

# Ipari folyamatirányító rendszerek – 7.

## Folyamatirányító rendszerek felépítése – 2.

Dr. Csubák Tibor, Megyeri József, Barta Gergely – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A folyamatirányító rendszerek felépítésének tárgyalása során az alábbi folytatásban részletesen megvizsgáljuk a folyamat–mikroszámítógép-kapcsolat funkcionális részegységei közül az analóg bemeneti modulok, valamint az analóg méréspontváltók feladatait és szokásos kialakításait.

### A folyamat–mikroszámítógép-kapcsolat funkcionális részegységei

A **jelcsatlakozás** a folyamatműszerekhez kapcsolódó jelvezetékek villamos csatlakoztatását, a vezetékek rendezését jelenti. Kis átmeneti ellenállású, nagy szigetelési ellenállású, mechanikailag megbízható csatlakozókat kell alkalmazni. A csatlakozónak illeszkednie kell a jelvezetékek méretéhez. Az alkalmazott vezetékek rézkeresztmetszete általában  $0,2 \dots 1,5 \text{ mm}^2$ .

A **jelformáló áramkör** a jelillesztést valósítja meg. A jelformáló áramkörök kialakíthatók különálló modulként vagy az adott I/O-modul be-, ill. kimeneti egységként, ahol a nyomtatott áramköri kialakítás többféle jelformáló típus beültetését teszi lehetővé, és a felhasználás során az adott alkalmazáshoz legjobban illeszkedő jelformáló kerül beépítésre.

A **belső áramkör** alakítja át a bemeneti jeleket a számítógépbe bevihető digitális jelekké, ill. a számítógép által szolgáltatott digitális jeleket a folyamatműszerek által használható jelekké.

A **modulvezérlő egység** a rendszerbusz és a modul belső áramköre közötti jelforgalmat szervezi.

A továbbiakban a leggyakrabban használt folyamatmodultípusok felépítését és működését tárgyaljuk.

### Analóg bemeneti modul

Az analóg bemeneti modul az egyenfeszültségű/egyenáramú folyamatjeleket alakítja át digitális jelekké. A modul fő egységei az alábbiak (1. ábra):

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

A **jelcsatlakozás** alapvető szerepét már ismertettük, azonban egyes esetekben a jelcsatlakozáson járulékos mérési feladatokat is megoldanak. Erre mutat példát a 35. ábra, ahol egy-egy jelcsatlakozáson az  $R_i$  és  $R_j$  ellenállásokat is feltüntettük. Az  $R_i$  hőmérsékletfüggő ellenállást – a hőelemek kompenzálóvezetékekkel való csatlakoztatása esetén – a hidegponti hőmérséklet mérésére használják. Az ellenállás-hőmérő jelét jelformálás után egy szabad analóg bemenetre vezetve a hidegponti hőmérséklet értéke programmal meghatározható, és a hőelem által mért hőmérsékletérték hidegpont-korrekciója számítással elvégezhető. A megoldás előnye, hogy a hőelemes hőmérsékletméréseknél szokásosan alkalmazott hidegponttermosztátra, vagy más

hidegpont-kompenzációt megvalósító, áramköri megoldásokra ilyenkor nincs szükség.

