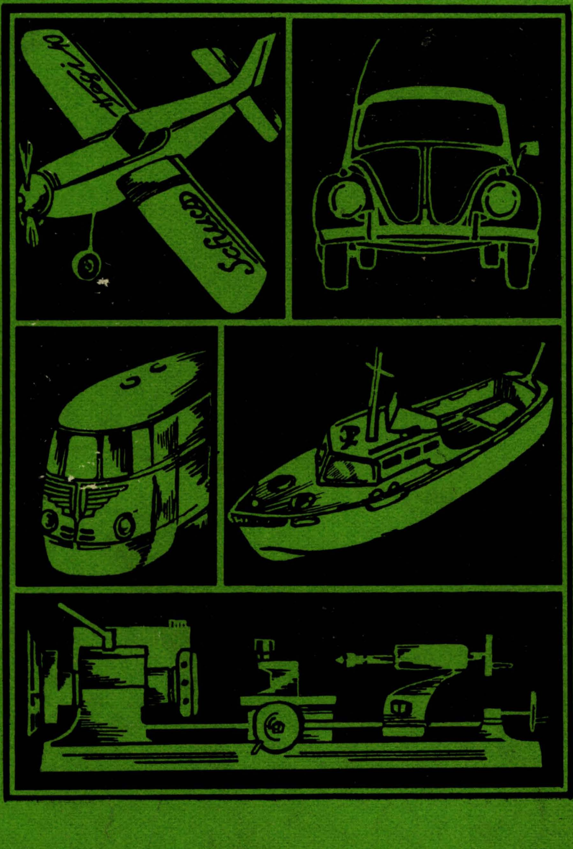
MODELLEZŐK KÖNYVTÁRA

KOVÁCS M.

kibernetikai játékok és modellek



TÁNCSICS

Kovács Mihály

KIBERNETIKAI JÁTÉKOK ÉS MODELLEK

A rendi könyvtárnak

MODELLEZŐK KÖNYVTÁRA

3

KOVÁCS MIHÁLY

KIBERNETIKAI JÁTÉKOK ÉS MODELLEK

TÁNCSICS KÖNYVKIADÓ BUDAPEST, 1968

BEVEZETÉS

A 20-as években óriási fejlődésnek indult a *rádiótechnika.* Az elméleti eredményeket megvalósító ipar, a rádiógyártás, kezdetleges kisipari vállalkozásokból alig egy évtized alatt világot átfogó iparrá fejlődött, amely ma már a dolgozók millióit foglalkoztatja, és a fogyasztók hatalmas tömegeit látja el igen bonyolult berendezésekkel. A rádiógyártás idővel elektronikus iparrá terebélyesedett, és mint ilyen, ma is egyre fejlődik.

A rádiótechnika, majd később elektronika, rohamos fejlődését annak is köszönhette, hogy sikerült százezrek, milliók érdeklődését felkeltenie. Ezek kezdetben magánúton mint amatőrök ismerkedtek meg az új és érdekes technikával. Közülük többen lényeges felfedezésekkel vitték előbbre az új műszaki tudományt, zömük pedig a lelkes szakembergárdát szolgáltatta az új ipar számára.

Ma a *kibernetika* fejlődik szinte robbanásszerűen. A szakfolyóiratok szerint a következő négy év folyamán egyedül az Egyesült Államokban 300 000 újabb programozóra van szükség a már meglevő vagy épülő számítógépek foglalkoztatására. Hasonló létszámú igényről írnak a szovjet lapok is.

Mi kis ország vagyunk. Úgy gondoljuk, nem túlzás, ha 10 000-ben jelöljük meg azoknak a szakembereknek a számát, akikre négy-öt éven belül szükség lenne, hogy csak a kibernetika főbb gyakorlati alkalmazása, az automatizálás és a számítógépek terén behozzuk mostani nagy lemaradásunkat. A nagyhatalmakkal kapcsolatban említett fenti számok ugyanis csak a kibernetika egyik speciális munkaterülete, a gépek „táplálása", a programozás szakemberszükségletét jelentik. Közel ugyanennyi szakember kell a számítógépek üzemeltetéséhez is.

A számítógépeket ma már bármely ország meg tudja vásárolni, esetleg — ha elektronikus ipara közepesen fejlett — elő is tudja állítani. A gépeket kezelő szakemberek képzése már nehezebb probléma. Itt is az általános érdeklődést kell fölkelteni, amint az a húszas években sikerült a rádiótechnika iránt. Ha a nagy tömegek számára lehetővé válik a kibernetika elemeivel való megismerkedés, akkor remélhető, hogy kellő időben megfelelő szakembergárda is rendelkezésre fog állni.

Ezt a célt, a kibernetika iránti érdeklődés fölkeltését és a kibernetika elemeivel való gyakorlati megismerkedést kívánja elősegíteni ez a szerény könyvecske is, amely főleg az ifjúság, az általános iskolából éppen kikerült fiatalok és a középiskolások számára készült. A kibernetika ugyanis nehéz tudomány, és az ebbe a világba való behatolás nagy szellemi frisseséget kíván. A szükséges erőfeszítésekre pedig általában csak a minden új és nagy dolog iránt lelkesedni tudó fiatalság képes.

Van azonban egy sajátságos ellentmondás is a dologban. A nagy számítógépek legtöbbször olyan bonyolult problémákkal foglalkoznak, és olyan magas fokú matematikai és műszaki apparátussal dolgoznak, hogy megértésük egyetemi végzettséget kíván. Van-e akkor mégis lehetőség arra, hogy a még középiskolás végzettséggel sem rendelkező fiatalok a megértés reményében foglalkozzanak ezekkel a kérdésekkel?

Igen, van! Csakhogy nem olyan gépeket kell velük megismertetni és főleg építtetni, amelyek pl. magasabb fokú differenciálegyenleteket oldanak meg, hanem olyanokat, amelyek az általuk már ismert és felfogható matematikai és logikai problémákkal foglalkoznak. Jól tudjuk, hogy ilyen gépeket gyakorlati felhasználás céljából nem érdemes építeni, hiszen ezek a problémák papiroson sokkal egyszerűbben és olcsóbban megoldhatók. Oktatási, tanulási célból azonban nagyon is hasznos ezeket a gépeket megépíteni.

Ezeket az egyszerű matematikai és logikai problémákat megoldani tudó, kis előképzettséggel és kevés költséggel megépíthető berendezéseket *kibernetikai játékoknak és modelleknek* nevezzük. Segítségükkel a nagy gépek működésének egy-egy részlete játékosan utánozható, modellezhető. De a velük való foglalkozás — tapasztalataink szerint — később bőven kamatoztatja az elkészítésükbe fektetett munkát és fáradságot.

Az elmúlt évek folyamán számos olyan 16—18 éves fiatal akadt, akik e kibernetikai játékokon nevelődve, és a kibernetika elemeit így megismerve, országos hírű, „komoly" kibernetikai gépeket építettek. (Ezek rövid leírását az V. fejezetben hozzuk „Bonyolultabb játékgépek" címen.) Az iskolákban újabban használt feleltetőgép, a *Didaktomat* tervezése és kifejlesztése is a könyvünkben bemutatott „játékokon" nevelődött fiataloknak köszönhető. De a legjelentősebb az, hogy már az ország mai számítógépeit üzemeltető és felhasználó fiatal szakemberek egy része is ilyen munkában kapta meg az első indítást és előképzést.

Milyen előismeretekre építjük munkánkat? Az elmondottakból már következik, hogy az általános iskolából hozott alapos matematikai és fizikai tudásra; fegyelmezett és következetes gondolkodásra; érdeklődésre az egyik legmodernebb, legösszetettebb, de talán a legérdekesebb tudományág, a műszaki kibernetika iránt; végül némi politechnikai, főleg rádiótechnikai alapismeretre. E készségekkel és előismeretekkel — amint majd látjuk — meglepően mélyre be tudunk hatolni a kibernetika birodalmába. Ha már valamelyes középiskolai ismereteink is vannak, munkánk természetesen kevésbé fárasztó és mégis sokkal eredményesebb lesz.

Mit kérünk Olvasóinktól? Azt, hogy ne csak olvasói legyenek ennek a könyvnek, hanem lehetőleg elkészítői, megépítői is a benne ismertetett összeállításoknak. Anyagi lehetőségeik szerint válasszanak ki közülük legalább néhányat, és építsék meg. Iskolai szakkörökben, ezermesterklubokban pedig bizonyára lehetőség nyílik szinte valamennyinek a megépítésére.

Mit ígérünk a sok befektetett munka fejében? Munkánk folyamán meggyőződést szerezhetünk arról, hogy vonzódásunk a számítógépek, a kibernetika iránt valóban megalapozott-e. Megbizonyosodhatunk arról is, hogy adottságainknak megfelel-e ez az életpálya. Az azonban bizonyos, hogy az eredményes alkotómunka sok igaz örömének mindenképpen részesei leszünk!

TÁJÉKOZÓDÁS A KIBERNETIKA VILÁGÁBAN

NÉHÁNY KIBERNETIKAI PROBLÉMA

A mesterséges égitestek indítása. Új mesterséges égitestet küldenek fel pályájára. A rakétahajtómű működési ideje — a jobb hatásfok elérése céljából — mindössze néhány perc. E rövid idő alatt kell megadni a műholdnak a tervben előírt magasságot, irányt és sebességet.

A leggondosabb előkészítés mellett is a felszállás ideje alatt van bizonyos eltérés az előre tervezett és számított értékektől. Ha valamilyen berendezés idejében jelzi az eltérést a tervezett adatoktól, akkor megfelelő kormánymozdulatokkal még van lehetőség a tényleges pálya helyesbítésére. Ehhez azonban igazán villámgyors intézkedések és adatok szükségesek. A megfelelő adatok bemérését különböző radarberendezések végzik. Az intézkedéseket rádióberendezések sugározzák és juttatják el az emelkedő rakétához. De azt, hogy milyen intézkedések szükségesek, a mért és az előírt adatokból csak elektronikus számítógépekkel lehet ilyen rövid idő alatt kiszámítani.

A „Gemini 8" leszállítása. A műhold egyik fontos berendezése hirtelen meghibásodott. Gyors leszállításra volt szükség! Milyen időpillanatban, a pálya mely pontján kell fékezőrakétákat begyújtani, hogy a műhold személyzetével és értékes berendezésével együtt sértetlenül és minél megfelelőbb helyen érjen földet? A feladat a rendelkezésre álló rövid idő alatt szintén csak a villámgyors számítógépekkel volt megoldható.

Az áruellátás problémája. Az országban pl. jó néhány téglagyár van, és ugyanakkor sokezer helyen építkeznek. Melyik téglagyárból, melyik építkezéshez és mennyi téglát szállítsanak, hogy a szállítási költségek minimálisak legyenek? Évi sokmillió forintos megtakarításról van itt szó! A probléma elvi megoldása nem különösen nehéz, és a rendelkezésre álló idő alatt emberi erővel is elvégezhető. Viszont hosszadalmas és éppen ezért igen költséges. A számítógépek gyorsabban és olcsóbban oldják meg.

Az „üresfutás" csökkentése. A vasúti pályaudvarokon naponta többezer tehervagont ürítenek ki. Ugyanott nagyjából ugyanennyi áru vár berakásra. Csakhogy általában nem éppen ott ürülnek ki a vagonok, ahol az új áru berakásra vár! A pályaudvarok közötti utat a kocsik ún. *üresfutásban* teszik meg. Kérdés, hogy az üres kocsikat honnan hová kell küldeni, hogy az üresfutás a lehető legrövidebb legyen. A feladatot nap mint nap néhány óra alatt meg kell oldani. A megoldás sikerétől évente sokmillió forintos megtakarítás függ. Tapasztalt kocsiirányítók ezt a munkát általában elég jól végzik. De a leggazdaságosabb megoldás a rendelkezésre álló rövid idő alatt csak számítógépekkel valósítható meg. Az így nyerhető megtakarítás a költségek többszöröse.

Modern raktárnyilvántartás. Azt sem könnyű megállapítani, hogy üzemekben, gyárakban és áruházakban az egyes anyagokból, árukból mennyit tartsanak raktáron, hogy „hiánycikk" se legyen, de „elfekvő készletek" se növeljék a költségeket. A könyvelés, raktárnyilvántartás sok ezer embert lekötő, idegőrlő és költséges munka. Nem volna-e lehetséges ezeket a munkákat is gépekkel jobban, gyorsabban és olcsóbban végeztetni? De igen, mégpedig az aránylag egyszerű, és nem túlságosan drága irodai adatfeldolgozó gépekkel.

A tanítás gépesítése. Nemcsak reánk, hanem az egész világra jellemző tünet ma, hogy mindenki tanul. A tudományos vizsgálatok folytán pedig mind nyilvánvalóbbá válnak a klasszikus csoportos oktatás hátrányai. Tehát kis csoportokban, lehetőleg egyénileg kellene minden tanulni vágyót oktatni. Ez megoldhatatlanul megnövelné a tanárok, tanítók és oktatók számát. Szerte a világon eredményes kísérletek folynak abban az irányban, hogy különféle audio-vizuális tanító- és vizsgáztatógépekkel (lényegüket tekintve a kibernetikán alapuló berendezésekkel) oldják meg a problémát, és a maihoz hasonló számú tanár és tanító minél több tanulni vágyót tudjon a mainál eredményesebben tanítani.

Műszaki és tudományos eredmények nyilvántartása. Ha az orvos el akarná olvasni a szakmáját érintő, abban a hónapban megjelent összes folyóiratcikket, aligha érne rá gyógyítani, sőt talán aludni se. Ugyanez a helyzet a műszaki emberekkel is. Nagy gyárak szerint olcsóbb az új eljárás kidolgozására többszázezer forintos kísérletsorozatba kezdeni, mint a szabadalmi bejelentésekben, könyvekben és folyóiratokban kinyomozni, hogy a világ valamelyik táján nem dolgozták-e már ki a kérdéses eljárást. Újabban a kibernetikai gépek bevonásával próbálják a világszerte napról napra tömegesen megjelenő műszaki és tudományos közleményeket nyilvántartani.

MIT „TUDNAK" A SZÁMÍTÓGÉPEK?

Az előbbiekben bemutatott néhány példából is látjuk, hogy a modern számoló- és számítógépek valóban univerzálisak: sok mindenre fel lehet őket használni. Mielőtt a részletekbe merülnénk, szedjünk össze egy csokorravalót azokból a feladatokból, amelyeket képesek megoldani.

Számításokat végeznek. A mai tudományos kutatások és műszaki feladatok (pl. hídépítés, hajó-, repülőgép-tervezés) rengeteg számítást igényelnek. A számítógépek olcsóbbá és gyorsabbá teszik ezeket a munkákat.

Adminisztratív feladatokat végeznek. A bérelszámolás, raktárnyilvántartás, utasnyilvántartás a repülőjáratokon: gyorsabb, biztosabb és olcsóbb a számítógépekkel. Automata gyáregységeket, sőt a jövőben talán egész gyárakat is vezetnek.

Logikai feladatokat oldanak meg. Például az ún. *fordítógépek* a kezdeti próbálkozásokon már túljutottak. Műszaki cikkeket máris fordítanak egyik nyelvről a másikra.

Bonyolult biológiai folyamatokat lehet segítségükkel modellezni, és ily módon tanulmányozni, tehát jobban megismerni. Ugyanígy veszélyes eljárásokat (pl. az atomtechnikában) és bonyolult tevékenységsorozatokat (pl. leszállás a Holdon) is tudunk segítségükkel modellezni, kipróbálni, illetve begyakorolni.

A SZÁMOLÓGÉPEK FAJTÁI

A hétköznapi életben egyszerűen „*számológépeknek*" nevezett berendezéseket a szakemberek különböző szempontok alapján csoportokba osztják. Ismerkedjünk meg ezekkel a szempontokkal, és a néha bizony nem is egészen egyértelmű csoportokkal.

A) *Mit tudnak?* A felhasználót, a vásárlót elsősorban az a szempont vezeti, hogy mit tud a gép. Kijelöl egy határozott munkaterületet, feladatot, és ennek a végzésére keres megfelelő berendezést.

1. *Számlálók.* Vannak olyan munkaterületek, ahol csak számlálni kell. Mi is ezt tanultuk meg először. Szüleink boldogok voltak, amikor ötig, tízig, majd már százig is hibátlanul tudtunk számlálni. Lényegében ezt a munkát végzik a gáz-, víz- és villanyórák, a gépkocsik kilométerórája, a telefonbeszélgetésszámlálók, kiállítások látogatóinak számlálói, gyárakban az elkészült munkadarabok vagy a kimosott, ill. megtöltött üvegek számlálói stb. Ezek nem különösebben érdekesek számunkra, jóllehet ezek is fontos és nélkülözhetetlen munkát végeznek.

Nagyobb érdeklődésre tarthat számot az atomfizikusok bonyolult elektronikus számlálóberendezése, amely pontosan megszámlálja a felbomló atomokat még akkor is, ha több száz, több ezer bomlás történik másodpercenként. — Hasonló berendezésekkel, az ún. *frekvenciamérőkkel* meg lehet mérni az egyes hangok rezgésszámát. Sőt mérni és ellenőrizni lehet a rádióadók frekvenciáját, amely esetleg sok millió is lehet másodpercenként.

Ezeknek a gyors számlálóberendezéseknek a működési alapelvét a későbbiekben magunk építette berendezésen részletesen megismerjük.

2. *Számológépek.* Önkiszolgáló boltjainkban a vásárlás végén bemutatjuk kosarunkat a pénztárosnak. Ő az egyes cikkek árát betáplálja, beadja egy számológépbe. Az utolsó árucikk árának beadása után megnyom egy gombot: ekkor a gép az egyes tételeket villámgyorsan összeadja, és rögtön ki is nyomtatja egy papírlapra, a blokkra, hogy mennyit kell fizetnünk.

Ezek a gépek már többet tudnak, mint az egyszerű számlálók, kb. annyit, mint mi harmadik-negyedikes általános iskolás korunkban: bizonyos műveleteket tudnak elvégezni a számokkal.

A számológépek legnagyobb része mechanikus szerkezetű. A régebbiek kézi meghajtásúak, az újabbakat már szinte kizárólag villanymotor hajtja. Ma már vannak olyanok is, amelyek diódákból és tranzisztorokból épülnek föl, és így teljesen zajtalanul dolgoznak. Az elvi működés szempontjából azonban valamennyien megegyeznek. A következőképpen működnek:

Minden egyes aritmetikai művelet elvégzése előtt a számológépbe be kell adni a szükséges számokat. Ezután megadjuk az elvégzendő műveletre az utasítást. A gép elvégzi a műveletet, közli az eredményt, majd leáll. Várja a következő adatokat és a következő utasítást.

Akik éveken át végzik a számlák kiállításának és ellenőrzésének vagy a könyvelésnek fáradságos munkáját, azok kellően tudják értékelni ezeknek a számológépeknek egyébként nem túlságosan nagy „tudását” is. Mi az ilyen számológépekkel a továbbiakban nem foglalkozunk, hanem egy lépéssel továbbmegyünk.

3. *Számítógépek.* Az általános iskola felsőbb osztályaiban tovább építettük matematikai tudásunkat: megtanultunk számításokat végezni. Legyen pl. adott az egyenes kúp alapkörének sugara *(r)* és magassága *(m)*. Kiszámítandó a kúp térfogata. Mit kell tennünk?

Fejből tudjuk, vagy táblázatból kikeressük a megfelelő formulát:

$$V = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot m}{3}$$

Ezután a következő műveleteket kell elvégeznünk: a sugarat négyzetre emeljük; a kapott eredményt megszorozzuk π-vel, ezt a magasság mértékszámával; az egészet elosztjuk 3-mal, és már meg is kaptuk a kúp térfogatát.

Látjuk, hogy ehhez az igen egyszerű számításhoz háromfajta műveletre (szorzásra, osztásra és hatványozásra) volt szükségünk. Közülük az egyikre többször is. Bonyolultabb számítási feladatok esetén a középiskolában tanult mind a hét műveletet fel kell használnunk, és a műveletek sorrendjére is vigyáznunk kell.

A gyakorlati élet problémái még bonyolultabbak. Az épülő híd alkatrészeinek kiszámítása, az öntözőcsatorna útvonalának kijelölése a műveletek ezreinek elvégzését kívánja. Ezek a számítások sok időbe, fáradságba és költségbe kerülnek. A számítógépekkel megbízhatóbban, gyorsabban, kevesebb fáradsággal és olcsóbban végezhetők.

A számítógépeket az jellemzi, hogy akár többezer számolási műveletet tartalmazó számítást is egyfolytában, külön emberi beavatkozás nélkül végeznek. Ezért *automatikus számológépeknek* is nevezik őket.

Természetesen, a számítás megkezdése előtt a gépbe be kell adnunk először is valamennyi, a számításhoz szükséges numerikus adatot, számot. Ezen túlmenően azonban valamilyen formában utasításokat is kell közölnünk a géppel. Az utasítások meghatározzák, hogy a betáplált adatok közül melyekkel, milyen sorrendben, milyen műveleteket kell a gépnek végeznie.

A gépbe betáplált vagy betáplálandó utasítássorozatot a feldolgozandó adatokkal együtt szaknyelven *programnak* nevezik. A program előírhat olyan műveleteket is, amelyeknek a bemenő adatait még nem ismerjük, de azok a programban szereplő műveletek részeredményeiből automatikusan adódni fognak. A program tartalmazhat feltételes utasításokat is. (Pl. ha egy bizonyos műveletsor eredménye pozitív vagy nulla, akkor a gépnek a továbbiakban az egyik beadott programváltozat szerint kell eljárnia; ha pedig az eredmény negatív, akkor a másik programváltozat szerint.)

A számítógépek most ismertetett elvét még a múlt század első felében *Babbage* (ejtsd: Bebidzs) angol matematikus dolgozta ki. Az első gyakorlati megvalósításra azonban csak századunk negyvenes éveiben kerülhetett sor. A számítógépek elvi működésének továbbfejlesztésében nagy szerepet játszott *Neumann János* magyar származású kiváló matematikus.

A következőkben ezeknek a számítógépeknek működési elveivel kívánunk egészen gyakorlati úton, működő modellek megépítésével megismerkedni.

B) *Hogyan dolgoznak?* Az előzőkben a felsorolt berendezések osztályozásakor lényegében az vezetett bennünket, hogy menynyire végzik önállóan ezek a berendezések a rájuk bízott munkát. Most működési alapelvük szempontjából csoportosítjuk őket.

1. *Digitális gépek.* Ezek a velük közölt adatokat különálló, diszkrét jelekkel ábrázolt számokként veszik tudomásul. Így tárolják, és így is használják fel őket számításaikban. Ugyanígy teszi ezt pl. a kisgyerekek által használt golyós „számológép" vagy fejlettebb formában a keleti államokban ma is használt számológép, az ún. *abacus.* Ezeken pl. a 3-as számot három golyóval *ábrázoljuk (reprezentáljuk).*

2. E gépek másik csoportját az ún. *analóg gépek* alkotják. Ezek a velük közölt adatokat, számokat folytonos fizikai mennyiségekkel: hosszúsággal, áramerősséggel, feszültséggel ábrázolják. Tehát pl. az előbbi 3-as számot az ilyen gépekbe úgy adjuk be, mint 3 cm elmozdulást vagy 3 A áramerősséget, 3 V feszültséget stb.

