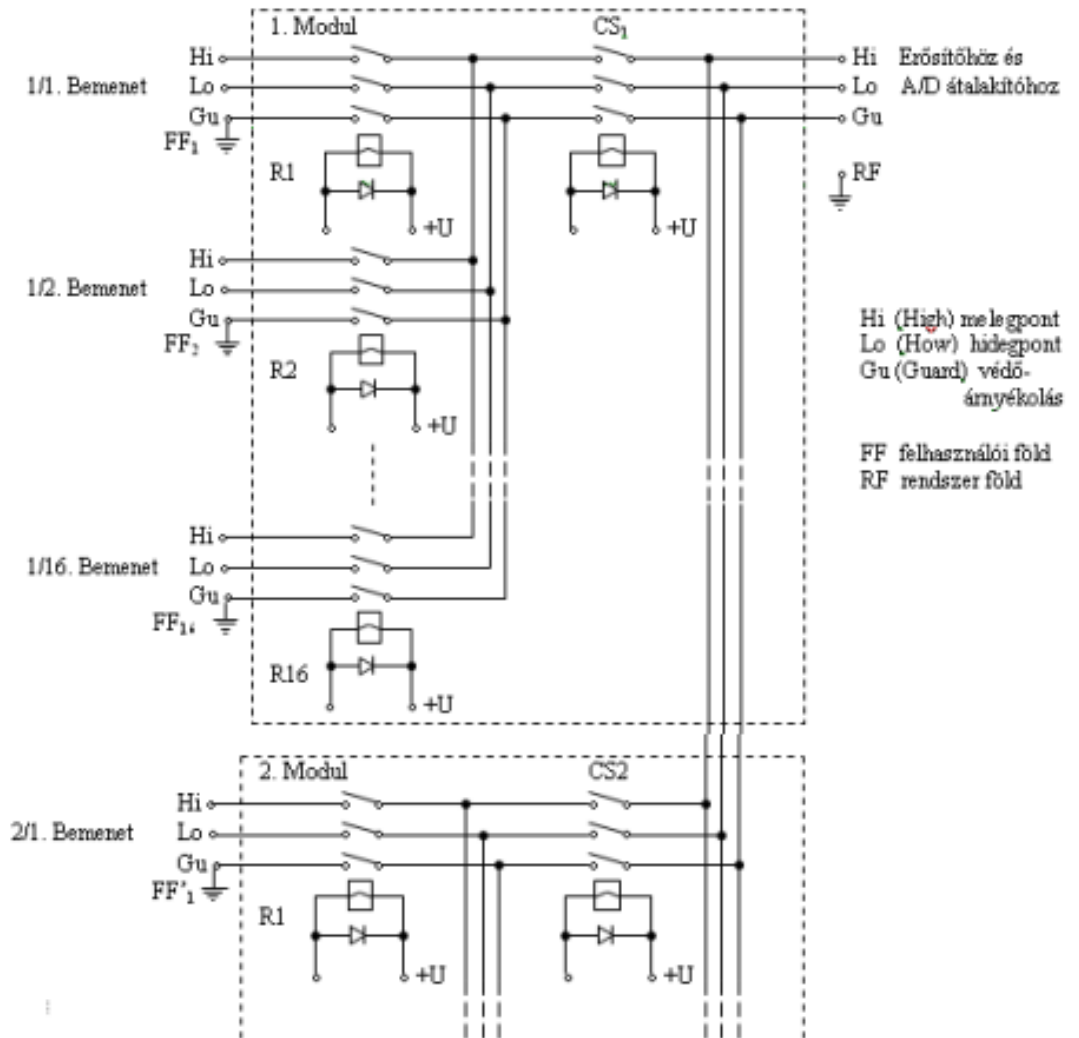


Méréspontváltó

- Analóg multiplexer
- Szerepe: a modolvezérlő által kiválasztott bemeneti csatorna jelének kiválasztása és továbbítása
- Szükség van rá?
 - Minden csatornához rendelhetünk további feldolgozó egységeket
 - De: a jó minőségű PGA és ADC aránylag költséges

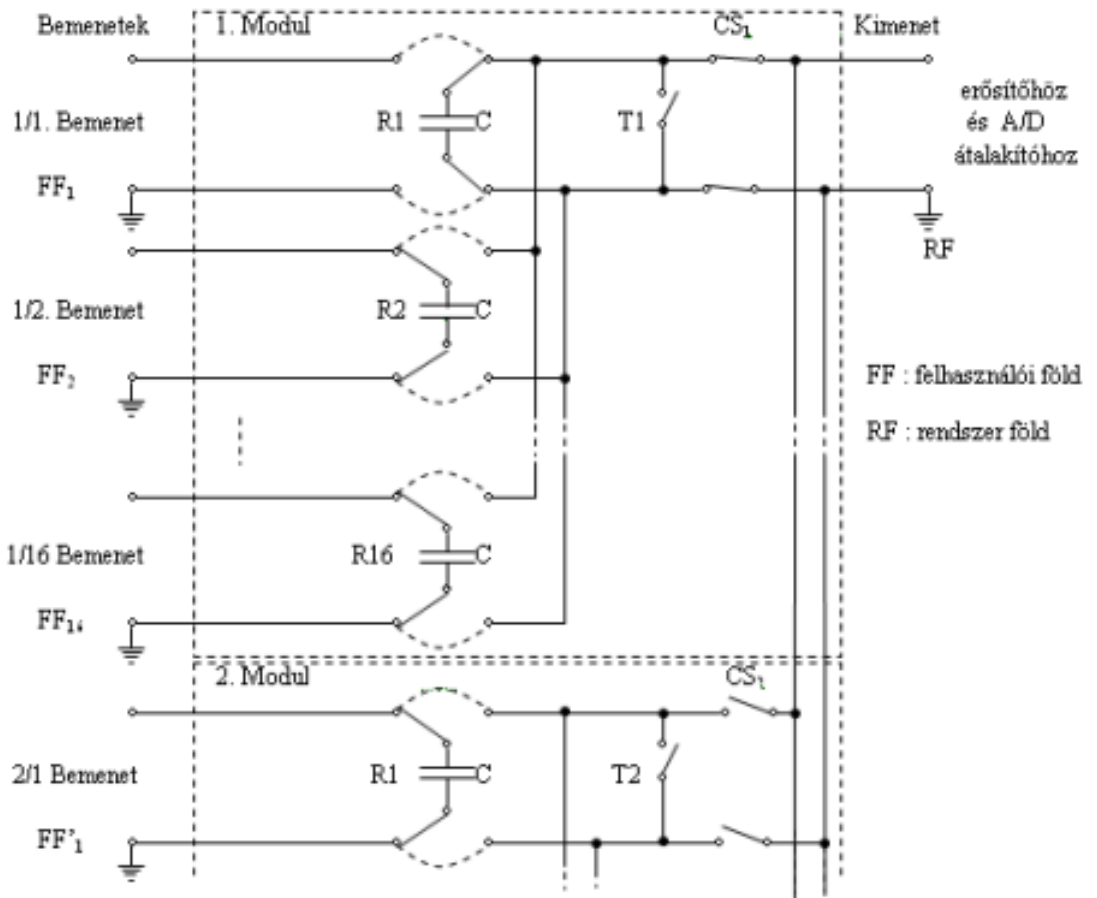
Relés méréspontváltó

- Egy-egy relé a bemeneti csatorna minden jelét kapcsolja
- Felhasználói földek galvanikus elválasztása egymástól
- Bemeneti csoportok elválasztása csoportrelékkel



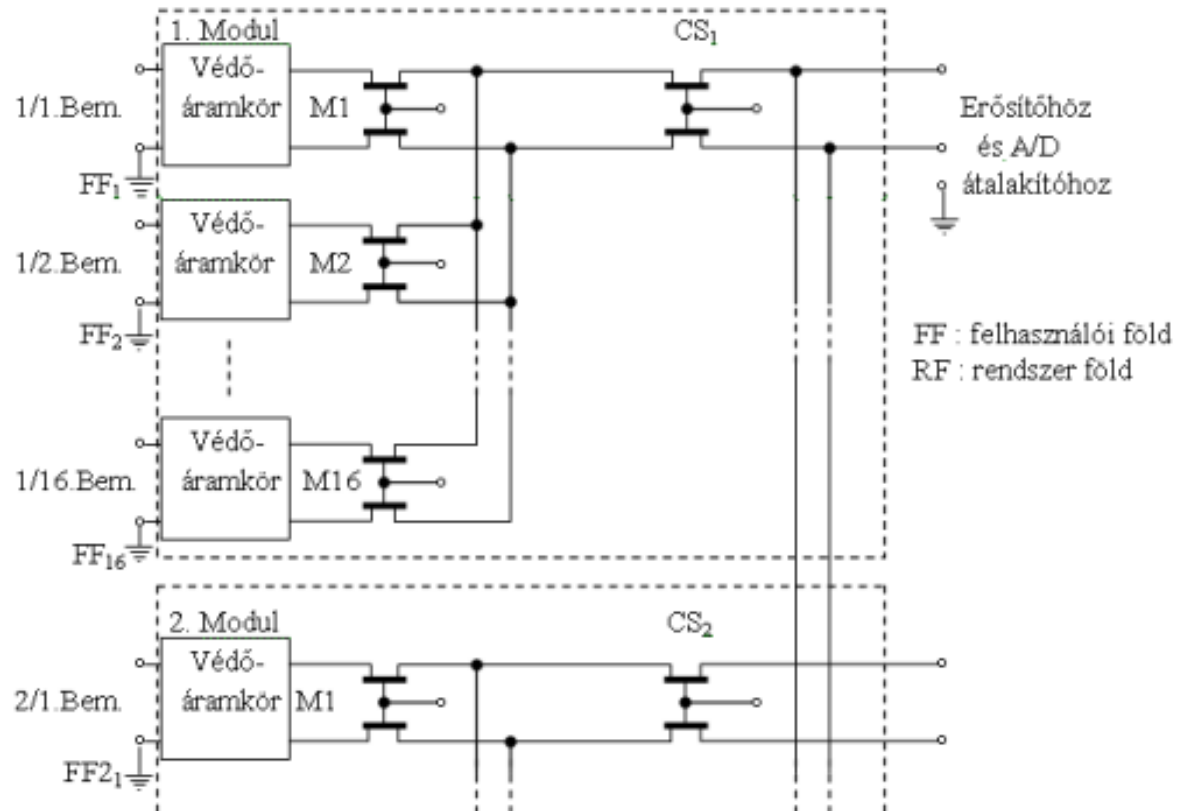
Repülő kondenzátoros mérőpontváltó

- Bemenetek és kimenet galvanikus leválasztása
- Földelt erősítő és ADC is használható (földelt jeladók esetén is)
- Probléma: kondenzátor szakadás esetén megőrzi a jel értékét



Szilárdtest méréspontváltó

- Kapcsolás MOSFET-ekkel
- A felhasználói földek galvanikus kapcsolatban
- Túláramtól és túlfeszültségtől védeni kell



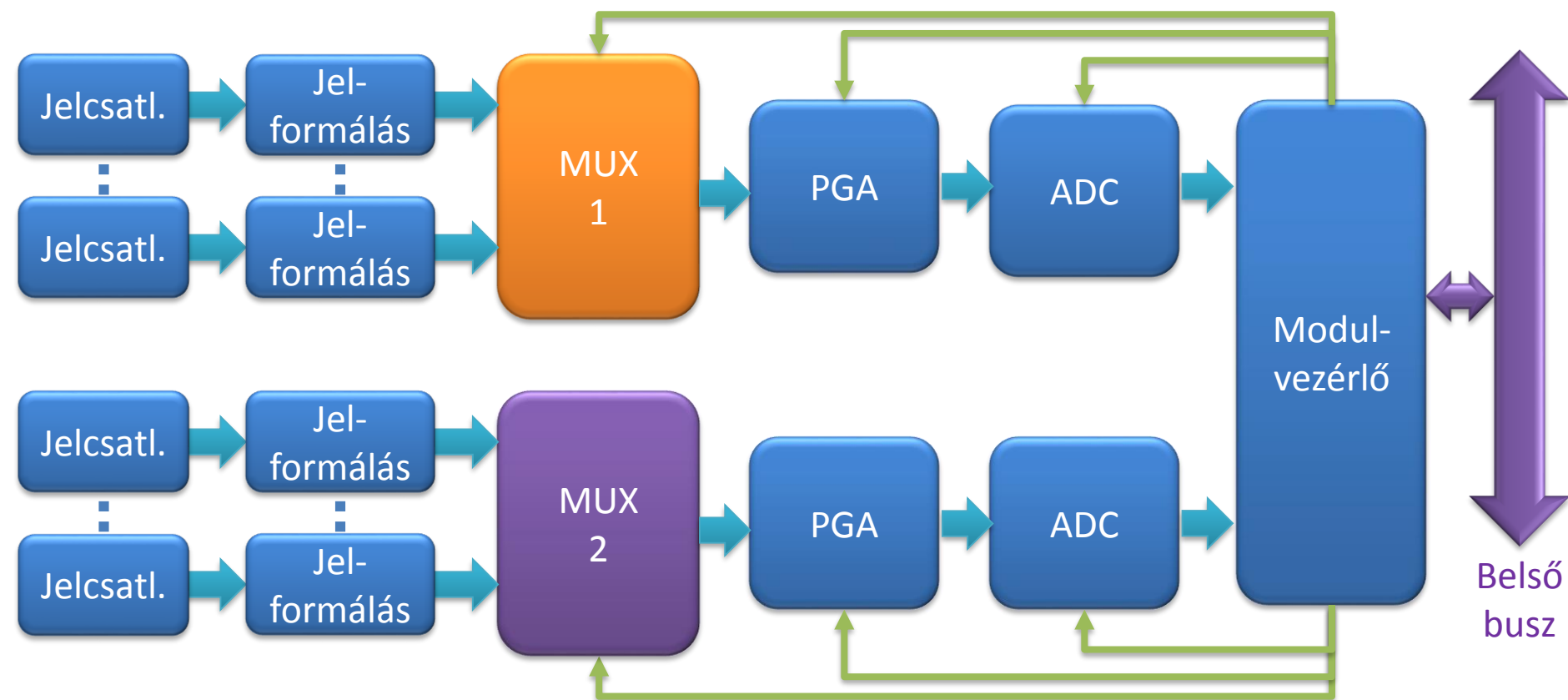
Méréspontváltók összehasonlítása

Jellemző	Relés	Szilárdtest
Átmeneti ellenállás (zárt)	200m Ω	20 Ω
Ellenállás (nyitott)	10 ¹⁰ Ω	10 ⁹ Ω
Szigetelési ellenállás a kapcsolt és vezérlő elektródák között	10 ⁹ Ω	10 ¹² Ω
Kapcsolási idő	1 – 2ms	1μs
Vibrációs érzékenység	Közepes	Jó
Túlfeszültség- és túláram-érzékenység	Nincs	Magas
Élettartam	10 ⁷ kapcsolás	Végtelen
Felhasználói földek galvanikus elválasztása egymástól	Igen	Nem

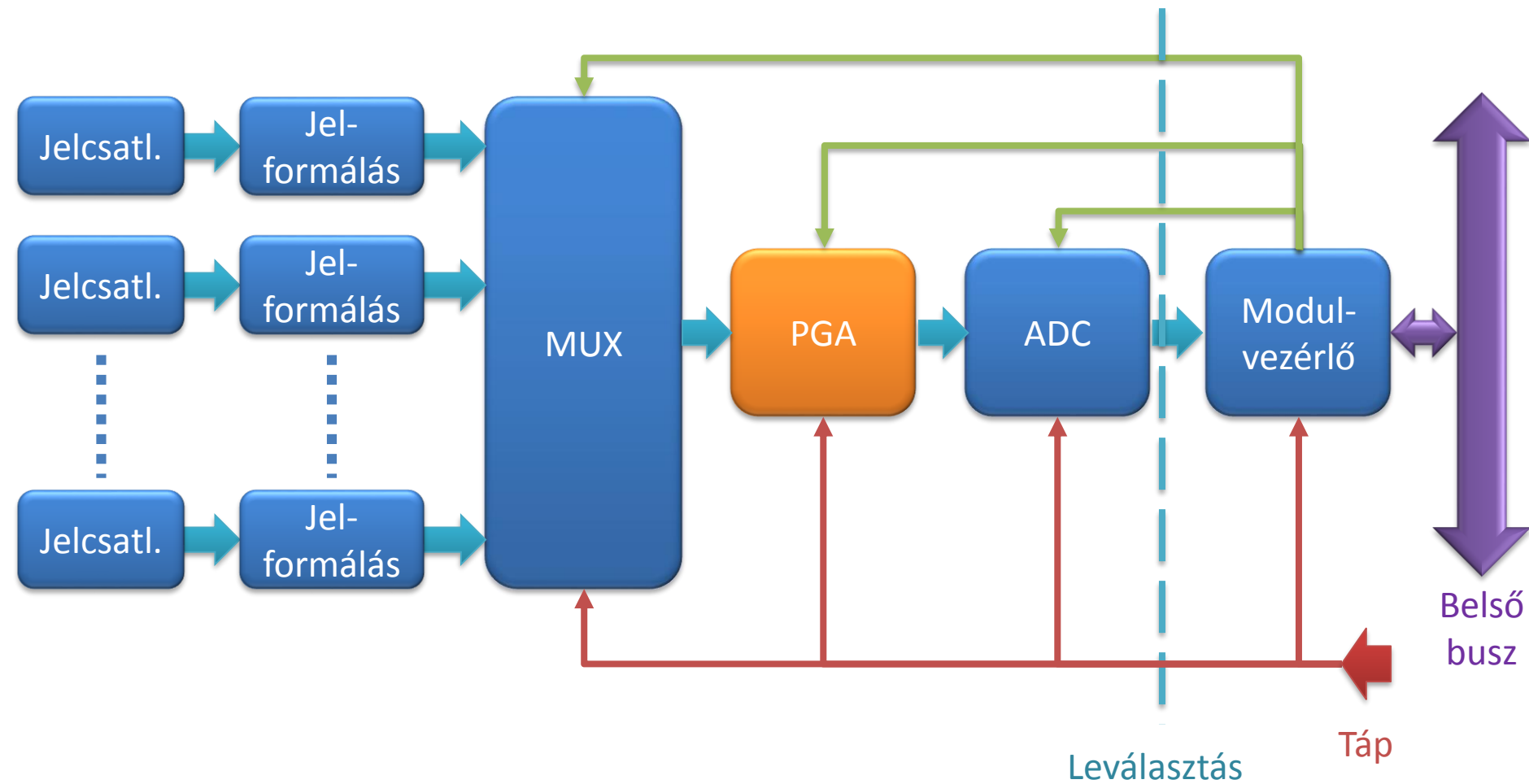
A multiplexálás hátrányai

- Egyszerre csak egy csatorna jele mérhető
- A mintavételi idő a csatornák számával arányosan nő
- A mért jelek mintavételei egymáshoz képest elcsúszhatnak
- Szilárdtest multiplexer esetén a felhasználói földek nincsenek elválasztva egymástól
- Gyakori megoldás: csatornák kisebb csoportokba (4-8 csatorna) szervezése

Csatornák csoportosítása

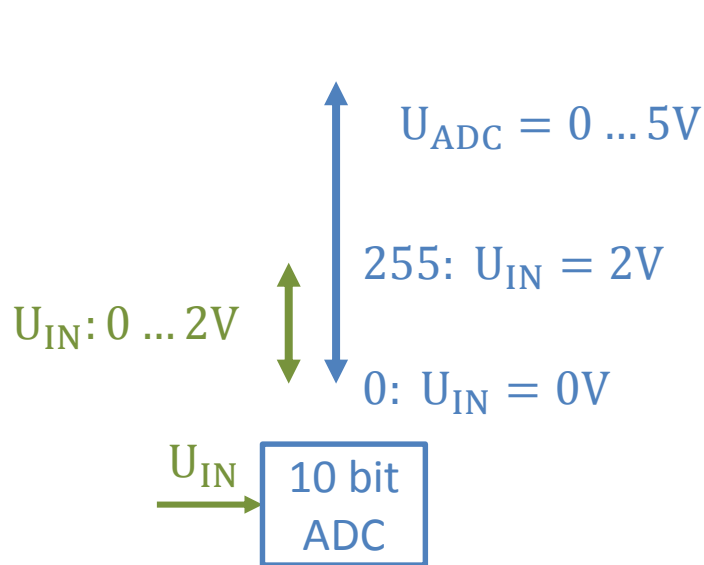


Erősítő

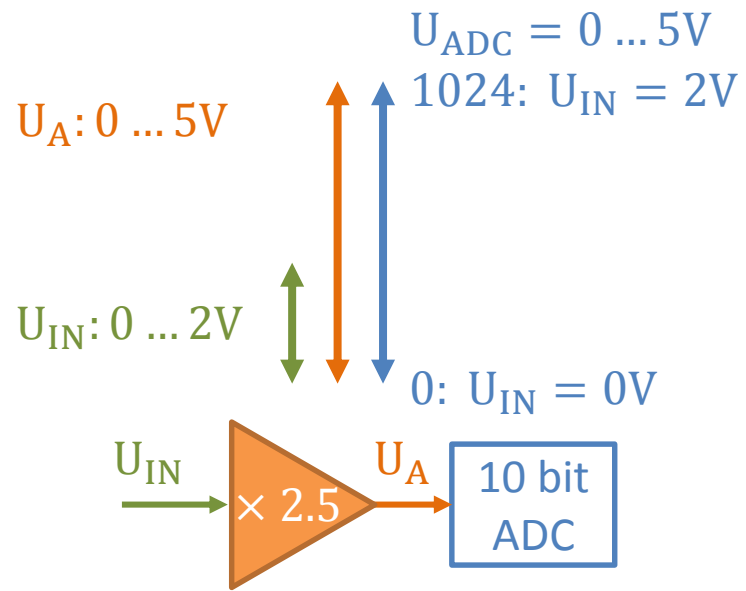


Erősítő

- Szerepe: jel skálázása az ADC bemeneti tartományára
- Cél: a jeltartomány „töltse ki” az ADC bemeneti tartományát
- Változatos bemeneti jeltartományok (0-5V, 0-10V, $\pm 10V$...)