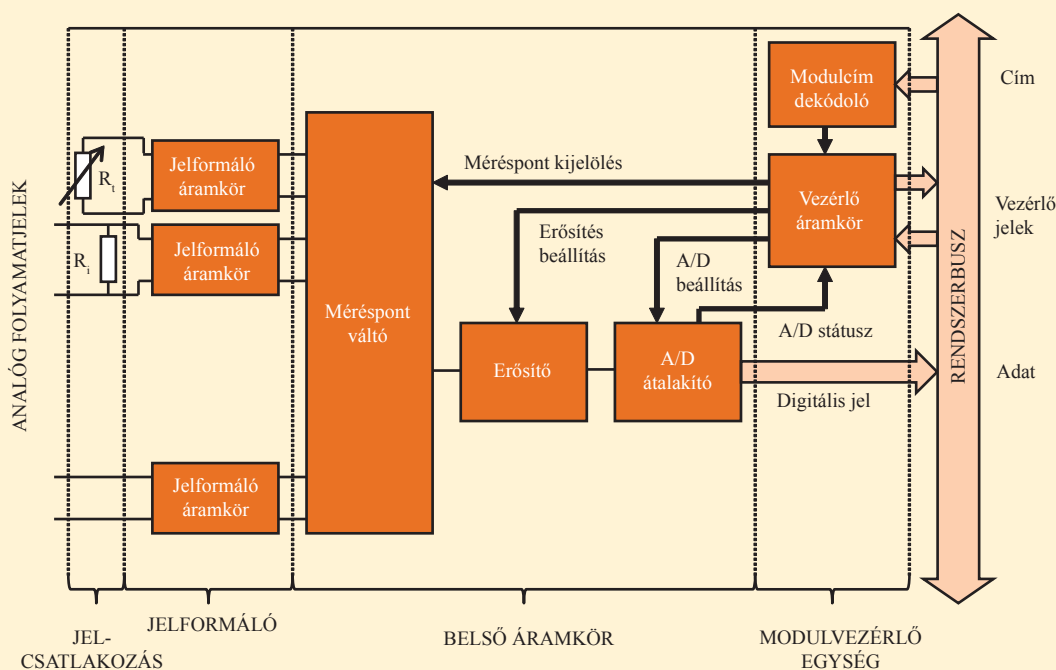
Az ábrán a bejelölt  $R_i$  precíziós ellenállással a távadók által szolgáltatott áramjel alakítható át feszültségjellé. Az áramfeszültség-átalakító ellenállás a jelformáló kártyán is elhelyezhető. Ennek az a hátránya, hogy ha az analóg bemeneti modult a számítógépből – pl. javítás céljából – kivesszük, az áramtávadó áramköre megszakad. Ha tehát az áramtávadó a számítógép-bemeneten kívül más kijelző műszert is táplál, az áramfeszültség-átalakító ellenállást a jelcsatlakozásra kell szerelni.

A 2. ábra a **jelformáló áramkörök**<sup>1</sup> néhány típusát vázolja. Az áramfeszültség-átalakítót áramtávadó esetén használjuk. A fix és változtatható feszültségosztóval a bemenő feszültségjelet az A/D-átalakító méréstartományának megfelelő értékűre osztják le. Az RC-szűrők a váltakozó áramú zavarjelek szűrésére szolgálnak. A mérőhídhoz háromvezetékes ellenállás-hőmérős mérőkapcsolás csatlakoztatható. Az egyszerű átkötést akkor használjuk, ha jelformálásra nincs szükség.

Az **analóg méréspontváltó** (*multiplexer*) feladata, hogy több bemeneti vonal közül egy időben egyet a kimeneti vonalra kapcsoljon. Ha a méréspontváltót az 1. ábrának megfelelően a jelformáló áramkörök után helyezik el, egyetlen erősítővel és A/D-átalakítóval nagyszámú analóg bemenőjel mérhető meg egymás után. Ezt az áramköri kialakítást a nagy pontosságú erősítő és az A/D-átalakító magas költsége indokolja. A nagy integráltságú, félvezető eszközök árának csökkenése miatt egyre elterjedtebb az a megoldás, hogy minden analóg bemeneti vonalba beépítenek egy-egy A/D-átalakítót, és a már digitalizált jelek egymás utáni lekérdezése lép az analóg méréspontváltás helyébe. Ez gyorsabb és pontosabb működést eredményez.

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. Rögzített, illetve programozható erősítésű kivittelek egyaránt használhatók. A 3. ábra a rögzített erősítésű,

<sup>1</sup> A „jelformáló” kifejezés ebben a kontextusban néha félreérthető. Ugyanis némelyikük DC-szerű, kvázistatikus jelek átalakítására szolgál, ahol a jelalak a szokásos jelentése szerint nincs értelmezve. Ezek gyakran csupán illesztő, erősítő, osztó funkciót töltenek be, amelyek a jelalakra (értsd: a jel időfüggvényének alakjára) az amplitúdó arányos megváltoztatásán kívül nincsenek hatással. Gyakran nevezik ezért ezeket az egységeket gyűjtőnéven jelillesztőnek vagy jelkondicionálónak is. – a szerk. megj.



