

Ipari folyamatirányító rendszerek – 9.

Folyamatirányító rendszerek felépítése – 4.

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

A folyamatirányító rendszerek felépítésének tárgyalása során a hátralévő fejezetek a bemeneti és kimeneti modulok összefoglaló felépítésével foglalkoznak. Elsőként a bemeneti modulok digitális adatbemeneti, számláló- és megszakításbemeneti típusait ismertetjük, majd a kimeneti modulok következnek a digitális és analóg kimenetek, valamint a digitális – analóg-átalakítók tárgyalásával.

Digitális bemeneti modulok

A digitális bemeneti jelek csoportosításánál láttuk, hogy

- a **jel időbeli lefutása** alapján állapot- és impulzusjelről,
- a **jel megjelenési formája** szerint feszültségszint- és kontaktusjelről,
- a **jel értelmezése szempontjából** független bitről és kódolt bitsoporról,
- a **jel funkciója alapján** ellenőrzött- és megszakításjelről beszélhetünk.

A jel értelmezése szerinti megkülönböztetése a bemeneti áramkörök kialakítását nem befolyásolja, mert mind a független biteket, mind a bitsoportokat a bemeneti perifériában a számítógép szóhosszúságától függő (pl. 8 bites) regiszterekbe gyűjtik össze, a jelek szétválasztása és értelmezése a feldolgozó program feladata. A berendezégyártók a digitális bemeneti modulokat a következőképpen csoportosítják:

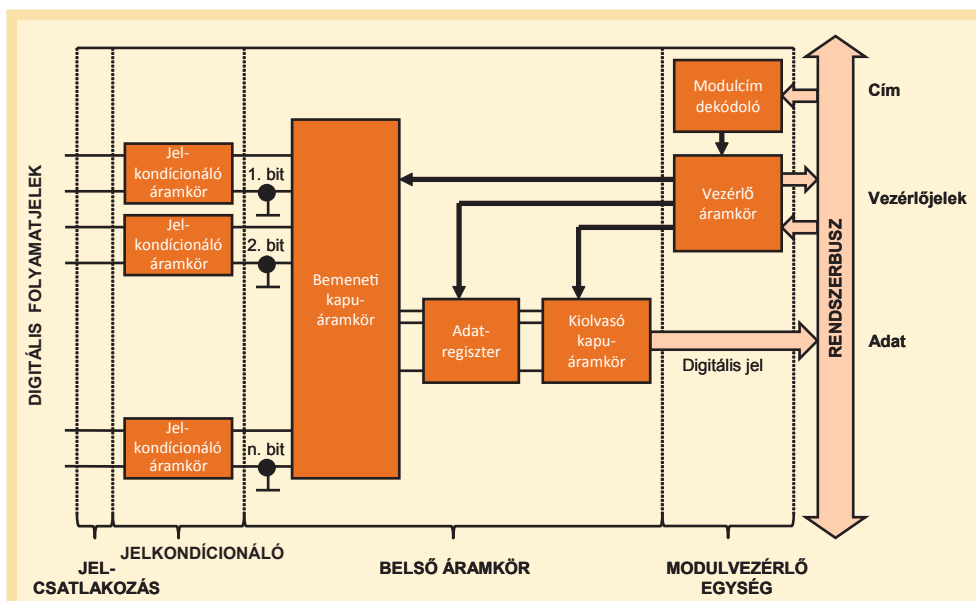
- Digitális adatbemenetek,
- Számlálóbemenetek,
- Megszakításbemenetek.

A digitális adatbemenetek az ellenőrzött állapotjeleket, a megszakításbemenetek a megszakítás funkciójú állapot- vagy impulzusjeleket, a számlálóbemenetek az ellenőrzött impulzusjeleket kezelik. A digitális bemeneti jel megjelenési formája (feszültségjel,