Felbontás $\approx 5mV$

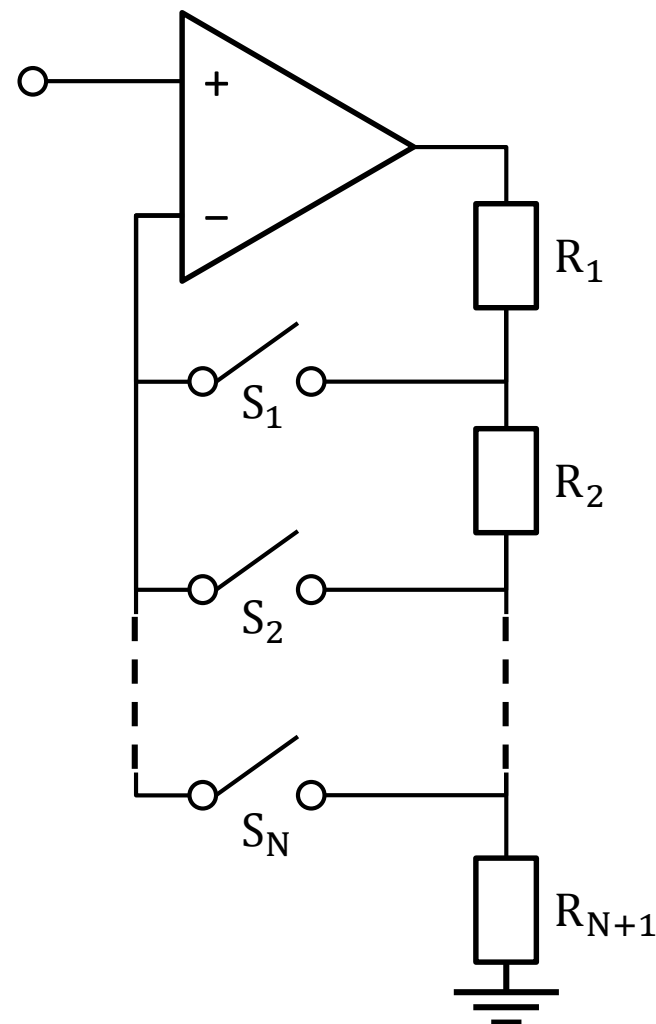


Felbontás $\approx 2mV$

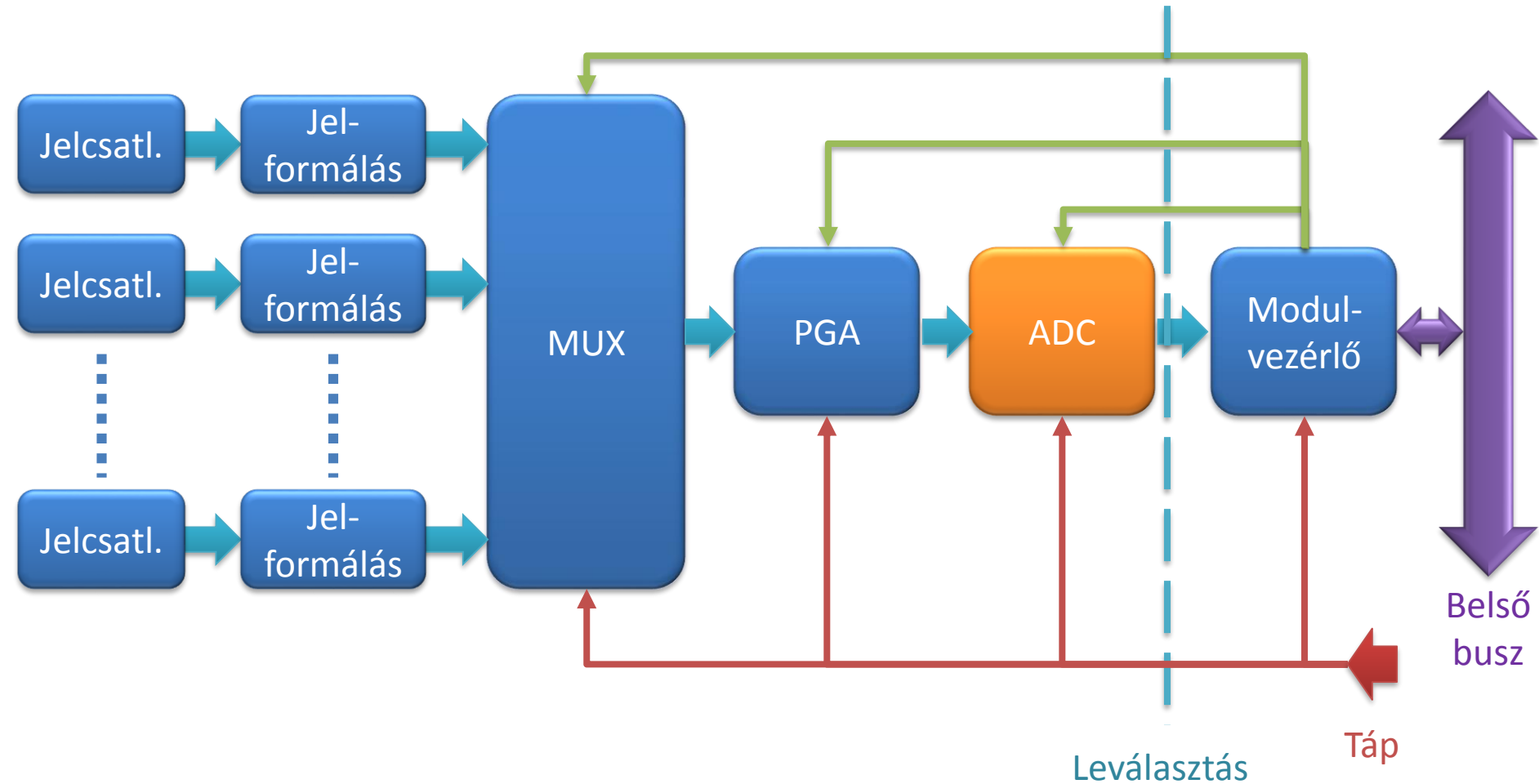
Programozható erősítésű erősítő

- PGA: Programmable Gain Amplifier
- Az erősítés értéke bizonyos értékekre beállítható

- S_1 zár: $G = 1 + \frac{R_1}{R_2 + \dots + R_{N+1}}$
- S_2 zár: $G = 1 + \frac{R_1 + R_2}{R_3 + \dots + R_{N+1}}$
- ...
- S_N zár: $G = 1 + \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_N}{R_{N+1}}$



Analóg-digitális átalakító

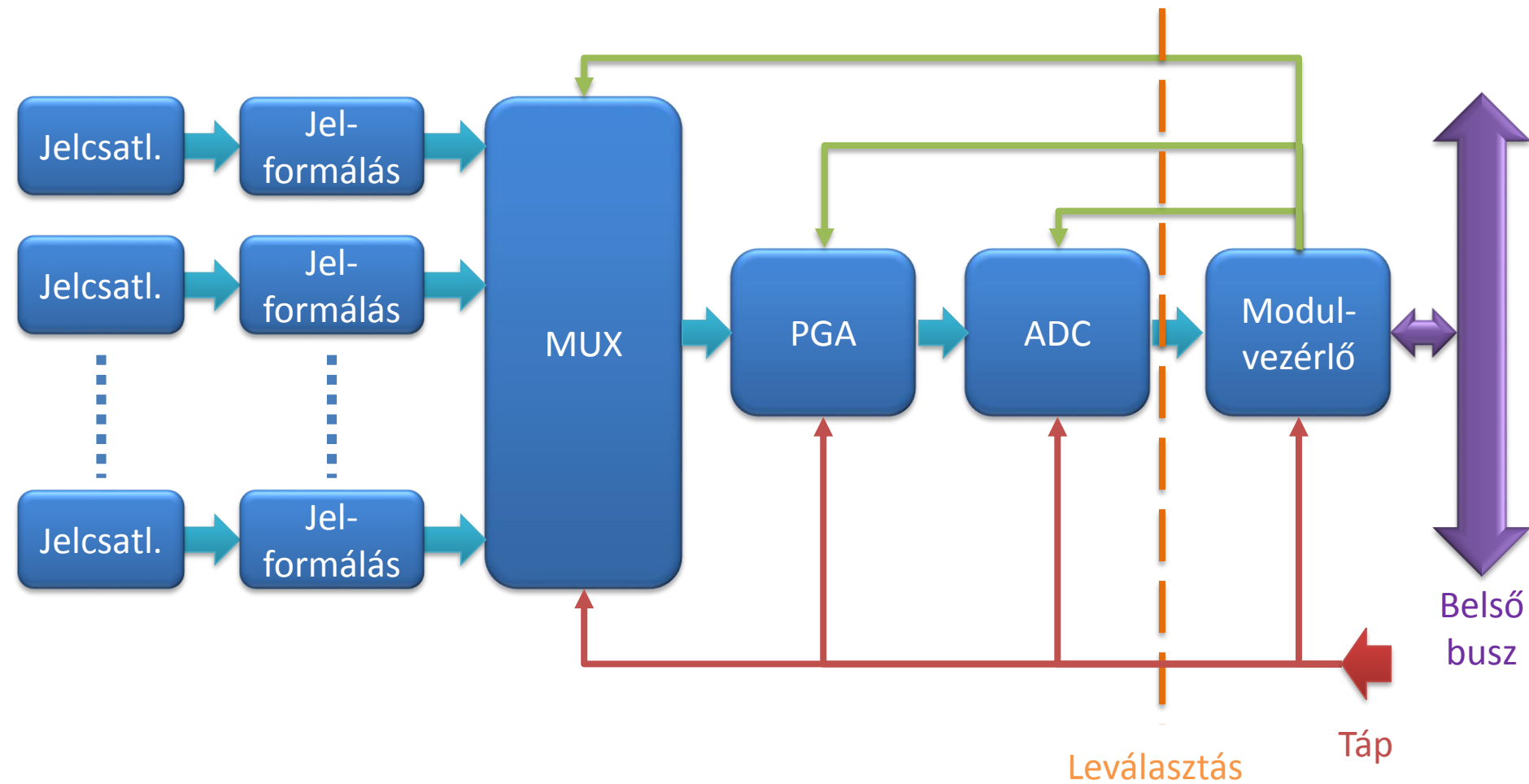


Analóg-digitális átalakító

- Általában 16-24 bit
- Leggyakrabban használt típusok
 - $\Sigma\Delta$
 - Kettős integráló
 - Szukcesszív approximációs



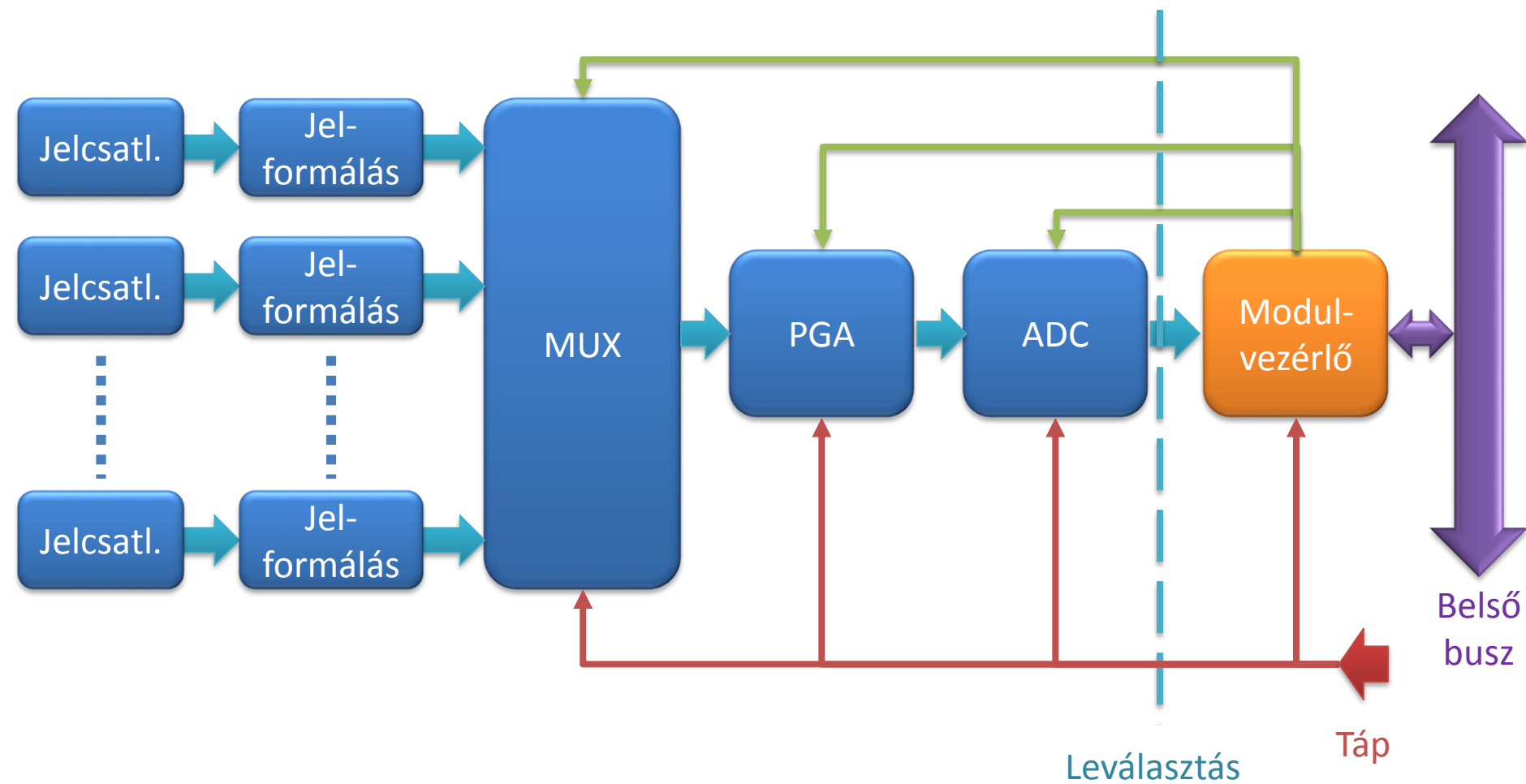
Belső leválasztás



Belső leválasztás

- Modulvezérlő galvanikus leválasztása
 - Mért érték és vezérlőjelek egyaránt
 - Optocsatoló
- Táp leválasztása – opcionális DC-DC konverter
- Cél: irányítóberendezés védelme
- 1000V-os átütési feszültség

Modulvezérlő



Modulvezérlő

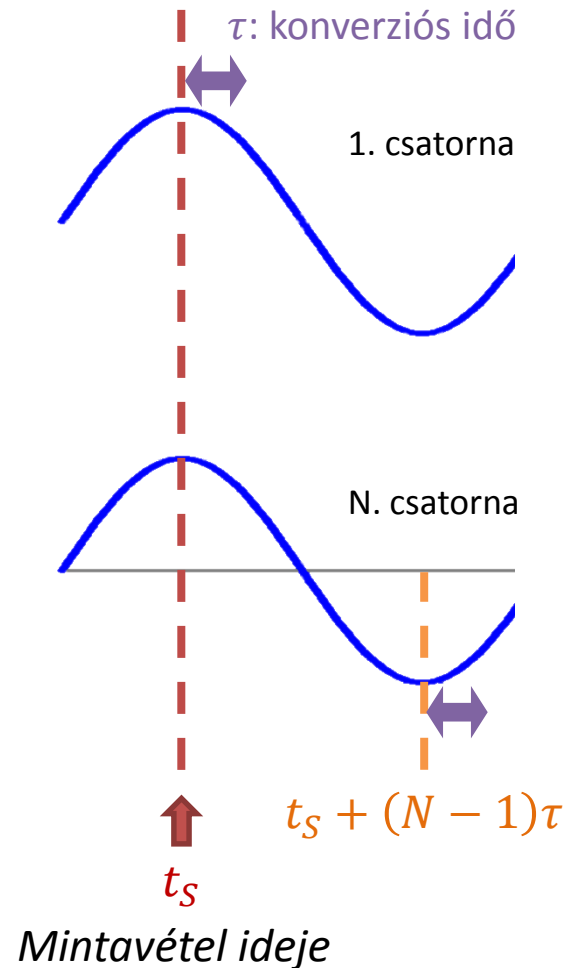
- A bemeneti modul megfelelő működtetéséért felel
 - Csatorna kiválasztása (MUX vezérlése)
 - Skálázás (PGA vezérlése)
 - Konverzió indítása (ADC vezérlése)
 - Értékek korrekciója, átalakítása és tárolása
 - Kommunikáció a CPU-val a belső buszon keresztül

Mintavételezés

- Folyamatos mintavételezés
 - Automatikus működés, nem a CPU kérése indítja
 - A mintákat a modolvezérlő memóriában tárolja, a CPU felé onnan szolgáltatja
- Multiplexálás
 - Ha a konverzió ideje τ , akkor N csatorna esetén egy csatornára $N\tau$ időközönként kerül sor
 - Teljes mintavételi ciklus ideje $\approx 5\text{ms}$
 - Nagy frekvenciájú jelek csak speciális modulok használatával érzékelhetők

Mintavételezés

- Csúszás (*jitter*)
 - Mivel a csatornák mintavételezése időben multiplexált, ezért a minták nem azonos időben keletkeznek
 - Probléma megoldása: analóg memória
- Mintavételi frekvencia növelése
 - Kevesebb csatorna egy ADC-re kötése
 - Csak a valóban felhasznált csatornák mintavételezése



Mért értékek kezelése

- A modulvezérlő a mért érték beállítható tartományának megfelelően állítja be a PGA-t
 - Túl- és alulcsordulási tolerancia
- A modulvezérlő az ADC nyers jeléből állítja elő a megfelelő mértékegységű jelet
 - Unipoláris/bipoláris
 - Megfelelő skálázás osztó használata illetve áram/feszültség átalakítás esetén
- A csatorna nullpontja beállítható (*offset*)

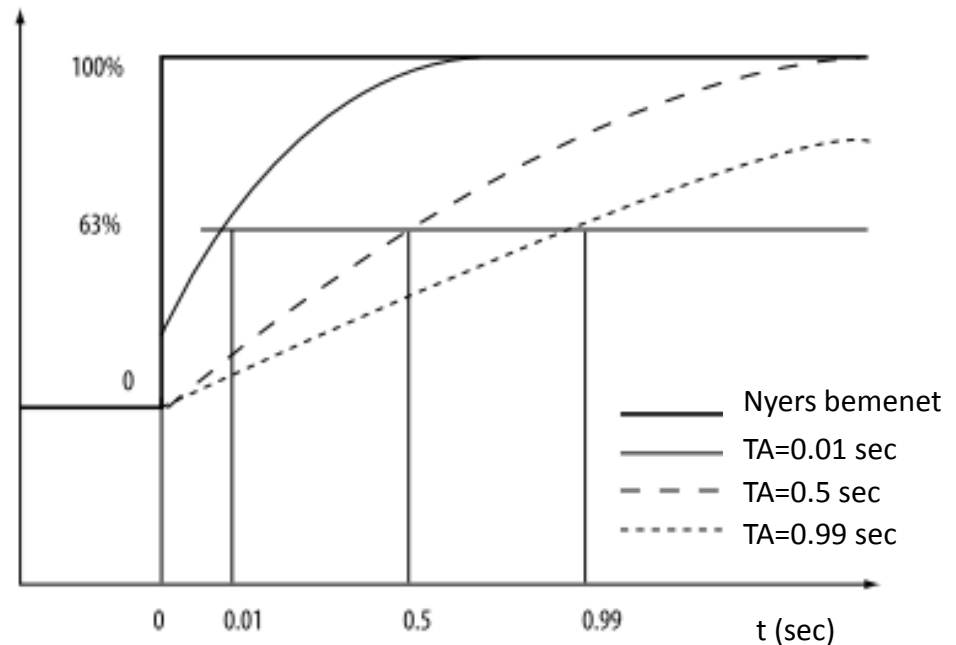
Kalibráció

- Bemenetek kalibrálhatók
- Referencia-feszültségforrás a modulon
 - Mérési tartomány alsó határa (ha nem 0)
 - Mérési tartomány felső határa
- A referencia feszültségek mérése alapján a modolvezérlő előállítja, eltárolja és a továbbiakban használja a korrekációs tényezőket