1. ábra Analóg bemeneti modul felépítése

a 3. b ábra a programozható erősítésű erősítőt szemlélteti. A 3. c ábrán mintavevőt és tartót is tartalmazó erősítő látható, amelyet az analóg jelváltozásra érzékeny A/D-átalakítók bemenetén használnak abból a célból, hogy a bemenőjelet az A/D-átalakítás idejére állandó értéken tartsa.

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 vagy 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

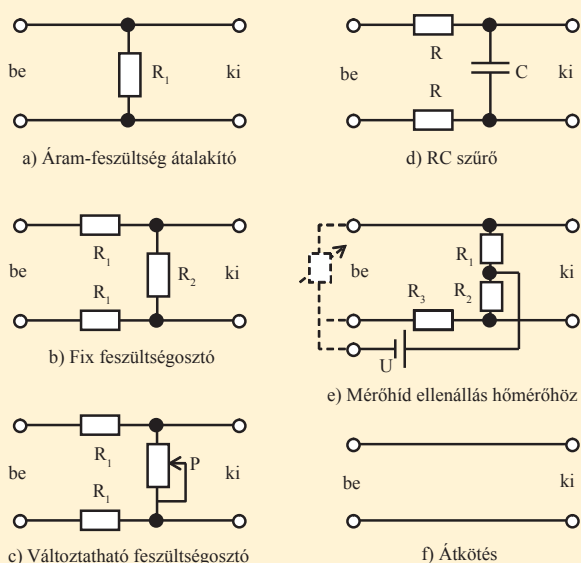
szokásos bemeneti jeltartományai: 0...5 V, 0...10 V, ±2V, ±5V, ±10V. Kimeneti felbontóképességük a működési elvtől és az alkalmazott technológiától függően 8...24 bit. A különböző A/D-átalakítók működési elve lényegesen eltér egymástól, ezért a mérési feladatnak legmegfelelőbb eszköz kiválasztásakor különös gonddal kell eljárni. Az analóg-digitális átalakítás kérdésével a továbbiakban részletesen foglalkozunk.

A **modulvezérlő-egység** feladatait az illesztendő modul, az átvitt megvalósító rendszerbusz és a mikroszámítógép felépítése szabja meg, ezért az alábbiakban csak a tipikus funkciók felsorolására szorítkozunk:

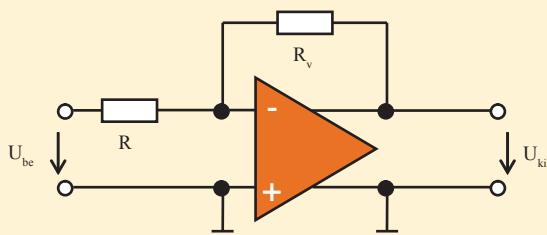
- modulcím-dekódolás,
- mérés pontváltó csoportrelék, ill. félvezető kapcsolók kijelölése és meghúzása,
- mérés pontváltó bemeneti vonalkapcsoló reléinek, ill. félvezető kapcsolóinak kijelölése és meghúzása,
- az erősítési tényező és A/D-átalakító méréshatárának beállítása,
- az A/D-átalakító programmal történő indítása a mérés pontváltó kapcsolók beállási idejének megfelelő késleltetése után,
- a modul készjel (ready) előállítás,
- az A/D-mérés készjel-megszakításos jelzése,
- az A/D-átalakító kimeneti adatregiszterének olvasása.

### Analóg mérés pontváltók

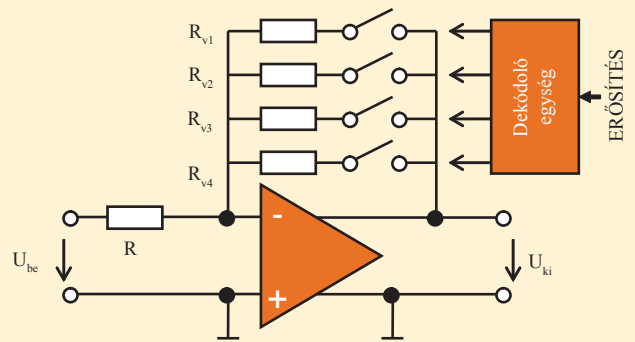
A mérés pontváltó több bemeneti vonal közül kiválaszt egyet a bemenetet kiválasztó digitális jelkombináció (cím) tartalmának megfelelően, és azt a kimeneti vonalra – általában egy A/D-átalakító bemenetére - kapcsolja. Az integrált A/D-konverterek árcsökkenése miatt azonban gyakran ésszerű az analóg bemeneteket egyedi A/D-konverterekkel ellátni. Ilyen megoldásoknál a mérés pontváltás feladata helyébe a már digitalizált jelek egymás utáni lekérdezése lép. Ezzel elkerülhetők az analóg multiplexer lassú beállításából és analóg jeltorzító hatásából eredő problémák. Ezért ma már analóg mérés pontváltókat elsősorban csak ott alkalmaznak, ahol a beállási idő nem kritikus, és a nagy pontossági követelmény miatt drága A/D-átalakítókat kell választani, amely-