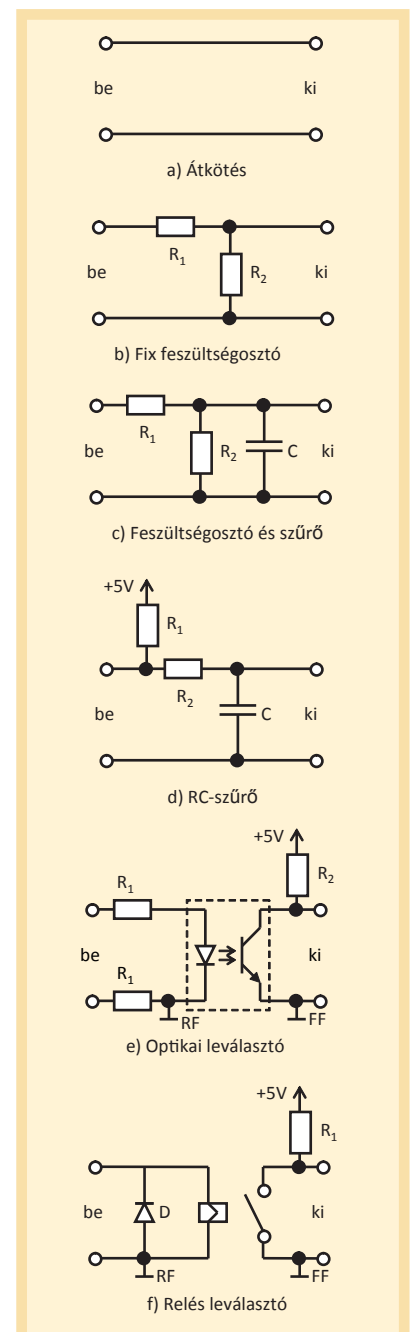
kontaktusjel) a bemeneti modulok jelkondicionáló áramköreinek kialakítását befolyásolja.

Digitális adatbemeneti modul

A digitális adatbemeneti modul blokkvázlata az 1. ábrán látható. A modul a számítógép szóhosszúságától függő számú (pl. 8 bit, 16 bit) digitális bemeneti jelet kezel, és mind a kapuáramkörök száma, mind pedig az adatregiszter bitszáma is ezzel egyezik meg. A jelcsatlakozás a jelek mechanikai csatlakoztatását, a jelkondicionáló áramkör a villamos illesztést, a bemeneti kapuáramkör a digitális jelek



1. ábra: Digitális adatbemeneti modul



2. ábra: Digitális bemeneti modul jelkondicionáló áramkörei

adatregiszterbe való – programmal vezérelt – beírását, az adatregiszter a jelek tárolását, a kiolvasó kapuáramkör a tárolt adatbajt számítógépbe való – programmal vezérelt – beolvasását végzi. A bemeneti kapuáramkörre általában TTL-szintű feszültségjelek kapcsolhatók, ezért az ettől eltérő típusú digitális jeleket a jelkondicionáló egységben kell átalakítani TTL-szintű jellé.

A 2. ábra a digitális bemenetekben alkalmazott néhány jelkondicionáló áramkört mutatja be. Az egyszerű átkötés akkor alkalmazható, ha a bemeneti digitális jel zavarmentes, a TTL-szintű feszültségjel és a jeladó közvetlenül a digitális bemeneti modul közelében helyezkedik el. Az átkötés természetesen galvanikus leválasztást nem tesz lehetővé, ezért a jeladónak vagy földfüggetlen kimenetűnek kell lennie, vagy ha földelt, akkor a felhasználói földnek a rendszerfölddel azonos potenciálúnak kell lennie. Abban az esetben, ha a digitális, TTL-szintű feszültségjelre zavarjel szuperponálódik, a TTL-bemeneten RC-szűrőt célszerű alkalmazni. Ha a bemeneti jel nagyobb feszültségszintű (pl. 10...24 V), akkor egy feszültségosztó jelkondicionálóval a jel-szintet TTL-szintre kell leosztani. Ha a kétállapotú feszültségjel túl nagy a zavarjel, akkor feszültségosztó és szűrő jelkondicionáló áramkör együttes alkalmazása a célszerű.