Szűrés

A modolvezérlő egyszerű, elsőfokú szűrést is elvégez

- $Y_N = \alpha Y_{N-1} + (1 - \alpha)U_N$
 - α : paraméter
- $Y_N = Y_{N-1} + \frac{[\Delta t]}{[\Delta t] + T_A} (U_N - Y_{N-1})$
 - Y: szűrt érték
 - U: nyers érték,
 - Δt : mintavételi idő
 - T_A : szűrő időállandó



Riasztások és hibajelzés

- Riasztás esetén a modolvezérlő jelez a CPU-nak
- Beállítható riasztások a csatornák
 - Jelszintjére
 - Változási sebességére
 - Vezetékszakadására (megfelelő paraméterek esetén)
- Hibajelző és tároló regiszterek a modolvezérlőben

Analóg bemeneti modul adatlapja



Attribute	1769-IF4
Inputs	4 differential or single-ended
Input range	$\pm 10\text{V}$ $0 \dots 10\text{V}$ $0 \dots 5\text{V}$ $1 \dots 5\text{V}$ $0 \dots 20\text{ mA}$ $4 \dots 20\text{ mA}$
Full scale range ⁽¹⁾	$\pm 10.5\text{V}$ $-0.5 \dots 10.5\text{V}$ $-0.5 \dots 5.25\text{V}$ $0.5 \dots 5.25\text{V}$ $0 \dots 21\text{ mA}$ $3.2 \dots 21\text{ mA}$
Current draw @ 5.1V	120 mA
Current draw @ 24V	60 mA
Heat dissipation, max	2.52 W
Converter type	Delta Sigma
Resolution ⁽²⁾	14 bits (unipolar) 14 bits plus sign (bipolar)
Rated working voltage ⁽³⁾	30V AC/30V DC
Common mode voltage range ⁽⁴⁾	$\pm 10\text{V DC}$ max per channel
Common mode rejection	> 60 dB @ 50 and 60 Hz with the 50 or 60 Hz filter selected, respectively
Normal mode rejection ratio	-50 dB @ 50 and 60 Hz with the 50 or 60 Hz filter selected, respectively
Input impedance	Voltage: 220 k Ω Current: 250 Ω

Analóg bemeneti modul adatlapja



Accuracy ⁽⁵⁾	Voltage: $\pm 0.2\%$ full scale @ 25 °C (77 °F) Current: $\pm 0.35\%$ full scale @ 25 °C (77 °F)
Accuracy drift with temperature	Voltage: $\pm 0.003\%$ per °C Current: $\pm 0.0045\%$ per °C
Nonlinearity	$\pm 0.03\%$
Repeatability ⁽⁶⁾	$\pm 0.03\%$
Module error	Voltage: $\pm 0.3\%$ Current: $\pm 0.5\%$
Overload at input terminals, max ⁽⁷⁾	Voltage: $\pm 30\text{V}$ DC continuous, 0.1 mA Current: ± 32 mA continuous, $\pm 7.6\text{V}$ DC
Isolation voltage	500V AC or 710V DC for 1 minute (qualification test), group to bus 30V AC/30V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Weight, approx	300 g (0.65 lb)
Dimensions (HxWxD), approx	118 x 35 x 87 mm (4.65 x 1.38 x 3.43 in.) Height with mounting tabs 138 mm (5.43 in.)
Slot width	1
Module location	DIN rail or panel mount
Power supply	1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4, 1769-PB4
Optional 24V DC Class 2 power supply voltage range ⁽⁸⁾	20.4...26.4V DC
Power supply distance rating	8 modules
Terminal screw torque	0.68 N•m (6 lb•in)
Retaining screw torque	0.46 N•m (4.1 lb•in)
Wire size	(22...14 AWG) solid (22...16 AWG) stranded
Wire type	Cu-90 °C (194 °F)

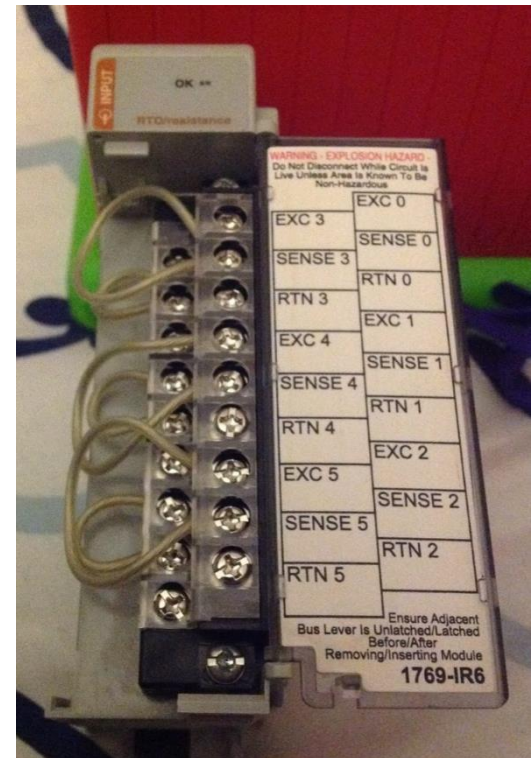
Elválasztott (izolált) bemeneti modul

- A csatornák galvanikusan elválasztottak
- Minden csatornához külön PGA és ADC tartozik
- Költséges, de biztos megoldás

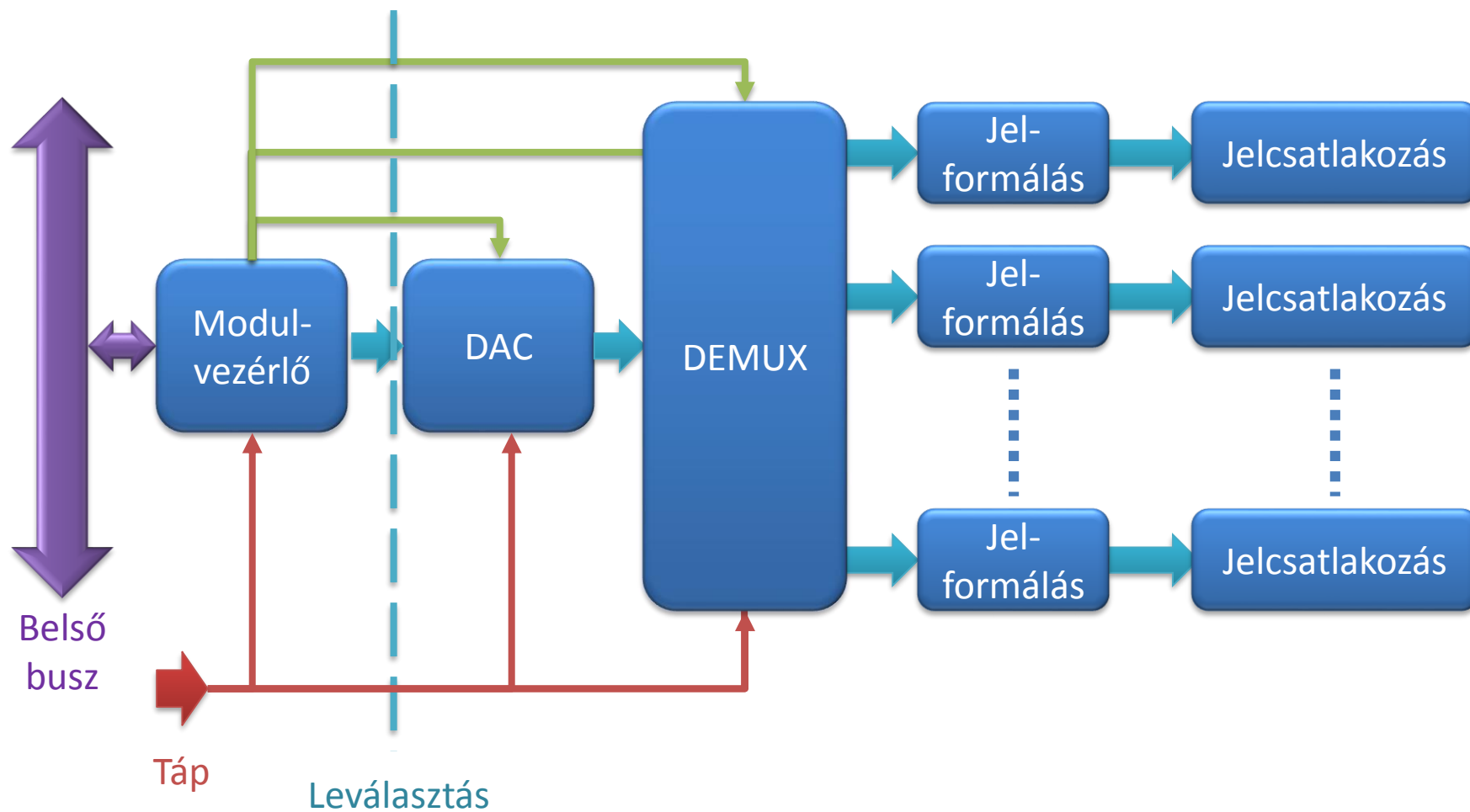


Hőmérsékletérzékelő bemeneti modul

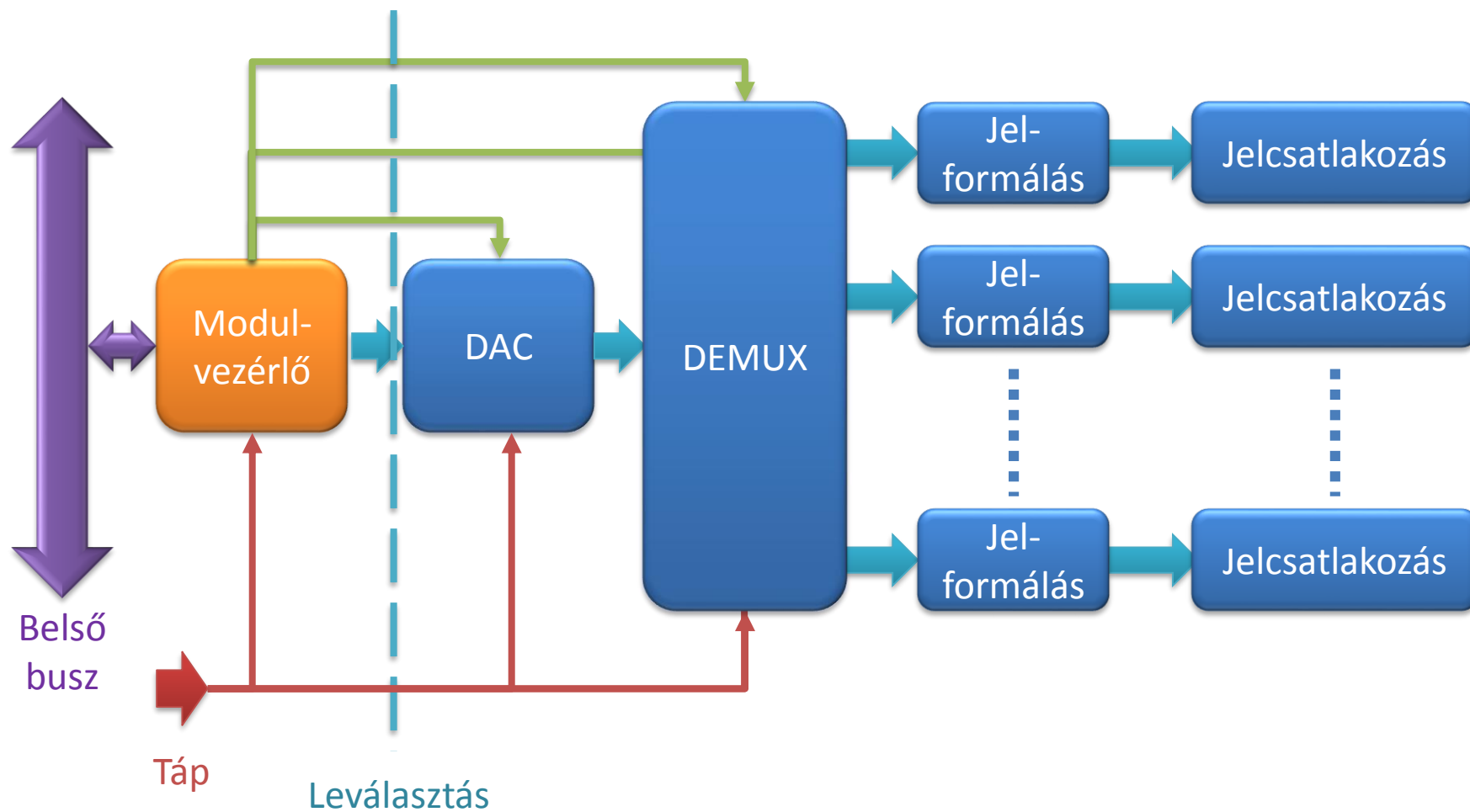
- Ellenállás-hőmérő bemenet
 - Áramgenerátor
 - Feszültségmérés
 - 3 és 4 vezetékes mérés
- Hőelem bemenet
 - Feszültségmérés
 - Hidegpont szoftveres kompenzálása
- Kis jelszintek ($< 100\text{mV}$)
- Csatornák elválasztása



Analóg kimeneti modul



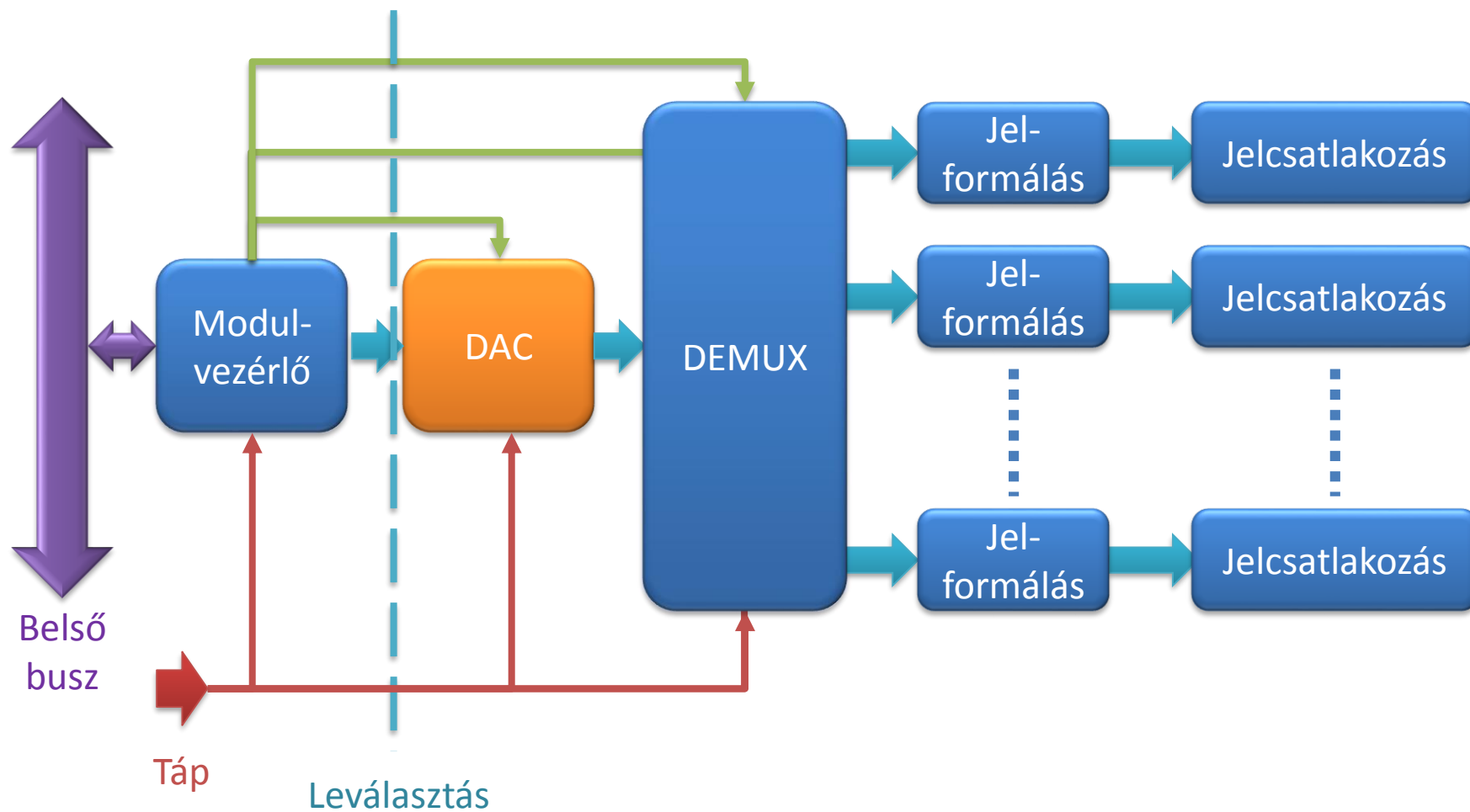
Modulvezérlő



Modulvezérlő

- A kimeneti modul megfelelő működtetéséért felel
 - Kommunikáció a CPU-val a belső buszon keresztül
 - CPU-tól érkezett kimeneti adatok tárolása
 - Csatorna kiválasztása (DEMUX vezérlése)
 - Konverzió indítása (DAC vezérlése)