A kétfajta gép számolási eljárását talán példával lehet a legjobban megvilágítani. Meg akarjuk tudni, hogy mennyi $\sqrt{75}$ (így olvassuk: négyzetgyök 75), vagyis melyik az a szám, amelyiknek a négyzete éppen 75. Ezt kiszámíthatjuk pl. írásban a négyzetgyökvonás jól ismert szabályai szerint. Ekkor azt kapjuk, hogy $\sqrt{75} = 8{,}66025\ldots$ Az eredmény pontosságának csak türelmünk vagy a célszerűség szab határt.

Hasonló a helyzet a digitális gépeknél. A számítás pontosságának csak a gép nagysága (költsége!) szab határt.

Úgy is megtudhatjuk azonban, hogy mennyi $\sqrt{75}$, hogy a közismert logarléc négyzetskáláján a 75-re toljuk a léc tolókáján levő finom karcolást, és az alapskálán leolvassuk ugyanennek a karcolásnak az állását. A leggyakorlottabb számoló sem merne azonban ezzel az eljárással a $\sqrt{75}$-re többet mondani, mint azt, hogy az kb. 8,66. Ennél az eljárásnál a számokat lényegében távolságokkal helyettesítettük. Az elérhető pontosságnak nagyon is határt szab a leolvashatóság pontossága.

A gyakorlati életben azonban legtöbbször elegendő az ilyen pontosság. Ez a magyarázata annak, hogy annyira kedvelik a logarlécet, és hogy annyira terjed manapság az analóg gépek használata.

Mi a következőkben ezt a csoportosítást vesszük alapul: analóg és digitális gépek csoportjára osztjuk fel az ismertetésre kerülő eszközöket. Ez a legtöbb esetben biztosan eldönthető róluk. Az azonban, hogy számítógép-e egy berendezés, már alaposabb megfontolást igényel. Ezért a hétköznapi nyelvhasználathoz alkalmazkodva egyszerűen számológépeknek nevezzük őket, jóllehet éppen a számítógépek eljárásait modellezik. Másrészt talán ez a „számológép" szóhasználat is jelzi, hogy a nagyteljesítményű számítógép-óriásokkal szemben itt viszonylag egyszerű, kis gépekről lesz szó.

C) *Milyen a szerkezetük?* A felhasznált alkatrészek szempontjából három vagy négy csoportra szokták osztani a számológépeket.

Mechanikai számológépeknek nevezik azokat, amelyekben csak mechanikai alkatrészek vannak (pl. fogaskerekek, számkerekek, fogaslécek stb.). Nem változtat a lényegen az sem, ha kézierő helyett esetleg villanymotorral hajtják meg a gépeket.

Az elektromechanikai vagy jelfogós számológépekben — mint a nevük is mutatja — már jelfogók, elektromágneses működtetésű keresőgépek is vannak. A második világháború folyamán megépített első nagy számítógépek is ilyenek voltak. Viszonylagos lassúságuk miatt ma már csak oktatási célokra építenek ilyeneket. Olcsók, a bennük lejátszódó folyamatok könnyen érthetők, követhetők; nehéz bennük kárt tenni, és ők sem tesznek kárt a még tapasztalatlan építőjükben. A mi számológépeink, modelljeink és berendezéseink a legnagyobb részt ilyenek lesznek.

Elektronikus számológépeknek nevezzük azokat, amelyekben elektroncsövek, kristálydiódák és tranzisztorok vannak. A ma nálunk működő számítógépek mind ilyenek. Sőt az egyik gyárunk már elektronikus irodai számológépet is gyárt.

Végül folynak kísérletek újabb építőelemeket tartalmazó számológépek kidolgozására is. Ezek az újabb építőelemek a ferromágneses jelenségeket, a szupravezetést és az ultra-nagyfrekvenciás rezgéseket használják fel.

II.

ANALÓG SZÁMOLÓGÉPEK

A számológépekkel való ismerkedést azért is kezdjük az analóg gépekkel, mert a feltételezett tudás, a szükséges szerszámok és anyagok, tehát végeredményben a költségek szempontjából ezek támasztanak kisebb igényeket.

A mechanikai elvek alapján működő modelljeink megépítéséhez szükséges szerszámok minden iskolai műhelyben, sőt minden barkácsoló ember házi műhelyében is megtalálhatók. Az elektromosságtan törvényeit fölhasználó modelljeink már igényesebbek. De még mindig lényegesen kevesebb tudást, szerszámot és költséget igényelnek, mint akár a legegyszerűbb rádió megépítése is. Ha valamelyik anyaggal vagy műszerrel nem rendelkezünk, azok (pl. az Ezermester Boltokban) kis utánajárással beszerezhetők.

MECHANIKUS ANALÓG SZÁMOLÓGÉPEK

Mindenütt számológép!

Láttuk az előzőkben, hogy a közismert logarléc végeredményben analóg számológép. Hiszen a távolság léptékű skálán beállítva a két számot, azonnal megkapjuk, leolvashatjuk pl. két szám szorzatát vagy hányadosát. Hasonlóképpen azonnal leolvashatjuk róla bármely szám második vagy harmadik hatványát, második vagy harmadik gyökét is. Tehát a szó tágabb értelmében a logarléc egyszerű, de jól használható kis analóg számológép.

Ugyanezt kimutathatjuk a mindennapi élet és a technika számos közismert eszközéről. A villanyóra forgó korongjának sebessége pl. a feszültségnek és az általunk igénybe vett áramerősségnek a függvénye. Így az egy hónap alatt megtett fordulatok száma arányos az áram egy havi munkájával. A leolvasás pontossága nem lényeges, mert az esetleges többlet vagy hiány egyszerűen áttevődik a következő hónapra. A villanyóra tehát lényegében egy eléggé bonyolult analóg számológép vagy inkább számlálógép.

Az autó sebességmérőjének kitérése a kerék egy másodpercre eső fordulatszámával arányos. De az egy másodperc alatt megtett úttal, azaz a sebességgel is arányos. Jogosan írhatjuk tehát a mutató kitérését jelző beosztások mellé a megfelelő sebességet. Ezek szerint az autó sebességmérője is analóg számológép. Szóról szóra ugyanezt mondhatjuk el az autótaxik viteldíjszámlálójáról, a lakásunkban levő gázóráról, vízóráról stb.

Nézzük meg most, hogy hogyan lehet néhány egyszerű fizikai eszközt számolási műveletek elvégzésére felhasználni. Ilyen egyszerű eszközök egyébként a bonyolult mechanikai analóg számológépek építőelemei vagy — így is mondhatnánk — műveleti egységei. Nevezhetnénk őket összeadóműveknek, kivonóműveknek, szorzóműveknek és így tovább.

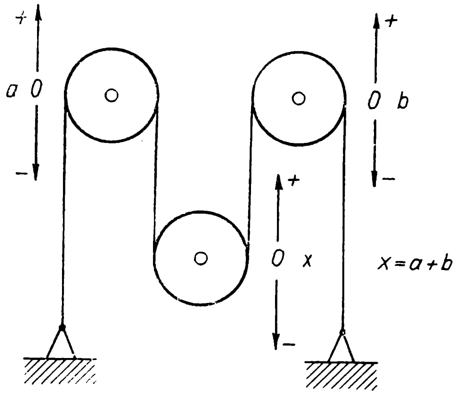
Egy konkrét feladat megoldása (pl. az előzőkben megbeszélt kúp térfogatának kiszámítása) meghatározott műveletek meghatározott sorrendben való elvégzéséből áll. A megoldáshoz szükséges analóg számológépet annyi műveleti egységből kell összeállítani, ahány részművelet a feladatban szerepel. (Pl. a kúp térfogatának kiszámításánál egy „négyzetre emelő mű", két „szorzómű" és egy „osztómű" sorbakapcsolása lenne elvileg szükséges.)

Mechanikus összeadó-kivonó gép. Az 1. ábrán három csigát látunk. Közülük a két szélső föl és le elmozdítható, de bárhol rögzíthető. A középső a fonálon szabadon függ; a fonál két vége rögzített. Ha valamelyik szélső csigát emeljük vagy süllyesztjük, akkor a középső csiga is ugyanannyit emelkedik, vagy süllyed. Ha pl. mindkét szélső csigát emeljük, akkor a középső csiga annyit emelkedik, mint a két szélső csiga együttvéve. Jelöljük a bal oldali csiga emelkedését a-val, a jobb oldali csiga emelkedését b-vel, a középső csiga emelkedését pedig x-szel.

Ekkor az előzőkben szavakkal elmondottakat jelekben így rögzíthetjük:

$$a+b = x$$

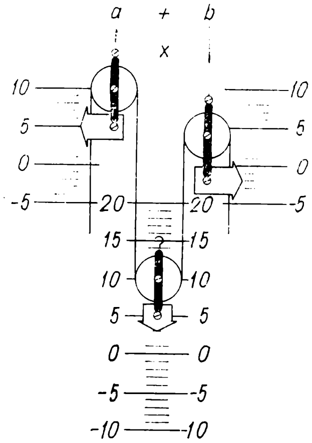
Egyszerű kis berendezésünk tehát lényegében kis mechanikus összeadógép, vagy mint az előzőkben mondottuk, mechanikus analóg számológép összeadóműve lehetne.



1. ábra.
Mechanikus összeadó-kivonó gép működési elve

Ha a felfelé való elmozdulásnak pozitív, a lefelé való elmozdulásnak negatív előjelet tulajdonítunk, akkor a középső csiga elmozdulása a két szélső csiga elmozdulásának előjeles összegét adja. Más szóval összeállításunkkal kivonni is tudunk.

Könnyebben érthető a dolog, ha az elvi rajz helyett a 2. ábrát vesszük szemügyre, amelyen a megépített gép rajzát látjuk. Szilárd talpra 40×60 cm-es réteges lemezt állítunk (egy öreg rajztábla is jól megfelel). A csigákra kartonpapírból mutatókat szerelünk. A két szélső csigát dugaszolható tengelylyel látjuk el, és a réteges lemezbe az *a* és *b* vonalak mentén egyenlő távolságokban lyukakat fúrunk. A mutatókhoz beosztást készítünk, mégpedig a két szélső csigánál —5-től +10-ig, a középsőnél pedig —10-től +20-ig. A pozitív beosztásokat és számokat piros, a negatívokat pedig kék színnel festjük. A két összeadandót az *a* és *b* csigákkal adjuk be a gépbe; az összeget az *x* csiga mutatójánál azonnal leolvashatjuk.



2. *ábra.*
Mechanikus
összeadó-kivonó gép

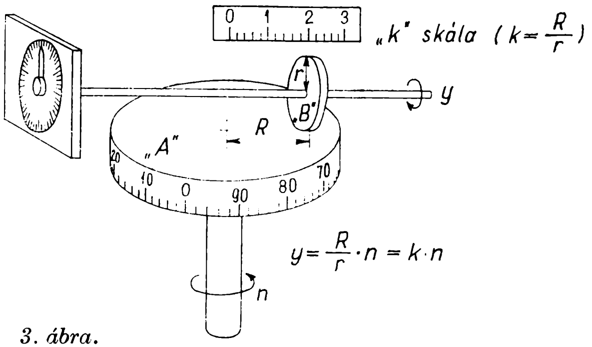
Megjegyezzük, hogy az összeadandók és az összeg törtszám is lehet. Ha lyukak helyett folyamatos nyílást alkalmazunk, és a szélső csigákat pl. anyáscsavarokkal rögzítjük, akkor gépünk az adott értékhatárokon belül egész és törtszámok összeadására és kivonására, tehát összevonásra is alkalmassá válik.

Ha nem a két fonalvéget, hanem a két szélső csigát rögzítjük, és a fonalvégek elmozdulását jelöljük *a*-val és *b*-vel, akkor a középső csiga elmozdulása a következő, most már kissé bonyolultabb függvény szerint történik:

$$y = \frac{a+b}{2}$$

Szavakkal ezt úgy fejezhetjük ki, hogy a középső csiga a két beadott szám összegének a felét, vagyis a számtani közepét adja meg. A műveleteket tekintve, az ilyen analóg számológép a két szám összeadásán kívül a 2-vel való osztást is elvégzi.

Mechanikus szorzó-osztó gép. A szorzás és osztás mechanikus eszközökkel (pl. a 3. ábrán látható egyszerű összeállítással)



3. ábra.
Mechanikus szorzó-osztó gép

végezhető. Az *A* korong forgatásakor a hozzászorított *B* kerék is forog. Ha a korong és a kerék érintkezési pontjának a korong középpontjától való távolsága *(R)* pl. kétszer akkora, mint a kerék sugara *(r)*, akkor amíg a korong egyet (vagy általában n-t) fordul, addig a kerék kettőt (vagy általában $2n$-t). Ha pedig

általában $\frac{R}{r} = k$, a korong fordulatszáma n, a kerék fordulatszáma pedig y, akkor a következő összefüggés áll fenn:

$$k \cdot n = y$$

Legyen pl. a korong sugara $R = 20$ cm. Tengelyét állványba erősítjük, és a korongot rugóval nyomatjuk föl a kis kerékhez. Ennek sugara $r = 2{,}5$ cm. A kis kerék a tengelyén bárhova eltolható. A tengely az eszköz állványába van erősítve. (Az állványt a rajzon nem tüntettük föl.) Az első tényezőt, a k-t, a kis kerék eltolásával állítjuk be. A másik tényezőt, az n-t, pedig a korong fordulatainak számával adjuk be. A szorzatot a kerék fordulatszámlálójáról olvashatjuk le.

Ha a k kisebb, mint 1 (pl. $\frac{1}{4}$), akkor tulajdonképpen a korong fordulatainak számát 4-gyel osztjuk. Így tehát gépünk osztógép is. Ha a forgás irányának előjelet is tulajdonítunk, akkor a kis kereket a korong középpontjától balra tolva, a negatív számok szorzása és osztása is értelmezést nyer. Végül a korongot is az ellenkező irányban forgatva, az előjeles számok szorzásának és osztásának összes esete megvalósítható.

Bonyolultabb számológépekben a kerék távolságát a korong középpontjától folyamatosan változtatva, ez az egyszerű eszköz magasabbfokú műveletek végzésére is felhasználható.

ALAPMŰVELETEK ELEKTROMOS ÁRAMKÖRÖKKEL

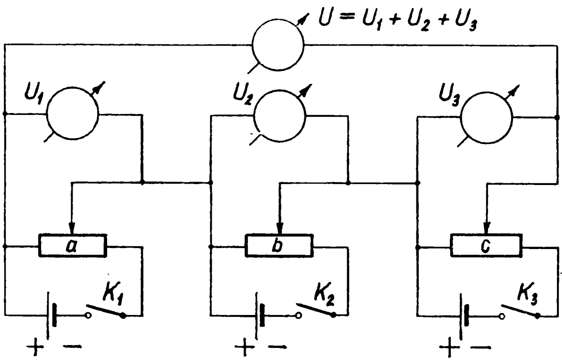
Több mint 100 évvel ezelőtt Babbage számítógépét mechanikus megoldásúnak képzelte. A finommechanika akkori fejletlen állapota még nem tette lehetővé a gép sikeres megépítését. Ma már, egész sereg okból kiindulva, nem is próbálkoznánk mechanikus felépítésű komoly számítógépek létrehozásával. Ezeknek a gépeknek a sebessége korlátozott, működésük nehézkes, méretük gigászi, költségeik pedig hatalmasak lennének.

Ma az egyszerűbb, kísérleti gépek építésénél is szívesebben dolgozunk elektromos áramkörökkel és műszerekkel. Ennek oka egyrészt az, hogy az elektromos áram szinte mindenütt könnyen és olcsón hozzáférhető, és az elektromos műszerek pontosak. Másrészt az elektromos árammal dolgozó gépek ezerszerte gyorsabbak.

E rövid mechanikai bevezető után tehát áttérünk az elektromos számológépekre.

Összeadás, kivonás, feszültségek összegezésével. Több, egymástól független áramforrás felhasználásával, pl. a 4. ábra alapján, készíthetünk elektromos összeadó-kivonó gépet. Működésének alapja az a közismert fizikai törvény, hogy a sorba kapcsolt feszültségek összegeződnek.

Legyen a három áramforrás pl. három zseblámpatelep. Kapcsoljuk mindegyikre egy-egy 100 ohmos potenciométer két végkivezetését. A potenciométereken Ohm törvénye alapján $I = \frac{U}{R} = \frac{4{,}5\ \mathrm{V}}{100\ \mathrm{ohm}} = 45\ \mathrm{mA}$ áram folyik. Kapcsoljunk a potenciométerek egyik vége és a csúszóka közé egy finomabb voltmérőt. Ebben az esetben a csúszóka elforgatásával 0 és 4,5 V között a potenciométerről minden feszültség levehető. A 0,1



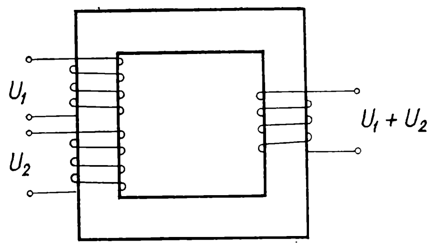
4. ábra.
Összeadás feszültségek összegezésével

V-ot véve egységnek, a három potenciométeren 0 és 45 között bármely „szám" beállítható. A két vagy három összeadandót így az *a*, *b* és *c* potenciométereken beállítva, az összeget a negyedik voltmérőről olvashatjuk le. Ha valamelyik összeadandó negatív, akkor a megfelelő feszültségforrást ellenkező polaritással kapcsoljuk be.

Egyetlen műszer is elegendő, ha a potenciométerek forgatógombjait feszültségskálával látjuk el. Ebben az esetben az összeadandókat a skálákon állítjuk be, az összeget pedig a műszerről olvassuk le.

A mostani és a következő néhány áramkört inkább az elvek megértése céljából ismertetjük. A megépítésre is ajánlható számológépeket majd külön is ismertetjük.

Összeadás, kivonás transzformátorral. A transzformátor működési elvét is fölhasználhatjuk összeadó és kivonómű készítésére. Legyen az 5. ábra szerint egy zárt vasmagon két egyforma menetszámú és azonos tekercselési irányú tekercsünk. A harmadik tekercs menetszáma egyezik az előzőkkel, de tekercselési iránya fordított. Ha most pl. az első tekercsre $U_1 = 5$ V hálózati vál-



5. ábra.
Összeadás transzformátorral

takozó feszültséget kapcsolunk, akkor a harmadikról is $U_3 = 5$ V váltakozó feszültség vehető le. Ugyanez történik, ha csak a második tekercsre kapcsolunk $U_2 = 5$ V-ot. Ha most mind az első, mind a második tekercsre feszültséget kapcsolunk, akkor a harmadikról az előző két feszültség összege vehető le:

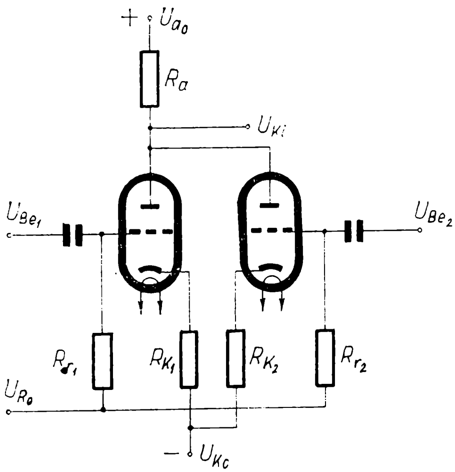
$$U_3 = U_1 + U_2$$

Ha a második tekercs tekercselési iránya fordított, akkor a harmadik tekercsről a két első tekercsre adott feszültség különbsége vehető le:

$$U_3 = U_1 - U_2$$

A transzformátor is felhasználható tehát összeadó és kivonómű készítésére.

Elektronikus összeadó és kivonómű. A későbbiekben még megbeszéljük, hogy a potenciométeres és transzformátoros összeadó és kivonóműveknek vannak bizonyos elvi hátrányaik. Ezek kiküszöbölhetők elektroncsöves és tranzisztoros erősítőelemek alkalmazásával. Az elektroncsövek és tranzisztorok működésének magyarázatára itt nem térhetünk ki. Aki ezeket még nem ismeri, az nyugodtan lapozza át az ilyen elemeket felhasználó berendezéseink leírását. A többieket ezek nélkül is megértheti.

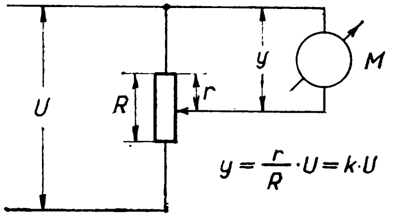


6. ábra.
Összeadás elektroncsővel

A 6. ábrán két triódát látunk párhuzamos erősítőkapcsolásban. Az ellenállások helyes megválasztásával elérhető, hogy az erősítés éppen 1 : 1 legyen. Ha az U_{be1}-re tetszőleges váltakozó jelet adunk, akkor ellentétes irányú, de ugyanakkora nagyságú U_{ki} feszültség jelenik meg minden pillanatban a csövek közös anódellenállásán. Ugyanez történik, ha az U_{be2}-re adunk jelet. Ha most mind a kettőre egyszerre adunk bemenőjelet, akkor a kimeneten nagyságra nézve a kettő összege jelenik meg.

Az elektroncsöves összeadó és kivonóműnek ez az elve. Tényleges megvalósítása kissé bonyolultabb.

Szorzás-osztás potenciométerrel. A potenciométert másképpen feszültségosztónak is nevezik. Adjunk a 7. ábra potenciómeterének két kivezetésére pl. 10 V feszültséget. Ha a nyíllal jelölt csúszóérintkező az ellenállás 0,7 részén áll, akkor a felső bevezetés és a csúszóérintkező között $0{,}7 \cdot 10 = 7$ V lesz a feszültség. Vagy általában, ha az egész potenciométer ellenál-



7. ábra.
Szorzás, osztás potenciométerrel

lása *R*, annak a résznek pedig, amelyről levesszük a feszültséget *r*, a bemenőfeszültség *U*, akkor a kijövőfeszültség:

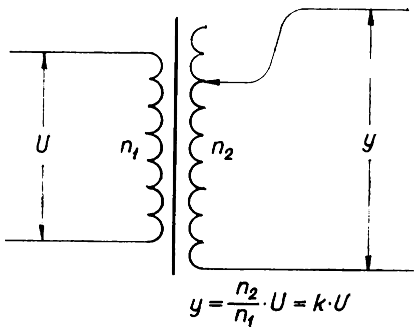
$$y = \frac{r}{R} \cdot U = k \cdot U$$

Potenciométerünk tehát valóban szorzómű. Az egyik tényező a bemenőfeszültség *(U)*, a másik tényezőt *(k)* a potenciométeren állítjuk be. A szorzatot a kimenőfeszültség *(y)* adja. A *k* tényező azonban csak egynél kisebb lehet. Így berendezésünk inkább osztómű.