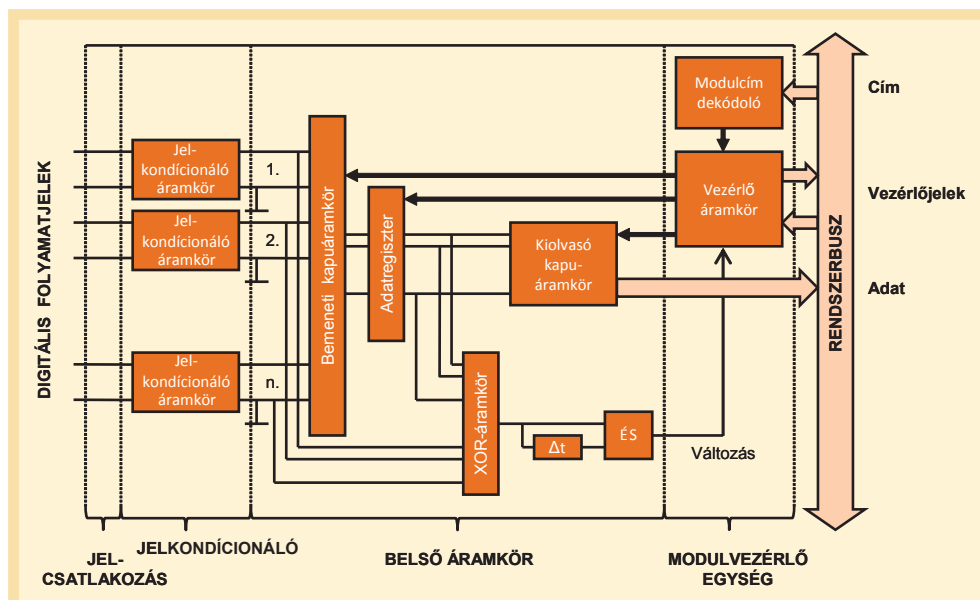
Az eddig ismertetett jelkondicionáló áramkörök galvanikus leválasztást nem végeznek. Az optikai leválasztó áramkörrel 0...5 V, 0...24 V nagyságú feszültségjelek, a relés leválasztó áramkörrel pedig ennél nagyobb szintű, kétállapotú bemeneti jelek választhatók le galvanikusan.

A digitális adatbemeneteket a számítógépnek meghatározott időnként (pl. 100 ms) be kell olvasnia.

A digitális adatbemeneti modul vezérlőegysége a számítógépből érkező, alábbi típusú parancsokat dekódolja:

- Kétállapotú bemenetek adatregiszterbe való átírása,
- Az adatregiszter tartalmának beolvasása a számítógépbe.

A számítógépnek a beolvasott adatok programmal történő kiértékelésével kell megállapítania a digitális bemeneti jelek megváltozását és a változáshoz rendelt funkciók végrehajtását (pl. eseménynaplózás, kimeneti jelállítás stb.). Nagyszámú digitális bemeneti jel esetén – különösen, ha a bemeneti jelek értéke ritkán változik – feleslegesen sok adatbevitelt és kiértékelést kellene a számítógépnek végrehajtania, ami a gép kihasználtságát (ciklusidejét) lerontja. A digitális jelváltozások észlelése jelentősen leegyszerűsödik az úgynevezett változásfigyelő áramkör alkalmazásával (3. ábra). Az áramkör működésének az a lényege, hogy az előző beolvasás során a bemeneti adatregiszterbe beolvasott információt bitenkénti „kizáró vagy” művelettel összehasonlíja a bemeneti jel pillanatnyi állapotával. Ha a bemeneti jel pillanatnyi állapota eltér a korábban beolvasott értéktől, akkor a „kizáró vagy” áramkör kimenete aktív lesz, amely a számítógépben egy megszakítást hoz létre, és a jelek beolvasása, valamint kiértékelése a megszakításhoz rendelt szubrutinban megtörténik. Tehát változásfigyelő áramkör alkalmazásával a számítógépnek csak a megszakítás fellépésekor (csak valamelyik jel megváltozása esetén) kell a kétállapotú bemeneteket beolvasnia és feldolgoznia.