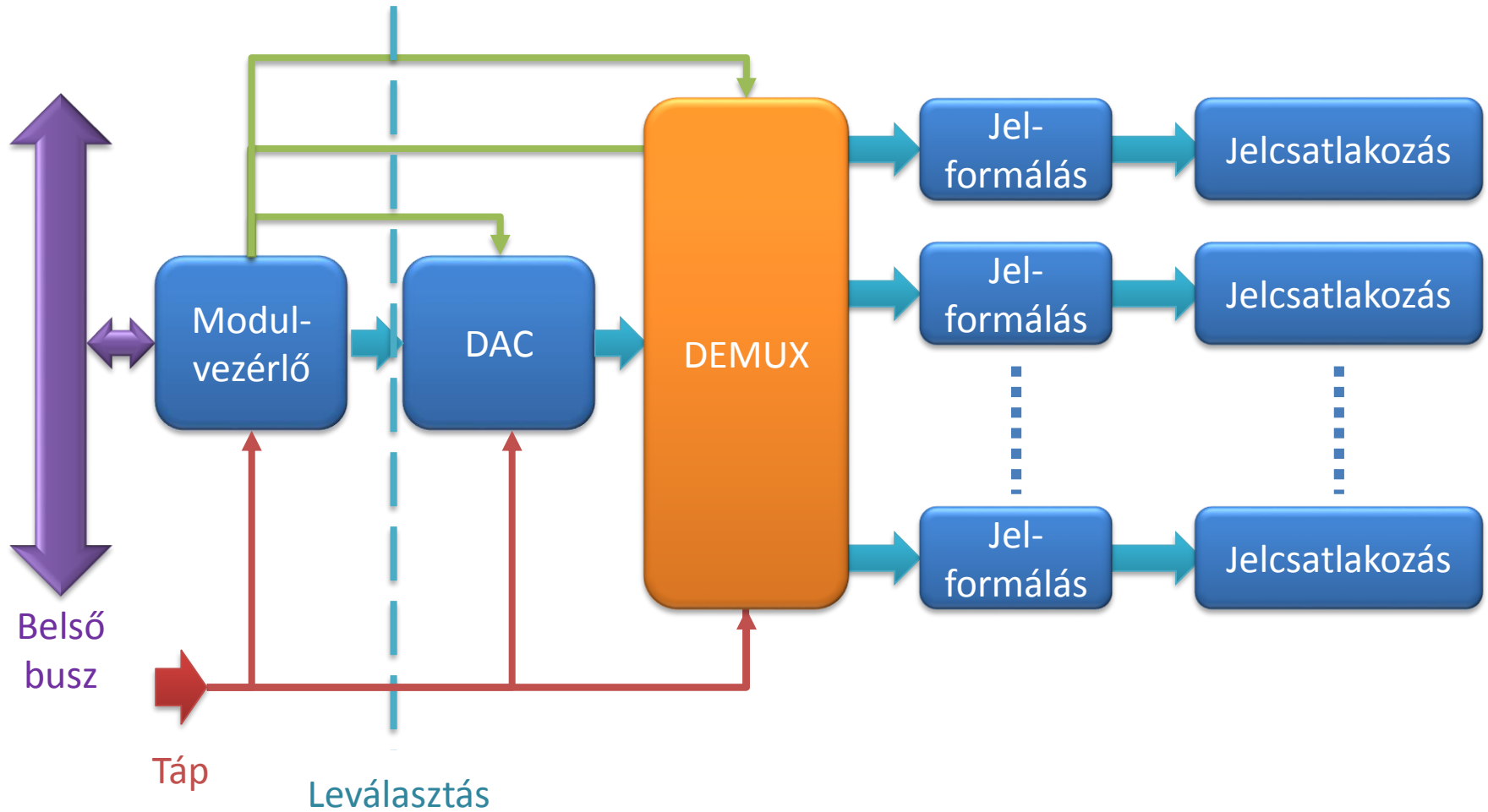
Digitál-analóg átalakító



Digitál-analóg átalakító

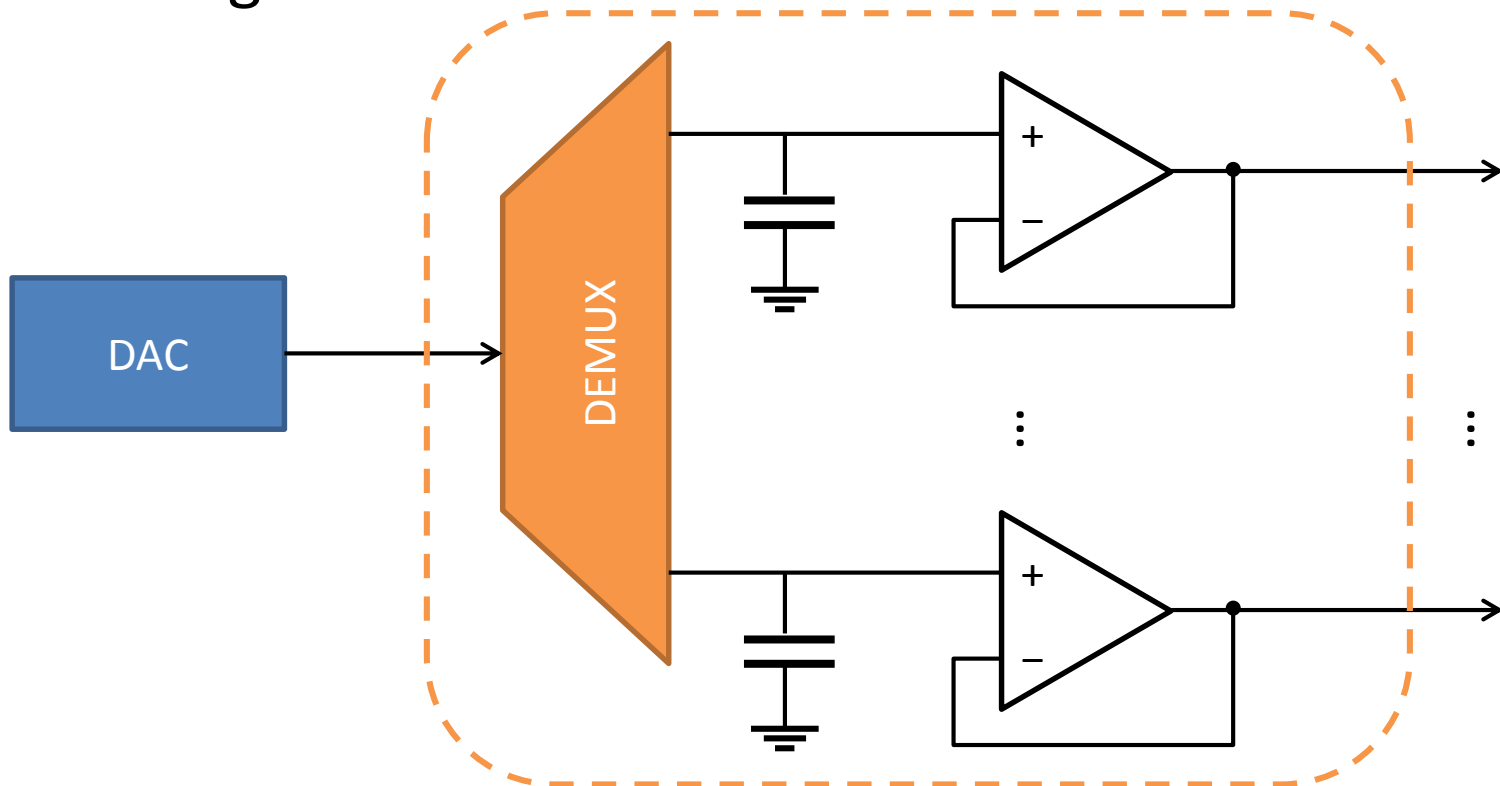
- 16-24 bit
- Sample-and-hold funkció (ZOH)
- A kimeneti jeltartományok a bemenetekhez hasonlóan állíthatók
- Szűrés (rámpa) is konfigurálható

Demultiplexer

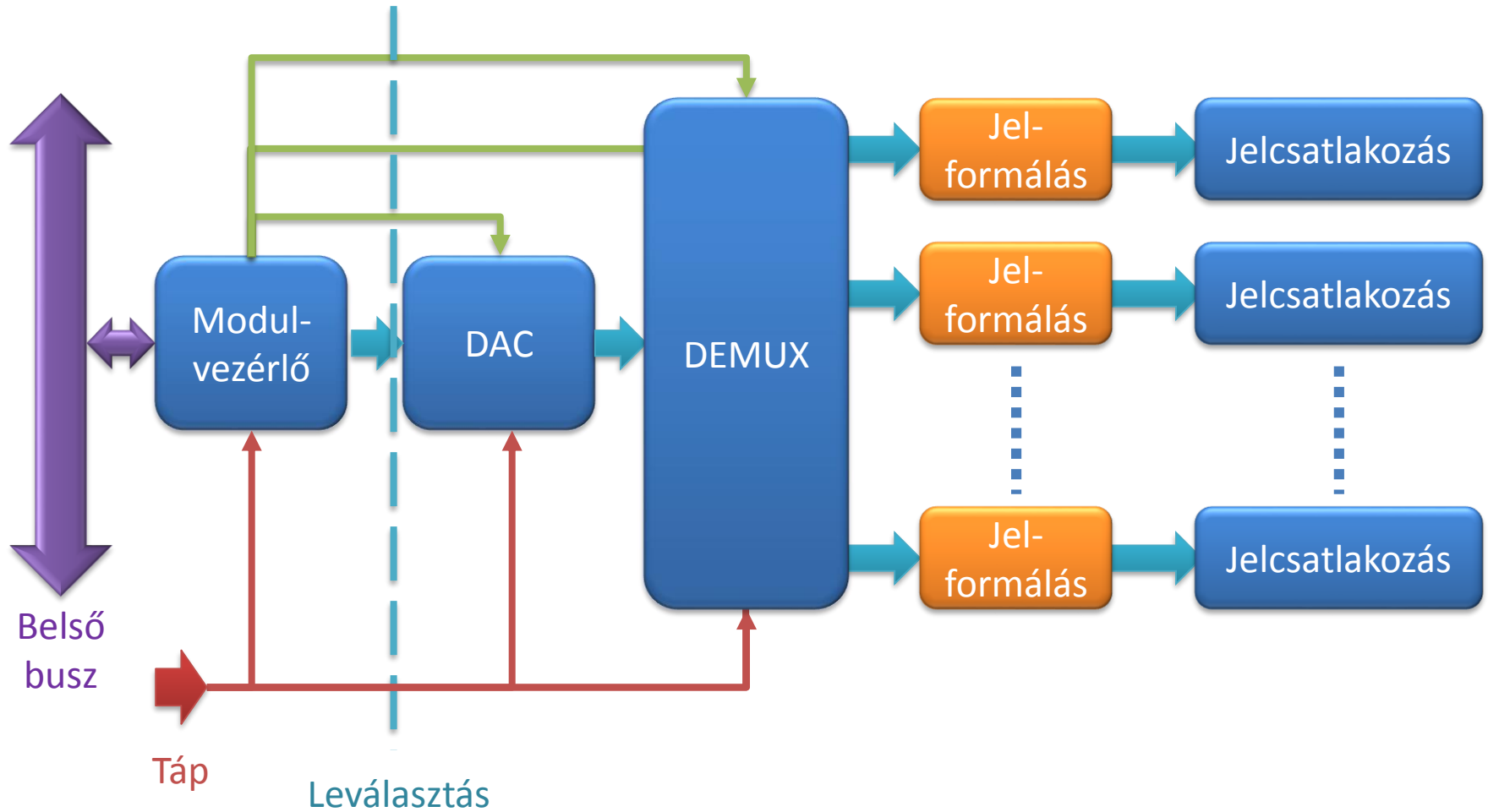


Demultiplexer

- DAC kimenetének megfelelő csatornára juttatása
- Sample-hold funkció: kondenzátor és követő erősítő
- Csatornánként külön DAC esetén használata nem szükséges



Jelformálás



Jelformálás

- Általában a DAC kimenete közvetlenül kerül továbbításra
- Ritkán: további leválasztás
- Áram kimenetű modulok
 - DAC után áram-feszültség átalakítás
 - Szabvány 4-20 mA áramkimenet

Analóg kimeneti modul adatlapja



Attribute	1769-OF8V
Outputs	8 single-ended
Output range	$\pm 10V$ 0...10V 0...5V 1...5V
Full scale range ⁽¹⁾	$\pm 10.5V$ -0.5...10.5V -0.5...5.25V 0.5...5.25V
Resolution	16 bits plus sign (bipolar) $\pm 10V$ DC: 15.89 bits, 330 μV /bit 0...10V DC: 14.89 bits, 330 μV /bit 0...5V DC: 13.89 bits, 330 μV /bit 1...5V DC: 13.57 bits, 330 μV /bit
Bus current draw	5V DC, 145 mA 24V DC, 135 mA
Heat dissipation, max	2.16 W

Analóg kimeneti modul adatlapja

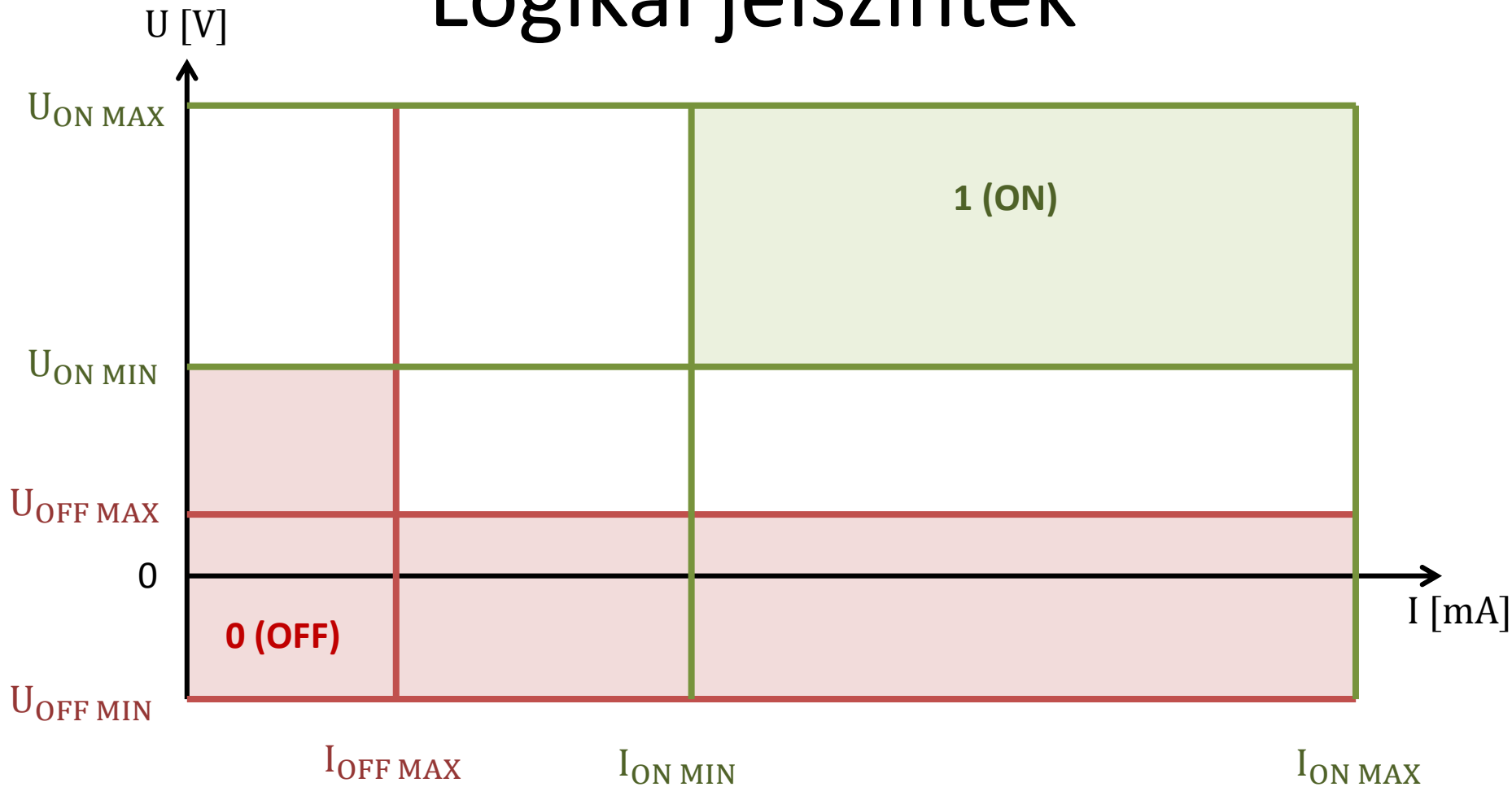


Conversion rate (all channels), max	5.0 ms
Step response to 63% ⁽²⁾	< 2.9 ms
Load output current, max	10 mA
Load range output	> 1 k Ω
Capacitive load (voltage outputs), max	1 μ F
Field calibration	None required
Accuracy ⁽³⁾	$\pm 0.5\%$ full scale @ 25 °C (77 °F)
Accuracy drift with temperature	$\pm 0.0086\%$ per °C
Output ripple ⁽⁴⁾	$\pm 0.05\%$ @ 0...50 kHz
Nonlinearity	$\pm 0.05\%$
Repeatability ⁽⁵⁾	$\pm 0.05\%$
Module error	$\pm 0.8\%$
Offset error	$\pm 0.05\%$
Output impedance	< 1 Ω
Open and short-circuit protection	Yes
Short-circuit protection, max	30 mA
Output overvoltage protection	Yes
Output response at system powerup and power down	± 0.5 V DC spike for < 5 ms
Rated working voltage ⁽⁶⁾	30V AC/30V DC
Isolation voltage	500V AC or 710V DC for 1 min (qualification test), output group to bus 30V AC/30V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)

Digitális jelek

- DC
 - 0-24 V
 - 0-5 V (TTL) – ritka
 - ...
- AC
 - 115V/230V – ritka
 - ...

Logikai jelszintek



OFF: $U_{OFF\ MIN} \leq U \leq U_{OFF\ MAX}$ VAGY ($U_{OFF\ MIN} \leq U \leq U_{ON\ MIN}$ ÉS $I \leq I_{OFF\ MAX}$)

ON: $U_{ON\ MIN} \leq U \leq U_{ON\ MAX}$ ÉS $I_{ON\ MIN} \leq I \leq I_{ON\ MAX}$

0-24V logikai jelszintek

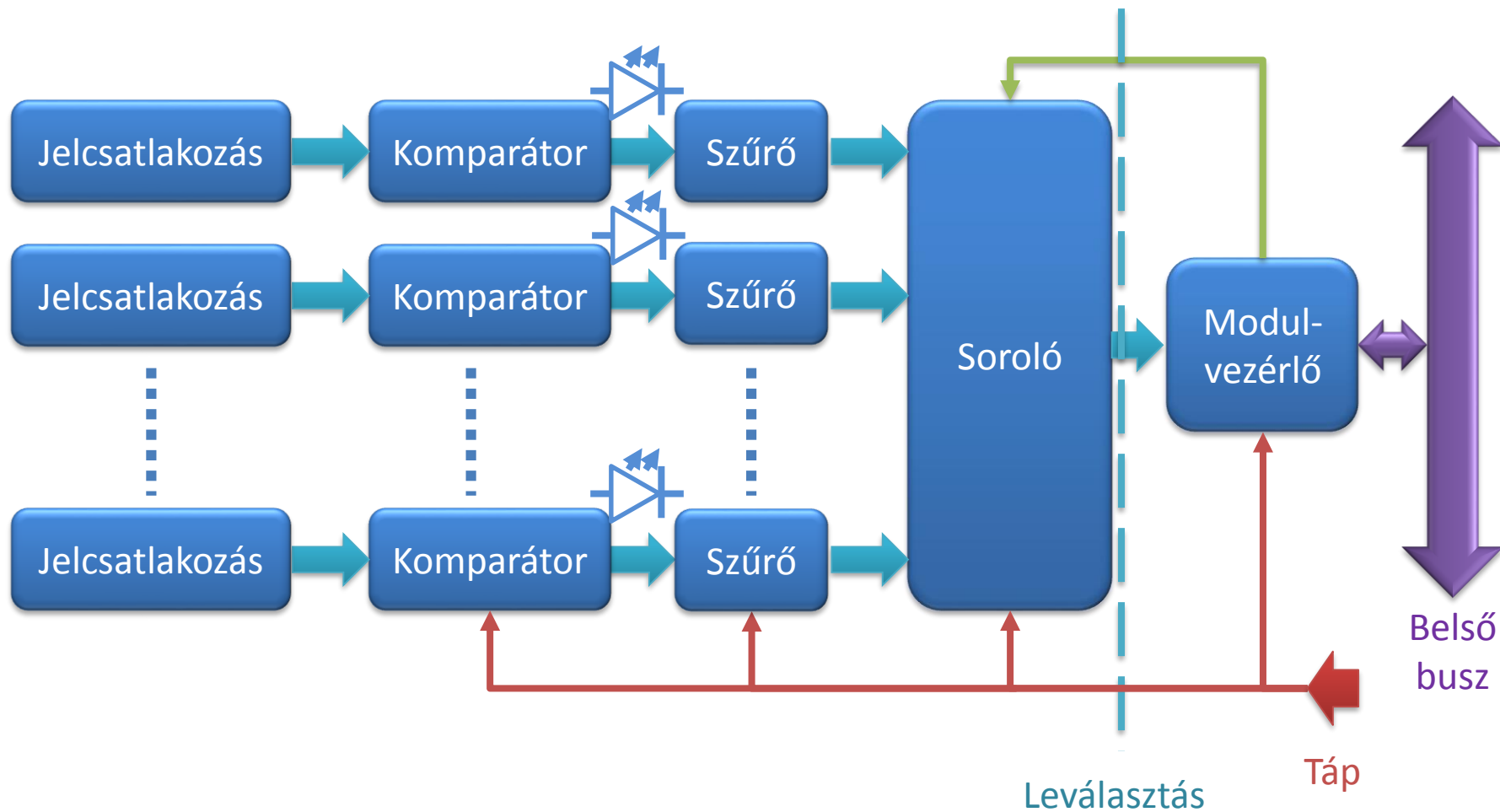
Jel	Paraméter	1. típus	2. típus	3. típus
0 (OFF)	$I_{\text{OFF MAX}}$	0.5 mA	2 mA	1.5 mA
	$U_{\text{OFF MIN}}$	-3 V	-3 V	-3 V
	$U_{\text{OFF MAX}}$	5 V (15V @ $I < I_{\text{OFF MAX}}$)	5 V (11V @ $I < I_{\text{OFF MAX}}$)	5 V (11V @ $I < I_{\text{OFF MAX}}$)
1 (ON)	$I_{\text{ON MIN}}$	2 mA	6 mA	2 mA
	$I_{\text{ON MAX}}$	15 mA	30 mA	15 mA
	$U_{\text{ON MIN}}$	15 V	11 V	11 V
	$U_{\text{ON MAX}}$	30 V	30 V	30 V

1. típus: mechanikai kontaktusok, háromvezetékes érzékelők
2. típus: félvezetős technológia, kétvezetékes érzékelők
3. típus: 2/3 vezetékes érzékelők, csökkentett teljesítményfelvétel