Szorzás-osztás transzformátorral. A transzformátoros szorzóműnél mindkét tényező lehet egynél nagyobb is (8. ábra). Ezt a műszaki gyakorlatban toroid transzformátornak hívják. A transzformátor primer tekercsét gyűrű alakú vasmagra tekercselik, erre egyetlen rétegben a szekunder tekercset. A gyűrű egyik lapján a szekunder menetekről lecsiszolják a szigetelést, és a potenciométerhez hasonlóan csúszóérintkezőt szerelnek rá. Ennek a csúszóérintkezőnek a forgatásával a szekunder menetek száma (és így a szekunder feszültség is) változtatható.

Nyilvánvaló, hogy

$$y = \frac{n_2}{n_1} \cdot U = k \cdot U,$$



8. ábra.
Szorzás, osztás transzformátorral

ahol U a bemenőfeszültség, n_1 a primer, n_2 a szekunder menetek száma, y pedig a kimenőfeszültség. Az egyik tényezőt *(U)* a bemenőfeszültséggel, a másikat *(k)* a transzformátor forgatható csúszóérintkezőjével állítjuk be. A szorzatot *(y)* a kimenőfeszültség adja.

Elektronikus szorzómű. Minden elektroncsöves vagy tranzisztoros erősítő lényegében szorzómű. Legyen pl. elektroncsöves erősítőnk erősítési tényezője 10. Ez azt jelenti, hogy bármilyen bemenő jel esetén a kijövő jel tízszer akkora. Erősítőnk tehát felfogható olyan szorzóműnek, amelyben az egyik tényező állandó, jelen esetben 10.

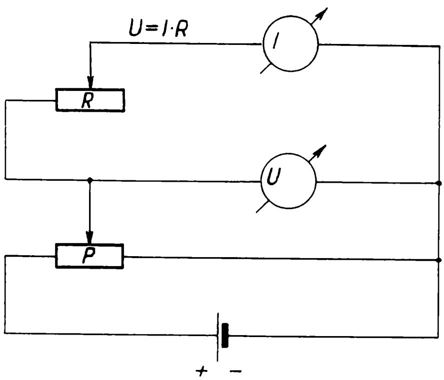
Szorzás, osztás Ohm törvénye alapján. Az elvi kapcsolást a 9. ábra mutatja. A változtatható feszültségű áramforrást potenciométer *(P)* szolgáltatja. Az R ellenállás az egyik végén és a csúszóérintkezőjén bekötött potenciométer, amelyet tapasztalati skálával látunk el.

Az egyik tényezőt az R ellenálláson állítjuk be, a másikat az I ampermérőn a P potenciométer forgatásával. A szorzatot az

U voltmérőről olvashatjuk le. Ohm törvénye alapján ugyanis

$$I \cdot R = U$$

Az osztás ugyanezzel a kapcsolással úgy végezhető el, hogy az osztandót az U feszültségmérőn adjuk be, az osztót pedig az



9. ábra.
Szorzás, osztás Ohm törvénye alapján

R ellenálláson. A hányados ekkor az I ampermérőről olvasható le. Ugyanis (szintén Ohm törvénye alapján):

$$\frac{U}{R} = I$$

Ha áramforrásunk pl. 10 V feszültségű, voltmérőnk 10 V, ampermérőnk 10 mA méréshatárú, akkor a P és R potenciométerek pl. 100 ohm, 3 wattos huzalpotenciométerek lehetnek.

EGYSZERŰ ELEKTROMOS ANALÓG SZÁMOLÓGÉP

Az előző pontban ismertetett elvek és lehetőségek ismeretében hozzáfoghatunk egy egyszerű, de jól használható kis elektromos analóg számológép megépítéséhez. A gép a négy alapművelet, az összeadás, kivonás, szorzás és osztás végzésére alkalmas.

Az előző pontban megismert első és utolsó elvet használjuk fel benne. Célkitűzéseinkből következik, hogy — főleg amatőr eszközökkel és anyagokból készült kivitelben — nem olyan berendezés lesz belőle, mely számolási célokra különösen ajánlható lenne. Annál alkalmasabb azonban, későbbi készülékeinkhez hasonlóan, az analóg számológépek működési alapelveinek megértésére és (pl. iskolákban) másokkal való megértetésére.

Az általunk megépített készülék kapcsolási rajza a 10/*a*, képe pedig a 10/*b* ábrán látható. A berendezésbe csak a három potenciométert (*ax, a, b*) és a kétutas kétállású kapcsolókat (K_1 és K_2) érdemes beépíteni. Mi is így cselekszünk. A két áramforrást és a három műszert csak bemutatások alkalmával csatlakoztatjuk. Így olcsóbb.

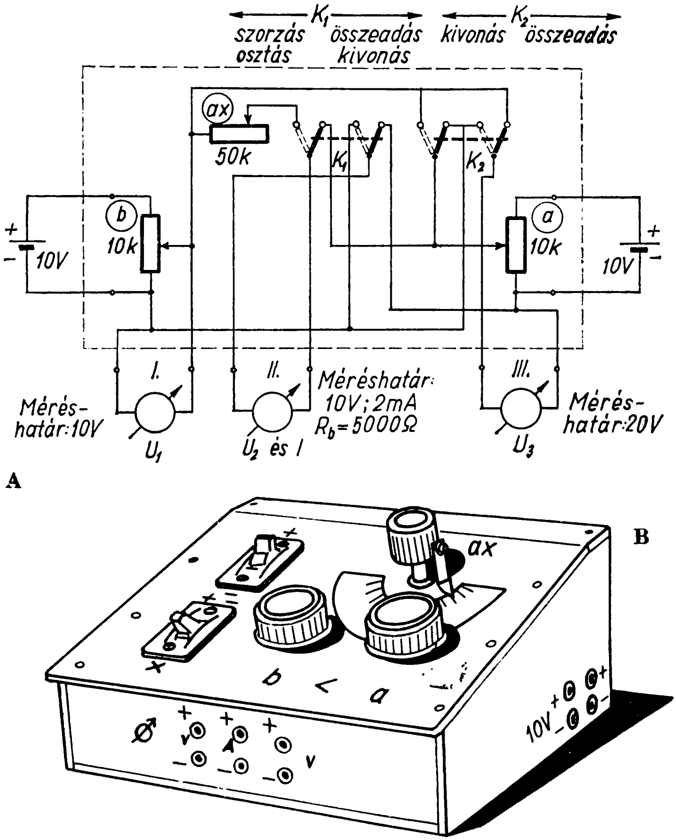
A két, kb. 10 V-os áramforrást zseblámpatelepekből is összeállíthatjuk. Az *I* és *III* műszer feszültségmérő. Az *I* műszer méréshatára 10, a *III* műszeré pedig 20 V. Lehetnek a műszerek más méréshatárúak is, de akkor esetleg az áramforrásokat is módosítani kell.

A *II* műszert az összeadás és kivonás műveleténél feszültségmérésre, a szorzás-osztásnál pedig árammérésre használjuk. Erre a helyre is legjobb 10 V méréshatárú feszültségmérőt használni, amelynek azonban ismernünk kell a belső ellenállását is. A belső ellenállás ismeretében a műszer árammérésre is felhasználható.

Most pedig beszéljük meg az összeállítás működését.

Összeadás. A készüléken három forgatógomb van: az *ax*, a *b* és az *a* potenciométerek gombja. Összeadásnál és kivonásnál az *ax* potenciométernek nincs szerepe.

Összeadáskor a K_1 és K_2 kétutas kétállású kapcsolók a kapcsolási rajzon megadott, vastagon kihúzott helyzetben vannak. Jó, ha az *I* és *II* műszer skálája 100-as, a *III* műszeré pedig



10. ábra.
Egyszerű elektromos analóg számológép
a) elvi kapcsolási rajz; *b)* készülék

200-as beosztású. Az egyik összeadandót a *b* potenciométerrel állítjuk be, és az *I* műszerről olvassuk le. A másik összeadandó beadása az *a* potenciométerrel történik, és a *II* műszerről olvasható le, az összeg pedig a *III* műszerről.

Kísérjük csak végig a gondolatmenetet a kapcsolási rajzon: a b potenciométerrel beállított feszültség sorbakapcsolódik az a potenciométerrel beállított feszültséggel. A *III* műszeren a két feszültség összege olvasható le. Minden úgy történik, ahogyan az előző fejezetben elvileg már megbeszéltük.

Kivonás. Kivonásnál a kapcsolási rajz szerinti K_1 kapcsoló marad a jobb oldali állásban, a K_2 kapcsolót azonban átkapcsoljuk balra (szaggatott vonallal jelöltük).

Ez esetben is sorbakapcsolódik a b és az a potenciométerrel beállított feszültség, de az a potenciométer pólusait fölcseréltük. Így a két feszültség nem összeadódik, hanem kivonódik. Az a potenciométerrel állítjuk be a nagyobb értéket (a kisebbítendőt), a b potenciométerrel pedig a kisebb értéket (a kivonandót). Tehát $U_2—U_1 = U_3$, azaz $a—b = x$. Ahhoz, hogy a kivonandó nagyobb is lehessen, mint a kisebbítendő, közép állású műszer lenne szükséges, ami nehezen megvalósítható.

Szorzás, osztás. Szorzásnál és osztásnál a K_1 kapcsolót tesszük a bal oldali állásba. A K_2 kapcsoló állása ekkor közömbös. Csak a bal oldali áramforrásra, az ax és b potenciométerekre, és az *I* és *II* műszerre van szükségünk.

A szorzás, osztás Ohm törvénye alapján történik: $R \cdot I = U$. A feszültséget az *I*, az áramerősséget a *II* műszerről olvassuk le. Az áramkörben levő ellenállást az ax potenciométerre állítjuk be, és a melléje írt, számokra skálázott beosztásról olvassuk le.

Az ax potenciométer skáláját legcélszerűbb tapasztalati úton fölvenni. Azok számára azonban, akik — nagyon helyesen — szeretik számítással is követni a tapasztalati utat, közöljük a számítást is.

Mi történik akkor, ha az ax ellenállásból semmi sincs bekapcsolva? Az *I* és *II* műszerek lényegében mint két teljesen azonos voltmérő, párhuzamosan vannak a b potenciométer állása által meghatározott feszültségre kapcsolva. Mind a ketten tehát ugyanazt a feszültséget, ugyanazt a számot mutatják. Ámde a *II* műszer az egyik tényezőt, az *I* műszer a szorzatot mutatja. A szorzat akkor lehet csak mindig egyenlő az egyik tényezővel, ha a másik tényező 1. Az ax ellenállás bal oldali végéhez tehát az 1-es számot kell írnunk.

A 2-es beosztást az ax ellenállás 5000 ohmos helyéhez kell írnunk, a 3-as beosztást a 10 000 ohmos helyéhez. És így tovább Végül a 10-es számot a 45 000 ohmos helyéhez.

Próbáljuk ki a mi műszereink adataival a két szélső értéket. Ohm törvénye alapján:

$$R \cdot I = U,$$

vagy jelen esetben a műszer belsőellenállását is figyelembe véve:

$$(ax+R_b) \cdot I = U.$$

Ha $ax = 0$, és a II műszernek, mint 10 V-os voltmérőnek a belső ellenállása 5000 ohm, mint alapműszernek a végkitérése 2 mA, akkor a végkitérését valóban

$$U = (0+5000) \text{ ohm} \cdot 2 \text{ mA} = 10 \text{ V-nál éri el.}$$

Ha $ax = 45\,000$ ohm, akkor a II műszer tizede annyi, tehát 0,2 mA-es állásánál is az I műszer már a végkitérésen lesz, mert

$$U = (45\,000+5000) \text{ ohm} \cdot 0{,}2 \text{ mA} = 10 \text{ V}.$$

Tehát mechanikusan nézve, a következőképpen végezzük a szorzást:

Az ax potenciométeren beállítjuk az egyik tényezőt. A b potenciométert addig csavarjuk, amíg a II műszeren meg nem jelenik a másik tényező. Akkor az I műszerről leolvasható a szorzat.

Az osztás szintén Ohm törvénye alapján történik:

$$\frac{U}{R} = I.$$

Az osztandót a b potenciométerrel beállítjuk az I. műszeren, az osztót az ax ellenálláson, és a hányados máris leolvasható a II műszerről.

Látjuk tehát, hogy kis elektromos analóg számológépünk valóban az előző pontban megismert első és utolsó elvnek együttes alkalmazása. Következő analóg gépeink már egyéb elveket is fölhasználnak.

POTENCIOMÉTERES ANALÓG SZÁMOLÓGÉP

Az analóg számológépek sokszor egy-egy speciális célra készülnek. Mostani gépünk ebből a szempontból is tipikus analóg gép: a kétismeretlenes elsőfokú egyenletrendszer megoldására lesz alkalmas. Mellékesen, mint majd látjuk, mást is „tud”, de az igazi alkalmazási köre és feladata az említett egyenletrendszer megoldása. „Célgép” lesz, amint szaknyelven mondják.

A gép kapcsolási rajza a 11/*a*, képe pedig a 11/*b* ábrán látható.

A kétismeretlenes egyenletrendszer. Milyen x és y értékek mellett áll fönn a következő két egyenlet:

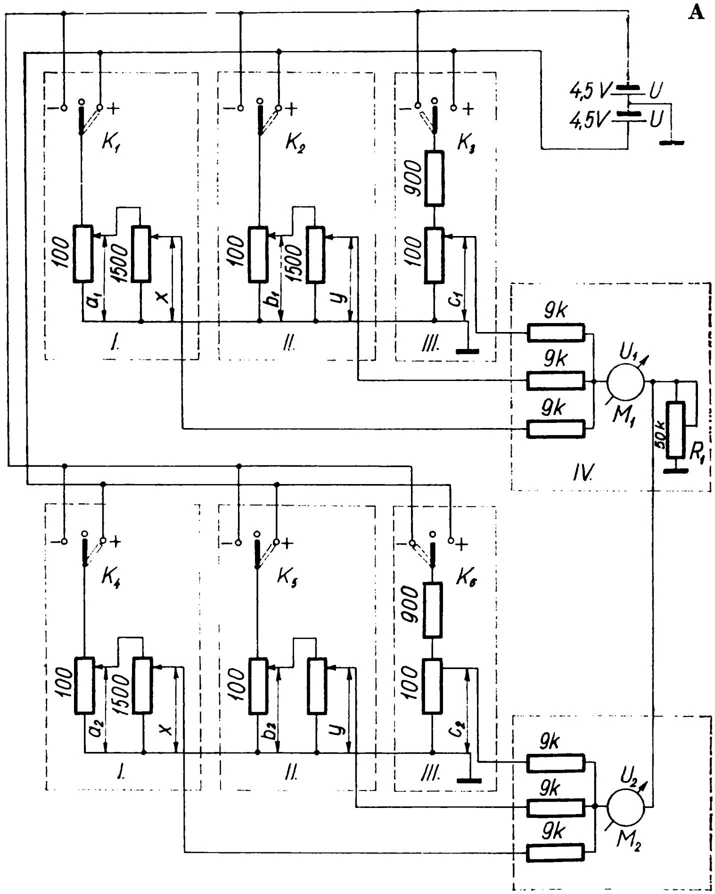
$$2x+y-8=0,$$
$$-x+4y-5=0.$$

Ha csak az egyik egyenletet nézzük, azt találjuk, hogy azt végtelen sok számpár kielégíti (pl. az első fennáll, ha $x=4$ és $y=0$, vagy ha $x=2$ és $y=4$, vagy ha $x=3$ és $y=2$ és így tovább). Ugyanígy találunk végtelen sok számpárt, amelyek a második egyenletet elégítik ki. Olyan számpár azonban, amelyik mindkettőt kielégíti, csak egy van: az $x=3$ és $y=2$.

Az összes kétismeretlenes elsőfokú egyenletrendszer felírható a következő általános formulával:

$$a_1x+b_1y+c_1=0,$$
$$a_2x+b_2y+c_2=0.$$

A fenti konkrét egyenletrendszerünkben pl. a_1-nek 2, b_1-nek 1, c_1-nek —8 felel meg, míg a_2-nek —1, b_2-nek 4, c_2-nek pedig —5. Az egyes kétismeretlenes elsőfokú egyenletrendszerek csak ezekben a számokban, a *konstansokban* különböznek.

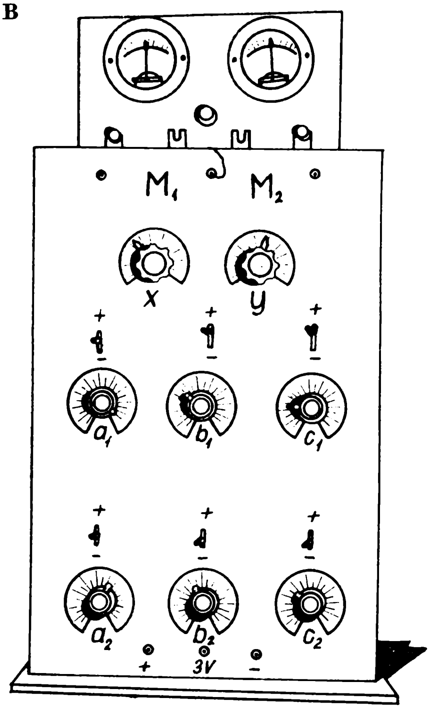


A

Mit kell tudnia számológépünknek? A kétismeretlenes elsőfokú egyenletrendszerről most átismételteket tovább boncolgatva, megtervezhetjük számológépünket:

a) valahogyan közölnünk kell tudnunk a géppel, hogy az éppen vizsgált egyenletrendszerben milyen számok felelnek meg az a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2 konstansoknak;

B



11. ábra.
Potenciométeres analóg számológép
a) elvi kapcsolási rajz; *b)* készülék

b) a számokat előjelükkel együtt kell a gépen beállítanunk;

c) az *x* és *y* ismeretlenek megkeresésére kell a gépen valami változtatható eszköznek lennie; az ismeretlenek is természetesen nemcsak pozitívok, hanem negatívok is lehetnek;

d) kell valamilyen eszköznek lennie a gépen, mely számunkra jelzi, ha az ismeretleneket valóban megtaláltuk;

e) az egyenletek háromhárom tagból állnak, amelyek közül az első kettő szorzat. Gépünknek kell tehát szorozni is tudnia. A két szorzatot meg a harmadik tagot gépünknek össze kell tudnia adni: tehát szorzó- és összeadóegységeknek kell a gépben lenniök.

A gép kezelése. A vázolt terv valamennyi követelményének eleget tesz a mellékelt képen (11/*b* ábra) bemutatott oktatási és bemutatási célokra készült analóg számológép.

Az egyenletrendszer hat konstansa a megfelelő betűkkel jelzett hat alsó potenciométeren állítható be.

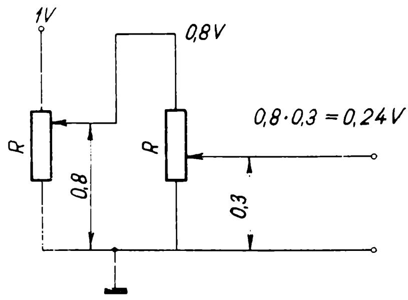
A konstansok előjeleit a potenciométerek gombjai fölött levő háromállású kapcsolókkal állítjuk be (a középállás a kikapcsolásra szolgál).

Az ismeretlenek a két felső, x és y jelzésű potenciométerekkel kereshetők meg (az előjelükről később lesz szó).

A gép a két közép állású műszer (M_1 és M_2) 0 helyzetével jelzi, hogy a keresőpotenciométerek mikor állnak a gyökökön.

Hogyan működik? A számológép működtetésénél sokkal izgalmasabb működésének megértése. Lényegében Ohm törvényének alapos ismerete szükséges csak hozzá. Tanulmányozzuk át részletesen a 11/*a* ábrán levő elvi kapcsolási rajzot! A rajz felső és alsó fele teljesen azonos, mint a két egyenlet alakja is: tehát elegendő pl. a felsővel foglalkoznunk. A rajz három szaggatott vonallal bekeretezett része (*I.*, *II.*, *III.*) az egyenlet első, második, illetve harmadik tagjának felel meg. Az *I.* és *II.* közülük teljesen azonos. Tehát végeredményben elegendő a rajz felső felének *I.* és *III.* részével foglalkoznunk.

Szorzás potenciométerekkel. Az *I.* rajzrészlet lényegében egy új, általunk még nem ismertetett szorzóegység vagy szorzómű. Fontossága miatt külön is megrajzoltuk a 12. ábrán. Nézzük meg a működését! Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy a



12. ábra.
Szorzás potenciométerekkel

bal oldali potenciométer 1 V feszültséget kap. Álljon a potenciométer csúszóérintkezője pl. a potenciométernek alulról (a 0. ponttól) számított 0,8 részén. Akkor ez a csúszóérintkező már csak 0,8 V-ot visz át a jobb oldali potenciométerre. Ha ennek a potenciométernek a csúszóérintkezője a 0,3-nél áll, akkor ez a 0,8-nek a 0,3 részét, tehát 0,24 V-ot visz tovább. Ez algebrailag annyi, mintha a 0,8-et és a 0,3-et összeszoroztuk volna. Tehát méltán nevezhetjük ezt az egységet szorzóegységnek.

Potenciométerekkel azonban — amint már megtárgyaltuk — adott feszültséget csak leosztani tudunk. Az osztást azonban úgy is tekinthetjük, mint egynél kisebb számmal való szorzást. Például 5-tel osztani annyi, mint $\frac{1}{5} = 0{,}2$-del szorozni. Számológépünk természete tehát úgy kívánja, hogy csak egynél kisebb számokkal vagy legfeljebb eggyel dolgozzunk rajta. Ez, amint a későbbiekben látjuk, könnyen elérhető. Egyébként a nagy számítógépek közül is sok csak egynél kisebb számokkal dolgozik.

Most pedig térjünk vissza a bevezetőben megadott

$$\begin{aligned} 2x+y-8 &= 0 \\ -x+4y-5 &= 0 \end{aligned}$$

kétismeretlenes elsőfokú egyenletrendszerre. Hozzuk az előzőkben említettek miatt olyan alakra, hogy egynél nagyobb konstansok ne szerepeljenek benne. Ez az algebra szabályai szerint minden egyenlettel megtehető, ha végigosztjuk a benne szereplő legnagyobb számmal. A jelen esetben az első egyenletet 8-cal, a másodikat 5-tel. Ekkor a következő, az előzővel egyenértékű egyenletrendszert kapjuk:

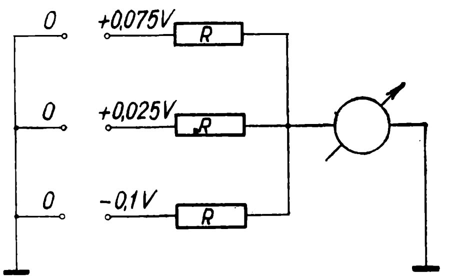
$$\begin{aligned} 0{,}25x+0{,}125y-1 &= 0 \\ -0{,}2x+0{,}8y-1 &= 0. \end{aligned}$$

Ennek az egyenletrendszernek ugyanazok a gyökei ($x = 3$ és $y = 2$), amiről egyszerű behelyettesítéssel meggyőződhetünk. Ezeket a konstansokat most már könnyedén be tudjuk adni a gépbe az a_1, b_1, c_1, a_2, b_2 és c_2, a 0-tól 1-ig skálázott potenciométerek és a fölöttük levő előjelkapcsolók segítségével.