3. ábra: Digitális bemeneti modul változásfigyeléssel

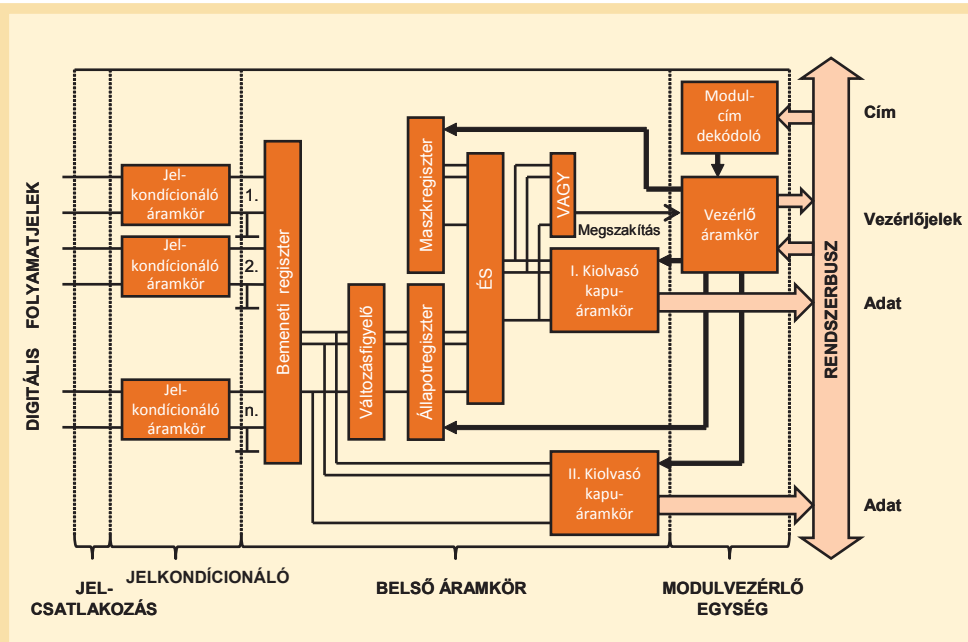
Számláló bemenetek

Ha egy digitális folyamatjel gyorsabb változásokra képes, mint a feldolgozás ciklusideje (pl. inkrementális adók, enkóder modulok), a két beolvasás között fellépő változásokat nemcsak észlelni kell, hanem meg is kell azokat számolni. Ilyenkor a 3. ábrán vázolt változásfigyelő áramkör kimenetét nemcsak a változás jelzésére használjuk fel, hanem azt a modulvezérlő egység részét képező – lehetőleg hardver – számláló bemenet-re is rákapcsoljuk. A bemenetek beolvasása során a CPU nemcsak egy bitnyi állapotjelet kap bemenetenként, hanem a legutóbbi ciklus óta történt változások számát is kiolvashatja. A számlálóbemenetekenél a „kizáró vagy” műveletet értelemszerűen nem kell elvégezni, illetve a változásfigyelést minden számlálóbemenetre külön-külön végre kell hajtani.

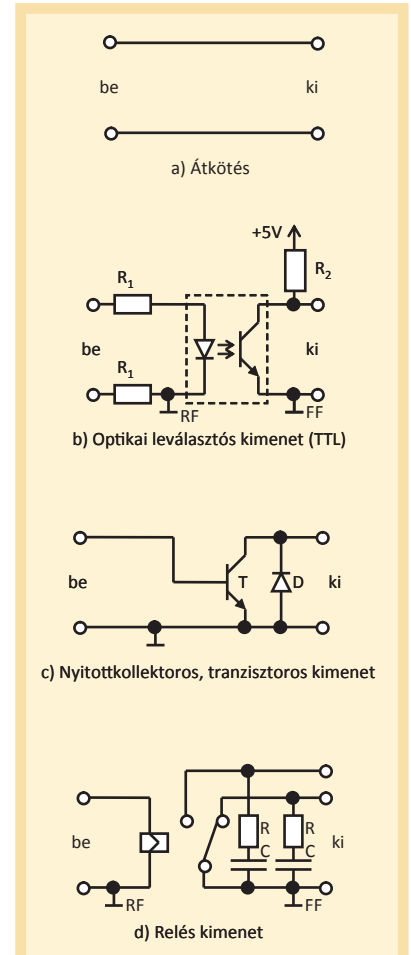
Megszakításbemeneti modul

A 4. ábrán egy megszakításbemeneti modul blokkvázlata látható, amely a folyamatból érkező megszakítás funkciójú állapotokat vagy impulzusjeleket továbbítja a számítógépbe. A digitális bemeneti jelek statikus állapotát digitális bemeneti regiszterek tárolják. A bemeneti regiszterek tartalmát a számítógép a II-jelű kiolvasó áramkörön keresztül bármikor kiolvashatja. Ugyanakkor a bemeneti regiszter tartalma bitenként egy változásfigyelő áramkörbe kerül, amely a megszakításállapot-regiszter megfelelő bitpozíciójába logikai 1 értéket ír be akkor, ha a bemeneti regiszter valamelyik bite logikai 0 értékről 1 értékre változik. A nem kívánt megszakításjelek bitenként a programmal beírható megszakításmaszkregiszterek tartalmának megfelelően maszkolhatók, ugyanis a bitenkénti művelet után csak az engedélyezett megszakításjelek juthatnak érvényre. A maszkolás utáni állapotzó nullától eltérő tartalma esetén a modul a számítógépben megszakítást generál. A maszkolás utáni állapotzó az I-jelű áramkörön keresztül beolvasható. A modul vezérlőegysége a számítógépből az alábbi parancsokat fogadja:

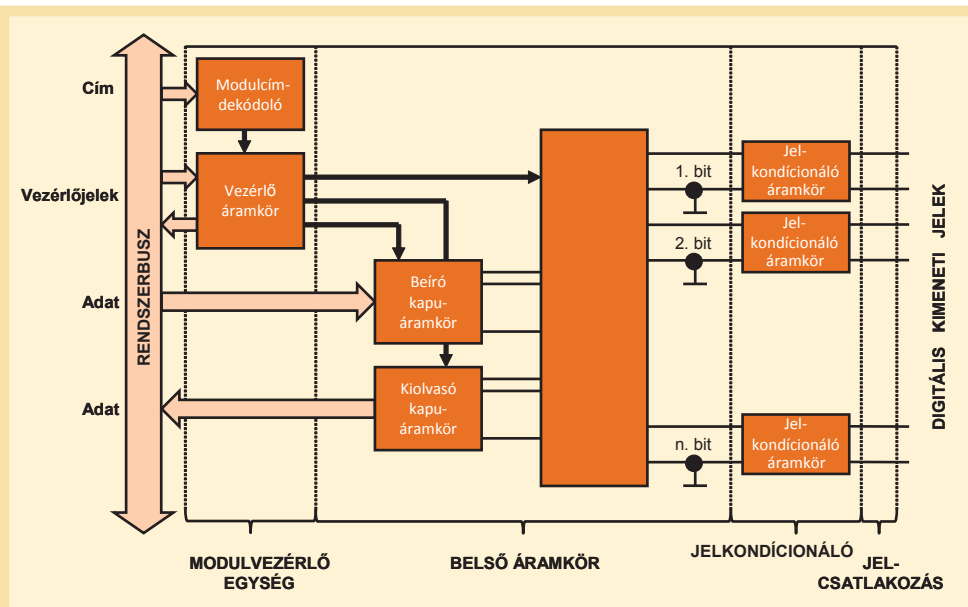
- A bemeneti regiszter tartalmának beolvasása,
- A maszkolás utáni állapotzó beolvasása,
- A modul megszakításjelének engedélyezése,
- A modul megszakításjelének tiltása,
- A megszakítás maszkregiszterének beállítása,
- A megszakítás állapotregiszterének törlése.



4. ábra: Megszakításbemeneti modul



6. ábra: Digitális kimeneti modul jelkondicionáló áramkörei



5. ábra: Digitális kimeneti modul

Digitális kimenetek

A digitális kimeneti jelek

- a **jel időbeli lefutása** alapján fenntartott és impulzusjelek,
- a **jel megjelenési formája** szerint feszültségszint- és kontaktusjelek,
- a **jel értelmezése** szempontjából pedig független bitek vagy összefüggő bitsoportok lehetnek.

Míndezek a jeltípusok előállíthatók az 5. ábrán vázolt, kétállapotú kimeneti perifériával. A számítógép a beíró kapuáramkörön keresztül bájtsorosan beírja a kimeneti adatregiszterbe a kiviendő adatokat. A beírt adat ellenőrzés céljából a kiolvasó kapuáramkörön keresztül visszaolvasható.

A jelkondicionáló áramkört az előállítandó digitális jel típusa, jel- és teljesítményszintje, valamint a galvanikus leválasztási igény alapján választjuk meg. A digitális kimeneti modulokban leggyakrabban alkalmazott jelkondicionáló áramkörök felépítését a 6. ábra foglalja össze.

Az átkötés az adatregiszter TTL-szintű jelét vezeti a kimenetre. Ezt a jelkondicionáló áramkört akkor célszerű alkalmazni, ha a kimenet állapotváltozása gyors, kis teljesítményszintű, a jellevő áramkör a kimeneti modul közelében helyezkedik el, továbbá megvalósítható, hogy a rendszerföld, valamint a felhasználói föld azonos földpotenciáljon legyen.

Az optikailag leválasztott kimenettel a galvanikus leválasztás valószínűsíthető meg, azonban ehhez a kimenethez a felhasználói oldalon tápegységet kell alkalmazni. A nyitott kollektoros, tranzistoros kimenet állapotváltása a TTL-kimenethez hasonlóan gyors, azonban nagyobb jelszint és nagyobb teljesítményszint kapcsolására is alkalmas. (A felhasználói berendezés távolsága 10...30 m is lehet.) A kialakításból következik, hogy a működtető egyenfeszültségről a felhasználónak kell gondoskodnia. Az áramkör kimenetén alkalmazott D dióda a T tranzisztor kimenetét védi a tápegység helytelen bekötéséből eredő meghibásodástól.