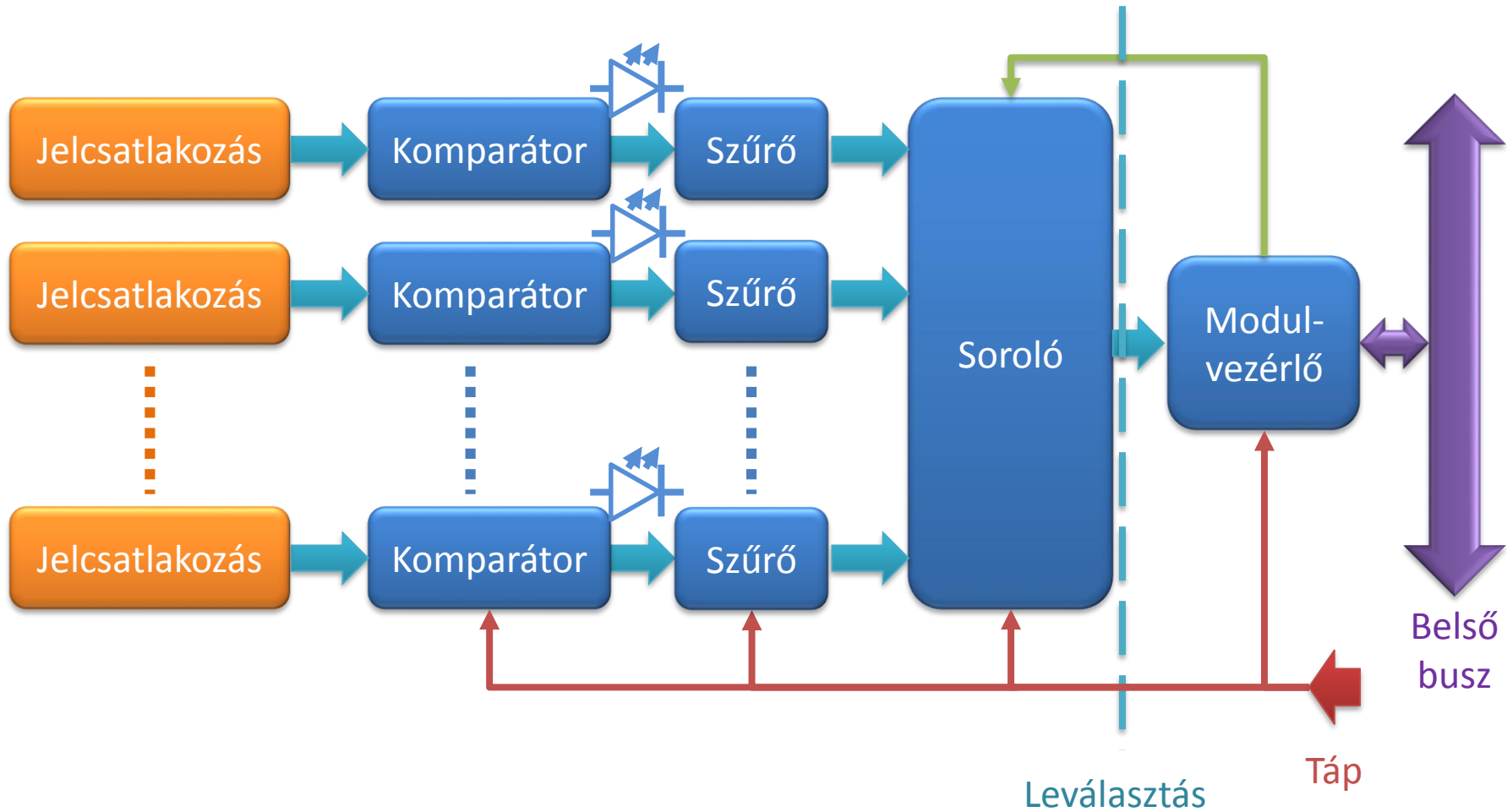
Digitális jelek

- Szint / kontaktus jelek
 - Az információt a jelszint hordozza
 - Változási frekvenciája kicsi
 - Pl. végálláskapcsoló
- Frekvencia / impulzus jelek
 - Az információt a frekvencia vagy kitöltési tényező hordozza
 - Változási frekvenciája nagy is lehet
 - Pl. enkóder

Digitális bemeneti modul



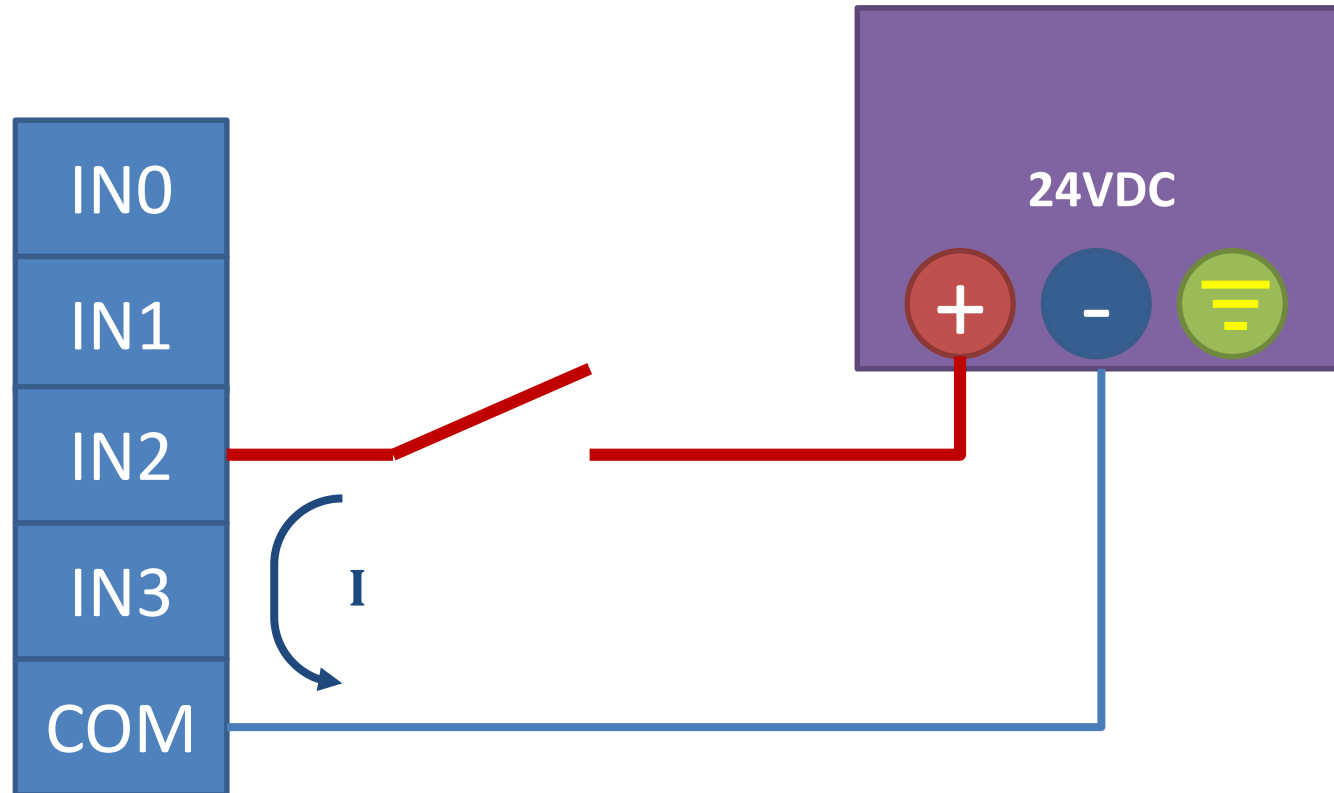
Jelcsatlakozás



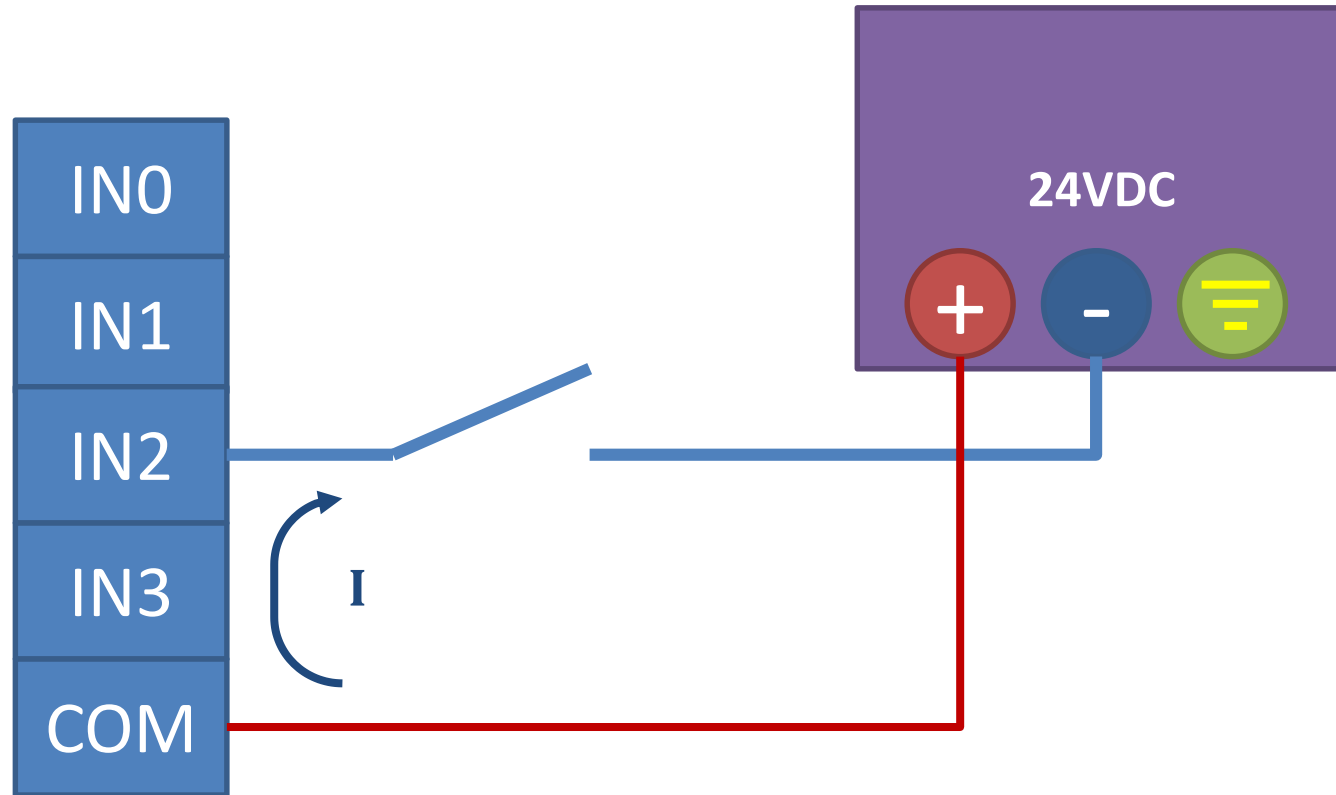
Jelcsatlakozások

- Bemenet: $IN-n$, In
- Föld: GND, COM
 - Jelek referenciaszintje
 - Elválasztott bemeneti modul: csatornánkénti föld (költséges, ritka)
 - Csoportonkénti föld: 4 / 8 bemeneti csatornánként

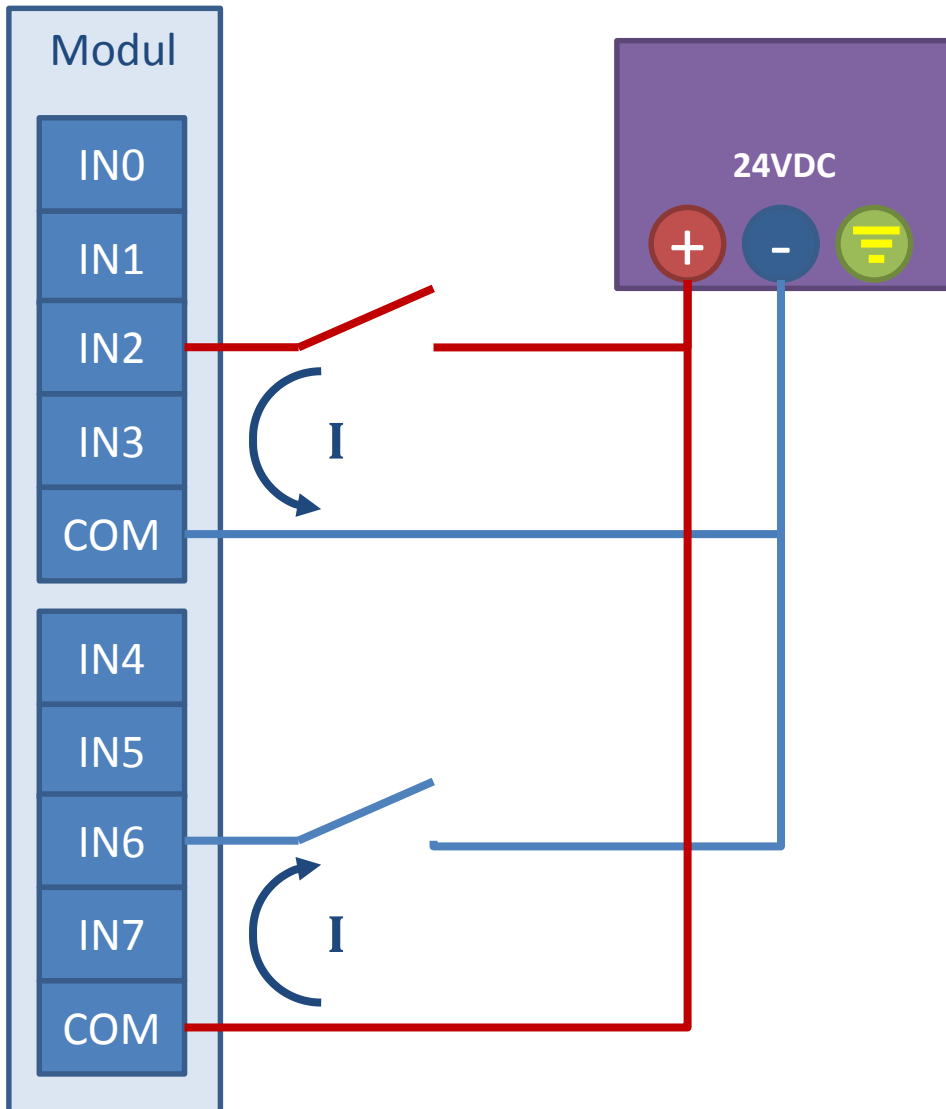
Nyelő (*sink*) bemenet – pozitív logika



Forrás (*source*) bemenet – negatív logika



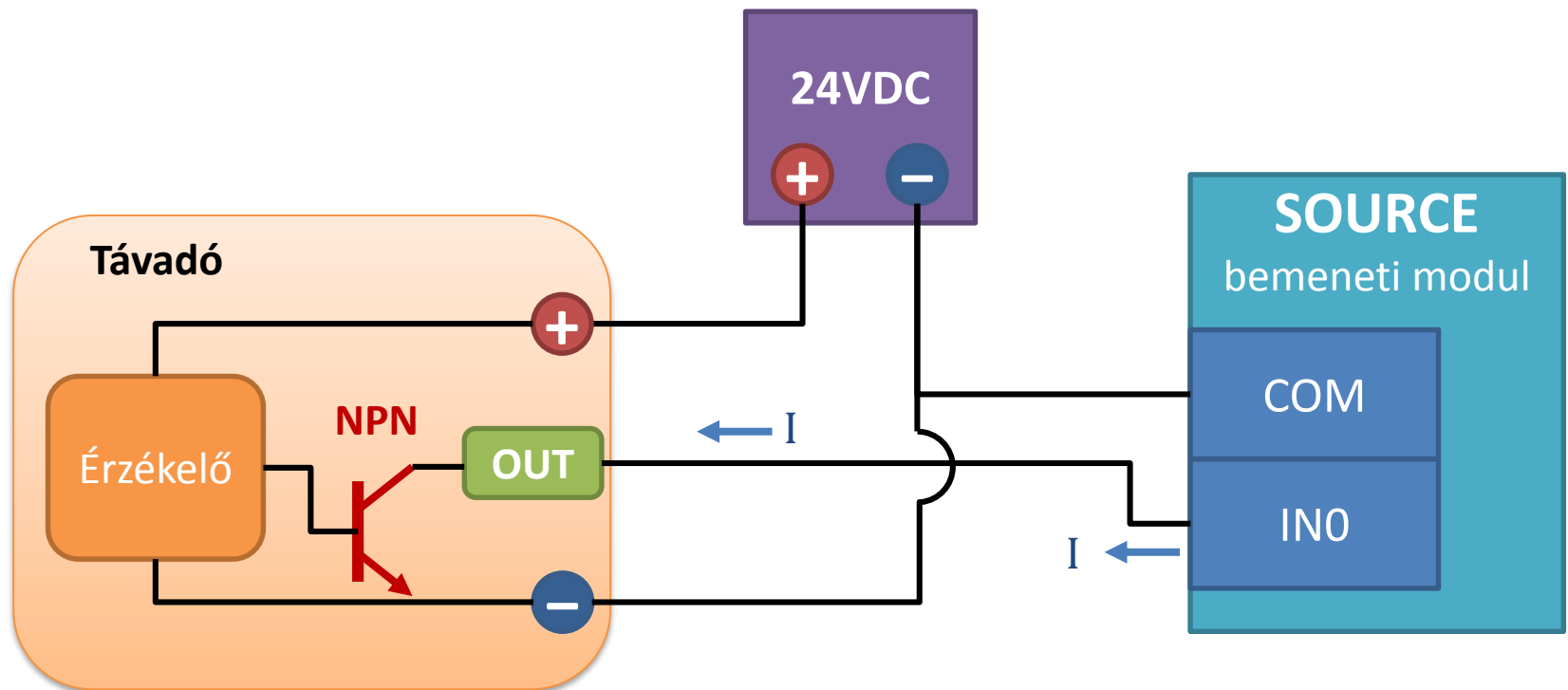
Forrás / nyelő (*sink* / *source*) bemenet



- Mindkét üzemmódban képes működni
- Egy csatorna-csoport (közös referenciapont) minden csatornája vagy forrás vagy nyelő