Tegyük föl most megint az egyszerűség kedvéért, hogy áramforrásaink a földhöz képest +1 V, ill. —1 V feszültséget adnak. Akkor az a_1 potenciométerről nyilván 0,25 V feszültség megy tovább az x potenciométerre és a b_1 potenciométerről 0,125 V az y potenciométerre. Ha most az x és y potenciométerek éppen a gyökön, a 3-on, ill. a 2-n állnak, akkor — a végkitérést 10-nek véve — az x potenciométerről $0{,}25 \cdot 0{,}3 = 0{,}075$ V megy tovább a kapcsolási rajzon IV-gyel jelölt összegezőbe, az y

potenciométerről pedig $0{,}125 \cdot 0{,}2 = 0{,}025$ V. Ha most a c_1 potenciométert — a végkitérését 1-nek véve — a —1-re állítjuk, akkor erről a kilencszer akkora előtétellenállás miatt —0,1 V megy az összegezőbe.

Összegező egység. Számológépünkkel kapcsolatban egy újfajta szellemes összeadóművel is megismerkedünk. A kapcsolási rajzon *IV*-gyel jelölt összegező egységet a könnyebb érthetőség



13. ábra.
Összegező egység

kedvéért külön is megrajzoltuk (13. ábra). Könnyű belátni, hogy ha három egyenlő nagyságú ellenállásra a földhöz képest olyan feszültségeket adunk, melyeknek algebrai összege nulla (pl. az előbbi három feszültséget: $0{,}075 + 0{,}025 — 0{,}1 = 0$), akkor a három ellenállás közös pontja és a föld közé kapcsolt műszeren nem folyik áram. Ugyanis a felső két ellenálláson át összesen annyi áramnak kell folynia az egyik irányban, mint amennyinek a harmadikon át az ellenkező irányban. Így tehát a műszeren át nem folyik áram.

Ha a feszültségek nem tesznek eleget ennek a követelménynek, más szóval, ha az x és y potenciométerek nem állnak a gyökökön, akkor a műszeren áram folyik.

Ha áramforrásaink nem +1, ill. —1 V-osak hanem pl. 4,5 V-os zseblámpatelepek (mint a kapcsolási rajzon is), ez az előbb leírtakon semmit sem változtat, csak minden szám 4,5-szer nagyobb lesz.

Gépünk adatai. A potenciométerek és ellenállások adatai a kapcsolási rajzról leolvashatók. A berendezés lényegesen más ellenállásokkal is megépíthető. Ügyeljünk azonban a következőkre. Az x és y potenciométerek legyenek kb. tízszer akkora értékűek, mint a konstansokat beadó potenciométerek, az összegező fix ellenállásai pedig még tízszer akkorák, mert különben a potenciométerek „elhúzzák" egymást, amint azt a következőkben hamarosan megmagyarázzuk.

A két műszer a mi gépünknél 0,5 mA-es közép állású, egyenáramú műszer volt, de 2 mA-es (pl. középiskolai demonstrációs) műszerek is jók erre a célra. A műszereket fölösleges beépíteni: banánhüvellyel lehet őket csatlakoztatni. A műszerek közös földvezetékébe egy 50 kohmos potenciométert tettünk védőellenállásnak. Ezt használatba vétel előtt mindig kapcsoljuk be, és csak a gyökök megállapításának „finomításakor" iktassuk lassan ki, mert műszereink különben könnyen tönkremennek.

A két x, ill. a két y potenciométer közös tengelyen fut. Ilyen „iker-potenciométereket" nemigen lehet kapni. Magunknak kell őket közös, természetesen szigetelő anyagból készült tengelyre szerelni.

Tanulságos megjegyzések. Ha a gyökök keresése közben azt tapasztaljuk, hogy a műszerek egyszerre nem hozhatók 0 helyzetbe, ennek két oka lehet. Az egyik az, hogy a két egyenlet ellentmond egymásnak. Például a következő két egyenlet:

$$2x+3y \quad -5 = 0$$

$$2x+3y \quad -10 = 0$$

egyszerre nyilván nem lehet igaz. Helyesen felel tehát ilyenkor a gépünk, hogy az egyenletrendszernek nincs megoldása.

Lehetséges azonban, hogy az egyik gyök vagy mindkettő negatív. Ezeket úgy kereshetjük meg, hogy mindkét egyenletnek megfelelő sorban egyidejűleg az x-es tagok vagy az y-os tagok, ill. mind a négy tag előjelkapcsolóját az ellenkező állásba állítjuk. Így már megkaphatjuk a negatív gyököket is.

Ha az x és az y potenciométerek több állásában is nullára állnak a műszerek, tehát nem csak egy gyökpár van, ez annak a jele, hogy a két egyenlet nem független egymástól. Például:

$$x+3y-8=0$$

$$2x+6y-16=0.$$

Tehát végeredményben csak egy kétismeretlenes egyenletünk van. Ezt pedig végtelen sok gyökpár kielégíti.

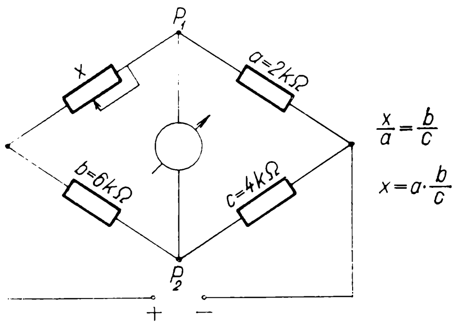
Gépünkkel ily módon kiválóan be lehet mutatni a kétismeretlenes elsőfokú egyenletrendszer megoldásainak vizsgálatát, vagy mint a matematikusok mondják, az egyenletrendszer megoldásának diszkusszióját.

Gépünk többet is tud. Gépünket összeadó, kivonó gépnek is használhatjuk. Ha az a_1 és b_1 potenciométereket az egységre állítjuk (0,1-re!), akkor az x és y potenciométereken beadott számok összegét a c_1 potenciométer segítségével megkaphatjuk. Ezzel a módszerrel történhet a kész gép bejátszása is. Ha pedig a b_1 potenciométer kapcsolóját kikapcsoljuk, akkor az a_1 és x potenciométereken beadott előjeles számok szorzatát kereshetjük meg a c_1 potenciométer és előjelkapcsolója segítségével. Osztáskor az osztandót állítjuk be a c_1-en, az osztót az a_1-en. A hányadost pedig az x potenciométerrel keressük meg. Látjuk tehát, hogy gépünk összeadni, kivonni, szorozni és osztani is tud előjeles számokat.

Gépünk hibái. Ne várjunk túlságosan nagy pontosságot számológépünktől, mert elvileg is pontatlan. Például az a_1 potenciométert a skála felére beállítva, onnan csak akkor menne a feszültségnek is a fele tovább, ha nem terhelnénk egyúttal az elsőt a második potenciométerrel. Ez nem érhető el teljesen. Ha a második potenciométert tízszer akkorára választjuk, akkor is van fogyasztás, és így az elsőről nagyobb feszültség megy tovább a kívántnál. Erre mondjuk, hogy a potenciométerek „elhúzzák" egymást.

A pontatlanság másik, gyakorlati oka az szokott lenni, hogy a potenciométerek nem egyforma ellenállásúak, vagy nem eléggé lineárisak. Ezen a potenciométerek összeválogatásával, illetve „egyéni" skálák készítésével segíthetünk. Az első, elvi pontatlanságot pedig elektroncsövek használatával lehet kiküszöbölni.

A Wheatstone-híd alapelve. A Wheatstone-féle hidat (ejtsd: uiszton) az elektrotechnikában nagyon sok helyen és nagyon sok célra használják. Érdemes vele megismerkedni. Lényegét



14. ábra.
A Wheatstone-féle hídkapcsolás

a 14. ábra mutatja. Két ellenállást sorba kötünk (az ábrán x és a, ill. b és c), majd ezeket párhuzamosan kötjük ugyanazon áramforrás sarkaira. A sorba kapcsolt ellenállások közös pontjaira (P_1, ill. P_2) érzékeny közép állású műszert kötünk, de csak akkor, ha előbb meggyőződtünk arról, hogy a műszert nem fenyegeti a tönkremenés veszélye!

Legyen pl. az ellenállások értéke a következő: $a = 2$ kohm, $b = 6$ kohm és $c = 4$ kohm. Kérdés, hogy az x ellenállás milyen értéke mellett nem folyik a műszeren át áram, vagyis, ahogyan a rádiósok mondják, mikor „kiegyenlített a híd".

Egyszerűség kedvéért legyen az összeállításra kapcsolt feszültség 1 V. Akkor, mivel az alsó ágban 6 + 4 kohm ellenállás van, a 6 kohmos ellenálláson a feszültségesés 0,6 V. Tehát az x ellenálláson is 0,6 V feszültségnek kell esnie ahhoz, hogy a hídban ne folyjon áram. Ez nyilvánvalóan akkor következik be, ha az x ellenállás 3 kohm, mert vele csak 2 kohm van sorba kapcsolva.

Röviden és szabatosan az eddigieket így foglalhatjuk össze: kiegyenlített híd esetén fenn kell állnia a következő arányosságnak:

$$\frac{x}{a}=\frac{b}{c}.$$

Ebből x kiszámítható, kifejezhető:

$$x = a\cdot\frac{b}{c}.$$

A fenti számpélda esetén valóban:

$$x = 2\cdot\frac{6}{4}= 3\ \text{kohm}.$$

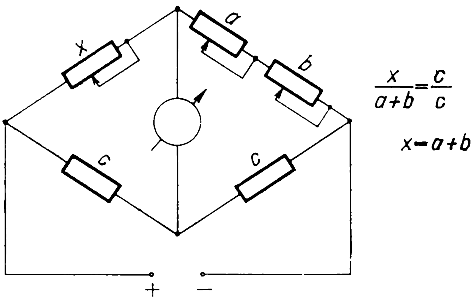
Látjuk tehát, hogy pl. az x ismeretlen ellenállás értéke ezzel az összeállítással meghatározható, ha a másik három ellenállást ismerjük. Ez az ellenállásmérés a Wheatstone-híd egyik fontos alkalmazási területe. Minket azonban most inkább az érdekel, hogy hogyan lehet ezt az összeállítást algebrai műveletek végzésére felhasználni.

Összeadás, kivonás Wheatstone-híddal. Az összeadás megoldásának elvi kapcsolását a 15. ábra mutatja. A c-vel jelölt két ellenállás egyenlő. Az összeadandókat az a és b potenciométereken állítjuk be, az összeget pedig az x potenciométerrel kereshetjük meg. Ugyanis kiegyenlített híd esetén fennáll a következő összefüggés:

$$\frac{x}{a+b}=\frac{c}{c}\ \text{vagyis:}\ x = a+b.$$

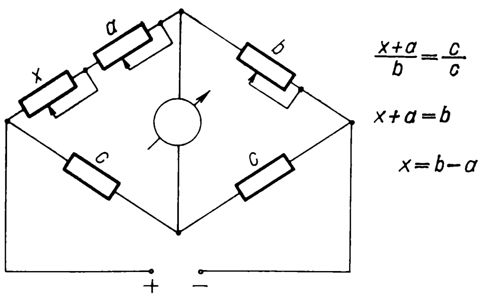
Tehát összeállításunk valóban összeadógépként működik.

Ha a fenti és a következő néhány elvi kapcsolást bemutatás vagy tapasztalatszerzés céljából meg is akarjuk valósítani, a leghelyesebb 5 db 10 kohmos változtatható ellenállást, potenciométert beszerezni hozzá. Ha mind az öt potenciométert pl. 100-as beosztással látjuk el, akkor az *a* és *b* potenciométereket nem tudjuk kihasználni egészen, hiszen összegük már 200 lenne.



15. ábra.
Összeadás Wheatstone-híddal

Ha ellenben a bal oldali *c* potenciométernek csak a felét kapcsoljuk be, akkor az *a* és *b* potenciométerek teljesen kihasználhatók. Az *x* potenciométert azonban ekkor 200-as beosztással kell ellátnunk.



16. ábra.
Kivonás Wheatstone-híddal

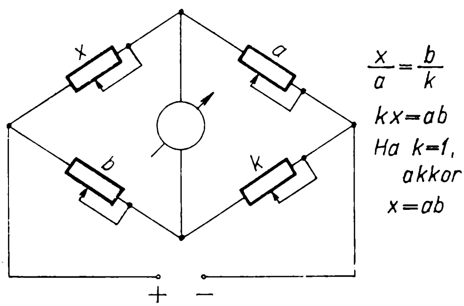
A kivonás elvi kapcsolását a 16. ábrán látjuk. Ha a hidat kiegyenlítettük, vagyis ha a műszer nem mutat áramot, akkor az ellenállások között nyilván ismét fennáll a következő összefüggés:

$$\frac{x+a}{b} = \frac{c}{c}; \text{ ebből } x+a = b.$$

Vagyis:

$$x = b - a.$$

A kisebbítendőt tehát a b, a kivonandót az a potenciométeren állítjuk be, „adjuk be” a gépbe, a különbséget pedig az x potenciométerrel kereshetjük meg. A skála, a lépték megválasztásában az összeadásnál mondottak segíthetnek bennünket.



17. ábra.
Szorzás Wheatstone-hídda

Szorzás. A szorzás elvégzéséhez a 17. ábra szerint kapcsolt négy egyforma, pl. 10 kohmos és 10-es beosztású skálával ellátott potenciométer szükséges. Állítsuk egyelőre a k-val jelölt potenciométert a tíz részre osztott skála első beosztására. Az a és b potenciométereken beadott tényezők szorzatát az x potenciométerrel kereshetjük meg.

Kiegyenlített híd esetén ugyanis fennáll:

$$\frac{x}{a} = \frac{\ }{k}$$

Ebből

$$k \cdot x = a \cdot b.$$

Vagyis, ha $k = 1$, akkor

$$x = a \cdot b.$$

Például, ha $a = 2$, $b = 4$ és k az egységen áll, akkor kiegyenlített híd esetén az x-nek nyilván a 8-on kell állnia. Ha azonban pl. $a = 8$ és $b = 9$, akkor az x potenciométerrel a 72-t kellene beállítanunk. Ez azonban lehetetlen.

Van-e ilyen nagy tényezők esetén is megoldási lehetőség? Igen van! Állítsuk a k potenciométert az 1-es beosztás helyett a 10-es beosztásra! Ekkor $x = 7{,}2$ esetén nullára áll már a műszerünk. A k potenciométer állása pedig jelzi, hogy ennek a 10-szerese, vagyis 72 a valódi eredmény. Szorzókapcsolásunk tehát nagyobb tényezők esetén is használható, csak a szorzatban a helyértéket nekünk kell számontartanunk, mint a logarléc használata esetén is.

Osztás. Mivel az osztás a szorzás fordított művelete, ezért az előző összeállítással osztani is lehet. Csak az x potenciométeren kellene beállítanunk az osztandót, az a potenciométeren az osztót, és a hányadost a b potenciométeren kapnánk meg.

Hogy azonban az ismeretlent mindig ugyanazzal az x potenciométerrel kereshessük meg, ezért inkább a 18. ábrán levő kapcsolást használjuk az osztás elvégzésére. Sok magyarázat azonban így sem szükséges hozzá az előzők ismeretében. Kiegyenlített híd esetén:

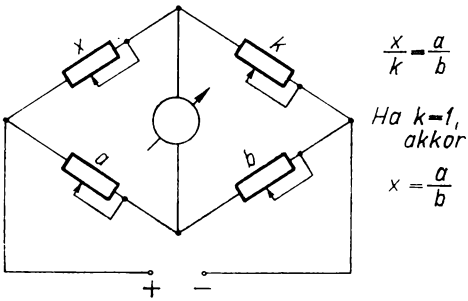
$$\frac{x}{k} = \frac{a}{b}.$$

Ahonnan $k = 1$ esetén

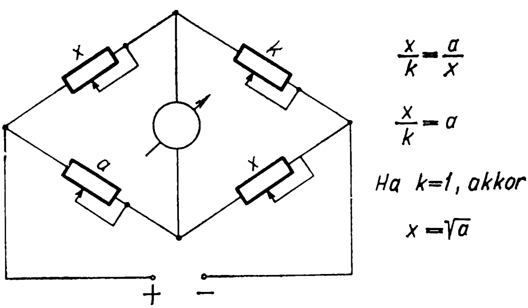
$$x = \frac{a}{b}.$$

A k-ra nézve a szorzásnál mondottak az irányadók, vagyis hogy ezt a potenciométert mindig kerek értékre (pl. 1-re, 10-re stb.) állítjuk. Itt természetesen az x-skálán kapott értéket a k-val osztani kell.

Négyzetreemelés, négyzetgyökvonás. A négyzetreemelés tulajdonképpen a szorzásnak az a különleges esete, amikor a két tényező megegyezik. Tehát a fenti (17. ábra) szorzó összeállítással a négyzetreemelés is elvégezhető.



18. ábra.
Osztás Wheatstone-híddal



19. ábra.
Négyzetgyökvonás Wheatstone-híddal

A négyzetgyökvonás már valamivel bonyolultabb. A hozzá szükséges elvi kapcsolást a 19. ábrán láthatjuk. Szépen mutatja ez a kapcsolás, hogy a négyzetgyökvonás az osztásnak az a különleges esete, amikor az osztó és a hányados is ismeretlenek, de egyenlőek. Kiegyenlített híd esetén:

$$\frac{x}{k} = \frac{a}{x},$$

amiből

$$\frac{x^2}{k} = a.$$

Ha a k-t az előbbiek szerint egységnek választjuk, akkor

$$x^2 = a$$

és végül

$$x = \sqrt{a}.$$

A négyzetgyökvonás gyakorlati kivitele tehát a következőképpen történik. A négyzetgyök alatti számot az a potenciométeren állítjuk be. Ha ez 10-nél kisebb, akkor a k-t az 1-es beosztásra állítjuk. Ha 10-nél nagyobb, de 100-nál kisebb, akkor a 10-es beosztásra. Kiegyenlített híd esetén a négyzetgyököt az x potenciométeren olvashatjuk le. A két x jelzésű potenciométernek természetesen együtt kell forognia, tehát közös tengelyre szereljük őket.

Hatványozás, gyökvonás, háromszögszámítás. Most és a következő pontban a középiskolai algebra és geometria ismeretét föltételezzük. Aki ennek még nincs birtokában, nyugodtan lapozza át ezt a két szövegrészt. A következők enélkül is újra érthetők.

Akárhányadik hatványra emelést, sőt akárhányadik gyökvonást is végezhetünk a Wheatstone-híd felhasználásával kettős potenciométerek nélkül is, ha a négy közül két potenciométerünket a lineáris skála mellett logaritmikus skálával is ellátjuk, ahogyan azt a logarléceken vagy még inkább a logartárcsákon (a kör alakú logarléceken) látjuk. Legyen a logaritmikus lépték mellé — mint a logarléceken — mindjárt a szám felírva, vagyis legyen $x = \lg X$, és $b = \lg B$. Akkor a 20. ábra alapján kiegyenlített híd esetén fennáll:

$$\frac{\lg X}{\lg B} = \frac{m}{n}.$$

Ebből egyenletrendezéssel:

$$n \cdot \lg X = m \cdot \lg B.$$

A logaritmus fogalma alapján ezt így írhatjuk:

$$X^n = B^m.$$

Mindkét oldalból n-edik gyököt vonva, ezt kapjuk:

$$X = \sqrt[n]{B^m}$$

Tehát, ha az n-t egységnek választjuk, akkor az x potenciométerrel a b akárhányadik hatványa megkereshető, ha pedig az m-et választjuk, akkor akárhányadik gyöke.

Készítsünk az x és b potenciométerek mellé színuszos skálát is, ahogy a logarlécen is látjuk. Vagyis legyen $x = \sin \alpha$ és $b = \sin \beta$. Akkor kiegyenlített híd esetén fennáll:

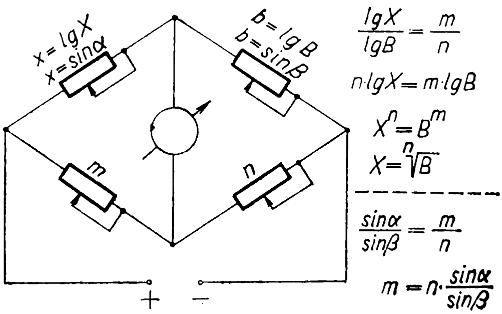
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{m}{n}.$$

Ebből következik, hogy három adat beadása esetén a negyedik a megfelelő potenciométerrel megkereshető, pl.

$$m = n \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Összeállításunk tehát a színusz-tétel alkalmazhatósága esetén trigonometriai feladatok megoldására is alkalmas. A két színuszos skálájú potenciométer megfelelő beosztása mellé természetesen a szögek színuszai helyett itt is mindjárt a fokokban mért megfelelő szöget írjuk föl. Így a szögeket fokokban adjuk be, és az esetleg keresett szöget is mindjárt fokokban kapjuk meg, mint a logarlécen.

Megemlítjük még, hogy a lineáris skála megléte esetén hogyan vesszük fel a logaritmus-, illetve a színuszskálát. A teljes skálát vesszük egységnyinek. A középiskolai függvénytáblázatban azt



20. ábra.
Hatványozás, gyökvonás, háromszögszámítás Wheatstone-híddal

találjuk, hogy lg 2 = 0,3010. Tehát a 0,3-hez fölírjuk, hogy 2. Ugyanígy pl. a 0,78-hoz azt, hogy 6, mert lg 6 = 0,7782. Hasonlóképpen a 0,17-hez felírjuk azt is, hogy 10°, mert sin 10° = =0,1736; a 0,5-hez azt, hogy 30°, mert sin 30° = 0,5000 stb.

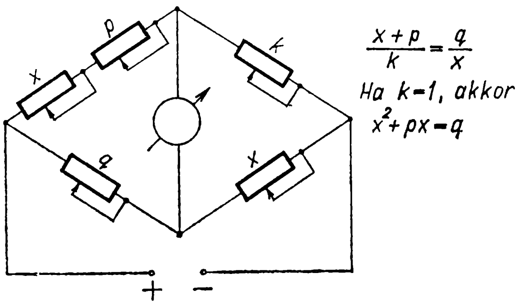
Egyismeretlenes másodfokú egyenlet megoldása. A Wheatstone-hidas kapcsolás alkalmas bizonyos egyszerűbb, egyismeretlenes másodfokú egyenletek megoldására is, mint azt a 21. ábra mutatja. Ehhez az előbbiekben említett kettős potenciométeren kívül még három potenciométer szükséges. Kiegyenlített híd esetén

$$\frac{x+p}{k} = \frac{q}{x}.$$

Ebből, ha a k-t egységül választjuk:

$$x^2 + px = q.$$

Tehát, ha másodfokú egyenletünket erre az alakra hozzuk, a p és q potenciométereken a megfelelő adatok beadása után az x kettős potenciométerrel a gyök megkereshető. A megfelelő k „egységet" az együtthatók határozzák meg.

