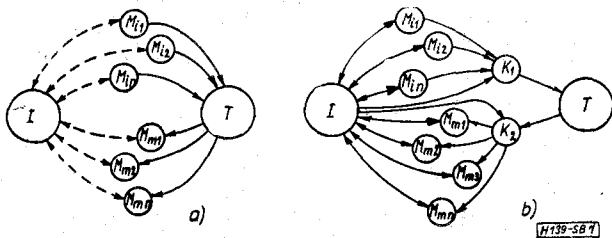


Programirányítású mérőkészülékek

ETO: 53.08+531.7:52-503.55

A hagyományos mérőrendszereket (1a ábra) az jellemzi, hogy a mérés tárgyához (T) csatlakozó mérőkészülékek (ezekhez általános értelemben az M_m stb. mérőműszereken kívül az M_{i1} stb. ingerjel-generátorokat is hozzásoroljuk) irányítását (I) az ember látja el. A korszerű, automatikus mérőrendszer (1b ábra) esetében ezzel szemben a mérés folyamán az irányítást szerkezet, általában számítógép végzi; az ember szerepe főként arra szorítkozik, hogy a mérés algoritmusát összeállítsa, s azt program alakjában — a mérést megelőzően — az irányítást végző szerkezetben tárolja. A mérőkészülékek tekintetében a két rendszer között az az alapvető különbség, hogy míg az előbbinél a készülék irányítása manuális, a készülék



1. ábra

által nyújtott információ pedig az érzékszervek által felfogható alakban áll elő, addig az utóbbinál az irányító szerkezet (I), valamint a mérőkészülékek közötti kommunikáció elektromos jelek útján történik. Az automatikus rendszerekben az eddigiehez képest egy új (kapcsoló) elem (K) is megjelenik, amely a mérőkészülékek és a T közötti összeköttetések gépi úton végrehajtott szervezésére szolgál. A fejlődés, amely a mérés technika terén az ember által közvetlenül irányított rendszerektől az automatikus rendszerekig vezetett, egyúttal a programirányítású mérőkészülékek kialakulását eredményezte.

Jelvezérelhetőség és programirányíthatóság

A mérőkészülékek vezérlő-beavatkozó elemeinek sorában változtatható értékű ellenállást, kondenzátort, induktivitást (az utóbbi jelenleg háttérbe szorult), valamint záródó/nyíló kontaktuspárokat találunk. E beavatkozó elemekhez kézi kezelhetőségű készülékeknél különböző mechanikus kezelőszervek tartoznak. Kézenfekvő módon a készülékeknek jelek útján történő vezérlését első lépésben a meglévő mechanikus kezelőszervekhez adaptált elektromechanikus elemek alkalmazásával kísérelték megoldani. Ez a megközelítési mód azonban nem bizonyult kielégítőnek; az elektromechanikus módszer utóbbi időben helyet adott a mozgó mechanikai elemeket

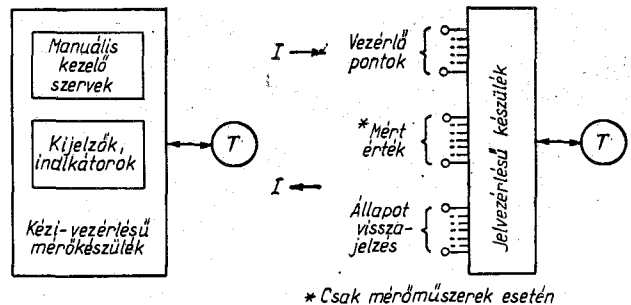
lehetőleg nélkülöző, túlnyomórészt elektronikus áramköri megoldásoknak. Az egyetlen elektromechanikus elem, amely változatlanul szerepel: a relé. Reed-relé és higany-nedvesített kontaktusú válfajait jelenleg is igen széles körben alkalmazzák. A szerkezeti irányításra való áttérés a készülék által I irányában szolgáltatott információ megjelenítése szempontjából könnyebbséget hozott, minthogy ez az információ in statu nascendi jel alakjában áll rendelkezésre. A manuális, ill. jelvezérlésű mérőkészülékek közötti alapvető különbséget a 2. ábra szemlélteti.