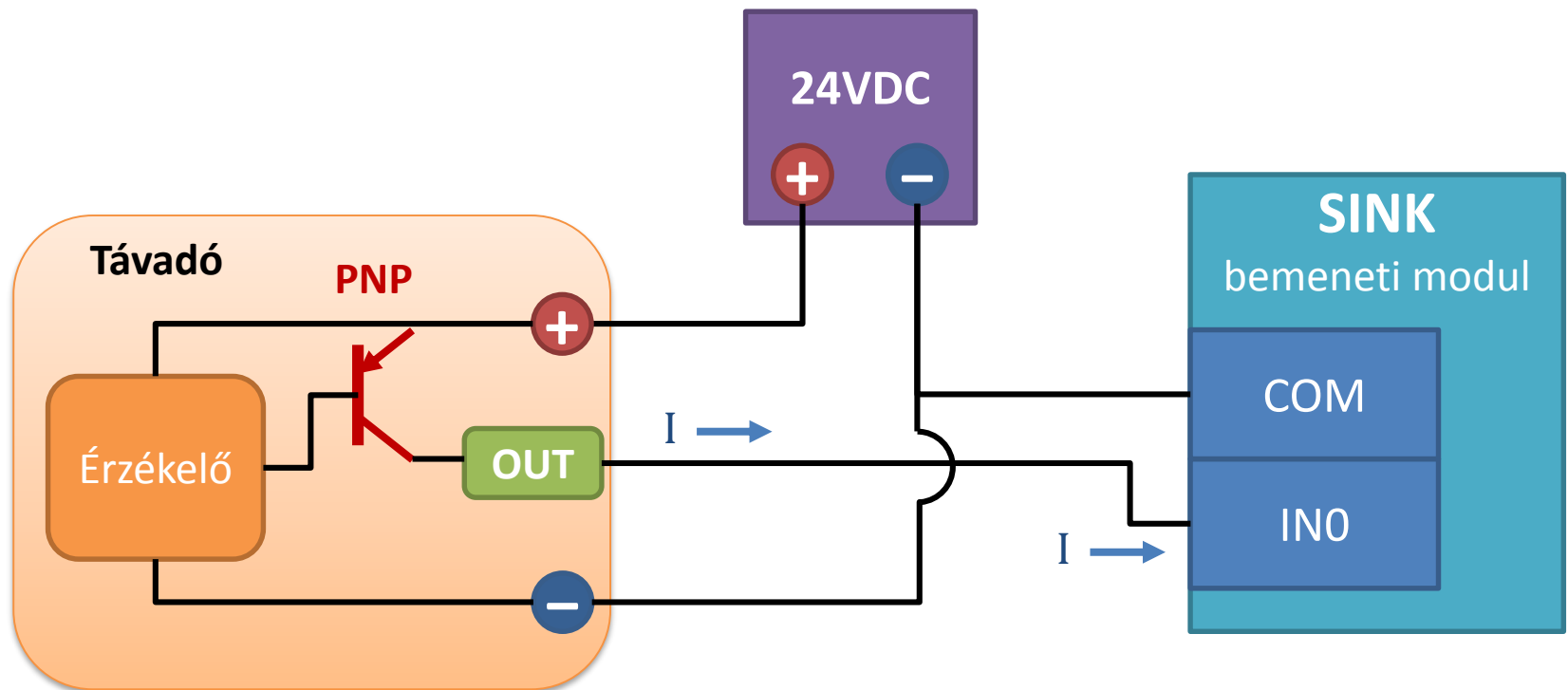
NPN távadók

- Távadó kimenete NPN (áramnyelő)
- Forrás (source) típusú bemenetre köthető

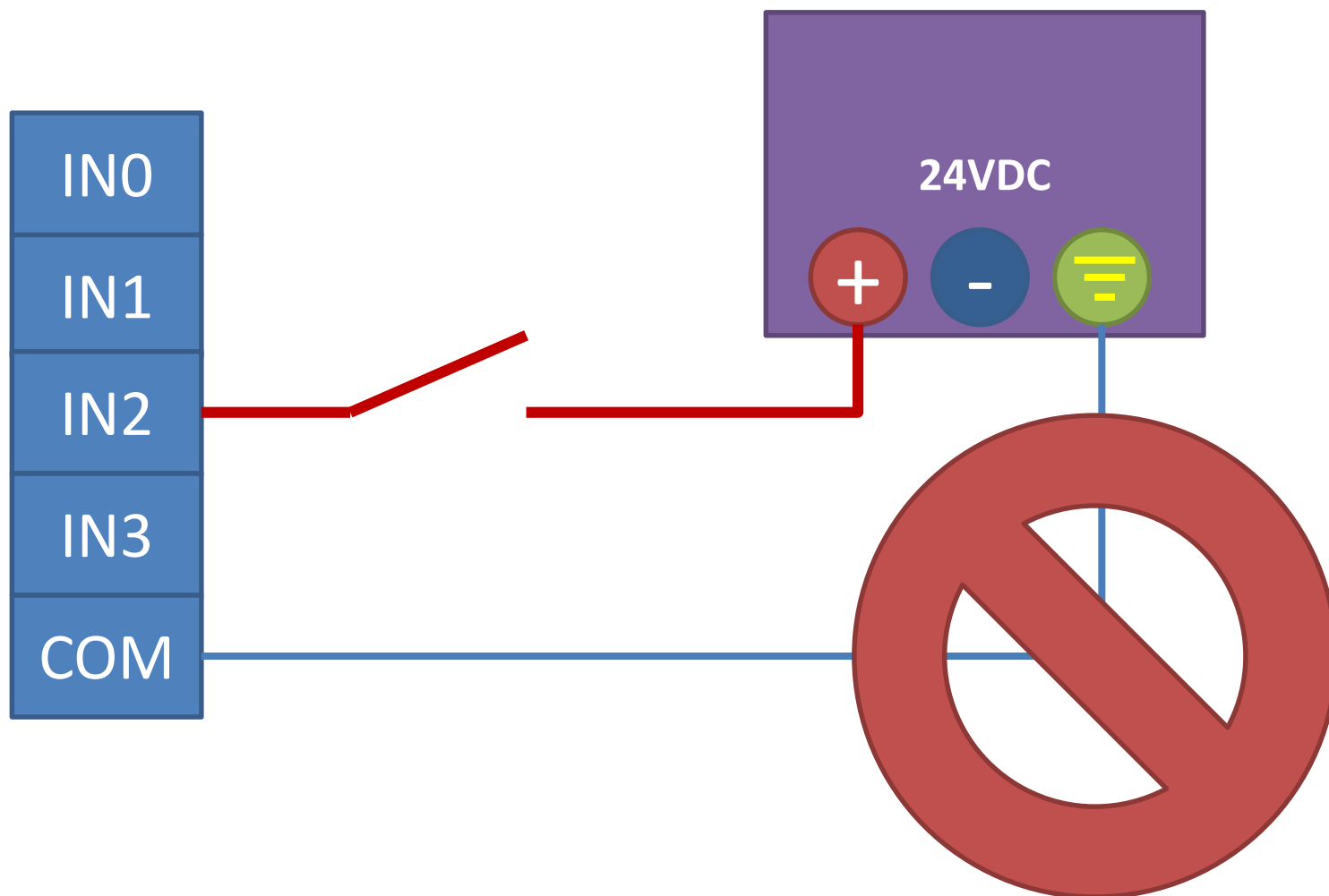


PNP távadók

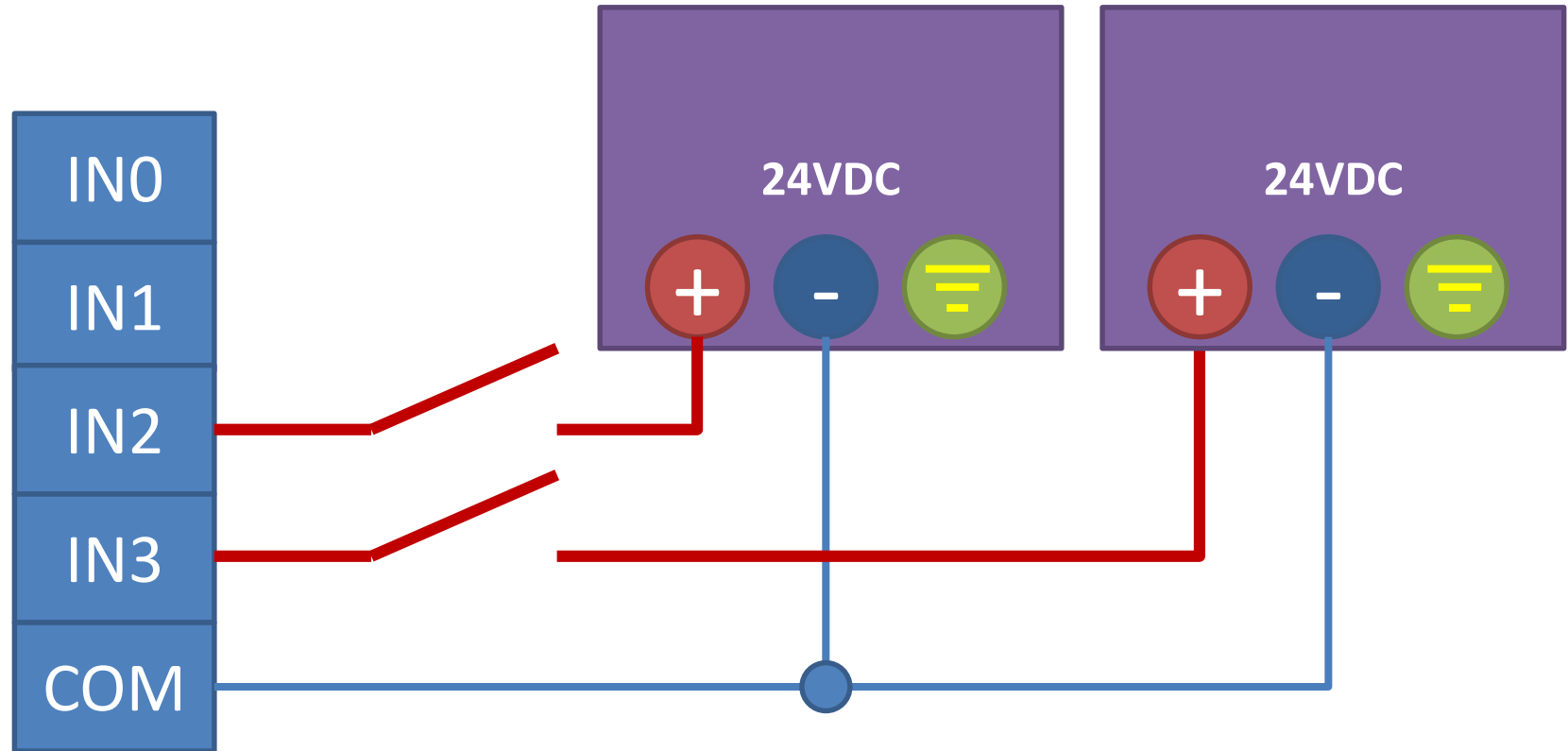
- Távadó kimenete PNP (áramforrás)
- Nyelő (sink) típusú bemenetre köthető



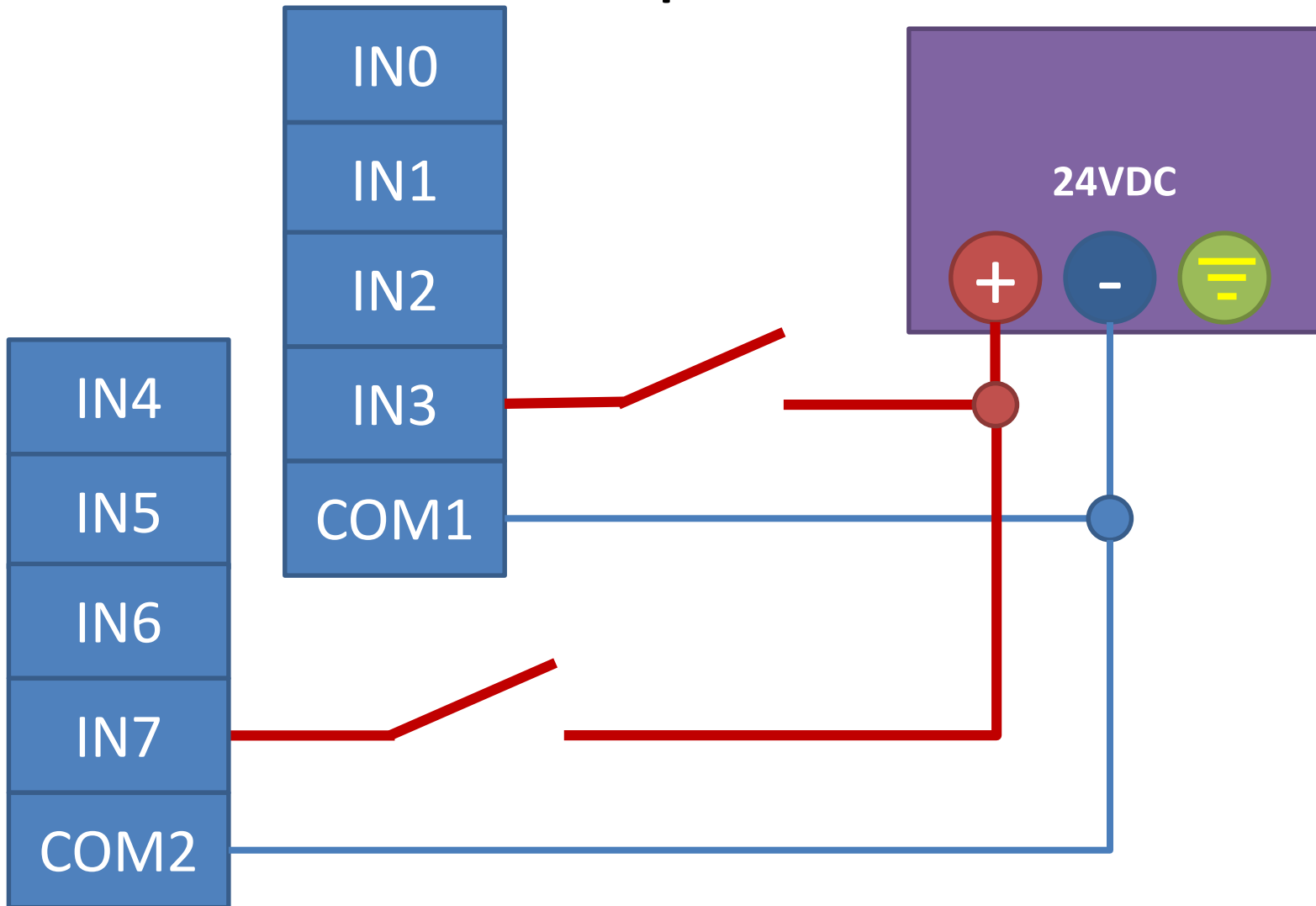
COM \neq védőföld



Referencia bekötése több táp esetén



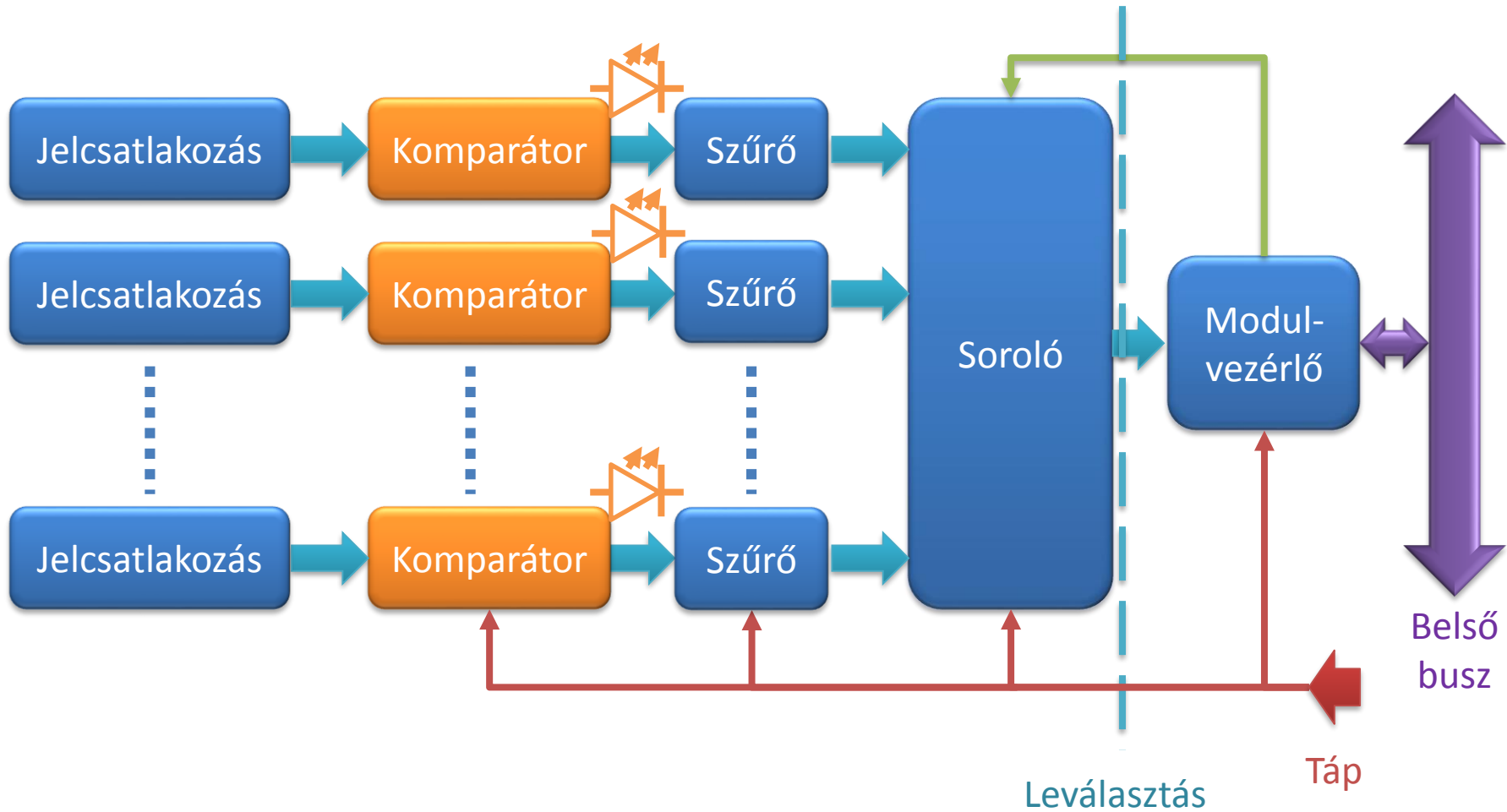
Referencia bekötése – közös táp több csoporton



Bemenetek áramfelvétele

- Egyszerű megoldás: ellenállás
 - Szokásos értéke: $2.2\text{ k}\Omega$
 - 1. típusú jelnél $U = 24\text{V} \Rightarrow I \approx 11\text{mA}$
 - Teljesítményfelvétel csatornánként: $\approx 265\text{mW}$
 - 32 csatorna együttes teljesítményfelvétele: $\approx 8,5\text{W}$
- Áramkorlátozó kapcsolás
 - Aktív áramnyelő kapcsolás
 - Az áramfelvételt az aktív szint minimális értékére korlátozza
 - Csökkenő teljesítményfelvétel:
$$U = 24\text{V}, I = 2\text{mA} \Rightarrow P_{\text{modul}} \approx 1,8\text{W}$$

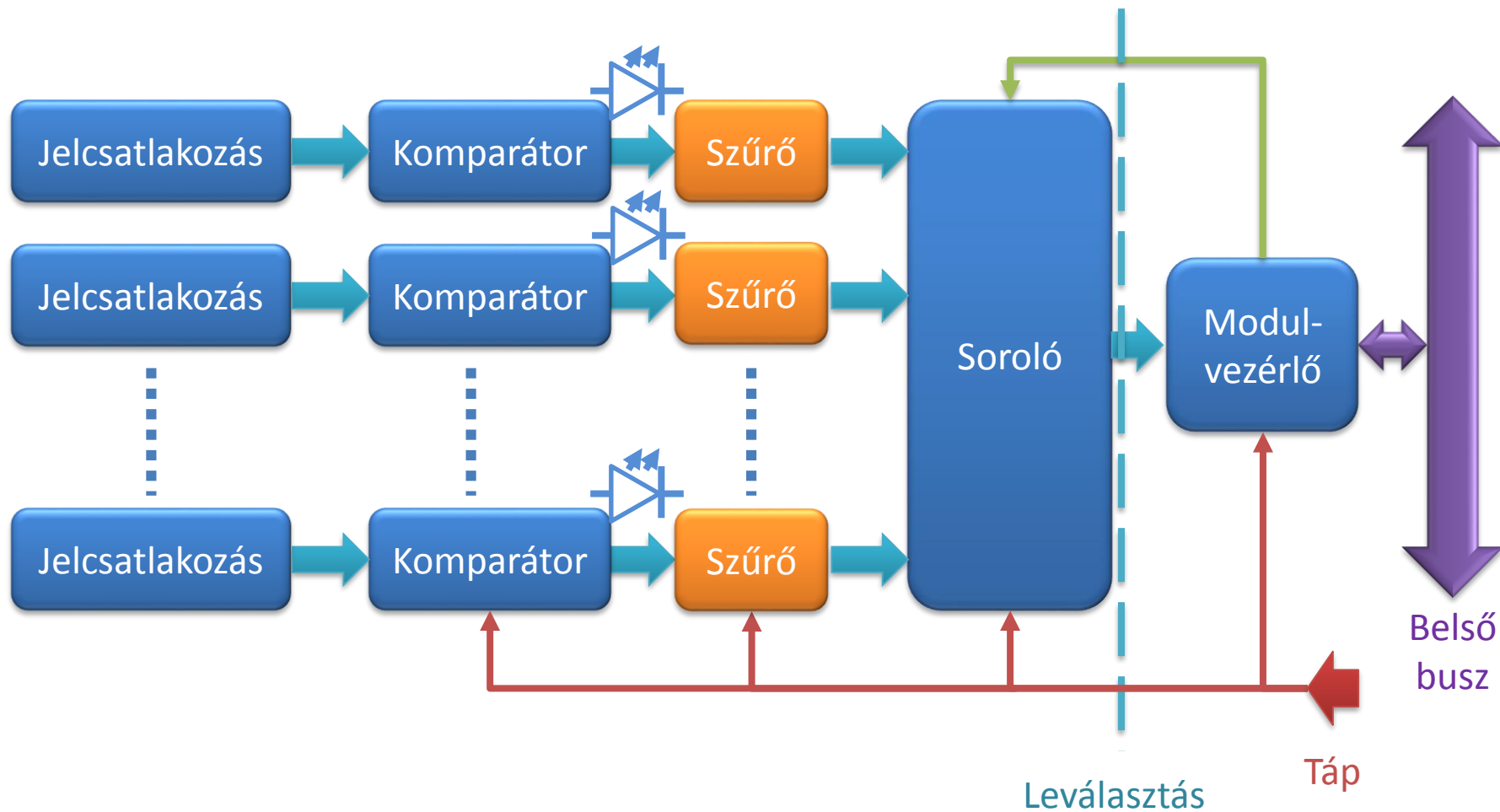
Komparátor



Komparátor

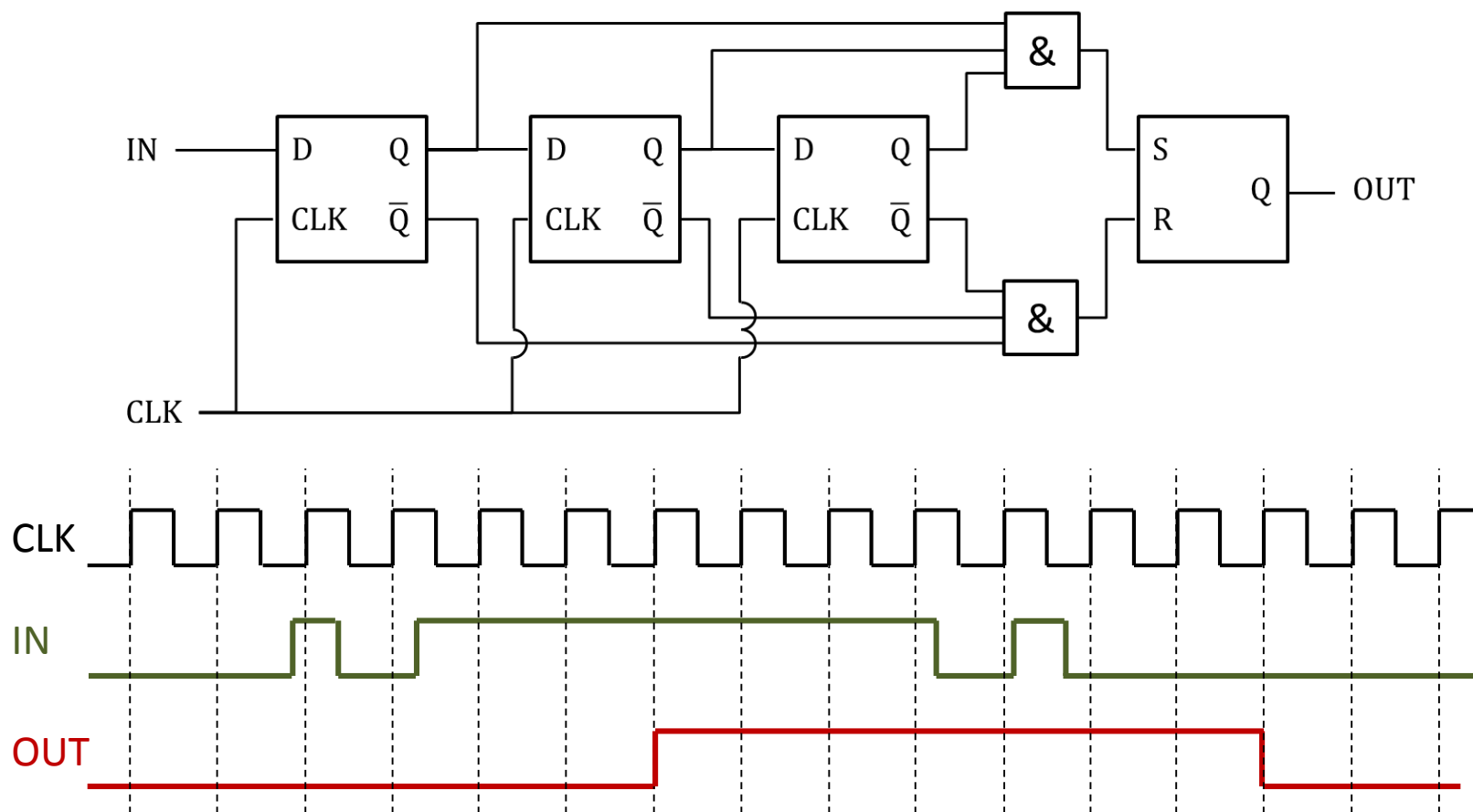
- Komparálás feszültség ÉS áram alapján
- Csak akkor értelmezzük aktívnak a jelet, ha mindkettő megfelelő
- LED-ek
 - közvetlenül a komparátorra csatlakoznak
 - megkönnyítik a hibakeresést
- Komparátor kimenetén optoizolátoros leválasztás