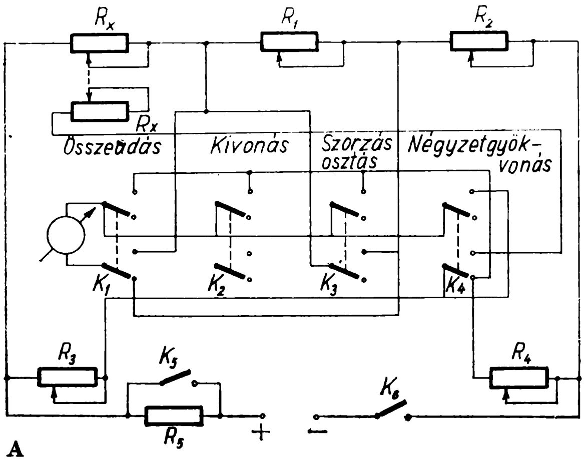


21. ábra.
Egyismeretlenes másodfokú egyenlet megoldása Wheatstone-híddal

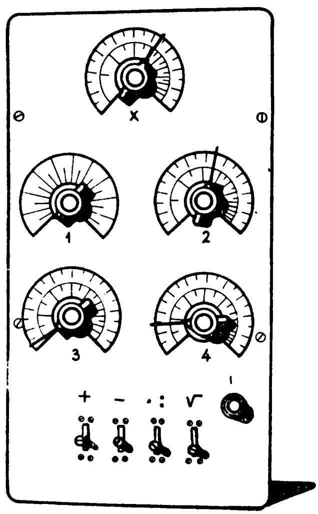
Ha alaposabban utána gondolunk kapcsolásunknak, látjuk, hogy ilyen egyszerű összeállítás esetén a p és q nem vehet föl akármilyen értékeket, továbbá a gyökök közül csak a pozitívokat kaphatjuk meg. Az alapelv azonban ezzel az egyszerű összeállítással is bemutatható.

Wheatstone-hidas analóg számológép. A következőkben összeállítunk egy olyan gépet, amely az előzőkben fölsorolt műveleteket mind „tudja". Ezért kiválóan alkalmas az analóg számológépek működésének bemutatására.

A gép kapcsolási rajza a 22/*a* ábrán, képe pedig a 22/*b* ábrán látható. Mindössze a következő alkatrészek szükségesek hozzá: 4 db kétutas kétállású kapcsoló (K_1, K_2, K_3, K_4); 1 db nyomógomb (K_5); 1 db közönséges kapcsoló (K_6) vagy helyette két banánhüvely, ha az áramforrást — nagyon helyesen — nem építjük be; 6 db (pl. 10 kohmos) huzal-potenciométer (R_1, R_2, R_3, R_4, R_x, R_X); 1 db (pl. 50 kohmos) védőellenállás (R_5); 1 db egyenáramú középállású indikálóműszer (pl. iskolai demonstrációs műszer), és végül áramforrás (pl. 4,5 V-os zseblámpatelep).



A



·22. *ábra.*
Wheatstone-hidas
analóg számológép
a) elvi kapcsolási rajz;
b) készülék

Igazán nem kerül sokba, főleg ha a műszert és az áramforrást csak használatkor csatlakoztatjuk hozzá. Nézzük összeállításunk működését a kapcsolási rajz alapján! Közben térjünk vissza mindig az előzőkben már megbeszélt, könnyen áttekinthető elvi kapcsolásokhoz.

Összeadás, kivonás. A K_1—K_4 kapcsolók alapállása a rajzon is közölt alsó állás. Ha külön utasítás nincs, akkor mindig ebben az állásban legyenek a kapcsolók, a potenciométerek pedig végkitérésen (tehát a teljes ellenállások legyenek bekapcsolva). Így terheljük legkevésbé az áramforrást.

Összeadáskor a K_1 kapcsolót a felső állásba visszük. Az R_3 és R_4 potenciométereket a végkitérésen hagyjuk. Ezek képviselik a híd alsó ágában levő két egyenlő nagyságú ellenállást (lásd 15. ábra). A két összeadandót az R_1 és R_2 potenciométereken állítjuk be, az összeget az R_x potenciométerrel keressük meg (a 22/*b* képen bemutatott készüléken az R_x a felső, egyedül álló potenciométer; alatta vannak az R_1 és R_2, illetve az R_3 és R_4 potenciométerek). Ha a kapcsolási rajzot végig követjük, látjuk, hogy gépünk kapcsolása valóban egyezik az elvi rajzon (15. ábra) közölt kapcsolással.

Ha potenciométereink lineáris skálája csak 1-től 10-ig szól, akkor az összeg természetesen csak legfeljebb 10 lehet. A 21-et és a 73-at ekkor pl. így adhatjuk össze: $2{,}1+7{,}3 = 9{,}4$, tehát $21+73 = 94$.

Kivonáskor a K_2 kapcsolót visszük a felső helyzetbe. (A K_1 kapcsoló természetesen a K_3 és K_4-gyel együtt az alsó alaphelyzetben van!) A kapcsolási rajzot követve látjuk, hogy az indikáló műszer most az R_1 és R_2, ill. R_3 és R_4 potenciométerek közé kerül, és a következőkben mindig ott is marad. A kisebbítendőt az R_2, a kivonandót pedig az R_1 potenciométereken adjuk be, a különbséget pedig az R_x potenciométeren keressük meg.

Az eredmények megkeresésekor először mindig csak „durva" beállítást végzünk. Amikor már így nagyjából megkaptuk az eredményt, akkor a K_5 nyomógomb lenyomásával a műszer védőellenállását kiiktatjuk. Így most már egészen finoman beállíthatjuk a végső eredményt.

Szorzás, osztás. Szorzáskor, osztáskor a K_3 kapcsolót kell felfelé kapcsolnunk. Látjuk, hogy ez a hidat és a műszert az előző helyzetben hagyja, de a most szükségtelen R_1 potenciométert rövidre zárja, kiiktatja. A *k* szerepét játszó (lásd a 17. ábrához fűzött magyarázatot) és így a nagyságrendet meghatározó R_4 potenciométert 1-re vagy 10-re állítjuk. A tényezőket az R_2 és R_3 potenciométereken állítjuk be, a szorzatot pedig az R_x potenciométerrel keressük meg.

Osztáskor csak annyiban változik a helyzet, hogy az R_2-t állítjuk 1-re vagy 10-re, és az osztandót az R_3, az osztót pedig az R_4 potenciométeren. A cserére azért volt szükség, hogy az eredményt, a jelen esetben a hányadost, ismét az R_x potenciométerrel kereshessük meg.

Hatványozás és gyökvonás. Ha az R_x és az R_2 potenciométerekhez a lineáris skála alá logaritmikus skálát is készítünk, akkor ezáltal — mint a logaritmus használatával a papíron végzett számítások alkalmával is — a hatványozást a szorzásra, a gyökvonást az osztásra vezetjük vissza. Így érthető, hogy ezeknél a műveleteknél szintén a K_3 kapcsoló kerül a felső állásba. Hatványozáskor az R_4 potenciométert állítjuk az 1-re vagy 10-re, mint szorzáskor tettük. Az alapot az R_2-n, a kitevőt az R_3-on állítjuk be. A hatványt az R_x-szel keressük meg. A nagyságrendi viszonyokkal előre tisztában kell lennünk, mint a logarléc használata esetén. Gyökvonáskor az R_3-at állítjuk az 1-re vagy a 10-re. A gyök alatti számot az R_2-n, a gyökkitevőt az R_4-en adjuk be. A gyököt az R_x-szel keressük meg.

Mivel az R_x és az R_2 potenciométereken a lineáris skála alatt logaritmikus skála is van, ezeket egyszerű elforgatással felhasználhatjuk bármely szám logaritmusának kikeresésére vagy a logaritmus visszakeresésére. Az előre- és visszakeresés pontossága természetesen a skálakészítés pontosságától függ. A skálakészítés elvét már a 20. ábrával kapcsolatban megbeszéltük.

Háromszögszámítás. A színusz-tétel alkalmazása is lényegében szorzást, illetve osztást igényel. Tehát ehhez is a K_3 kapcsolót állítjuk a felső helyzetbe. Színuszos beosztást az R_3 és R_4 potenciométerek lineáris skálája alá szögfüggvénytábla alapján készítsünk. Ha pl. az egyik oldal az ismeretlen, az m (lásd 20. ábra magyarázatát), akkor az ismert oldalt az R_2 potenciométeren adjuk be, a két szöget (illetve színuszaikat) az R_3 és R_4 potenciométereken. A keresett oldalt így ismét az R_x potenciométer segítségével találjuk meg.

Mivel az R_3 és R_4 potenciométereken a lineáris skála alatt most már a színusz-skála is ott van, ezért e szögfüggvény kikeresésére és visszakeresésére egyszerű forgatással bármelyik gombot felhasználhatjuk az áram bekapcsolása nélkül is. A szögeket ellenkező irányban, a színuszos skála fölé felírva, bármelyik potenciométert a koszinusz szögfüggvény kikeresésére és visszakeresésére is fölhasználhatjuk az ismert trigonometriai összefüggés alapján: $\sin \alpha = \cos (90°—\alpha)$.

Igen praktikus, ha pl. a potenciométerek gombja köré a lineáris skálát pl. feketével rajzoljuk meg, a logaritmikus, illetve színuszos és koszinuszos skálát pedig pirossal.

A másodfokú egyenlet megoldása. Ehhez lényegében négyzetgyökvonás szükséges, tehát most az R_4 kapcsolót állítjuk a felső helyzetbe. Ezáltal — mint a kapcsolási rajzon nyomon követhetjük — az R_4-es potenciométer iktatódik ki, és helyébe bekerül az eddig használaton kívüli második R_x jelzésű potenciométer. A 21. ábrával kapcsolatban már megbeszélt p együtthatót az R_1-en, a q együtthatót az R_3-on adjuk be. Az R_2 potenciométer határozza most meg a nagyságrendet, tehát ezt 1-re vagy 10-re állítjuk. A pozitív gyököt az R_x-en kereshetjük meg.

Négyzetgyökvonás. A négyzetgyökvonást kiemeltük a magasabb gyökkitevőjű gyökvonások közül. Kis gépünkkel kétféleképpen végezhetjük:

Az egyik módszer, hogy pl. az R_1 potenciométer lineáris skálája fölé négyzetskálát is készítünk függvénytáblázatunk fölhasználásával. Ekkor a gomb egyszerű forgatásával tudunk számokat négyzetre emelni, ill. belőlük négyzetgyököt vonni, mint a logarléccel.

A másik módszer követi a 19. ábrával kapcsolatban megbeszélt eljárást. A K_4 kapcsolót a felső állásba állítjuk. Ezáltal, mint a másodfokú egyenlet megoldásánál már megbeszéltük, az R_4 potenciométer kiiktatódik, és helyébe belép a másik R_x potenciométer. Ezután az R_1-et iktatjuk még ki csúszóérintkezőjének a beosztás elejére való állításával. Az R_2 lesz a nagyságrendet meghatározó potenciométer, tehát az 1-esre vagy a 10-esre állítjuk. A gyök alatti számot az R_3-mal állítjuk be, a gyököt pedig az R_x potenciométerrel keressük meg. Ezzel gépünk lényegében az $\frac{1}{k}x^2 = a$ alakú, ún. „tiszta másodfokú egyenlet" megoldását is „tudja".

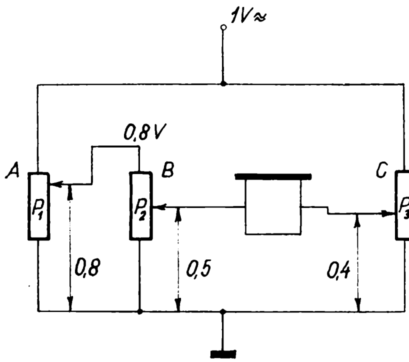
ELEKTRONIKUS LOGARLÉC

Az előzőkben leírt potenciométeres és Wheatstone-hidas analóg számológépeinkkel kapcsolatban bizonyára többekben felmerült a kérdés, hogy nem lehetett volna-e a drága és ritka egyenáramú, közép állású műszert valami egyszerűbb eszközzel helyettesíteni. Valóban lehet. Ha e gépek működtetésére egyenáram helyett hangfrekvenciás váltakozó áramot alkalmazunk, akkor pl. fejhallgatót használhatunk a híd kiegyenlítettségének megállapítására, szaknyelven: az *indikálásra.* Az emberi fül vetekszik a legérzékenyebb műszerekkel is. Ezért pl. a Wheatstone-híd kiegyenlítettségének indikálására kiválóan alkalmas. Csakhogy amit így nyertünk a réven, azt félő, hogy elveszítjük a vámon. A drága műszer helyett most a szintén nem olcsó hangfrekvenciás generátorra van szükségünk. Közönséges hálózati váltakozó áram (természetesen letranszformálva, hogy veszélytelenül dolgozhassunk vele!) nem igen felel meg céljainknak. Ezen az alacsony frekvencián (50 Hz) ugyanis a fülhallgatónak is, a fülünknek is kisebb az érzékenysége.

Újabb lehetőségek. A tranzisztoros kapcsolások lehetővé teszik, hogy aránylag olcsón és a veszélytelen kisfeszültségek fölhasználásával mi magunk építhessünk hanggenerátort. Ha összeállításainkhoz ezt alkalmazzuk áramforrásnak, már élvezhetjük a fejhallgatós összeállítás előnyeit.

Az elmúlt években a General Electric nevű vállalat „Analóg számológép" címen építőkészletként adta ki sok ezer példányban fiatalok számára a most ismertetésre kerülő összeállítást. Mi először fejhallgatós kivitelben építettük meg, de hangszóróval is jól működött. Ha megfelelő erősítővel egészítjük ki, akkor nagyobb csoportok számára is egyszerre tanulmányozható ez a pompás kis elektronikus, vagy úgy is nevezhetjük, hogy „hangos" logarléc (25/*b* ábra).

Hogyan működik? Akik előző kapcsolásainkat figyelemmel kísérték, azok a gép elvi kapcsolási rajzát (23. ábra) régi ismerősként üdvözlik. De első áttekintésre is könnyen megérti bárki. A rajz bal oldali részében ráismerünk potenciométeres számoló-



23. ábra.
Logarlécünk elvi kapcsolása

gépünk szorzóegységére (lásd 12. ábra). Legyen a szorzóegységre kapcsolt feszültség az egyszerűség kedvéért most is 1 V, de most természetesen hangfrekvenciás váltóáram. Álljon a P_1 potenciométer csúszóérintkezője alulról számítva a potenciométer 0,8 részén. Akkor ez a második, P_2 potenciométerre már csak 0,8 V feszültséget visz át. Ha most a P_2 potenciométer csúszóérintkezője alulról számítva a potenciométer 0,5 részén áll, akkor ez a 0,8 V-nak már csak a 0,5 részét, tehát $0{,}8 \cdot 0{,}5 = 0{,}4$ V-ot visz tovább. Ha most az indikátort (pl. egy fejhallgatót) a P_2 és P_3 potenciométer csúszóérintkezői közé kötjük, és a P_3 gombját forgatjuk, nyilván akkor nem fogunk a fejhallgatóban hangot hallani, ha a P_3 csúszóérintkezője a potenciométernek alulról számítva a 0,4 részében áll. Mivel — mint már említettük — fülünk igen érzékeny műszer, az elhallgatás helyét igen pontosan meg tudjuk állapítani. A mi összeállításunk esetén néhány tized skálarészpontossággal.

Kapcsolási rajzunk bal oldali része tehát a szorzás műveletének elektromos elvégzésére alkalmas, tehát elektromos szorzóegység, a középső és jobb oldali részének indikáló eszközzel való összekapcsolása pedig lényegében az ismert Wheatstone-hidas kapcsolás (lásd a 14. ábrához fűzött magyarázatunkat!).

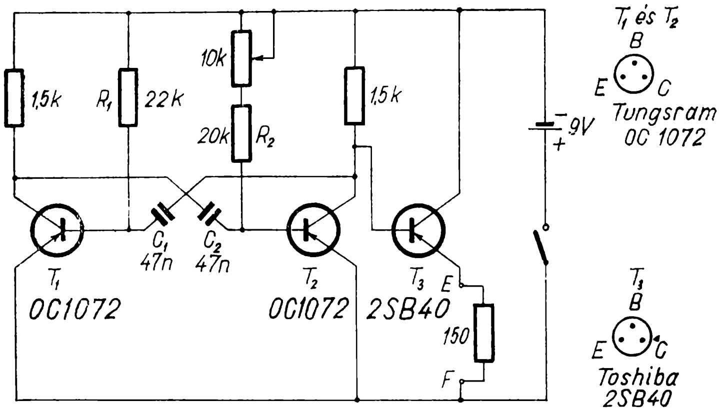
Hangfrekvenciás rezgéskeltő. Váltakozó áramú áramforrásul legalkalmasabb az ún. *multivibrátor* (pontosabban *a stabil multivibrátor*). Ezzel a kapcsolással érdemes megismerkednünk, mert a később tárgyalásra kerülő digitális számológépeknek talán a legfontosabb áramköre a multivibrátoros kapcsolás.

A 24. ábrán levő kapcsolási rajzon multivibrátorunk pontos adatait is közöljük (más tranzisztorokkal és alkatrészekkel ugyanígy megépíthető). Működési elve a következő:

Tegyük fel, hogy bekapcsoláskor a T_1 tranzisztor kevésbé vezet, mint a T_2. Jóllehet a két tranzisztor névleges áramköri adatai teljesen azonosak, az, hogy az egyik tranzisztor kevésbé vezet, mint a másik, mindig bekövetkezik, már csak a sorozatgyártás következtében előálló apró különbségek következtében is. Ha tehát pl. a T_1 kevésbé vezet, akkor kollektora negatívabb, mint a T_2 kollektora. Az, hogy a T_1 kollektora negatívabb, a C_2 kondenzátorokon át hat a T_2 bázisára: azt negatívabbá teszi. A T_2 tehát még jobban kezd vezetni, és a kollektora még pozitívabb lesz. Ez a C_1 kondenzátoron át a T_1 bázisát még pozitívabbá teszi. A T_1 árama tehát tovább csökken. Ez a változás mindaddig tart, amíg a T_1 teljesen le nem zár, és a T_2 teljesen ki nem nyit. Ekkor azonban — mivel további változás nincs — a C_1 és C_2 kondenzátorok töltése lefolyik, és ezáltal a T_2 bázisa kezd pozitívabbá válni, a T_2 árama pedig csökkenni. Ez az előzők szerint visszahat a T_1-re mindaddig, amíg az teljesen ki nem nyit, és a T_2 teljesen le nem zár. Ekkor elölről kezdődik az egész folyamat, és periodikusan ismétlődik.

A periódus ideje és így a frekvencia a C_1, C_2 kapacitásoktól, valamint az azokat levezető R_1, R_2 ellenállásoktól, az ún. RC időállandótól függ. A rajzon közölt adatok felhasználásával a frekvencia kb. 800 Hz, tehát olyan hang, amely fülünknek kellemes, és amelyre a fülhallgató és fülünk is igen érzékeny.

A harmadik tranzisztor szerepe csak annyi, hogy a multivibrátor impulzusait felerősíti. Míg a multivibrátor két tran-



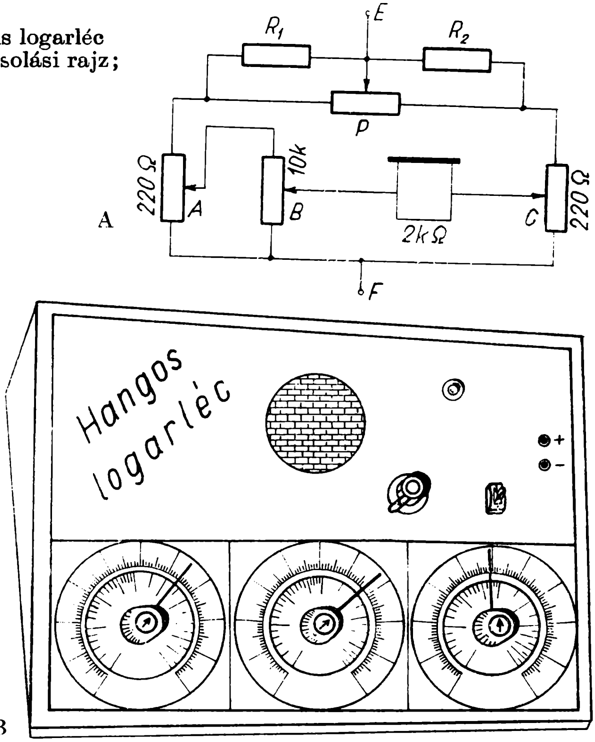
24. ábra.
Hangfrekvenciás rezgéskeltő logarlécünkhöz

zisztora lényegében akármilyen (de azonos típusú tranzisztor) lehet, addig harmadik tranzisztornak kissé nagyobb teljesítményű, 50—150 mW-os, de egyébként akármilyen típusú tranzisztort alkalmazunk. E tranzisztor emitteráramát az egyik előző tranzisztor kollektoráról jövő feszültség-impulzusok vezérlik. Az emitterre (a rajzon az *E* és *F* pontok közé) kapcsoljuk összeállításunk tulajdonképpeni számológéprészét, amelynek összellenállása kb. 150 ohm.

A tényleges kapcsolás. A tényleges kivitel nemigen különbözik az előzőkben már megadott elvi kapcsolási rajztól (25/*a* ábra). Az *A*, *B* és *C* potenciométerek már az elvi kapcsolási rajzon is szerepeltek. A negyedik, *P*-vel jelölt potenciométer a szimmetrikusan kapcsolt R_1 és R_2 ellenállásokkal együtt csak azt a célt szolgálja, hogy a potenciométerek elhúzását kiegyenlíthessük (az „elhúzás" magyarázatát lásd a már tárgyalt potenciométeres számológépeknél). Az adott kapcsolási rajz mellett a tranzisztorokat a túlterhelés veszélye nem fenyegeti. A potenciométerek, ellenállások ½ W-osak, vagy még kisebbek is lehetnek, mert az áramkörökben csak mA nagyságrendű

25. ábra.
Elektronikus logarléc
a) elvi kapcsolási rajz;
b) készülék

A



B

áram folyik. Az áramforrás két sorbakapcsolt 4,5 V-os zseblámpatelep.

Hallgató helyett indikálásra 4 ohmos, ½ W-os hangszórót is felhasználhatunk. Természetesen normál 5—7 kohmos kimenőtranszformátorral kötjük be a hídba. Összeállításunk képét a 25/*b* ábrán láthatjuk.

Mit tud a számológépünk? Számológépünknek az az érdekessége, hogy jóllehet elvileg csak szorozni tud, mégis, ha megfelelő skálákkal látjuk el, tudja mindazt, amit egy „rendes" logarléc. A 25/*a* ábra három potenciométerének *(A, B* és *C)* a gépen (25/*b* ábra) három forgatógomb felel meg. A forgatógombokat levéve, az alattuk levő skálarendszer leemelhető, és egy másodikkal, majd harmadikkal kicserélhető.

Az *I.* sz. skálarendszernél kívül mindhárom gombnál található egy-egy lineáris skála 0-tól 100-ig tartó beosztással. Az *A* potenciométernél belül ún. *négyzetgyökös skála* is legyen, amit úgy oldunk meg, hogy a számok alá odaírjuk a négyzetgyöküket is. A *B* potenciométernél a reciprok-skálát belül rajzoljuk föl éppen úgy, mint ahogy a logarléceken található Ezzel a skálarendszerrel végezzük a legtöbb műveletet.