A relés kimenet állapotváltozásának ideje néhány ms. A szokásosan alkalmazott relék esetén a kapcsolható jelszint 100 V, a teljesítményszint pedig 100 W nagyságrendű. A relés kimenet előnye, hogy a galvanikus leválasztást is megoldja, a kimenet nem zavarérzékeny, emiatt a kimeneti modul és a felhasználói berendezés távolsága több száz méter is lehet. Ezzel a kimenettel egyenfeszültségű és váltakozó feszültségű felhasználói berendezés egyaránt működtethető. A tápegységről itt is a felhasználónak

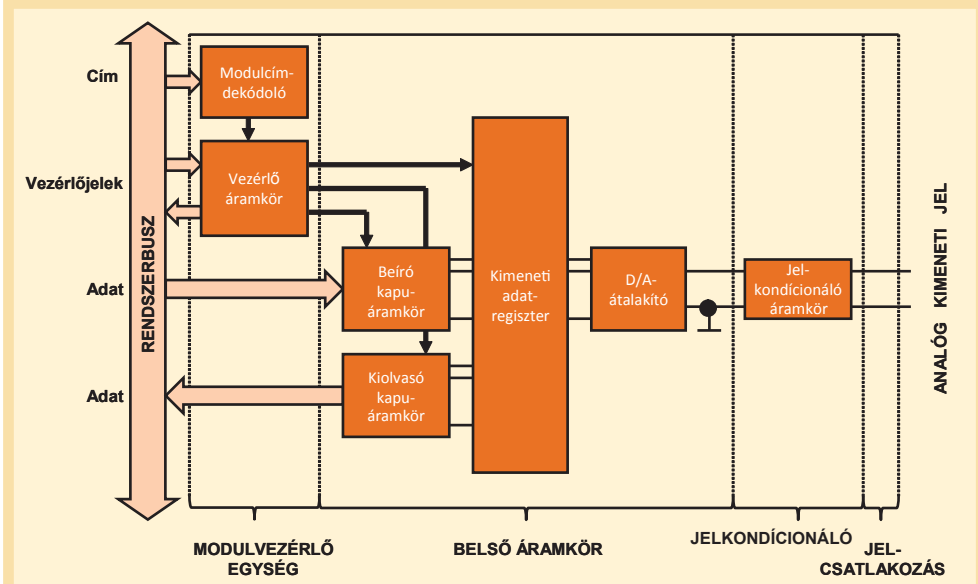
kell gondoskodnia. A relés kimenetek általában morzeérintkezős kialakításúak, ami azért kedvező választás, mert a felhasználó szabadon eldöntheti, hogy a működtetni kívánt berendezést az alapállapotában zárt vagy nyitott kontaktushoz kapcsolja. Az áramkör kimenetén alkalmazott RC-ívgátló induktív jellegű felhasználói berendezés esetén védi a kontaktust a meghibásodástól (beégéstől).

Analóg kimenetek

Az analóg kimenetek a számítógép által szolgáltatott digitális jelet alakítják át

- egyenfeszültség-,
- egyenáram- vagy
- frekvenciajellé.

A feszültség-, ill. áramjel-kimenetű analóg kimeneti modul felépítése az 7. ábrán látható. A számítógép az át-alakítandó digitális jelet a beíró kapu-áramkörön keresztül az adatregiszterbe tölti, és ezt a jelet mindaddig tárolja, amíg a számítógép a regiszter tartalmát ismét át nem írja. A beírt adatszót ellenőrzés céljából a kiolvasó kapuáramkörön keresztül a számítógépbe visszaolvasható. Az adatregiszter kimenete a digitális–analóg- (D/A) –átalakítót vezérli. A D/A-átalakító kimenete – típusától függően – feszültség- vagy áramjel. A jelkondicionáló áramkör lehet átkötés, de lehet feszültség–áram-, ill. áram–feszültség-átalakító is, ha a felhasználói berendezés a D/A-átalakító által szolgáltatott jeltípustól eltérő jelet igényel. Ritkábban a jelkondicionáló egység feszültség- vagy áramosztót, ill. nullponteltoló áramkört is tartalmaz.