Szűrő - pergésmentesítés

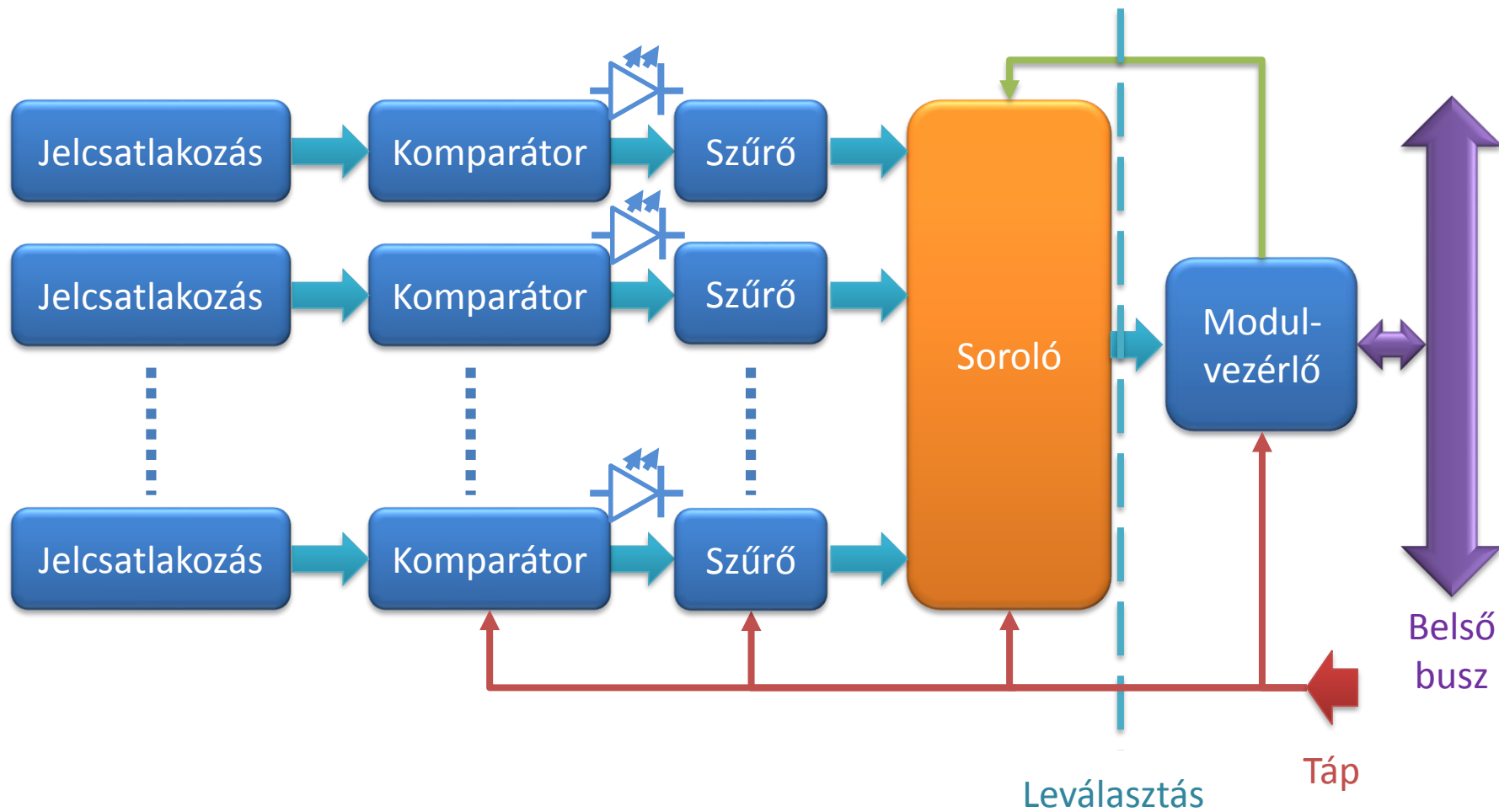


Szűrő - pergésmentesítés

- Egyes típusokon a szűrési periódusok száma konfigurálható



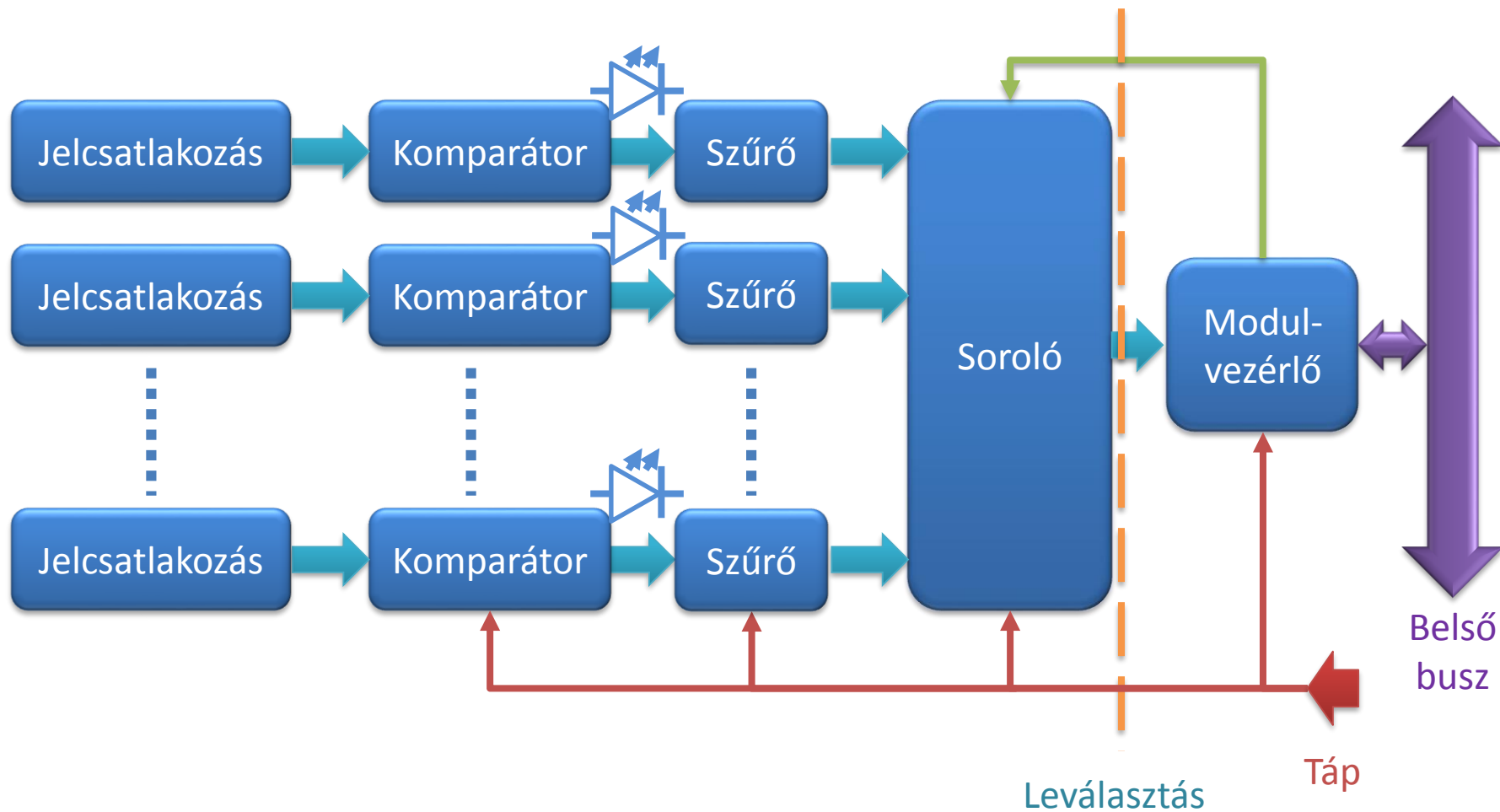
Soroló



Soroló

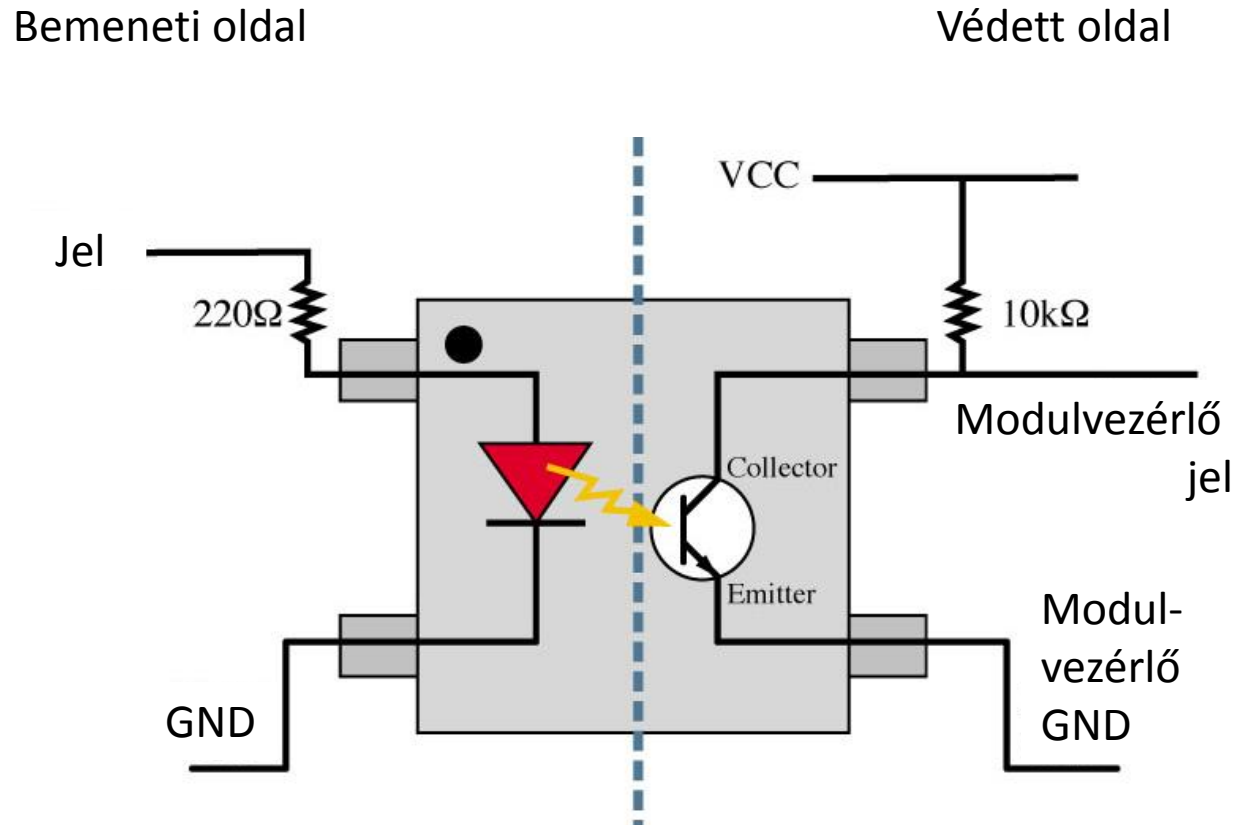
- Feladata a párhuzamos bemenetek sorosítása
- Gyakorlatilag egy shift regiszter
- Esetenként paritással / CRC-vel kiegészítve
- Leválasztandó vonalak számának csökkentése
- Elérhető a jelcsatlakozással, komparátorral és szűréssel közös áramkörként

Leválasztás

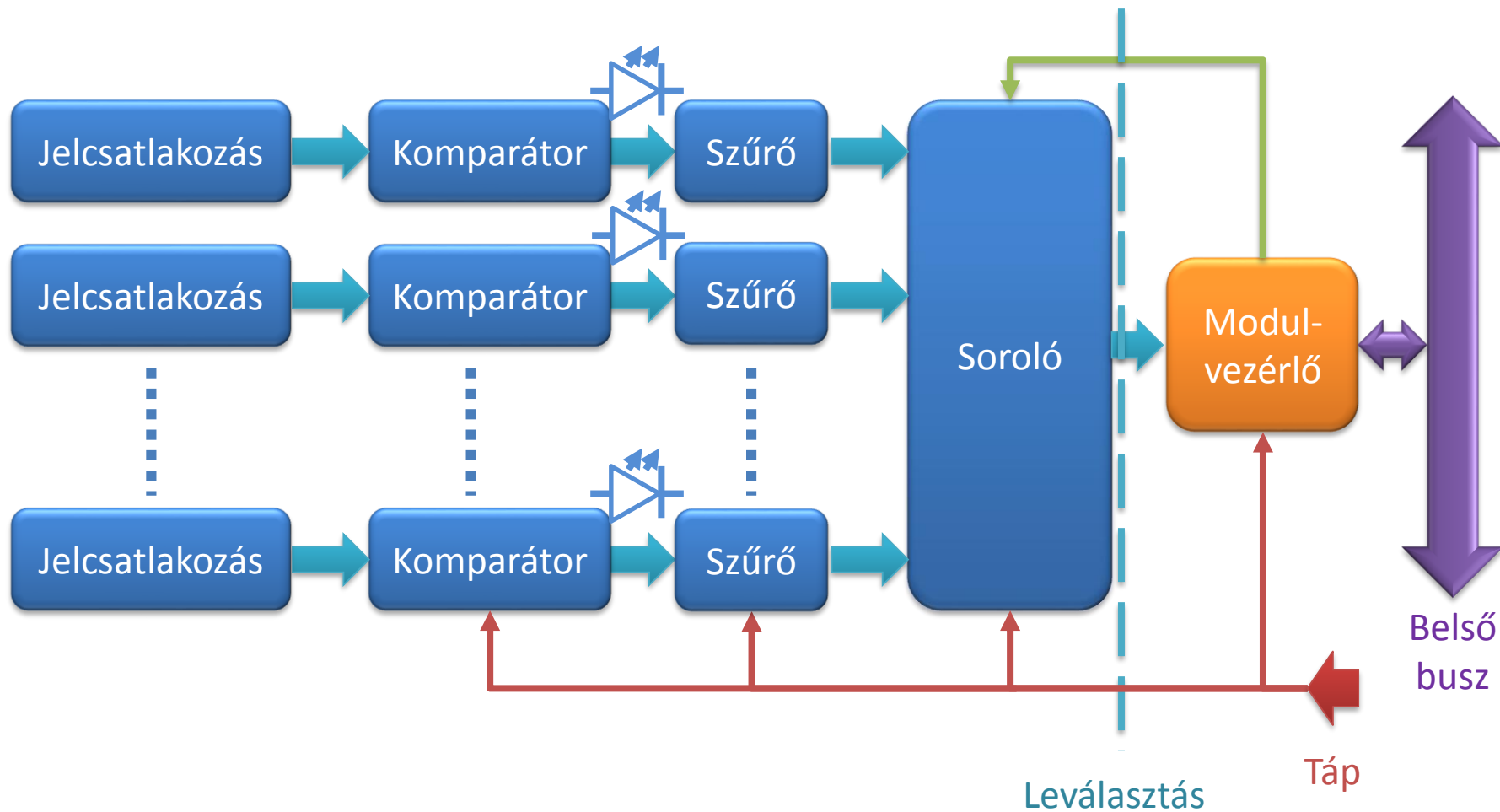


Leválasztás

- kV-os nagyságrendű túlfeszültségvédelem
- Optocsatoló



Modulvezérlő



Modulvezérlő

- Bemeneti értékek soros olvasása
- Bemenetek értékének tárolása
- Értékek továbbítása a CPU felé
- Élfigyelés
- Diagnosztika
- Konfiguráció

Digitális bemeneti modul adatlapja



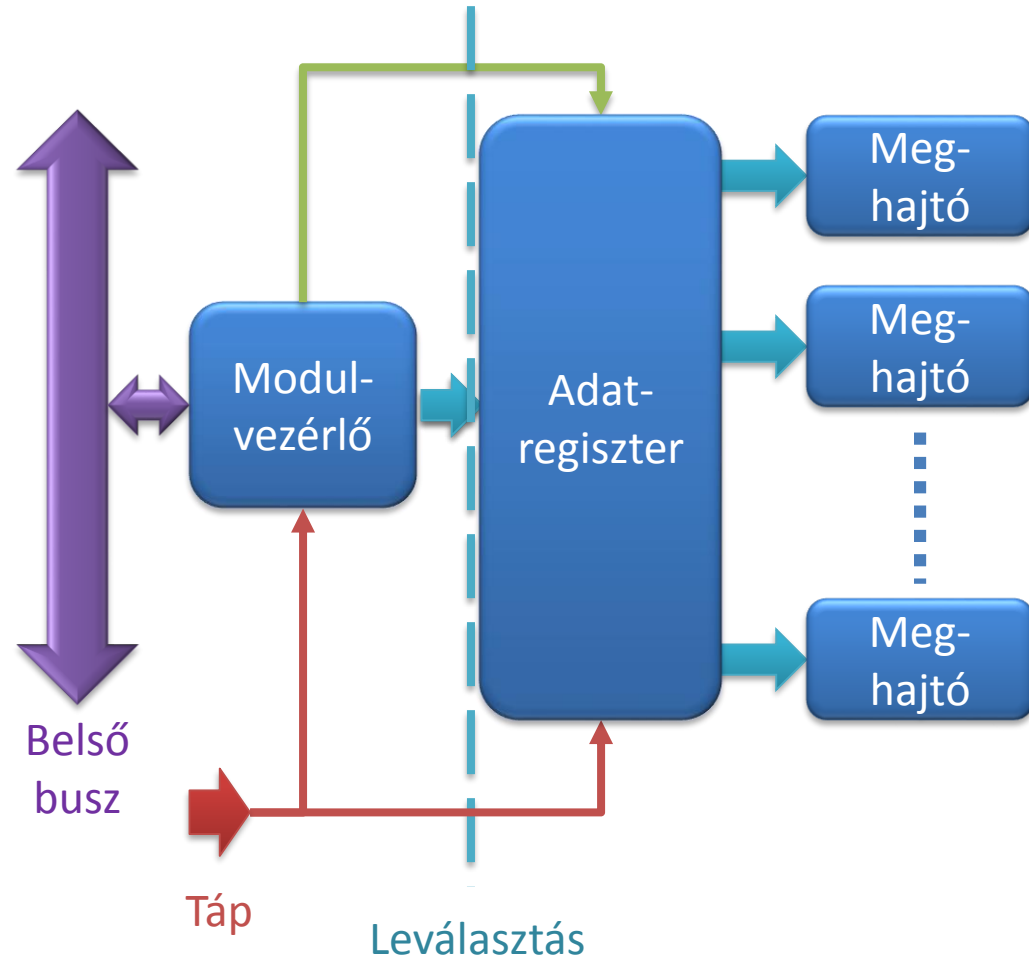
Input Specifications

Specification	1769-IQ16
Voltage Category	24V dc (sink/source ¹)
Operating Voltage Range	10 to 30V dc at 30°C (86°F) 10 to 26.4V dc at 60°C (140°F)
Number of Inputs	16
Bus Current Draw (max.)	115 mA at 5V dc (0.575W)
Heat Dissipation	3.55 Total Watts <i>(The Watts per point, plus the minimum Watts, with all points energized.)</i>
Signal Delay (max.)	On Delay: 8.0 ms Off Delay: 8.0 ms
Off-State Voltage (max.)	5V dc
Off-State Current (max.)	1.5 mA
On-State Voltage (min.)	10V dc
On-State Current (min.)	2.0 mA
Inrush Current (max.)	250 mA
Nominal Impedance	3K Ω
IEC Input Compatibility	Type 1+
Power Supply Distance Rating	8 (The module may not be more than 8 modules away from the power supply or controller.)
Input Point to Bus (Compact Bus) Isolation	Verified by one of the following dielectric tests: 1200V ac for 1 sec. or 1697V dc for 1 sec. 75V dc working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Isolated Groups	Group 1: inputs 0 to 7 Group 2: inputs 8 to 15 Isolated groups operate in either sink or source configurations.
Input Group to Input Group Isolation	Verified by one of the following dielectric tests: 1200V ac for 1 sec. or 1697V dc for 1 sec. 75V dc working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Vendor I.D. Code	1
Product Type Code	7
Product Code	67