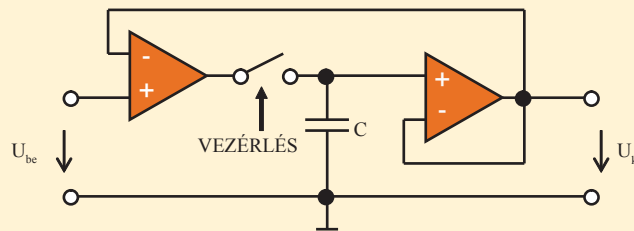
2. ábra Analóg bemenetek jelformáló áramkörei



a Rögzített erősítésű egyenfeszültség erősítő

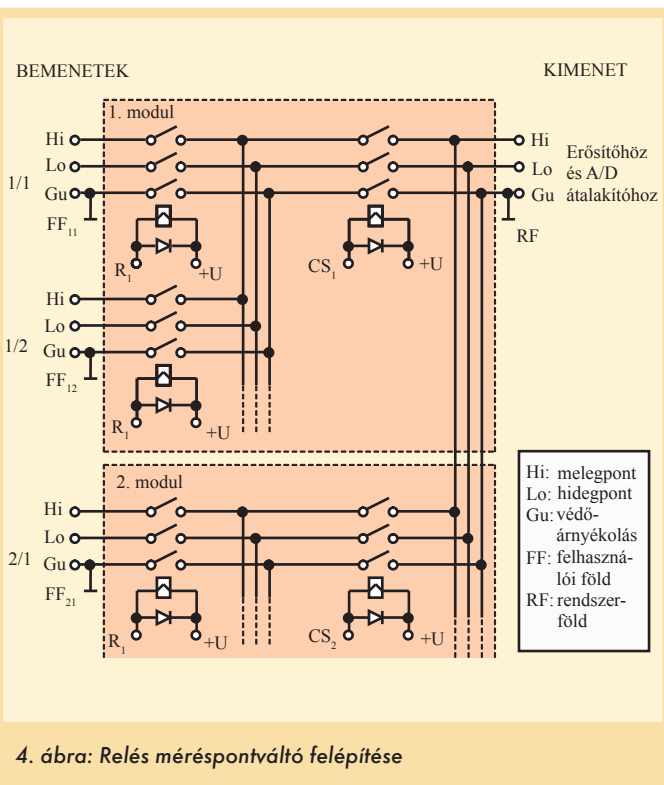


b Programozható erősítésű egyenfeszültség erősítő



c Mintavevő és tartó is tartalmazó egyenfeszültség erősítő

3. ábra: Analóg bemenetknél használatos erősítő kialakítások



4. ábra: Relés méréspontváltó felépítése

kezőpár, amely külső mágneses tér hatására záródik. A száraz reed-relé főbb villamos jellemzői a következők:

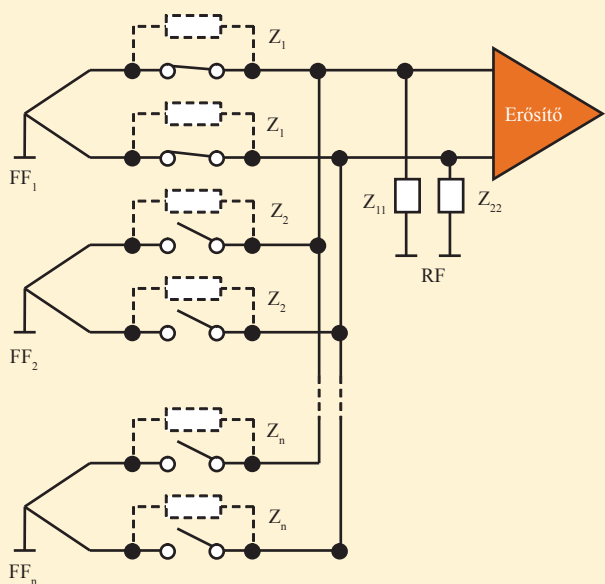
- A zárt kapcsoló átmeneti ellenállása:  $10 \dots 100 \text{ m}\Omega$
- A nyitott kapcsoló ellenállása:  $10^{10} \Omega$
- Az érintkezők és a tekercs közötti szigetelési ellenállás:  $10^9 \Omega$
- Kapcsolási idő:  $1 \dots 2 \text{ ms}$
- Élettartam (kapcsolási szám):  $10^7$
- Rázásállóság: jó

A 4. ábra egy gyakran használt relés méréspontváltó kialakítását mutatja. Az egyenként 16 db bemenetű modulokban az  $R_1, R_2, \dots, R_{16}$  a méréspontváltó reléket, a  $CS_1, CS_2$  pedig az ún. csoportreléket jelöli. Minden relé három vezetékét kapcsol: a melegpontot ( $Hi$ ), a hidegpontot ( $Lo$ ) és a védőárnyékolást ( $Gu$ ). A csoportrelék (blokkrelé) 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 másik előny, hogy a nyitott méréspontváltó-relék, ill. a méréspontváltó-relék és a vezetékvezetés földhöz képest mérhető szórt impedanciái nem rontják le a jellevő azonos fázisú bemeneti impedanciáit és az ezekkel közvetlen kapcsolatban lévő közösjelnyomást. Ezt a problémakört a 5. ábra szemlélteti.

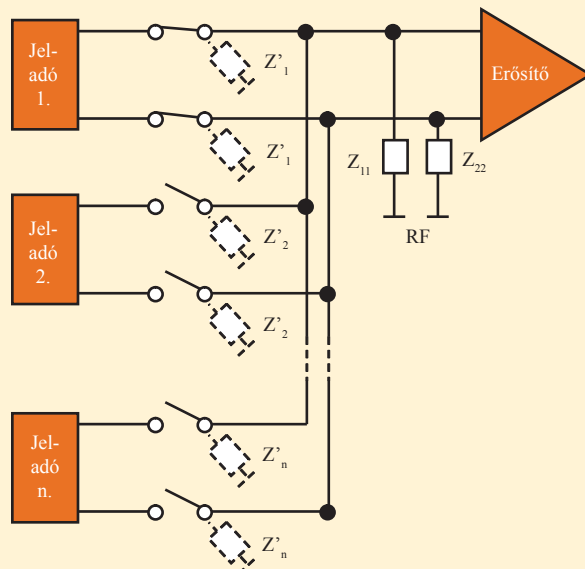
A 5. a ábrán  $n$  db, a felhasználói oldalon földelt érzékelőt – az egyszerűség kedvéért hőelemet – láthatunk. A nyitott méréspontváltó-relék impedanciáját  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ , a kimenetre kapcsolódó erősítő azonos fázisú impedanciáit  $Z_{11}$  és  $Z_{22}$  jelöli. Az ábra alapján belátható, hogy az erősítő azonos fázisú bemeneti impedanciáival az  $(n-1)$  db nyitott kapcsoló impedanciája párhuzamosan kapcsolódik. Több száz analóg bemeneti csatorna esetén emiatt – ha csoportreléket nem alkalmaznak – az azonos fázisú bemeneti impedancia jelentősen lecsökken, és az áramkör azonos fázisú zavarjelnyomása leromlik. A 5.b ábrán földfüggetlen kimenetű jeladókat láthatunk. A fenti jelenség ebben az esetben

nek sokszorozása gazdaságtalan. Ezért (pl. hőmennyiség-méréseknél), még mindig elterjedten alkalmazzák a relés és a félvezetős méréspontváltókat. Vizsgáljuk meg e típusok jellemzőit, alkalmazásuk előnyeit és korlátait!