A korszerű jelvezérlésű mérőkészülékekkel kapcsolatban a tárgyunk szempontjából lényeges következő tapasztalatok kristályosodtak ki:

1. A jelvezérlésű készülékeknek mind a bemenő, mind a kimenő pontjai között általában digitális és analóg kapcsolatok egyaránt találhatóak.
2. A beavatkozó elemek természete a hagyományos manuális kezelhetőségű készülékekhez viszonyítva, a jelvezérlésű készülékekre való áttérésnél elvileg nem változott. Ennek megfelelően a vezérlő pontokra általánosságban a következő rendszerelemek (rendszervelek) valamelyikét kell kapcsolni:
 - zárt/nyitott kontaktuspárok (digitális jel),
 - félvezető kapcsolók zárt/nyitott állapotai (digitális jel),
 - feszültség, vagy áram (aktív analóg jel),
 - ellenállás, kapacitás, vagy induktivitás (passzív analóg jel).

Ismereteink szerint ezeknek a jeleknek kombinációjával a jelenlegi rendszerű mérőkészülékek minden vezérlési igénye kielégíthető.

A szakirodalomban a mérőkészülékek programirányíthatóságával, a „programozott” (angolul programmed), „programozható” (angolul programmable) kifejezésekkel kapcsolatban meglehetősen terminológiai és fogalmi zavar tapasztalható. Egyes szerzők



* Csak mérőműszerek esetén

H139-SB 2

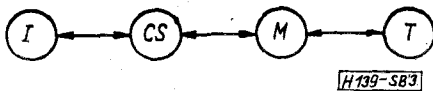
2. ábra

az általánosítás skáláját szétterítve, programozható-nak neveznek minden beavatkozó elemmel bíró készüléket, így pl. a hagyományos készülékeket „kézi programozású”-nak. Még gyakoribb azonban a jelvezérelhetőség, illetve programirányíthatóság fogalmának összekeverése. Kétségtől a jelvezérelhetőség a programirányíthatóságnak alapvető, de nem egyedüli feltétele. A programirányíthatóság fogalmához ezen túl még az irányító szerkezettel való kommunikáció képessége is hozzátartozik. Mégis, léteznek kézi programozású mérőkészülékek is. Ezekben azonban a tulajdonképpeni jelvezérlésű készülék mellett valamely speciális célú, egyszerűbb irányítószerkezet (controller), valamint a két részt összekapcsoló csatolóegység esetleg igen egyszerű változata is megtalálható. A program kapcsolómezők, dugaszmezők stb. útján manuálisan vihető be a szerkezetbe. Ezért is nevezhető a készülék kézi programozásúnak.

Az I irányító szerkezetnek a mérőrendszer automatizáltságának mértékétől függően tetszőlegesen sokféle változata képzelhető el. A következőkben „irányító szerkezet” mindig digitális számítógépet értünk, s az I és M kapcsolatát ennek fényében vizsgáljuk. Így, bár a legbonyolultabb, ugyanakkor azonban a legáltalánosabb viszonyokat vesszük alapul. Az eredmények az egyszerűbb irányítási struktúrákra nehézség nélkül átvihetők, illetve módosíthatók.

Programirányíthatóság — kommunikációs kompatibilitás

A számítógép I/O sínjein át a külvilággal csak digitális jelek útján érintkezhet. A jelvezérelt mérőkészülék digitális és analóg jeleket egyaránt igényel, illetve szolgáltat, de még digitális csatornáinak kódolása is általában különbözik a számítógép I/O sínjének kódolási rendszerétől. Más szóval, a számítógép és a mérőkészülék nyelve egymástól eltér. Ezáltal, és ezenkívül is, a két berendezés kapcsolódási sik-



3. ábra

jába (interface) befutó vonalak csatlakozási paraméterei eltérnek egymástól. Az I és az M egymással nem kompatibilis. A kompatibilitás megvalósítására és még számos más, az irányítással kapcsolatos feladat ellátására, az I és M közé csatolóegység (CS) elhelyezése szükséges (3. ábra). Csak e csatolóegységgel együtt nevezhető a mérőkészülék programirányításúnak.