Szorzás, osztás. Az előzőkben példaképpen már tárgyalt $0{,}8 \cdot 0{,}5 = 0{,}40$ szorzást a következőképpen végezhetjük el számológépünkkel. Az *A* potenciométert az egyik tényezőre, a *B* potenciométert pedig a másikra állítjuk. (Mindkettőt a külső lineáris skálán.) Most a *C* potenciométert addig forgatjuk, amíg a fülhallgatóban, ill. a hangszóróban a hang teljesen el nem némul. Ezután már leolvashatjuk a *C* potenciométerről a szorzatot. A keresés praktikusan a Wheatstone-hidaknál szokásos módon úgy történik, hogy a potenciométerrel abba az irányba megyünk, amerre a hang halkul. De nem állunk meg az elhallgatási helyen, hanem továbbmegyünk, hogy a hangot ismét halljuk egy kissé; ekkor megyünk vissza a teljes elhallgatás helyére. Így eljárásunk pontosabb lesz.

Ha pl. 745-öt akarjuk 5,4-del megszorozni, akkor először ilyen alakra hozzuk őket:

$$0{,}745 \cdot 10^3 \cdot 0{,}54 \cdot 10 = \ldots \cdot 10^4$$

Tehát előre tudjuk, hogy a szorzás eredményéül kapott 0,4 körüli számot $10^4 = 10\,000$-rel meg kell szoroznunk; ezért nem 0,4-nek, hanem 4000-nek olvassuk. (A számított eredmény 4023.) Az eljárás ugyanaz, mint rendes logarléc esetén: az eredmény nagyságrendjét nekünk kell számontartanunk.

Osztáskor az osztandót adjuk be a *C* potenciométeren, az osztót pedig a *B* potenciométeren. A hányadost az előző módon, de az *A* potenciométerrel keressük meg.

Négyzetreemelés, négyzetgyökvonás. A négyzetreemelést és négyzetgyökvonást egyszerűen a négyzetgyökös skálával is ellátott gomb elforgatásával végezzük. A mutatót a külső skálán a gyök alatti számra állítva, a belső skálán azonnal leolvashatjuk a szám négyzetgyökét (vagy a belső skálán az alapra állítva, a külső skálán azonnal leolvashatjuk a szám négyzetét).

Látjuk tehát, hogy az *I*. skálarendszerrel elvégezhetők mindazok a számítások, amelyekben csak szorzás, osztás, négyzetreemelés és négyzetgyökvonás szerepel. A reciprokskála csak az osztás műveletének megkönnyítését célozza, amint azt minden logarléchasználó már jól ismeri.

Hatványozás, gyökvonás. Mennyire növekszik fel 8500 Ft 25 év alatt 5%-os évi kamatláb mellett kamatos kamataival együtt? A kamatos kamatszámítás ismert formulája alapján a keresett összeg: $8500 \cdot 1{,}05^{25}$.

Ezt a számolást a *II*. skálarendszer felhelyezésével végezzük el úgy, hogy mindhárom forgatógomb alá kívül lineáris, belül pedig logaritmikus skálát rajzolunk. A külső skálát 0-tól 1-ig számozottnak fogjuk fel (természetesen 0-tól 100-ig jelöljük!), belül pedig azokat a számokat írjuk fel a megfelelő helyre, amelyeknek ezek a logaritmusai. A számolást a következőképpen végezzük:

Az egyik skálán (pl. a középsőn) kikeressük a lg 1,05 = = 0,0212-t. Ezt a bal oldali skálán beállítjuk 0,212-ként első tényezőnek és megszorozzuk a középső skálán 0,25-ként beállított 25-tel. A szorzás eredményéül a jobb oldali skálán a 0,053-at kapjuk; a nagyságrendek figyelemmel kísérése folytán tudjuk, hogy ezt 0,53-nak kell olvasnunk. Ha (pl. a középső skálán) visszakeressük, 0,34-ot kapunk. Ezt a logaritmus visszakeresés szabályai szerint természetesen 3,4-nek kell olvasnunk. Megszorozzuk vele a 8500-at, és már meg is kapjuk a keresett összeget, a 28 000 Ft-ot. A számítás nem éppen egyszerű, de maga a feladat sem!

Ugyanezzel a skálarendszerrel végezzük a magasabb fokú gyökvonást is. Tehát összefoglalóan: a *II*. skálarendszerrel szorzást, osztást, magasabb fokú hatványozást és gyökvonást végezhetünk.

Trigonometriai feladatok. Elvégzésükhöz a *III*. skálarendszer feltevése szükséges. Ennek mindhárom skáláján kívül ugyanolyan lineáris skálát készítünk, mint az első kettőn. Belül pedig függvénytáblázat alapján a megfelelő helyre a szögeket írjuk fel 0-tól 90°-ig, ill. 90°-tól 0-ig, hogy a lineáris skáláról rögtön a színuszaikat, ill. koszinuszaikat olvashassuk le. Ezzel a skálarendszerrel mindazok a számítások elvégezhetők, amelyekben a sin és cos szögfüggvények és a közönséges számokkal való szorzás és osztás szerepelnek.

A legnehezebb feladat. Számológépünk elektromos, sőt elektronikus részének összeállítása a közölt rajzok alapján kezdő amatőröknek sem okoz problémát. A szükséges alkatrészek is mind beszerezhetők. A legnehezebb feladat a skálák elkészítése. Ezek pontosságán múlik ugyanis számológépünk pontossága. Függvénytáblázatok alapján magunk is elkészíthetjük őket. Ez azonban fáradságos és hosszantartó munka. A könyv végén, a *Függelékben* kivágható formában közreadjuk mind a kilenc skálát (94—102. ábra).

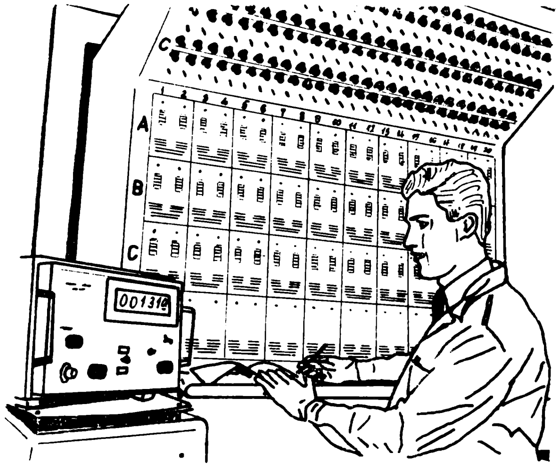
Gépünk továbbfejlesztése. Mint már említettük, gépünket hangszóróval is működtetjük. Hangereje természetesen korlátolt. Erősítő tranzisztor alkalmazásával azonban a hangerő lényegesen növelhető. Érdekes továbbfejlesztési lehetőség, hogy az eredmény megtalálásakor ne csak a hang hallgasson el, hanem pl. egy jelzőlámpa is gyulladjon ki. További tranzisztorok és egy jelfogó alkalmazásával ez a probléma is megoldható.

IPARI ANALÓG SZÁMÍTÓGÉPEK

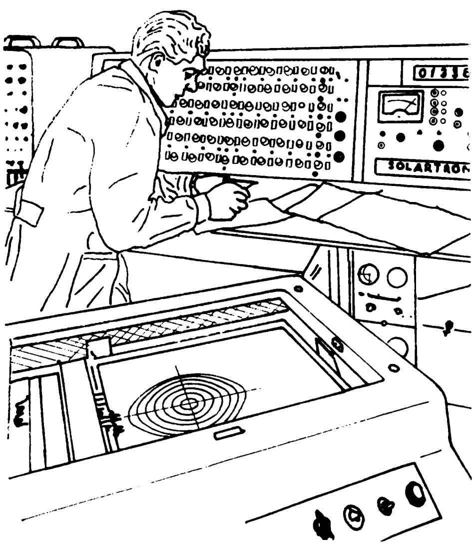
Az analóg számológépekkel való ismerkedésünk befejezéseként vessünk egy pillantást az iparilag gyártott, és így az életben valóban használt analóg számítógépek birodalmába.

A 26. ábrán a Budapesti Műszaki Egyetem ötven elektroncsővel működő analóg számítógépét láthatjuk. A megoldandó probléma beadása a gépbe a felül látható kapcsolókkal és forgatógombokkal történik. Lent a jobb oldalon levő, különálló kiíróberendezés számok alakjában közli a műveletek eredményét.

A 27. ábra analóg számítógépe az MTA Automatikai Kutatóintézetében működik. Ennek is van számjegyes kiíróberendezése. A kép előterében azonban azt a kiíróberendezést látjuk,



26. ábra.
A Budapesti Műszaki Egyetem analóg számítógépe



27. ábra.
Az MTA Automatikai Kutatóintézetének analóg számítógépe

mely papirosra rajzolja, és így grafikonok alakjában közli a beadott számítások eredményét.

Az iparilag gyártott analóg számítógépek működésének és felhasználhatóságának leírása meghaladja könyvünk célját. Megértésük magasabb előképzettséget kíván. Akik azonban az előzőkben ismertetett játékos analóg számológépeink közül csak eggyel vagy kettővel is alaposabban megismerkedtek, azoknak helyes fogalmuk van a nagy gépek működéséről is.

III.

DIGITÁLIS SZÁMOLÓGÉPEK

Az előzőkben már megállapítottuk, hogy az analóg és digitális számológépek között a *működési alapelv* szempontjából van alapvető különbség. Most, miután már van valamelyes fogalmunk a számológépeknek legalább az egyik fajtájáról, érdemes lesz az egyéb különbözőségeket is számbavenni.

Az analóg gépek általában speciálisak, egy-egy jól meghatározott célra készülnek. Tipikusan ilyen volt pl. a kétismeretlenes elsőfokú egyenletrendszert megoldó gépünk. Lényegében másra nem is használható. De az ipari analóg számítógépek felhasználhatóságának is erős korlátokat szab a beépített műveleti egységek milyensége és mennyisége. A digitális számítógépek ezzel szemben általában *univerzálisak,* azaz több célra is használhatók. Mint majd egyik, nem is túl költséges gépünknél látni fogjuk, egyaránt alkalmas lesz az alapműveletek végzésére, logikai problémák megoldására, eljárások modellezésére vagy ahogyan szaknyelven mondják, „szimulálására", sőt játékok játszására is.

A digitális számológépek további előnye a nagyobb, szinte tetszés szerinti *pontosság.* Eddigi gépeinknél többször említettük, hogy nagyjában logarléc pontosságúak. De a gyári előállítású analóg számítógépek pontossága sem igen haladja meg a három-négy számjegyet. Ezzel szemben a digitális számítógépek általában 6—12 decimális számjegy pontosságúak. De speciális célokra ennél nagyobb pontosságúakat is készítenek. Ez csak méret és költség kérdése. Az analóg gépeknél a pontosság növelése bizonyos határon túl elvileg lehetetlen.

A digitális gépek a magasabb műveleteket programozással az alapműveletekre, lényegében az *összeadásra vezetik vissza.*

Ebből hátrány nem származik, mert az összeadásból másodpercenként akár több százezret is el tudnak végezni. Az analóg számítógépekben az alapműveleteken kívül külön műveleti egységek vannak a négyzetreemelés, a köbreemelés, a négyzetgyökvonás, a köbgyökvonás, sőt a magasabb műveletek (pl. a differenciálás és integrálás) elvégzésére is. Néhány elemi műveleti egységgel az előzőkben mi is megismerkedtünk (pl. összegező-, szorzó-, négyzetgyökvonó mű stb.).

Az előzőkből már részben következik a kétfajta számológép közötti *külső méretekben való eltérés is*. Az analóg számológépek legtöbbször elférnek egy asztalon, vagy legfeljebb szekrény nagyságúak. A digitális számológépekben viszont pl. csak az alkalmazott elektroncsövek darabszáma több ezer. Ezeket már csak a melegedés miatt sem lehet egymáshoz akármilyen közel elhelyezni, és a cserélhetőség miatt mindegyikhez hozzá is kell férni. Ebből érthető, hogy — különösen az első időkben — a digitális számológépek több hatalmas termet is betöltöttek. A félvezetők és tranzisztorok bevezetésével méreteik alaposan lecsökkentek. A hozzáférhetőség és a szükséges egyéb berendezések miatt azonban az ilyen gépek még ma is egy egész termet töltenek be. Különleges célokra (pl. műholdak, kozmikus laboratóriumok számára) készülnek csak speciális, igen kisméretű digitális számológépek. Ezek azonban tudásukhoz képest igen költségesek.

A KETTES SZÁMRENDSZER

A digitális számítógépek nem az általunk megszokott és éppen ezért kényelmes 10-es számrendszerben dolgoznak. A nagy gépeken a gép elején és végén egy-egy átalakító berendezést építenek be. Így a gép a vele közölt tízes számrendszerbeli adatokat átírja a maga számára a kettes számrendszerbe, és a végeredményeket a kezelő számára visszaírja a tízes számrendszerbe.

Nekünk azonban ilyen átíró berendezés számológépmodelljeinkhez egyrészt kissé költséges lenne, másrészt pedig éppen a számológép működését akarjuk megismerni. Így előzőleg meg kell barátkoznunk a kettes számrendszerrel. Nem is lesz ez olyan nehéz feladat!

Néhány számjeggyel — a tízes számrendszerben tízzel, a kettes számrendszerben kettővel — bármely számot fel tudunk írni. Nem tudjuk, hogy ki találta föl ezt a szellemes, ún. *helyiértékes írásmódot,* pedig megérdemelte volna, hogy följegyezzék a nevét. Már a babilóniaiak is ismerték. A helyiértékes írásmód a tízes számrendszerrel egybekötve, az arabok közvetítésével terjedt el Európában a VIII. században. Lényege a következő:

Megegyezünk abban, hogy ha egy számjegy egy másik számjegy előtt, tehát tőle egy hellyel balra van, akkor tízzel meg kell szoroznunk, és úgy hozzáadnunk az utána állóhoz; ha két hellyel van balra, akkor $100 = 10^2$-nel kell megszoroznunk, és úgy hozzáadnunk az utána állókhoz stb. Tehát pl. 327 tulajdonképpen a következő összeg rövidített leírását jelenti:

$$3 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0 = 3 \cdot 100 + 2 \cdot 10 + 7 \cdot 1$$

(A 10^1-nél a kitevőt csak formai okokból tesszük ki; továbbá az algebrában tanultak szerint bármilyen szám nulladik hatványa 1, tehát $10^0 = 1$. Ugyanígy: $3^0 = 1$ és $2^0 = 1$.) Az előzőhöz hasonlóan:

$$3045 = 3 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0.$$

Teljesen ennek a mintájára valamennyi szám két számjeggyel is fölírható az előzőkhöz hasonló, következő megegyezések alapján. Legyen a két számjegyünk 0 és 1. Ha egy számjegy már egy másik előtt, tehát tőle egy jeggyel balra áll, akkor $2^1 = 2$-vel kell megszoroznunk, és úgy hozzáadnunk az utána állóhoz. Ha pedig egy számjegy már két hellyel áll balra, akkor $2^2 = 4$-gyel kell megszoroznunk és úgy hozzáadnunk az utána állóhoz stb.

Ebben az ún. *kettes számrendszerben* pl. 101 a következő összeg rövid leírását jelenti:

$$101 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0.$$

A mi tízes számrendszerünkben ugyanez:

$$1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 5.$$

Vagy egy másik példa (a jobb oldalon a 0 értékű tagokat elhagytuk, és a számot mindjárt átírtuk a tízes számrendszerbe is):

$$101\,001 = 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^0 = 32 + 8 + 1 = \\ = 41.$$

Gyakorlásul és a későbbiek kedvéért készítsünk magunknak „szótárt" a két számrendszer között, mert így nem kell külön számolnunk egy szám leírásakor, vagy átírásakor:

A tízes	a kettes	a tízes	a kettes
számrendszerben		számrendszerben	
0	0	9	1001
1	1	10	1010
2	10	11	1011
3	11	12	1100
4	100	13	1101
5	101	14	1110
6	110	15	1111
7	111	16	10000
8	1000	stb.	stb.

Látjuk, hogy két számjeggyel is valamennyi szám leírható, de a kettes számrendszerben több számjegy kell ugyanannak a számnak a leírásához, mint a tízes számrendszerben. Például a 16 leírásához két számjegy helyett öt. A 100 leírásához pedig három számjegy helyett hét. Ezt a többletet azonban vállaljuk az egyéb előnyök miatt.

A kettes számrendszerbeli számok átírását a tízes számrendszerbe az előzőkben már gyakoroltuk. Nézzük most, hogy hogyan írunk át egy tízes számrendszerbeli számot a kettes számrendszerbe.

Azt kell csak megtudnunk, hogy melyik helyen milyen számjegy áll. Nézzük először azt meg, hogy tízes számrendszerbeli szám esetén ezt hogyan tudhatjuk meg. Legyen a számunk 1967. Osszuk el a rendszer alapszámával, a jelen esetben 10-zel:

$$1967 = 196 \cdot 10, \text{ és a maradék } 7.$$

A hányadost osszuk el ismét 10-zel:

$$196 = 19 \cdot 10, \text{ és a maradék } 6;$$

hasonlóképpen

$$19 = 1 \cdot 10, \text{ és a maradék } 9,$$

végül

$$1 = 0 \cdot 10, \text{ és a maradék } 1.$$

Látjuk, hogy a maradékok lentről számítva adják az egyes helyértékhez tartozó számjegyeket.

Ugyanígy a kettes számrendszer alapszámával, a 2-vel való sorozatos osztás megadja a szám kettes számrendszerbeli alakját. Írjuk át pl. az 59-et ezen a módon a kettes számrendszerbe:

$$\begin{aligned}
59 &= 2 \cdot 29, \text{ és a maradék } 1,\\
29 &= 2 \cdot 14, \text{ és a maradék } 1,\\
14 &= 2 \cdot 7, \text{ és a maradék } 0,\\
7 &= 2 \cdot 3, \text{ és a maradék } 1,\\
3 &= 2 \cdot 1, \text{ és a maradék } 1,\\
1 &= 0 \cdot 1, \text{ és a maradék } 1.
\end{aligned}$$

Tehát 59 bináris alakja: 111 011.

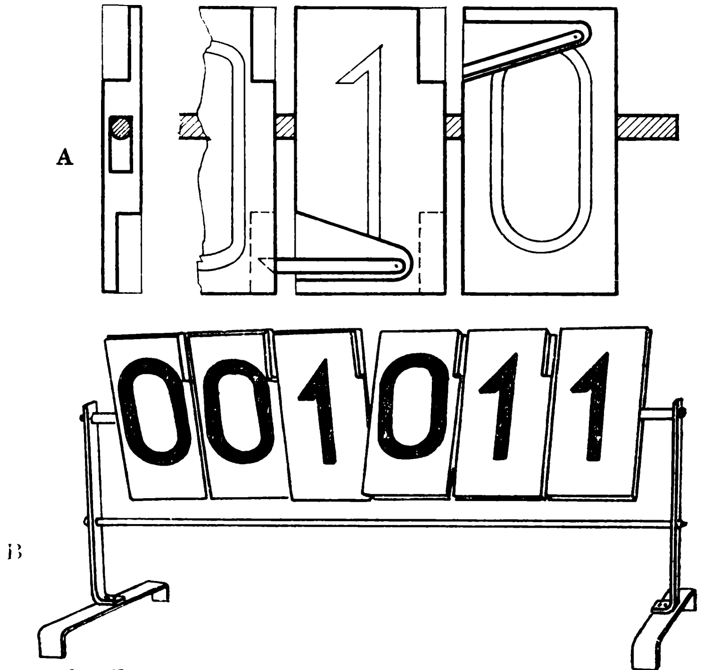
BINÁRIS „SZÁMKERÉK"

A tízes számrendszerbeli mechanikus számlálót mindenki ismeri. Ilyeneket találunk a magnetofonokban a lefutott szalag hosszának, a villany- és gázórákban az elhasznált energia mennyiségének jelzésére. Lényeges alkatrészeik az egymás mellett álló fogaskerekek, amelyeken tíz-tíz fog és egy-egy bütyök van. Az első kerék számlálja az egyeseket. Ha ez egyszer körülfordult, a rajta levő bütyök segítségével egy foggal továbbviszi a tízeseket számláló második fogaskereket, két körülfordulás után két foggal, és így tovább. Ha a második számkerék is egyszer körülfordult, egy foggal továbbviszi a százasokat számláló harmadik fogaskereket stb. A fogaskerekekre írt számokról leolvasható az első kereket ért lökések száma.

A 28/*b* ábrán egy bináris, kettes számrendszerbeli „számkerék" képét mutatjuk be, a 28/*a* ábrán pedig a számkerék részletes rajzát. A két ábra alapján a számkerék működése könnyen érthető. Mivel a kettes számrendszerben csak két számjegy van (a 0 és az 1), ezért itt a fogaskerekeket egyszerű lapok helyettesíthetik, melyeknek egyik oldalára a 0-t, a másikra pedig az 1-et írjuk föl. A kiindulási helyzetben valamennyi lap a 0 oldalával áll felénk. Ha a jobb oldali lapot átfordítjuk, azon megjelenik az 1-es, jelezve, hogy eddig egy átfordítás történt. A 28/*a* ábra részletrajzain láthatjuk, hogy a lapon az átfordítás következtében egy kis fémlemez oldalt kibújik, és hátulról beleakad a második lapba. A második átfordításkor így az első lappal együtt a második lap is átfordul, és megjelenik a második lapon az 1, az első lapon pedig ismét a 0 számjegy, jelezve, hogy összesen 10, azaz két fordulat történt. (Ezt a helyzetet mutatja a 28/*a* ábra.)

Az első lap kis fémlemeze ekkor visszabújik, és így a harmadik átfordításra csak az első lemez fordul. Megjelenik a 11-es felirat, jelezve, hogy már három átfordítás történt. Most már mindkét lapon előbújt a kis fémlemez, így a következő átfordításkor már a két lappal együtt a harmadik is átfordul. Megjelenik a 100-as felirat, jelezve, hogy már négy átfordítás történt stb.

Ha azt akarjuk, hogy bináris számkerekünkön a lapok függőleges helyzetben megálljanak, a következőképpen járjunk el. A tengely számára ne kör alakú lyukat fúrjunk, hanem téglalap alakú nyílást vágjunk. Ekkor függőleges helyzetben a súlypont a tengely alá kerül és így lapjaink függőlegesen állnak.



28. ábra.
A „2-es számkerék"
a) szerkezeti rajz; *b)* készülék

Számkerekünkhöz a legcélszerűbb a lapokat három rétegből ragasztani. A belső deszkalap olyan vastag, mint a tengely. Kívül elegendő, ha kartonlapot ragasztunk rá. Az egyes helyértékek közé tegyünk a tengelyre alátétlemezkéket vagy vastagabb drótból készült karikákat, hogy a lapok össze ne akadjanak.

Számkerekünk igen alkalmas a kettes számrendszerrel való számlálás begyakorlására és a számrendszerrel való közelebbi megismerkedésre. Kis túlzással kettes számrendszerbeli mechanikus számlálónak is nevezhetjük. Jelfogós kivitelben is hamarosan megismerkedünk vele; elektronikus kivitelben az atomfizikusok és az elektromérnökök nélkülözhetetlen műszere.