A **relés méréspontváltóban** kapcsolóelemként úgynevezett száraz reed-relét használnak. A száraz reed-relé egy vákuumban lévő vág védőgázzal töltött üvegcsőbe helyezett, villamos érint-



a Felhasználói oldalon földelt bemenetek esetén



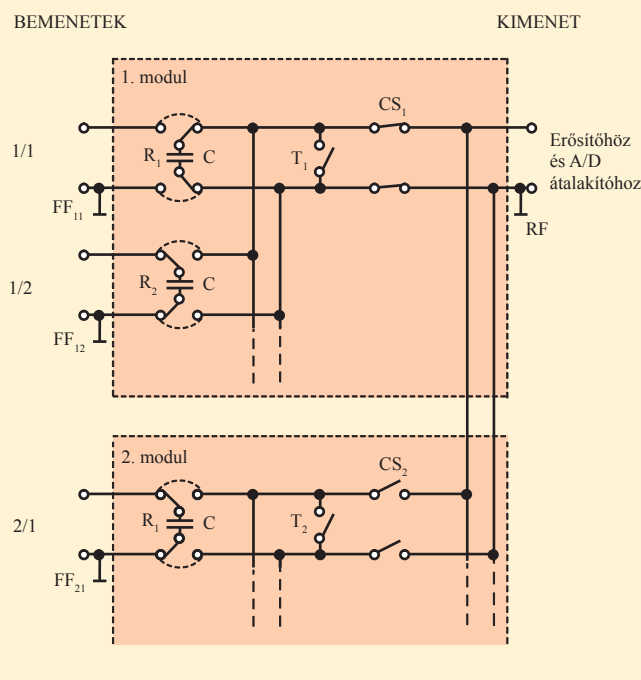
b Független jeladók esetén

5. ábra: A szórt impedanciák hatása

is fellép, ekkor ugyanis az  $Z'_1, Z'_2, \dots, Z'_n$  szórt impedanciák rontják le az azonos fázisú zavarjelelnyomást. A valóságban a két hatás együtt jelentkezik. A csoportrelé csak korlátozott számú (8 vagy 16 db) méréspontváltó-relét von össze egy csoportba, ezáltal az erősítő azonos fázisú bemeneti impedanciái csak kissé csökkennek le.

A 4. ábra relés méréspontváltójában az R- és CS-relék a felhasználói földeket ( $FF_1, FF_2$  stb.) egymástól galvanikusan elválasztják, emiatt a felhasználói oldalon földelt érzékelők eltérő földpotenciálja esetén sem folynak a mérőkörökben mérési hibát okozó földáramok. A relék azonban – földelt bemenetű jellevő (erősítő) esetén – nem választják el galvanikusan a kijelölt bemenet felhasználói földjét a rendszerföldtől (RF), emiatt megfelelő azonos fázisú zavarjelelnyomás a fenti méréspontváltó alkalmazásakor csak akkor érhető el, ha az erősítő és az A/D-átalakító földfüggetlen bemenetű; vagy az erősítő galvanikusan leválasztott, akkor az A/D-átalakító földelt bemenetű is lehet.

A 6. ábra repülő-kondenzátoros, relés méréspontváltójában az R-relék a felhasználói földeket egymástól, ill. a felhasználói földeket a rendszerföldtől galvanikusan elválasztják. A kimenet-hoz csatlakozó erősítő emiatt földelt bemenetű lehet. A repülő-kondenzátor – jóllehet alapvető feladata az, hogy az A/D-átalakítás idejére analóg memóriaként szolgáljon – a jelforrásra kapcsolt állapotban az RC-szűrőáramkör kondenzátorának szerepét is betölti. 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, zavarérzékeny A/D-átalakító is alkalmazható. A repülő-kondenzátor azonban a mérő-érzékelő, 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 ennek már semmi köze nincs a mérendő mennyiséghez. E hátrány kiküszöbölése érdekében



6. ábra: Relés repülő-kondenzátoros méréspontváltó

az RC-csoportrelék elé rövidre záró, ún. tesztrelét ( $T_1, T_2$ ) helyeznek, és meghatározott időpontokban úgy vezélik, hogy a repülő-kondenzátorok töltését kisűssék. Ha a tesztelési ciklust követően a repülő-kondenzátor zérus feszültséget kapcsol az erősítőre, a mérőkör valószínűleg megszakadt.

(Folytatjuk)

editor@magyar-elektronika.hu