A-csatolóegység feladatai

A csatolóegységre a következő konkrét feladatok hárulnak:

- Cím szerinti kapcsolat létesítése az I és M között,
- I jeleinek konvertálása M nyelvére és továbbítása M -hez,

- M jeleinek konvertálása I nyelvére és továbbítása I -hez,
- Jelszintek transzformálása,
- Közbenső információátvitel,
- Vezérlési feladatok,
- Állapotjelző jelek képzése,
- Az I és M közötti egyenáramú, illetve kisfrekvenciás váltóáramú szigetelés.

Tekintsük át ezeket a feladatokat részletesebben.

Az automatikus mérőrendszer részét képező valamennyi mérőkészülék azonosítás céljára szolgáló, saját címmel rendelkezik. A cím alapján teremt kapcsolatot I a valamely adott feladatra kiválasztott készülékkel. A kapcsolat létesítése alkalmával az I által kibocsátott címre csak a kiválasztott készülék csatolóegysége reagál, csak ez a csatolóegység létesít átviteli kapcsolatot az I és a kiválasztott mérőkészülék között.

A számítógép I/O sínjén áthaladó információ bináris, BCD , vagy $ASCII$ kódolású, az átvitel módja pedig párhuzamos, vagy soros lehet. A mérőkészülék vezérlő, illetve kimenő pontjai az információt bináris, BCD , n -ből az 1 párhuzamos kódolású digitális alakban, illetve feszültség-, áram-, reaktancia-jelként analóg alakban igényelhetik, illetve szolgáltatják. Az $I \rightarrow M$ irányú, ill. az $M \rightarrow I$ irányú konverzió feladatát a csatolóegység D/D , D/A , A/D — párhuzamos/párhuzamos, soros/párhuzamos, párhuzamos/soros — konverterek segítségével látja el szükség szerint.

A csatolóegység két oldalán egy-egy átviteli vonal mentén a jelszintek és logikai szintek különbözők lehetnek: Az ezzel kapcsolatban szükséges transzformáció ugyancsak a csatolóegységre hárul.

Az I által M -hez továbbított parancs végrehajtása az esetek egy részében a számítógép működési sebességéhez viszonyítva, jelentékeny időt vesz igénybe. (Pl.: valamely programirányítású tápforrásnak a kimenőfeszültségét meghatározott időn át, meghatározott értéken kell tartani.) Annak érdekében, hogy az M ilyen okból ne kösse le I -t, a közbenső tárolás elvét alkalmazzák; az I által kiadott parancs a csatolóegység puffertárolójába kerül, ahol az M által igényelt időn át tartózkodik. Ugyanezen idő alatt az I más feladatokat hajthat végre. Puffertárolóként digitális regisztert, vagy D/A átalakítás után analóg tárolót (sample and hold) alkalmazhatnak. Hosszúidejű tárolásra ez utóbbi kevésbé alkalmas, mivel a számítógéptől tartalmának időnkénti frissítését igényli.

Az információ konvertálásával, továbbításával stb. összefüggésben a csatolóegységre bizonyos vezérlési és időzítési feladatok is hárulnak. Időzítési feladat pl. annak biztosítása, hogy valamely mérőműszer által nyújtott érték csak a mérésben szereplő ingerjel-generátorok, valamint az illető mérőműszer beállási időinek eltelte után kerüljön a számítógép bemenetére. Az átvittel kapcsolatos vezérlési feladatokon túl mód van arra is, hogy mérési algoritmus egyes kisebb speciális rutinjait, alárendeltebb vezérlési feladatok alakjában az I -ről a csatolóegységre hárítsuk át.