MŰVELETEK A KETTES SZÁMRENDSZERBEN

Összeadás. A kettes számrendszer egyik előnye, hogy a műveletek sokkal egyszerűbbek ebben, mint pl. a tízes számrendszerben. Ahhoz, hogy papiroson többjegyű számokat tudjunk a tízes számrendszerben összeadni, meg kellett tanulnunk alsós általános iskolás korunkban az ún. *összeadó táblázatot,* vagyis azt, hogy két számjegynek, pl. 5-nek és 7-nek mennyi az öszszege. Mivel a számjegyek sorrendje sem egészen közömbös, azért tulajdonképpen száz esete van a tízes számrendszerbeli számjegyek összeadásának.

A kettes számrendszerben könnyebb a dolgunk. Az összeadó táblázatnak itt mindössze a következő négy esete van:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$1 + 1 = 0$ és átvitelként marad 1.

(Így volt ez a tízes számrendszerben is. Pl. ezt mondtuk: $8 + 4$ az 12, leírjuk a kettőt, és átvitelként marad 1.)

Lássunk mindjárt egy összeadást a kettes számrendszerben. Az ellenőrzés kedvéért elvégeztük, és odaírtuk az összeadást a tízes számrendszerben is.

$$\begin{array}{rr} 11\,101 & 29 \\ +1\,100 & +12 \\ \hline 101\,001 & 41 \end{array}$$

Az összeadást itt is a jobb oldalon, tehát a legalacsonyabb helyértékű számjeggyel kezdjük, és úgy haladunk balra. A tízes számrendszerben végzett megfelelő művelethez hasonlóan a következő szöveget mondjuk hozzá: 0 meg 1 az 1, leírjuk az 1-et, átvitel nincs; 0 meg 0 az 0; 1 meg 1 az 0, leírjuk a 0-át, maradt 1. Most jön az érdekesség: 1 meg 1 az 0, meg 1 az 1, leírjuk az 1-et és átvitelként is maradt 1; 1 meg 1 az 0, maradt 1. És végül: 1 magában 1.

Íme, már tudunk a kettes számrendszerben összeadni! Lényegesen könnyebb volt megtanulnunk, mint általános iskolás korunkban a tízes számrendszerben az összeadást! Ajánlatos egy-két példát még felírni, és azon begyakorolt készséggé tenni friss tudásunkat. A tízes számrendszerben is ellenőrizzük eljárásunk helyességét!

Kivonás. A kivonás is történhet úgy, mint a tízes számrendszerben. Jobbról, a legalacsonyabb helyértékről indulunk, és bal felé haladunk. A kivonást számjegyenként végezzük. Ha a kisebbítendő számjegy kisebb, mint a kivonandó, akkor a magasabb helyértékről veszünk „kölcsön", mint azt a „rendes" kivonásnál is tesszük. Lássuk egy példán:

$$\begin{array}{r} 11\,011\,001 \\ -1\,101\,111 \\ \hline 01\,101\,010 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 217 \\ -111 \\ \hline 106 \end{array}$$

A következő szöveget mondjuk hozzá: 1 — 1 az 0; 2 — 1 az 1, és maradt 1; 2 —2 az 0, és maradt 1; 3 — 2 az 1, és maradt 1; 1 — 1 az 0; 2 — 1 az 1, és maradt 1; 3 — 2 az 1, és maradt 1; 1 — 1 az 0.

A kivonás a kettes számrendszerben lényegesen nehezebb, mint az összeadás. De így volt ez a tízes számrendszerben is. Túlságosan nem is érdemes begyakorolnunk, mert a számológépek a kivonást más módszerrel végzik. Hamarosan megismerkedünk ezzel a módszerrel is. A kettes számrendszerben végzett szorzásra és osztásra a későbbiekben még visszatérünk.

„DUGASZOLÓS" SZÁMOLÓGÉP

Az eddigiek begyakorlására érdemes megcsinálnunk a következő, igazán egyszerű kis számológépet. (Leírása megjelent a *Mathematics Teaching* 1964. évi 26. számában.) Nem kerül semmibe, mert csak egy darab deszka és 15—20 szög kell hozzá.

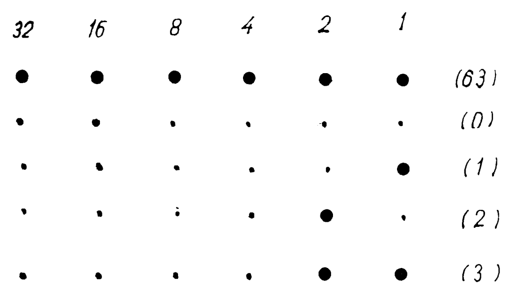
Egy kb. 15 × 15 cm-es deszkadarabba 4—5 sorba, soronként 6 lyukat fúrunk, hogy a szögeket könnyedén a lyukakba állíthassuk. Nagyjában úgy, mint a 29. ábrán látjuk. A számok „betáplálása" számológépünkbe a szögek beszúrásával történik. (Az ábrán a kisebb pont a lyukakat, a nagyobb pont a bedugott szögeket jelképezi.) A legfelső lyuksor fölé odaírtuk a tízes számrendszerben az egyes oszlopok értékét. A második sorban nyilván a 0 szám van tárolva, mert egy szög sincs bedugva. A harmadik sorban az 1-es, a negyedikben a 2-es, az ötödikben a 3-as szám. A legfelső sorban pedig a tárolható legnagyobb szám, a 63. Gépünk egy-egy sorának ennyi a tárolókapacitása. Nézzük, hogy hogyan végezzük számológépünkkel az egyes műveleteket!

Összeadás. Adjuk össze a számológépünk legfelső sorában tárolt 26-ot az alatta levő sorban tárolt 15-tel. A mechanikus eljárás a következő (30. ábra):

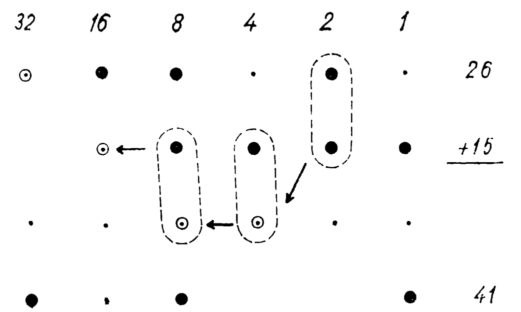
Az összeadást számjegyenként végezzük, és a legkisebb helyértékű számjegyekkel, tehát jobb oldalon kezdjük. Ha az oszlopban csak egy dugasz van, azt a felső sorba tesszük. Ha ugyanabban az oszlopban két dugasz van, az oszlopot kiürítjük, és egy dugaszt bedugunk az eggyel magasabb helyértékű oszlopba. Így megyünk helyértékről helyértékre. Végül a felső sorban megkapjuk az összeget. (A 30. ábrán az áttekinthetőség kedvéért a negyedik sorban tüntettük fel az összeget. Az első három sorban az eredetileg bedugott szögeket kitöltött karikával, az átvitelként bedugott szögeket üres karikával jeleztük.) Ha több összeadandó van, az utasítás a következő:

Adjuk a második sort az elsőhöz, majd a harmadikat az első kettő összegéhez, és így tovább. Így az első sorban végül is megkapjuk az összeget.

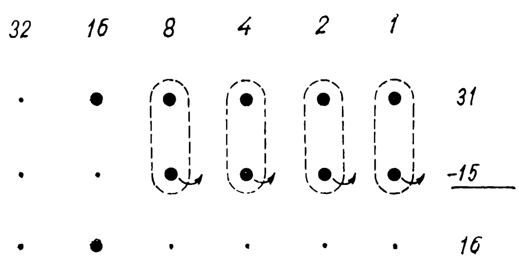
A mechanikus eljárás helyességét az előző pontban megismertek alapján könnyen beláthatjuk.



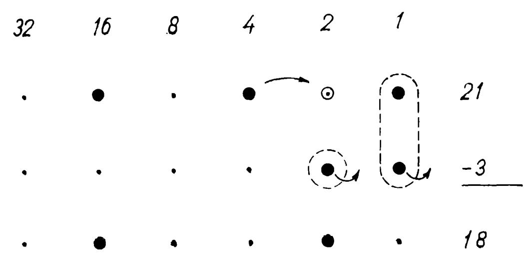
29. ábra.
„Dugaszolós" számológép



30. ábra.
Összeadás dugaszolós számológépünkön



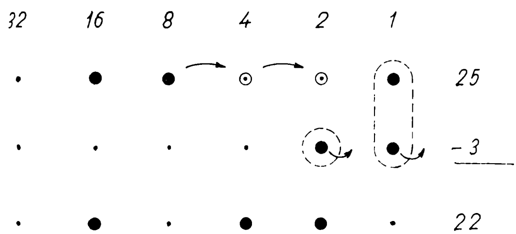
31. ábra.
A kivonás legegyszerűbb esete



32. ábra.
Bonyolultabb kivonás

Kivonás. A kisebbítendőt az első, a kivonandót a második sorba visszük be. Elhagyjuk azokat az oszlopokat, ahol két dugasz van. Ha így a második sorban nem marad dugasz, meg is kaptuk az eredményt (31. ábra). Ha maradt még dugasz a második sorban, akkor az eljárás a következő:

A második sorban megmaradt dugaszhoz legközelebb álló, és tőle balra fekvő, első sorban levő dugaszt egy hellyel jobbra visszük. Ha így egy sorba került az alatta levővel, akkor az alsót eltávolítjuk, a felsőt meghagyjuk. Ha nem, akkor ott hagyunk egy dugaszt, és egyet ismét tovább viszünk jobbra mindaddig, amíg nem kerül az alatta levővel egy oszlopba.



33. ábra.
A kivonás legnehezebb esete

Így iktatjuk ki sorban valamennyi alsó dugaszt (32. és 33. ábra).

Szorzás. Általános esetben ismételt összeadásra vezetjük vissza. Ha a szorzó 2 hatványa, akkor annyi egységgel visszük balra a szorzandót, amennyi a hatványkitevő.

Osztás. Általános esetben ismételt kivonás. Ha az osztó 2 hatványa, akkor annyi helyértékkel visszük jobbra az osztandót, amennyi a hatványkitevő.

Sok örömünk lesz ebben a primitívnek gondolt kis „számológépben”, ha nem sajnáljuk a fáradságot, és el is készítjük.

KIVONÁS ÚJ MÓDSZERREL

Kis dugaszolós számológépünkkel a kivonás bizony eléggé bonyolultan ment. A digitális számológépek másként, számunkra lényegesen egyszerűbb módon végzik a kivonást. Ismerkedjünk meg most ezzel a módszerrel!

Az ötletet az új módszerhez egy régi, még a tízes számrendszerben talált megfigyelés adta. Évszázadokig csak algebrai érdekességnek látszott, de a számológépeknél jól felhasználhatónak bizonyult. Tanulmányozzuk ezt a megfigyelést egy példán! Ha 43-ból 37-et kivonunk, 6-ot kapunk. Ha kivonás helyett a 43-hoz azt a számot adjuk hozzá, amely az előző kivonandót, a 37-et 100-ra egészíti ki — tehát 63-at —, akkor 106-ot kapunk. Ha ebből elhagyjuk a százast, akkor az előző különbséget, a 6-ot kapjuk. Egy másik példa. Ahelyett, hogy a 43-ból a 28-at kivonnánk, adjuk hozzá a kisebbítendőhöz a kivonandót 100-ra kiegészítő számot, a 72-t. Ha ezt hozzáadjuk a 43-hoz, és elhagyjuk belőle a 100-at, ismét a különbséget, a 15-öt kapjuk. Érdekessége ennek a módszernek, hogy segítségével a kivonás visszavezethető az összeadásra. Próbáljuk ki még más számokkal is, hogy gyakorlatot szerezzünk!

A kapott kiegészítő számokat — az első példában a 63-at — az eredeti kivonandó (100-ra vonatkoztatott) *komplemens* (kiegészítő) számának nevezzük. Próbálkozásainkból ezt a formális szabályt vonhatjuk le: egy számot úgy is kivonhatunk egy másikból, hogy a komplemens számát adjuk hozzá a számhoz, és az összegből elhagyjuk a komplementálás viszonyszámát.

Így okoskodhat valaki: — Furcsa takarékosság! Megtakarítjuk a kivonást, mert az összeadással helyettesítjük. De közben a komplemens szám megkereséséhez a kivonás műveletének elvégzésére van szükségünk! — Hát igen! Így van ez a tízes számrendszerben. Ezért maradt ez a megfigyelés csak algebrai érdekesség. De nem így van a kettes számrendszerben! Itt egy szám komplemensét egyszerűen úgy kapjuk meg, hogy benne az 1-esek helyébe 0-át, minden 0 helyébe 1-est írunk, és az így kapott számhoz még hozzáadunk 1-et. Például 37 bináris, azaz kettes számrendszerbeli alakja, ha gépünk kapacitása hat bináris jegy:

37 100 101.

A számjegyeket a leírt módon felcserélve, és az így kapott számhoz 1-et hozzáadva kapjuk, hogy

37 komplemense 011 011.

(A tízes számrendszerben ez 27. Ez egészíti ki a 37-et $2^6 = 64$-re, gépünk befogadóképességére.)

Adjuk ezt hozzá 43-hoz, ahelyett, hogy kivonnánk belőle a 37-et:

$$\begin{array}{rrlr} 43 & 101\,011 & \text{helyett:} & 101\,011 \\ -37 & -100\,101 & & +011\,011 \\ \hline 6 & & & 000\,110 \end{array}$$

A tízes számrendszerbe átírva ez valóban 6. (Az utolsó átvitelként maradt 1-et azért nem írtuk ki, mert megegyeztünk abban, hogy gépünk befogadóképessége csak hat bináris jegy, azaz a komplementálás viszonyszáma 1 000 000.)

Összefoglalásul jegyezzük meg, hogy a számítógépek az összeadásra vezetik vissza a kivonás műveletét: a kivonandó komplemens számát hozzáadjuk a kisebbítendőhöz.

Megemlítjük még, hogy a nagy számítógépekben a számok beadásakor a balról számított első helyet a szám előjele számára tartják fönn. Ha a szám pozitív, akkor erre a helyre 0 kerül, ha pedig negatív, akkor 1-et írnak. Azt is megemlítjük még, hogy a nagy számítógépek gyakran csak 1-nél kisebb számokkal dolgoznak. Ilyenkor a minden szám előtt szereplő 0 egészet és a tizedesvesszőt elhagyják, és az első számjegy mindjárt 2^{-1}, vagyis 1/2 nagyságrendű. Az 1-nél kisebb számokkal való számolás csak programozás kérdése. Mert tetszőleges számításban minden szám 1-nél kisebbé tehető, ha valamennyit elosztjuk a legnagyobbnál is nagyobb, megfelelően megválasztott számmal.

A fenti megjegyzések ismeretében pl. a kettes számrendszerbeli 0 1011 a tízes számrendszerben $+\frac{11}{16}$-nak felel meg. Ugyanis az előző megállapodásunk szerint az első 0 az előjel, vagyis a

$+$ jel, a 1011 pedig, mivel 1-nél kisebb szám, a következő összeg rövidített leírása:

$$1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} = \frac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} = \frac{11}{16}$$

(a negatív kitevőjű hatványoknak a középiskolában tanított értelmezése szerint).

Ugyanígy a kettes számrendszerbeli 1 0111 a tízes számrendszerben $-\frac{7}{16}$.

Próbáljunk meg ezekután egy összeadást előjeles törtszámokkal:

$$\begin{array}{rcr} 0\ 10011 & \text{vagyis} & \frac{19}{32} \\ +0\ 01001 & & +\frac{9}{32} \\ \hline 0\ 11100 & & \frac{28}{32} \end{array}$$

Az összegnek, mint látjuk, az előjelét is megkaptuk. (A $+$ jel itt nem előjel, hanem az összeadás műveleti jele!)

Most már talán a kissé bonyolultabb kivonással is megpróbálkozhatunk! Tudjuk az előzőkből, hogy a kivonandó kivonása helyett a komplemens számát adjuk hozzá a kisebbítendőhöz. Az első oszlopban a tízes számrendszerben végezzük el a kivonást.

$$\begin{array}{rrcr} \frac{11}{16} & 0\ 1011 & & 0\ 1011 \\ & & \text{helyett:} & \\ -\frac{9}{16} & -0\ 1001 & & +1\ 0111 \\ \hline \frac{2}{16} & & & 0\ 0010 \end{array}$$

Tehát valóban $\frac{2}{16}$-ot kaptunk a kivonás eredményéül. Figyeljük meg, hogy mellesleg a különbség előjelét is megkaptuk! A legérdekesebb a következő kivonás:

$$
\begin{array}{rrcr}
\frac{5}{16} & 0\;0101 & & 0\;0101 \\
 & & \text{helyett:} & \\
-\frac{7}{16} & -0\;0111 & & +1\;1001 \\
\hline
-\frac{2}{16} & & & 1\;1110
\end{array}
$$

Az eredmény (1 1110) értékelésekor két dologra kell vigyáznunk. Az első 1-es azt mutatja számunkra, hogy a kivonás eredménye negatív. A másik, még érdekesebb dolog az, hogy az eredmény helyett annak komplemensét kaptuk meg. (1 1110 komplemense 0 0010, vagyis valóban $\frac{2}{16}$.)

BINÁRIS ÖSSZEADÓ-KIVONÓ GÉP KAPCSOLÓKKAL

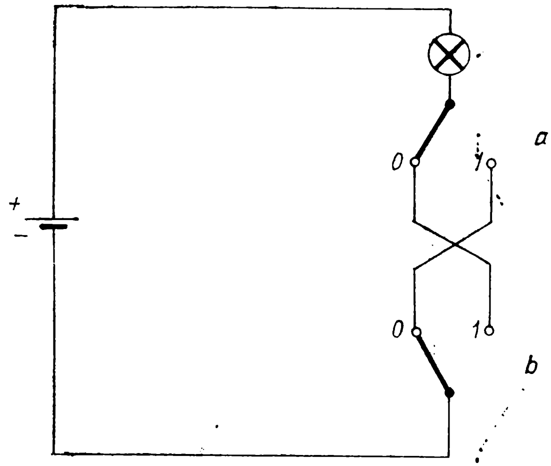
Az előző pont nem könnyű, de nagyon hasznos és szükséges elméleti fejtegetései után térjünk vissza ismét a gyakorlatra. Olyan egyszerű számológépet építünk, amelyhez csak kapcsolók és égők szükségesek, és a kettes számrendszerben tetszés szerinti számokat tud összeadni, kivonni. Tehát tudja mindazt, amit az előzőkben esetleg nehéz elméleti fejtegetésnek tartottunk.

Egyjegyű számok összeadása átvitel nélkül. Mint a kettes számrendszerbeli számok összeadásakor már megtárgyaltuk, itt az egyjegyű számok összeadásának mindössze a következő négy esete van:

$$0+0=0; \quad 0+1=1; \quad 1+0=1; \quad 1+1=0,$$

és átvitelként maradt 1.

Az első három esetet (tehát amikor átvitel nincs) a 34. ábrán közölt kapcsolással lehet megoldani. Látjuk, hogy mindössze egy égő (pl. 3,5 V-os zseblámpaizzó) és két olyan kapcsoló szükséges hozzá, amely nemcsak be- és kikapcsol, hanem ki-



34. ábra.
Egyjegyű számok összeadása átvitel nélkül

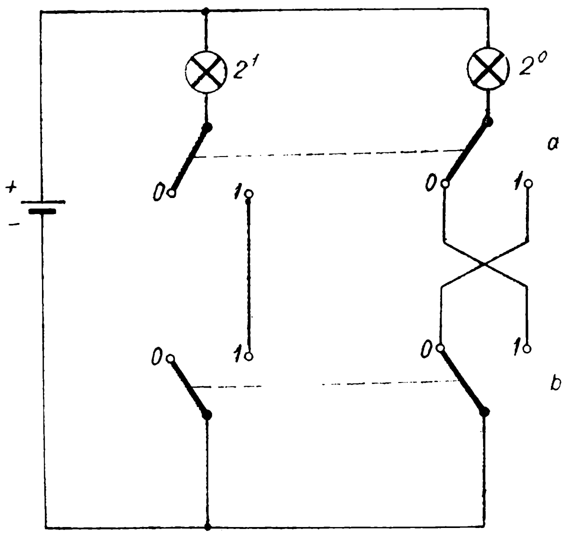
kapcsolás helyett átkapcsol. Az áramforrás 4,5 V-os zseblámpatelep lehet vagy csengőtranszformátorról vett váltakozóáram. A következőkben állapodunk meg:

Az *a* kapcsoló jelentse az első, a *b* kapcsoló a második összeadandót. A kapcsolók bal oldali állása jelentse azt, hogy a megfelelő összeadandó 0, a jobb oldali állása pedig azt, hogy az összeadandó 1. Ha az izzó nem ég, akkor az összeg 0, ha pedig ég, akkor az összeg 1.

Ha a kapcsolás menetét mind a három esetben követjük, látjuk, hogy az izzó valóban csak a második és harmadik esetben ég. Tehát kapcsolásunk eleget tesz a kiszabott feltételeknek. Annyira egyszerű, hogy megépíteni talán nem is érdemes.

Egyjegyű számok összeadása átvitellel. Ha az átvitelt is meg akarjuk valósítani, már kissé bonyolultabb, de még mindig könnyen áttekinthető kapcsolásra van szükségünk (35. ábra).

Ennek megvalósítására két db izzóra, két db kétutas kétállású kapcsolóra van szükségünk az előző áramforráson kívül. Ilyen kapcsoló szaküzletekben kapható. A megállapodások ugyanazok, mint az előző kapcsolásnál.

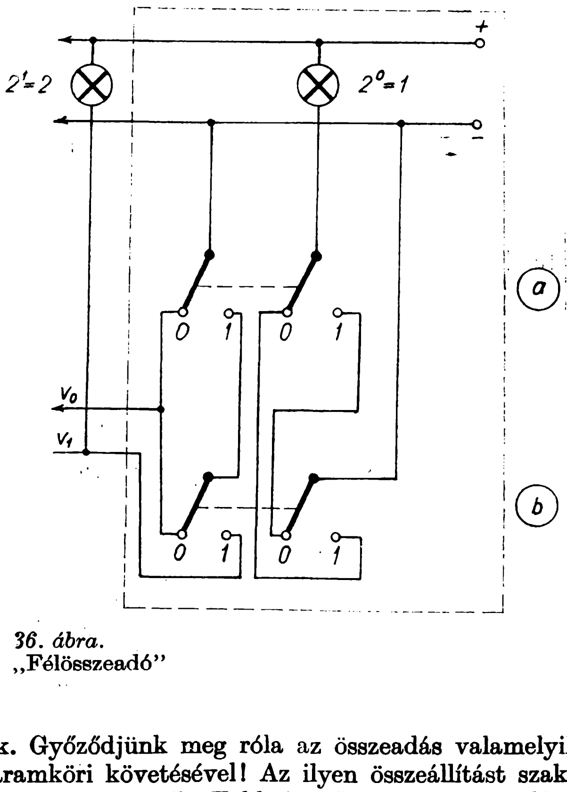


35. ábra.
Egyjegyű számok összeadása átvitellel

Kapcsolásunk az összeadás első három esetében ugyanazt az eredményt adja, mint az előző. Tehát egyik égő sem ég, ha az összeg 0. A jobb oldali ($2^0 = 1$ jelzésű) égő ég, ha az összeg 1. Az összeadás negyedik esetében tehát, amikor az összeg 0, és átvitelként marad 1, a 2^0 feliratú égő nem gyullad ki, de az átvitelt jelző bal oldali égő igen. Ha most ehhez a $2^1 = 2$ föliratot írjuk, akkor az összeadás tízes számrendszerbeli eredményét, a 2-t mutatja számunkra.