7. ábra: Analóg kimeneti modul

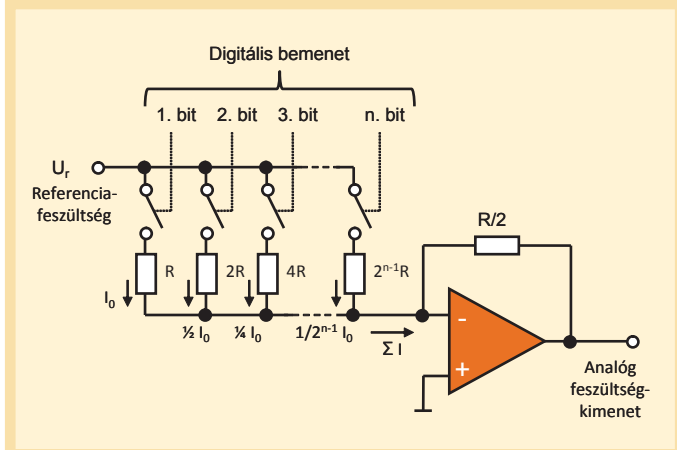
Digitális–analóg-átalakítók

A digitális–analóg-átalakító a bemenetére kapcsolt, kódolt digitális jelet feszültség- vagy áramjellé alakítja át. A D/A-átalakító digitális bemenete általában 8...16 bit szélességű szó. A szokásos kimeneti jeltartományok: 0...5 V, 0...10 V feszültség vagy 0...20 mA, ill. 4...20 mA áram.

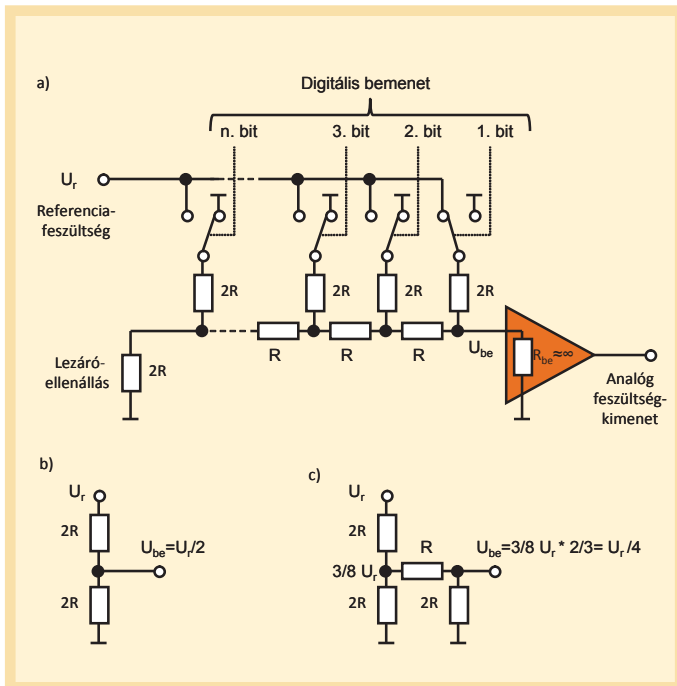
A legegyszerűbb D/A-átalakító felépítése a 8. ábrán látható. A műveleti erősítő áramösszegző bemenetére – a digitális bemeneti kódtól függően – binárisan súlyozott áramokat kapcsoltak. (Az ábrán a kapcsolókat az áttekinthetőség kedvéért kontaktussal jelöltük. A valóságban ezek FET-kapcsolók.) A kimeneti feszültség arányos az áramok összegével. Az átalakító hátránya, hogy n -bites digitális bemenet esetén $1/2^n$ átfogású, pontos érték elenállásokra van szükség, ami a kivitelezés szempontjából nehezen megvalósítható előírás. Ezért leggyakrabban az $R-2R$ -létrahálózatot tartalmazó D/A-átalakítót alkalmazzák (9.a ábra).

A létrahálózat egyik végét egy nagy bemeneti ellenállású erősítőre, a másik végét $2R$ -értékű lezáró-ellenálláson keresztül a földre kötik. A létrahálózat $2R$ -értékű ellenállásait a digitális bemeneti kódtól függően vagy az U_r referenciafeszültségre (logikai 1), vagy a földre (logikai 0) kapcsolják. Az ábrán példaként az első bithez tartozó ellenállás a referenciafeszültségre, a többi $2R$ -értékű ellenállás a földpontra kapcsolódik.

A második bitről az n -edik bitig terjedő ellenállás-hálózat eredője $2R$, ezért a kapcsolás helyettesítő képe az 9.b ábrának megfelelő. Az erősítő bemeneti feszültsége (U_{be}) a referenciafeszültség fele. Ha csak a második bithez tartozó ellenállás kapcsolódik a referenciafeszültségre, a többi pedig a földre, akkor az



8. ábra: Egyszerű kialakítású D/A-átalakító



9. ábra: R-2R létrahálózatos D/A-átalakító

erősítő bemeneti feszültsége a referenciafeszültség negyede lesz (9.c ábra). Hasonlóképpen belátható, hogy az n -edik bithez tartozó kapcsoló vezérlése esetén az erősítő bemeneti feszültsége: $U_r/2n$. Ha egyszerre több bithez tartozó ellenállás kapcsolódik a referenciafeszültségre, akkor az erősítő bemenetén a részfeszültségek – a szuperpozíció elve alapján – összegződnek, és az analóg kimeneti feszültség értéke a digitális bemeneti kódnak felel meg. Mivel az átalakítás párhuzamos, a D/A-átalakító beállási ideje μ s nagyságrendű.