A csatolóegységnek figyelemmel kell kísérnie az I által kiadott feladat lebonyolítását, és M , valamint

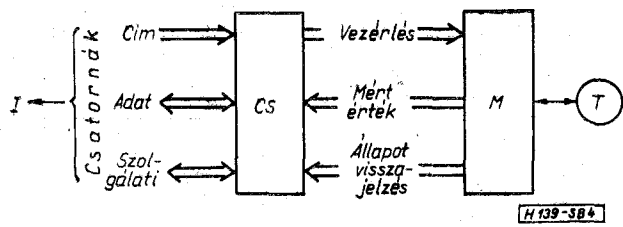
saját állapotairól állapotjelek útján kell informálnia I -t.

Végül a csatolóegységnek a kúszóáramok, rövidzárlati áramok, nemkívánatos zajhurkok kizárása érdekében biztosítani kell az I és M kapcsoltpontjai között a megfelelő egyenáramú és a kisfrekvenciás váltóáramú szigetelést. A mérőkészülékek hálózata, valamint az I , egymáshoz és a földhöz képest egyetlen mérés folyamán is számos potenciálvariációban helyezkedhet el. A mérőkészülékek egyes pontjainak egymással, és egyidejűleg a számítógéppel való galvanikus kapcsolata több helyen való állandó földeléssel ezt nem tenné lehetővé elválasztó szigetelés nélkül.

A csatolóegység számítógép oldali információcsatornái

A soros átvitel esetét itt nem érintve, a csatolóegység és a jelvezérlésű mérőkészülék együttesét a 4. ábra szemlélteti. Az I és CS közötti információforgalmat lebonyolító vonalak három különböző csatornatípusba: a cím-, az adat-, és a szolgálati csatornába sorolhatók.

A címvonalakon át közli a számítógép a kiválasztott egység címét. A címvonalak a csatolóegységen belül elhelyezkedő címfelismerő áramkörre futnak



4. ábra

be. A címfelismerő kör egyedül saját címére reagál; e cím észlelése után az adott mérőkészülék és a számítógép kapcsolatát aktivizálja.

Az adatcsatornában általában mind $I \rightarrow M$ irányú, mind pedig $M \rightarrow I$ irányú vonalak találhatóak. Áramkörileg megoldható azonban, hogy azonos vonalak mindkét irányú átvitelre szolgáljanak. Az átvitt adatok struktúrája esetenként változó. Szemléltessük ezt néhány egyszerű példával: Feszültségforrás programirányítása kapcsán az $I \rightarrow M$ irányú adat a következő elemekből állhat:

- Kimenő feszültség értéke.
- Áramkorlátozó áramhatár értéke.

Az $M \rightarrow I$ irányú adat:

- A beállított feszültségérték visszajelentett értéke.

Impulzus generátor programirányítása kapcsán az $I \rightarrow M$ irányú adat a következő elemeket tartalmazza:

- Impulzus amplitúdó
- Impulzus szélesség
- Ismétlési frekvencia
- Felfutás ideje
- Letfutás ideje
- Az egy impulzuscsomagban levő impulzusok száma
- Impulzus távolság a csomagon belül
- A szinkronizáló, ill. a kiadott impulzus közötti késleltetés.

Elektronikus voltmérő legegyszerűbb esetében az $I \rightarrow M$ irányú adat elemei:

- Üzem mód ($=, \sim$) - Méréshatár, és az $M \rightarrow I$ irányú adat:
- A voltmérő által mért feszültség értéke (digitális alakban).

A szolgálati csatorna vonalai az alábbi típusú jelek átvitelére szolgálnak:

- $I \rightarrow M$ irányú vezérlő jelek (kapuzó, törlő, beállító stb.),
- $M \rightarrow I$ irányú állapot visszajelentő jelek,
- $M \rightarrow I$ irányú megszakításkérés jellegű jelek.

A vezérlő jelek a cím és az adatcsatornák, valamint a CS és M közötti vonalak nyitására, illetve zárására, korábban tárolt információ törlésére, áramkörök adott kezdő állapotba való visszahelyezésére, általában az információ átvitelével és konvertálásával kapcsolatos feladatok ellátására szolgálnak. Az állapotjelek a mérőkészülék, illetve csatolóegység belső állapotairól informálják I -t, míg a megszakításkérés típusú jelek a kiadott feladat befejezését jelentik ugyancsak I -nek.