Digitális kimeneti modul

- A digitális kimeneti modul nem szolgáltat tápfeszültséget!
- Csak „kapcsoló”, amin átfolyik az áram
- Jelcsatlakozások
 - Out- n , Q n : kimenet
 - COM, GND: referencia

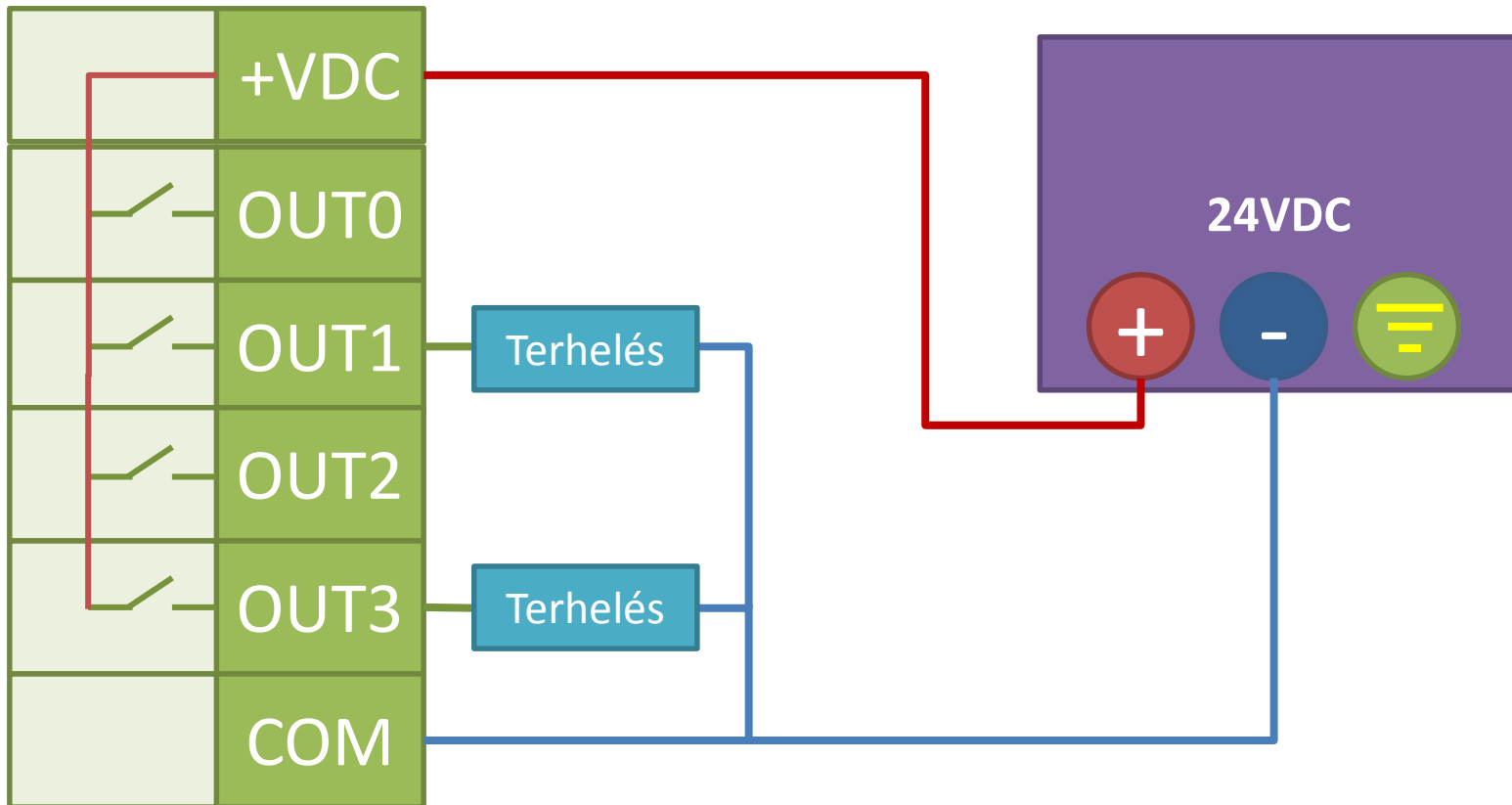
Digitális kimeneti modul



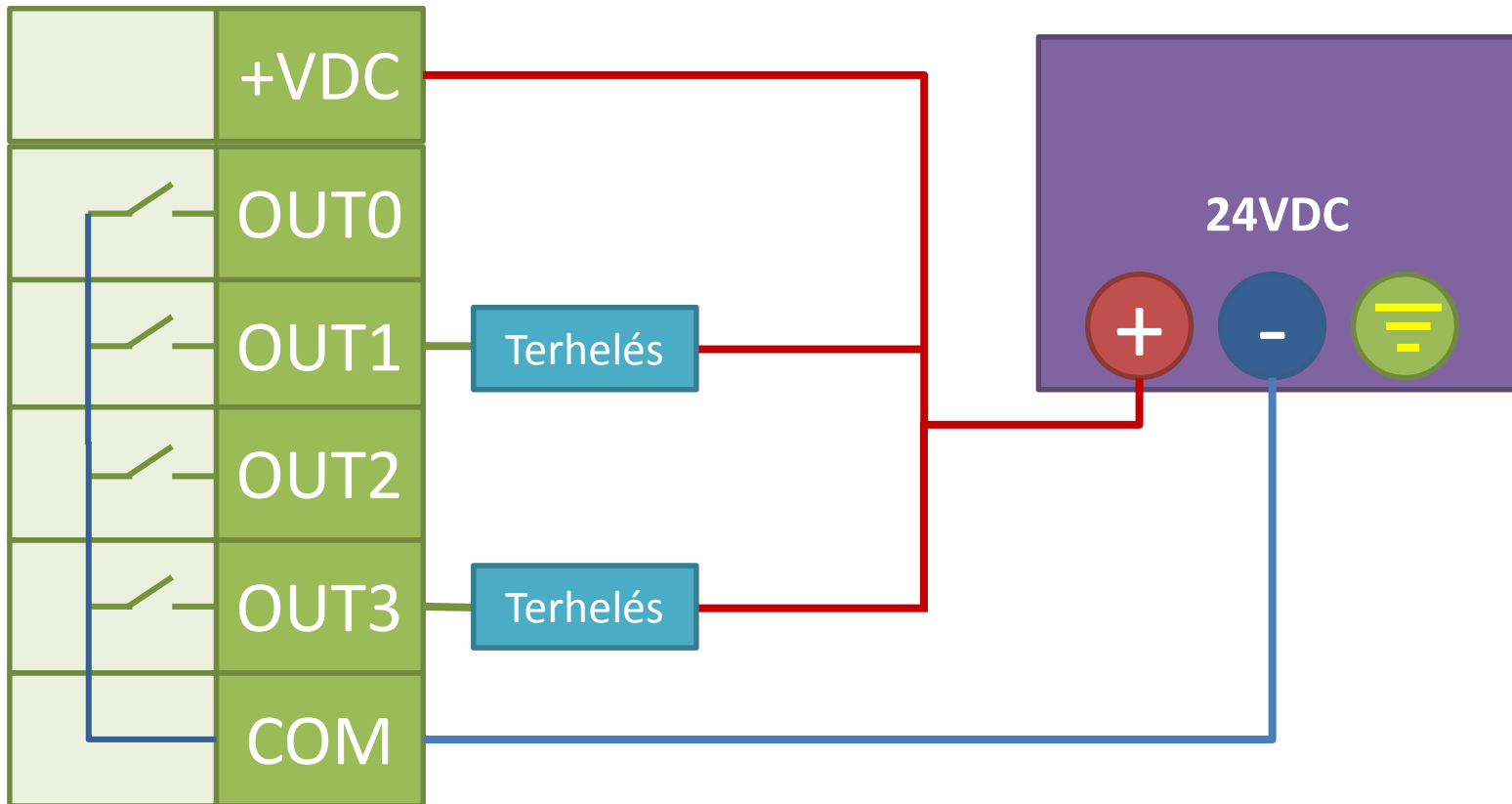
Félvezetős digitális kimenetek

- Leggyakoribb típus
- DC kimenet: MOSFET
- AC kimenet: triac
- Forrás vagy nyelő kivitel

Forrás (source) kimenet

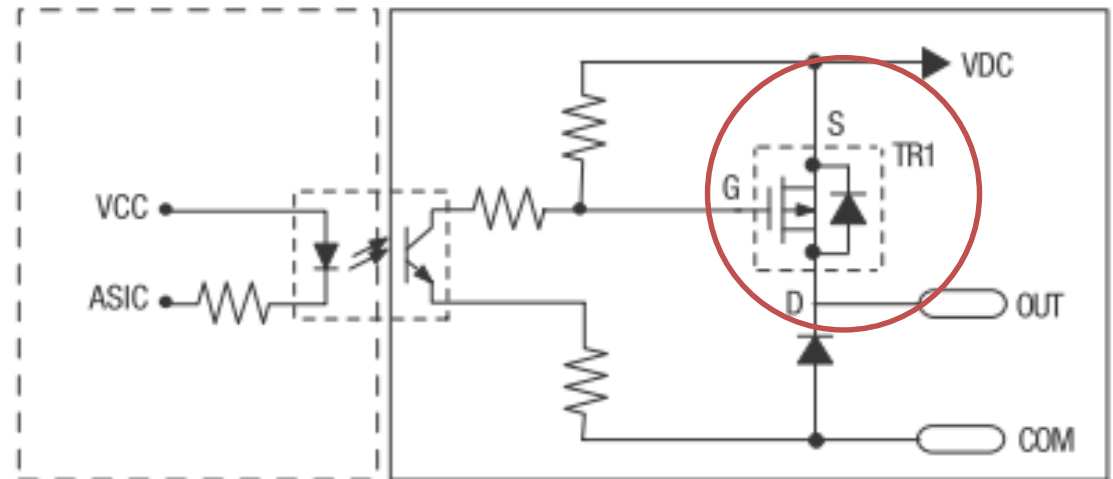
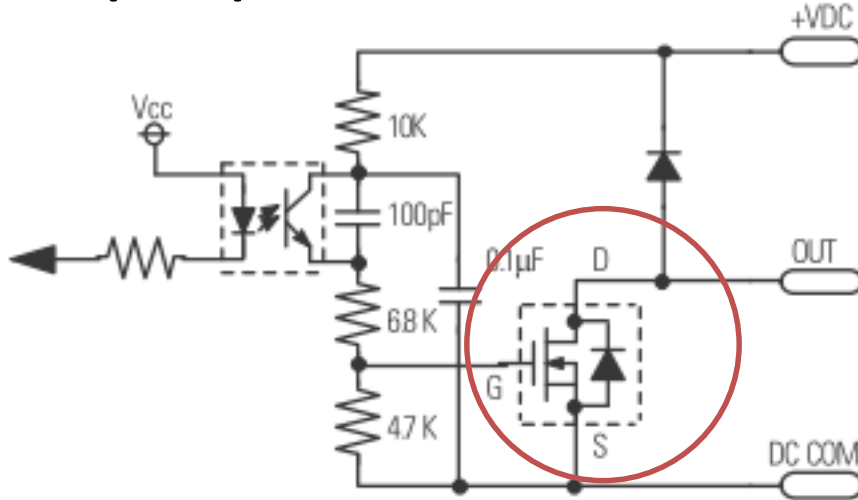


Nyelő (sink) kimenet



Forrás és nyelő

Nyelő (Sink) – N csatornás MOSFET



Forrás (Source) – P csatornás MOSFET

Forrás és nyelő

- Nyelő („*low-side switch*”)
 - NMOS tranzisztor: alacsonyabb költségű
 - Nem szükséges a tápnál magasabb feszültség a telítéses tartományban való működéshez
 - A terhelés folyamatosan a 24V-os tápfeszültségre csatlakozik
- Forrás („*high-side switch*”)
 - Költségesebb tranzisztor
 - A terhelés a tápegység nullkimenetére csatlakozik

Félvezetős kimenetek terhelhetősége

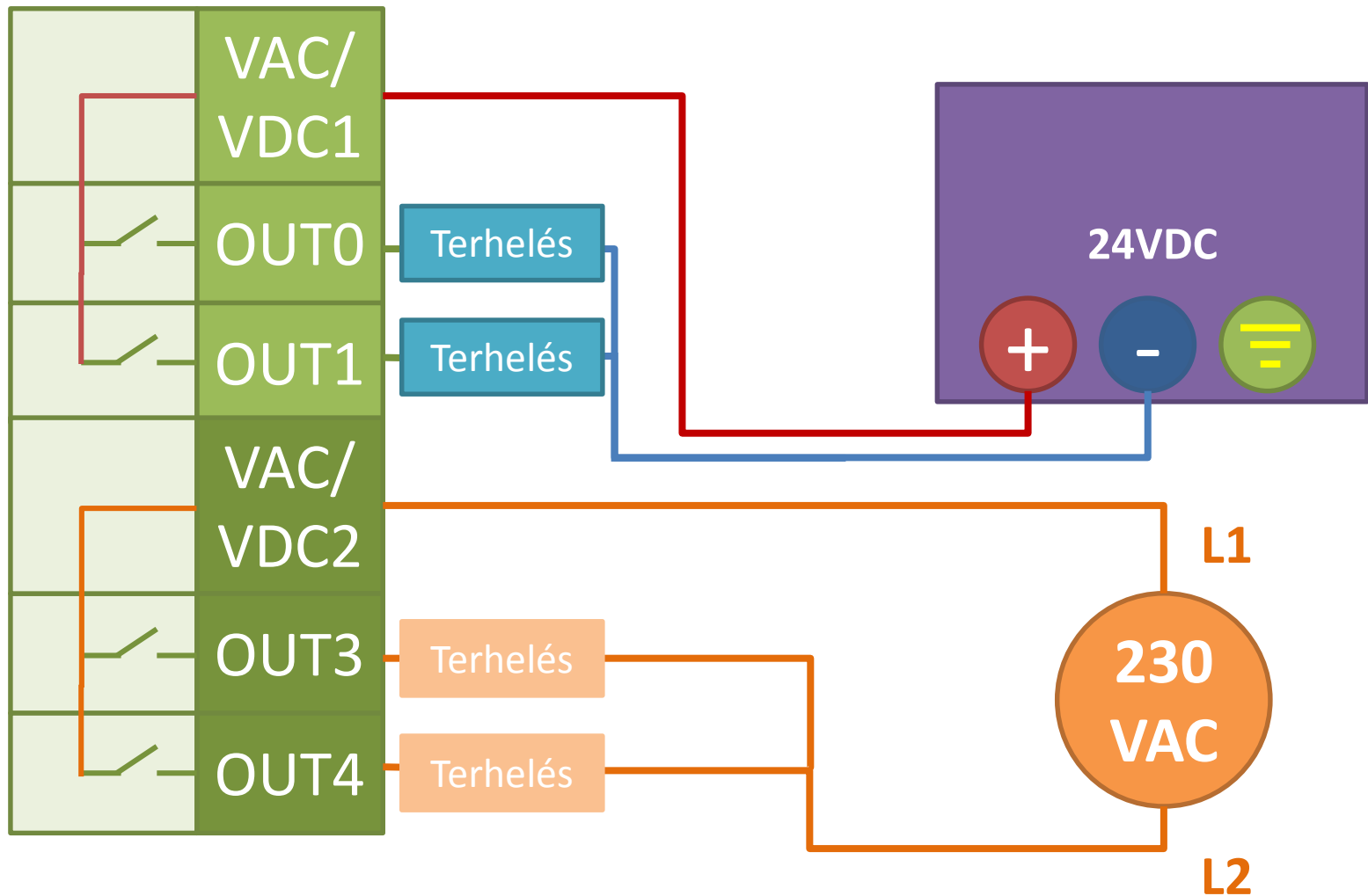
- Maximális kimeneti áram: $\approx 500\text{mA}$
- Induktív terhelésre érzékeny
 - Bekapcsoláskor tranziens feszültség
 - Beépített védelem: Zener dióda – sokszor nem elég!
 - Kiegészítő védelem: dióda vagy TVS dióda a terheléssel párhuzamosan kapcsolva

Relés digitális kimenet

- Relék használata a modulon belül
- Ritkábban elérhető, kisebb választék
- Egyszerre forrás és nyelő kimenet
- AC és DC feszültség kapcsolására is alkalmas



Relés digitális kimenet



Relés és félvezető kimeneti modulok

	Relés kimenet	Félvezető kimenet
Kapcsolható feszültség	AC és DC egyaránt	AC (triac) vagy DC (MOSFET)
Kapcsolás	Forrás és nyelő egyaránt	Forrás vagy nyelő
Galvanikus leválasztás	Van	Nincs
Kimeneti terhelés	1-2 A	500 mA
Induktív terhelésre	kevésbé érzékeny	érzékeny
Élettartam	Korlátozott (10^7 kapcsolás)	Végtelen
Kapcsolási idő	1-2 ms	1 μs
Kapcsolási frekvencia	-	100 kHz

Relé vagy félvezető?

- Mindkettőnek megvan az előnye:
 - Félvezető: korlátlan élettartam, gyors kapcsolás
 - Relé: galvanikus leválasztás, induktív terhelésre kevésbé érzékeny
- Miért ne használjuk mindkettőt egyszerre?
 - Félvezetős kimeneti modul
 - Azokon a csatornákon, ahol szükséges, külső relé alkalmazása

Digitális kimeneti modul adatlapja



Forrás: Rockwell
Automation publication
1769-TD006D-EN-P

Attribute	1769-OB16
Outputs	16 (16 points/group)
Voltage category	24V DC source
Operating voltage range	20.4...26.4V DC
Output delay, on	0.1 ms
Output delay, off	1.0 ms
Current draw @ 5.1V	200 mA
Heat dissipation, max	2.11 W
Off-state leakage current, max ⁽¹⁾	1.0 mA @ 26.4V DC
On-state current, min	1.0 mA
On-state voltage drop, max	1.0V DC @ 1 A
Current per point, max	0.5 A @ 60 °C (140 °F) 1.0 A @ 30 °C (86 °F)
Current per module, max	4.0 A @ 60 °C (140 °F) 8.0 A @ 30 °C (86 °F)
Surge current ⁽²⁾	2.0 A for 10 ms, repeatable every 2 s
Isolation voltage	Verified by one of the following dielectric tests: 1200V AC for 1 s or 1697V DC for 1 s, point to bus 75V DC working voltage (IEC Class 2 reinforced insulation)
Weight, approx	280 g (0.61 lb)
Dimensions (HxWxD), approx	118 x 35 x 87 mm (4.65 x 1.38 x 3.43 in.) Height with mounting tabs 138 mm (5.43 in.)
Slot width	1
Module location	DIN rail or panel mount
Power supply	1769-PA2, 1769-PB2, 1769-PA4, 1769-PB4
Power supply distance rating	8 modules