Ipari alkalmazásokban a galvanikus leválasztást az analóg feszültség- és áramkimenetnél is meg kell valósítani. Ez legegyszerűbben a D/A-átalakító digitális adatbemenetén oldható meg (pl. optocsatoló alkalmazásával). Ilyenkor természetesen a D/A-átalakító tápfeszültségének a rendszer tápfeszültségétől függetlennek kell lennie.

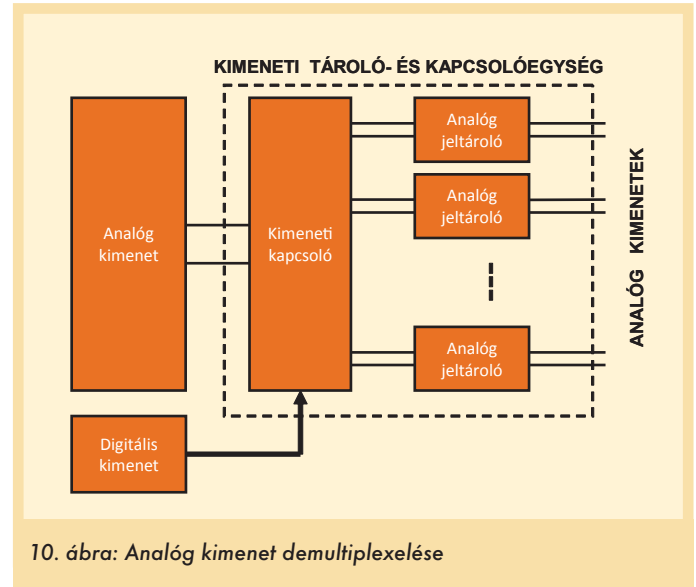
Ha a számítógépes irányítórendszer több analóg felhasználói berendezést működtet, az analóg kimenetek kialakítására két megoldás is lehetséges:

- Annyi egymástól független analóg kimeneti modult alkalmazunk, ahány felhasználói berendezés van,
- Az analóg kimeneti modul jelét sorosan egymás után kapcsoljuk rá a felhasználói berendezésekre (demultiplexeljük).

Az utóbbi megoldást szemlélteti a 10. ábra. A kimeneti analóg kapcsoló (demultiplexer) egy analóg vonalat kapcsol több kimenetre. Kialakítása az analóg méréspontváltó fordítottja. Az analóg kimenet kapcsolásakor azonban analóg jeltárolókat kell alkalmazni annak érdekében, hogy az átkapcsolások ideje alatt a felhasználói berendezések bemenetén az analóg jel változatlanul megmaradjon. A kimeneteket természetesen folyamatosan frissíteni kell az analóg jeltárolók minőségétől és a pontossági igényektől függő ciklusidő szerint.

Összefoglalás

Az ipari folyamatirányító rendszerek felépítését azon legfontosabb tervezési szempontok alapján tekintettük át, amelyek a berendezésmódok gyakorlati kialakítása során segítenek a jelillesztési, zavarjelelnyomási és megbízhatósági követelmények kielégítésében.



10. ábra: Analóg kimenet demultiplexelése

sében. A jelkapcsolatok elméleti osztályozását és a különböző zavarjeltípusok definícióját követően a zavarjelelnyomás lehetőségeivel, valamint a földelés kérdésével foglalkoztunk.

A továbbiakban gyakorlati készüléktechnikai kérdések következtek, a különböző rendszermodulokat az elméleti ismeretek figyelembevételével terveztük meg. A tárgyalást a központi egységek, a tápfeszültségkimaradás ellen védett RAM-memóriák és a működésükhöz szükséges speciális tápegységek kialakításával kezdtük, majd a különböző be- és kimeneti modulok, és azok legfontosabb egységei következtek.

Napjainkban igen gyors fejlődésnek lehetünk tanúi a számítógépes folyamatirányítás eszközei, szoftverei, kommunikációs rendszerei terén, a tárgyalt általános érvényű tervezési szempontok azonban szinte minden esetben biztos alapot jelenthetnek a hardver- és szoftvermodulok fejlesztése és alkalmazása során.

editor@magyar-elektronika.hu