A csatolóegység elhelyezkedése M és I között

A csatolóegység: funkcionális egység. Mint ilyen, az I -hez vagy az M -hez társított egyetlen szerkezeti blokkot képezhet, de az $I-M$ közötti átviteli vonal mentén részekre bontva, elosztva is elhelyezkedhet. A részekre bontást több ok is indokolhatja. Pl.: M nem mindig kerülhet I szomszédságába. Ez esetben információátviteli szempontból indokolt lehet valamely szükséges információátvitelt közvetlenül a mérőkészüléken belül elvégezni (pl. n -ből az $1/BCD$ konverzió). Más esetben az I és M közötti átvitelben analóg jel helyett célszerű lehet digitális jel használni s a szükséges D/A , vagy A/D konverziót a mérőkészüléken belül elvégezni. Más okok mellett szólhatnak, hogy a csatolóegységnek legalábbis egy része a mérőkészüléken kívül helyezkedjék el. Valamely, számos mérőkészüléket felölelő mérőrendszer gazdaságos szer vezetésének szempontjai alapján ui. célszerű lehet bizonyos, azonos funkciókat ellátó áramköri részeket az individuális csatolóegységek-ből elhagyni s a számítógép oldalán egy valamennyi készülékre nézve közös blokkal helyettesíteni.

Rendszer-kompatibilitás

A csatolóegység tervezése kapcsán a fenti szempontokon kívül különös hangsúllyal az általános rendszer-kompatibilitás kérdése merül fel. Ez a probléma ott jelentkezik, ahol a mérőkészülék gyártója azt a célt tűzi maga elé, hogy az általa előállított készülék tetszőleges mérőrendszer építőelemeként használható legyen. Tekintettel azonban arra, hogy az irányítás szempontjából számba vehető számítógépek különböző típusainak száma már jóval a 100 felett van, másrészt e gépek I/O rendszere csaknem minden esetben más és más, az egységesítésnek pedig a terület rohamos fejlődése miatt egyelőre még nyoma sincs, nem lehetett szó a csatolóegységek szabványosításáról sem. A használatban levő mérőkészülé-

kek általános rendszer-kompatibilitása ilyen módon megoldatlan. A nehézséget kétféle módon igyekeztek elkerülni: vagy feladták az általánosság igényét, s néhány legelterjedtebb számítógép típust figyelembe véve, több speciális csatolóegységet dolgoztak ki egy mérőkészülékhez, vagy — ami ugyancsak gyakori — a programirányítóságához szükséges áramköröket a mérőkészüléktől kiindulva csak bizonyos szintig építették ki, a befejezést a számítógép megválasztásával együtt a rendszertervezőre hárítva. Következésképpen a „programozott”, „programozható” jelzővel jelenleg kibocsátott és használatban levő mérőkészülékek között a csatolóegység rendszere, kiépítettsége és szervezése tekintetében a legkülönbözőbb változatok találhatók.

Különböző szervezési struktúrák

A perifériális eszközök általános esetben a számítógép valamely I/O sinjére kapcsolódnak. A mérőkészülékek rendszerbe illesztése kapcsán legkézenfekvőbb a készülékeket a konvencionális perifériális eszközökhöz hasonlóan csatlakoztatni. E csatlakozásmódnak megfelelő rendszervázlatot az 5. ábra szemlélteti. A megoldás egyik hátránya a csatolóegységek abszolút számítógép orientáltsága (csak egy géphez használhatók), másrészt e szervezőmód esetén a csatolóegységek felépítése általában gazdaságtalan.

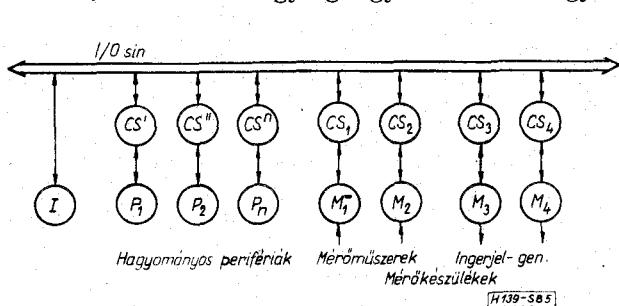
Egy másik megoldási módot a 6. ábra mutat. Az ingerjel-generátorok és a mérőműszerek itt egymástól elkülönülnek. Az egyes csoportokba tartozó készülékek egyedi csatolóegységei nem közvetlenül a számítógépre, hanem csatlakozási és vezérlési funkciókat ellátó közös vezérlő-alegységek sínrendszerére csatlakoznak; a vezérlő-alegység egyik arca az egyedi

csatolóegység (CS) felé, a másik arca a számítógép felé tekint. E rendszernek nagy előnye, hogy az egyedi csatolóegységek csatlakozása bizonyos mértékben egységesíthető; a számítógép-orientáltság csökken. Az 5. ábrán vázolt megoldásnál gazdaságosabb is, tekintve, hogy a vezérlő-alegységek az egyedi csatolóegységek közös feladatait átveszik, s így ez utóbbiak felépítése egyszerűbbé válhat.

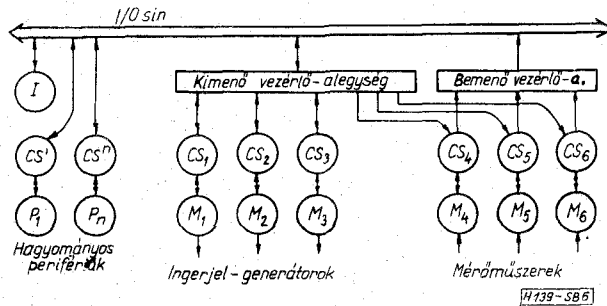
További egyszerűsödést, a számítógép tulajdonságaitól való függetlenné válást jelent a 7. ábrán felvázolt struktúra. Itt már csupán egyetlen vezérlő-alegység található. Ennek sínrendszerére csatlakozik — egységesen — az összes individuális csatolóegység. Ez esetben gépfüggő már csak a vezérlő-alegység számítógép felőli oldala marad.

A CAMAC rendszer alkotói felismerték a 7. ábrán vázolt rendszerben rejlő lehetőségeket, s javaslatot dolgoztak ki a vezérlő-alegység és az egyedi csatolóegységek egymáshoz csatlakoztatásának (vonalak és jelek) hosszú távra tekintő egységesítésére. A vezérlő-alegységről a csatolóegységek felé induló adat-útvonal (data way, data highway) vonalai, jeltípusai és jelszintjei a javaslat elfogadásával rögzítődnek. Ezáltal a csatolóegységek tervezője az alkalmazott számítógép típusától függetlenné válik. Az elv általános elfogadása végre lehetővé tenné szabványos csatlakozási paraméterekkel rendelkező csatolóegységek, illetve programirányítású mérőkészülékek létrehozását. A vezérlő-alegység számítógép felőli oldala természetesen a gép típusától és I/O rendszerétől függően ez esetben is különféle lehet.

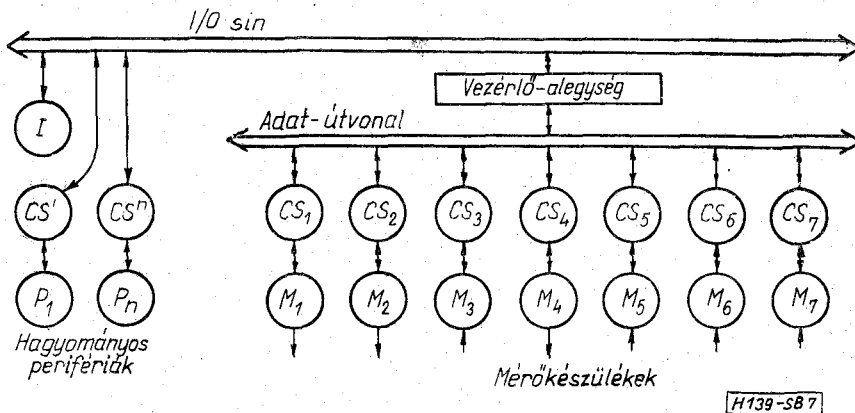
A CAMAC szabvány a mechanikai paramétereket is definiálja. Minden individuális csatolóegység a CAMAC-han egy áramköri kártyát foglal le. A kár-



5. ábra



6. ábra



7. ábra

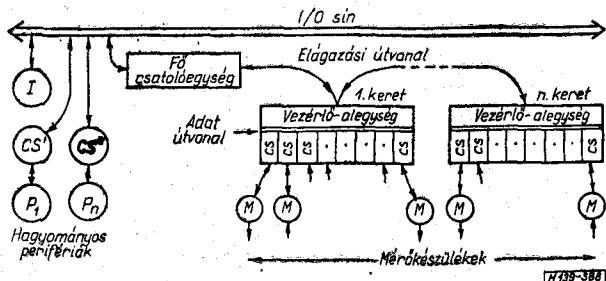
tyák adott befogadási kapacitású keretben helyezkednek el. Szükség esetén több keret is igénybe vehető. Minden egyes kerethez egy vezérlő-alegység (keretvezérlő) tartozik. Több keret használata esetén a vezérlő-alegységeknek a számítógép felőli oldala is szabványos, számítógéptől független csatlakozási paraméterekkel rendelkezhet. Az egyes keretek közös sínrendszerre (elágazási-útvonal) kapcsolódnak a 8. ábrán látható módon. Az elágazási útvonal a számítógép I/O sínjére csatlakozó fő-csatolóegységből (csoport vezérlő) indul ki. Az egyetlen számítógépfüggő elem ez esetben a fő-csatolóegységnek a gép felőli oldala.

Ellenkező irányú tendenciák is mutatkoznak. A legutóbbi időben pl. megjelent egy teljesen új ter-

vállalja a számára tulajdonképpen nem is mutakozó hátrányt: a csatlakozó rendszer abszolút számítógép orientáltságát.

Specializálódás — Fejlődési tendenciák

A programirányíthatóságra többé-kevésbé alkalmassá tett mérőkészülékeket kezdetben alig lehetett elkülöníteni a hagyományos készülékektől. A készülék a beavatkozó elemek módosításával jelvezérelhetővé, az *I*-vel kompatibilis csatolóegységgel programvezérelhetővé tehető. A programvezérelhetőség lehetőségét opcióként nyújtották, s mindkét kezelési módra alkalmas készülékek előállítására törekedtek. Jelenleg a készülékgyártás területén megfigyelhető olyan irányzat, amely a rendszeroptimum szempontjait veszi alapul. Fokozatosan kialakul a rendszerorientált mérőkészülékek családja, amelynek tagjai kézi vezérelhetőséggel már nem, csupán a készülék ellenőrzéséhez nélkülözhetetlen kezelőszervekkel rendelkeznek. Várható, hogy a jelenlegi zavaros helyzet letisztul, s a programvezérelhetőség követelményét teljes mértékben kielégítő készülékek gyártására térnek át. E készülékek több, a felhasználó által választható csatolóegységgel rendelkeznek majd, amelyek sorában a standard CAMAC típus éppúgy megtalálható lesz, mint a rendszergyártók speciális egységei.



8. ábra

vezésű automatikus mérőrendszer, amelyik az 5. ábrán vázolt megoldás fejlettebb változata. A rendszertervezők a PDP 11 számítógép UNIBUS rendszerének előnyeit kihasználva, a mérőkészülékek igen racionális csatlakozási módját dolgozták ki. Az így elért gazdasági eredményekért cserében a gyártó

I R O D A L O M

- [1] Mette, H. W.: 1971 Wescon Technical Papers, 17/1.
- [2] Smith, Ch. W.: Electronic Products Magazine, May 17 (1971) 35—40.
- [3] Lehmer, D.: 1971 Wescon Technical Papers, 17/3.
- [4] CAMAC A Modular Instrumentation System ..., EUR 4100e.