Kis összeállításunkat végeredményben olyan egyszerű számológépnek tekinthetjük, amely két, kettes számrendszerű egyjegyű számot tud összeadni, és az eredményt mindjárt a tízes számrendszerben mutatja.

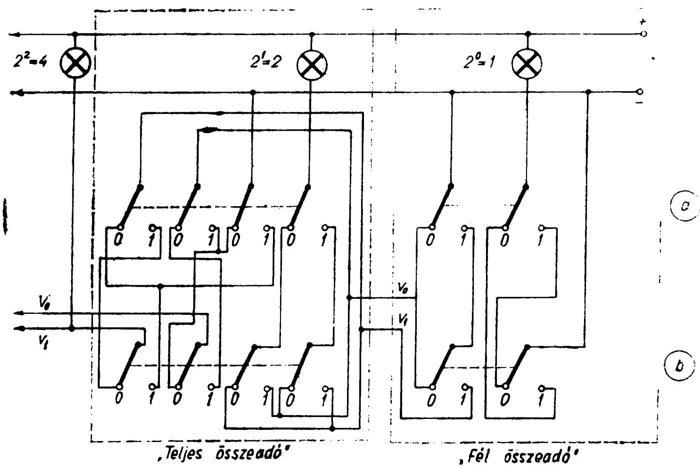
A 36. ábra kapcsolása végeredményben ugyanaz, mint az előző ábra kapcsolása, csak a későbbiek kedvéért kissé módosí-



36. ábra.
„Félösszeadó"

tottuk. Győződjünk meg róla az összeadás valamelyik esetének áramköri követésével! Az ilyen összeállítást szaknyelven *félösszeadónak* nevezik. Több jegyű számok összeadása esetén az ilyen kapcsolás ugyanis csak a jobb oldali első, tehát a legkisebb helyértékű számjegyek összeadására alkalmas. A jobb oldalról számított második helyértéktől kezdve ugyanis már előfordulhat, hogy mindkét összeadandóban az 1-es számjegy van, és az előző helyértékről is van egy 1-es áthozat. Tehát tulajdonképpen három számjegyet kell összeadnunk.

Kétjegyű számok összeadása. A 37. ábra kapcsolása már kétjegyű számok összeadására nyújt lehetőséget a kettes számrendszerben. A rajz jobb oldali felében az előző ábránk *félösszeadójára* ismerünk. A bal oldali, a második számjegyek összeadását végző rész már egy ún. *teljes-összeadó.* Egy teljes-összeadó megépítéséhez már két darab négyutas kétállású kapcsolóra van szükségünk. Ilyen kapcsolókat a telefontechnikában használnak. Mi is ilyenekkel építjük meg számológépünket. A kereskedelmi forgalomban tárcsás kapcsoló *(Jexley)* elnevezéssel árulnak erre a célra használható kapcsolót (régebbi rádiókészülékekben használták ezeket). Végső esetben egy ilyen kapcsoló két db kétutas kétállású kapcsolóval helyettesíthető, tehát megépítésének nincs akadálya.



37. ábra.
Kapcsolós összeadó két jegyre

Kapcsolásunkkal két kétjegyű számot adhatunk össze. Ennek az összeadásnak a következő 16 esete lehet:

$$\begin{array}{r} 00\\ +00\\ \hline 00 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 00\\ +01\\ \hline 01 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 00\\ +10\\ \hline 10 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 00\\ +11\\ \hline 11 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 01\\ +00\\ \hline 01 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 01\\ +01\\ \hline 10 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 01\\ +10\\ \hline 11 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 01\\ +11\\ \hline 100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10\\ +00\\ \hline 10 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 10\\ +01\\ \hline 11 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 10\\ +10\\ \hline 100 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 10\\ +11\\ \hline 101 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11\\ +00\\ \hline 11 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 11\\ +01\\ \hline 100 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 11\\ +10\\ \hline 101 \end{array}\qquad \begin{array}{r} 11\\ +11\\ \hline 110 \end{array}$$

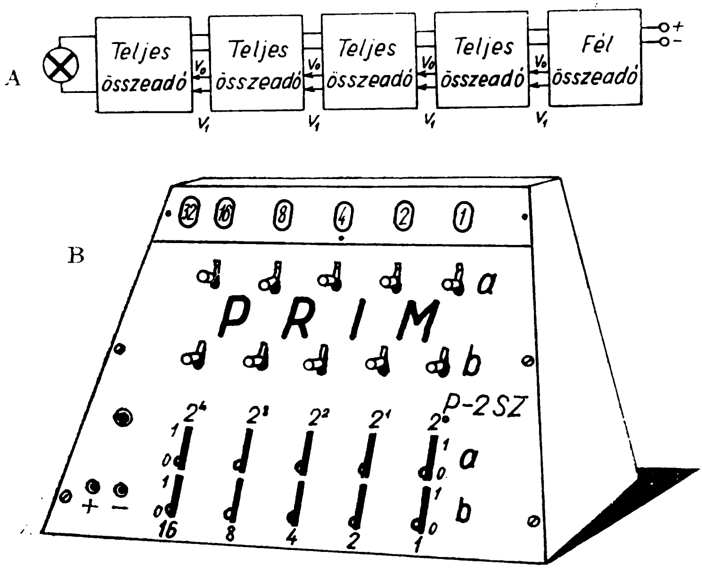
Csak az egyik átló irányába eső négy legérdekesebb esetet kövessük végig a kapcsolási rajzon! Ha mindkét összeadandó 0, akkor az összes kapcsolók a rajzon megadott állásban vannak. Ha az izzók áramköreit megvizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy mindegyik valahol meg van szakítva, tehát egyik izzó sem világít. Helyesen mutatják, hogy $0+0 = 0$.

Ha mindkét összeadandó 1, akkor az *I*. fokozat *a* és *b* kapcsolói egyaránt a jobb oldali állásban vannak. A 2^0 izzó nem ég, mert áramköre nyitott. Az átvitelt továbbító V_1 alsó vezetéken azonban negatív feszültség jut a második fokozat 2^1 jelzésű égőjére. Ennek az áramköre zárt. Az égő tehát helyesen jelzi, hogy $1+1 = 2$.

Ha mindkét összeadandó 2, akkor az *I*. fokozat kapcsolói a mostani 0 helyzetben vannak, a *II*. fokozat kapcsolói azonban a jobb oldali állásban. Ha megvizsgáljuk az égők áramköreit, látjuk, hogy csak a 2^2 égő áramköre zárt. Jelzi, hogy $2+2$ valóban 4.

Végül, ha mindkét összeadandó 3, akkor az *I*. és *II*. fokozat minden kapcsolója a jobb oldali helyzetben van. A 2^0 feliratú égő az előbbiekben már megbeszélt okok miatt nem világít, a másik két égő azonban igen. Számológépünk most is helyesen mutatja a $2^2 + 2^1 = 4+2 = 6$ eredményt. A többi 12 esetet ugyanígy gondolható végig. Ajánlatos gyakorlásul még egyet-kettőt megpróbálni.

Több jegyű számok összeadása. Legutóbbi rajzunk alapján akárhány számjegy esetén is könnyedén készíthetünk kapcsolós összeadó gépet. Például, ha ötjegyű összeadandókat engedünk



38. ábra.
Kapcsolós összeadó-kivonó gép
a) tömbvázlat; *b)* készülék

meg, akkor a *II.* fokozatot, a teljes-összeadót még háromszor megismételjük, és már előttünk is van a kívánt kapcsolási rajz. A gép ún. *tömbvázlatát* a 38/*a* ábrán látjuk. Nagyon jól mutatja ez a rajz, hogy ötjegyű bináris összeadó gépünkhöz egy félösszeadóra és négy teljes-összeadóra van szükségünk. Az egyes téglalapokba természetesen bele kell képzelnünk a megfelelő kapcsolási rajzokat.

Kivonás. Kapcsolós számológépünkkel kivonni is tudunk. Mint az előző pontban már megbeszéltük, számológépekkel a kivonást úgy végezzük, hogy a kivonandó komplemens számát hozzáadjuk a kisebbítendőhöz. Egy szám komplemens számát pedig úgy kapjuk meg a kettes számrendszerben, hogy ahol a számban 1-es állt, oda 0 kerül, ahol pedig 0 állt, oda 1-est írunk, és az így kapott számhoz még hozzáadunk 1-et. Megjegyeztük azt is, hogy a számológépen a legnagyobb helyértéket előjelnek szokták kinevezni. Ha itt 0 áll, akkor a szám előjele (+), ha pedig 1, akkor a szám előjele (—). Nézzünk meg ezekután egy öt jegy kapacitású számológépen egy-két kivonást. A 3—2 = 1 egyszerű kivonás a kettes számrendszerben:

$$
\begin{array}{r}
0\ 0011 \\
-0\ 0010 \\
\hline
\end{array}
\quad \text{helyett} \quad
\begin{array}{r}
0\ 0011 \\
+1\ 1110 \\
\hline
0\ 0001
\end{array}
$$

Valóban + 1-et kaptunk eredményül.

Legyen most a kivonandó nagyobb, mint a kisebbítendő:

$$
\begin{array}{r}
5 \\
-12 \\
\hline
-\ 7
\end{array}
\qquad
\begin{array}{r}
0\ 0101 \\
-0\ 1100 \\
\hline
\end{array}
\quad \text{helyett:} \quad
\begin{array}{r}
0\ 0101 \\
-1\ 0100 \\
\hline
1\ 1001
\end{array}
$$

Az eredmény tehát negatív, mint az első helyen álló (előjel) 1-es mutatja, és a különbség komplemens számát kaptuk meg. Az eredmény komplemens száma pedig valóban 0111, vagyis 7. A kivonás eredménye tehát, az előjelet is kiírva: —7.

A gyakorlati megvalósítás. A 38/*b* ábrán az általunk elkészített ötszámjegyes, (5 *bit*-es) gép képét látjuk. A tápegység két párhuzamosan kapcsolt zseblámpatelep vagy hálózati transzformátorról 4 V-os váltakozó áram. A legfelső sorban levő lyukakban levő 3,5 V-os zseblámpaégőkről olvasható le az eredmény. A felső *a* kapcsolósoron adjuk be összeadás esetén az egyik összeadandót, az alatta levő *b* kapcsolósoron a másik összeadandót. A kapcsolók felső állása az 1-et, az alsó állása a 0-át jelenti. A bal oldali közönséges kapcsoló bekapcsolásakor az összeg fent mindjárt meg is jelenik.

Alul ugyancsak találunk *a* és *b* kapcsolósort. Ezek csak *álkapcsolók,* egyszerű rudacskák, amelyek felső és alsó helyzetbe hozhatók. A kivonás végzését könnyítik meg.

Beszéljünk a következőkben összeadás és kivonás helyett, mint a matematikában szokás, egyszerűen előjeles számok összevonásáról. Ha mindkét összevonandó egyenlő előjelű, akkor a fenti összeadás módján járunk el. Az eredmény előjele a közös előjel, számértéke pedig a fenti módon kapott összeg.

Ha az egyik összevonandó negatív, akkor az alsó álkapcsolókra adjuk be a számokat. Amelyiknek pozitív az előjele, azt a felső kapcsolósorban ugyanúgy beadjuk. Amelyiknek az előjele negatív, annak a komplemens számát adjuk be a második kapcsolósoron.

Az áramforrás bekapcsolásakor most két eset lehetséges. Ha balról az első izzó (az előjel izzója) nem ég, akkor az összevonás eredménye pozitív (a lámpákról azonnal le is olvasható). Ha azonban az előjel izzója ég, akkor az eredmény negatív előjelű, és csak a komplemens száma olvasható le az izzókról. Ha tehát a tényleges eredményt akarjuk megkapni, akkor valamelyik alsó *álkapcsolósoron* előállítjuk a kapott szám komplemens számát, tehát számértékre nézve a valódi eredményt. Ne felejtsük el hozzáírni a negatív előjelet is!

Megjegyezzük, hogy a nagy számítógépekhez hasonlóan gépünkön 1-nél kisebb számokkal is dolgozhatunk. Ekkor ki kell mondanunk, hogy pl. az előjel-helyérték után következik a tizedesvessző. A többi minden úgy megy, mint az előbb egész számok esetén. A nagy számítógépeknél rögzített tizedestörtvesszős eljárásnak nevezik azt, amit lényegében most tettünk.

Az igazán szerény eszközökkel előállítható kis digitális számológépünk igen alkalmas a kettes számrendszerben való összeadás és kivonás megértetésére és begyakorlására.

JELFOGÓK

Kapcsolós számológépünkön a számok beadásával tulajdonképpen mi hoztuk létre a műveletek elvégzéséhez szükséges kapcsolásokat. Amikor a főkapcsolóval a berendezést áram alá helyeztük, az áram a már létrehozott áramkörökben folyva csak jelezte az eredményt.

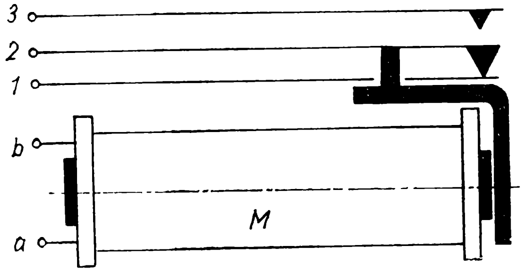
A nagy számítógépekben lényegesen más szerepe van az elektromos áramnak. Ezekben a szükséges kapcsolásokat is az elektromos áram hozza létre.

A következőkben ismertetett számológépeink és kibernetikai berendezéseink jelfogókkal működnek. Ezek működése már sokkal jobban modellezi az igazi számítógépek működését. Érdemes megemlíteni, hogy a mai értelemben vett első automata számítógép *(MARK—1,* 1944-ben*)* is jelfogókkal épült fel. Oktatási célokból később is szívesen építettek jelfogós számítógépeket (pl. a Budapesti Műszaki Egyetem 2700 jelfogóból álló, magyar tervezésű és építésű számítógépe: épült 1958-ban; lásd 92. ábra). Kezdők és főleg fiatalok szempontjából azért is jók a jelfogók, mert ezek kevésbé érzékenyek (pl. a túlterhelésre), mint az elektroncsövek és a tranzisztorok. Nehezebb bennük kárt tenni, és azok sem tesznek kárt a velük foglalkozókban, mert alacsonyabb feszültséggel dolgoznak, mint az elektroncsövek. Ismerkedjünk meg tehát egy kissé a jelfogókkal.

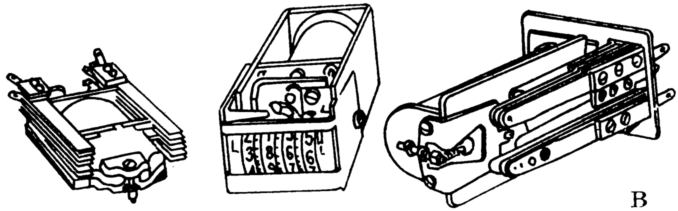
A jelfogó szerkezete és működése. Az automata telefonközpontokban, a felvonók kapcsoló és biztosító berendezéseiben, gyárak, üzemek különféle automata berendezéseiben különböző méretű és kivitelű jelfogókat használnak. Szerkezeti szempontból lényegében mind megegyeznek egymással. Működésük megismerése céljából az egyik típus vázlatos rajzát a 39/*a* ábrán mutatjuk be.

Ha a jelfogó vasmagos tekercsének *a* és *b* kivezetéseire feszültséget kapcsolunk, akkor az így létrejött elektromágnes *(M)* magához húzza a tengely körül könnyen forgó L alakú vaslemez szárát. A másik szár a rajta levő pecek segítségével megemeli a *2* rugós érintkezőt annyira, hogy az alatta levő *1* rugós érintkezővel való fémes kapcsolata megszakad, és helyette érintkezésbe kerül a fölötte levő *3* rugós érintkezővel. Az elektromágnes *a* és *b* érintkezőire kötött ún. ***vezérlő áramkör*** a jelen esetben tehát két másik áramkört vezérel: nyitja az 1—2 érintkezőkre kötött áramkört, és zárja a 2—3 érintkezőkre kötöttet. A modern reléken — ahogy a jelfogókat a nemzetközi szóhasználatban nevezik — sokszor 16—24 db rugós érintkező is van.

Így 8—16 áramkört is lehet egyetlen áramkörrel vezérelni. A 39/*b* ábrán három tipikus jelfogót mutatunk be. Az első az ún. *lapos jelfogó.* A zárókar alul párhuzamosan fut az elektromágnes vasmagjával. A köztük levő, alig 0,5—1 mm-es rés



A



B

39. ábra.
Jelfogók
a) szerkezete; *b)* fajtái

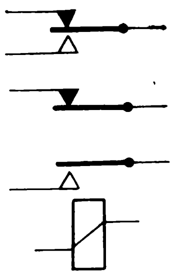
záródásakor kapcsolja (ki-be vagy át) a kétoldalt látható lemezrugót. A második az ún. *számláló jelfogó,* mely elektromechanikusan tudja számlálni pl. a telefonbeszélgetéseket. A harmadikban az előbb ismertetett, ún. *szögemeltyűs jelfogóra* ismerünk, amelyen hét rugós érintkező van.

Ezekhez a nagyméretű jelfogókhoz viszonylag nehezebb rendszeresen hozzájutni. Újabban azonban az Ezermester Boltokban korlátlanul kapható magyar gyártmányú *miniatűr jelfogó.* Ízléses, átlátszó műanyagfoglalat védi a jelfogót legnagyobb ellenségétől, a portól. Méretei mindössze 10×15×20 mm. Így térfogata mintegy 50-szer kisebb a normál méretű jelfogó térfogatánál, ezért eszményien alkalmas amatőr célokra, de ipari célokra is mind nagyobb méretekben használják őket (lásd 43/*b* ábra).

A jelfogók tekercsének ellenállását néhány ohm és néhány ezer ohm közötti értékre választják aszerint, hogy működtetésére mekkora feszültség áll rendelkezésre. A telefontechnikában általában 24—48 V-os feszültséget használnak. A jelfogók működtetéséhez szükséges áramerősség 1—2 mA-től 100—200 mA-ig változik, a felvett teljesítmény pedig néhány tized W-tól néhány W-ig. Az említett miniatűr jelfogók 3, 4, 6 és 12 V feszültségre kaphatók. Tervezik 24 V-os feszültségre való tekercselését is. Valamennyi 0,2 W teljesítményt vesz föl. Így sorban 67, 50, 34 és 17 mA a működtetésükhöz szükséges áramerősség. Ellenállásuk pedig 45, 80, 360 és 720 ohm.

A jelfogók meghúzási és elengedési ideje 5—20 millszekundum között változik. Tehát pl. 10 millszekundum, vagyis a másodpercnek mindössze századrésze az az idő, ami a vezérlő- és a vezérelt áramkör zárása között eltelik. Ez a számítógépeknél igen nagy idő. Ezért szorították ki a jelfogókat ezen a téren az elektroncsövek, majd a tranzisztorok. Az oktatási és tanulmányozási célokra készült gépeknél ez a „lassúság" nem hátrány, hanem inkább előny. Így ugyanis a gép működése még „látható", vagy legalábbis füllel érzékelhető. Az elektronikus berendezések láthatatlan működését ilyen modellek után könnyebb elképzelni.

Kapcsolási rajzokon a jelfogók vasmagját egy téglalappal jelképezik, benne egyetlen ferde vonal jelzi a tekercset (40. ábra). A rugós érintkezőket a jelfogó meg nem húzott állapotában szokták megrajzolni. A vastagon megrajzolt érintkezők a jelfogó meghúzásakor a jelfogók vasmagja felé mozdulnak el. Az állórugós érintkezőre kis üres háromszöget rajzolnak, ha a meghúzás után fog csak hozzáérni az elmozduló érintkező; ezzel szemben fekete, telt háromszöggel jelölik, ha a rajzon feltüntetett állapotban ér hozzá. Így nem lehet félreértés. Az ábrán a vasmaghoz legközelebb álló érintkezőpár záró, a második bontó, a legfelső bontó-záró hármas érintkezőcsoport. Vezérlés esetén tehát a legalsók áramkört zárnak, a középsők bontanak, a legfelsők pedig egy áramkört bontanak, majd egy másikat zárnak. Az ajánlott miniatűr jelfogók két bontó-záró vagy ún. morze érintkezővel készülnek. Ez az általunk megépített berendezésekben szinte mindenütt elegendő.



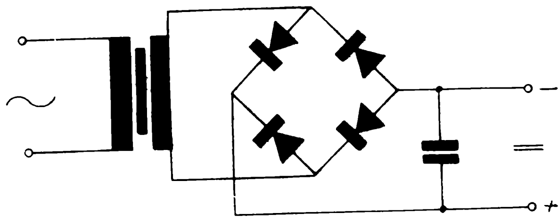
40. ábra.
A jelfogók rajzjele

TÁPEGYSÉG JELFOGÓS BERENDEZÉSEINKHEZ

Legegyszerűbb, ha 3 V-os miniatűr jelfogókkal dolgozunk. Ekkor a tápegység 4,5 V-os zseblámpatelep. Ha az összeállításunk fogyasztása nagy, legfeljebb kettőt, hármat párhuzamosan kapcsolunk belőlük. Jelzőlámpának 4 V, 0,1 A-es skálaizzó a legmegfelelőbb. A jelfogó, az égő és a zseblámpatelep közötti kis feszültségkülönbségek nemigen számítanak (a zseblámpában is 3,5 V-os égőt használunk a 4,5 V-os telephez). A következő kapcsolásainkat általában ezekhez az alkotóelemekhez adjuk meg.

Azok számára, akik a telefontechnikában használatos normál méretű jelfogókkal rendelkeznek, röviden leírjuk a szükséges tápegységet.

A tápegység elvi rajzát a 41. ábra mutatja. A hálózati transzformátort magunk tekercseljük. Amatőr célokra egy régi rádióból kiszerelt, közepes nagyságú hálózati transzformátor bőségesen megfelel. A nagyfeszültségű részt (arról ismerhetjük meg, hogy vékony huzalból készült, és igen sokmenetű) letekercseljük róla; úgyszintén a fűtőtekercset is. Ez vastag huzalból áll, kevés menetű, és 4 vagy 6,3 V-os. Letekeréskor a fűtőtekercs meneteinek számát megszámláljuk (így tudjuk meg a voltonként szükséges menetszámot). A transzformátor primer tekercsét meghagyjuk. A levett szekunder tekercsek helyébe pedig



11. ábra.
Tápegység elvi kapcsolási rajza

feltekercseljük a nekünk szükséges kisfeszültségű tekercset. Ezt kb. olyan vastag huzalból készítsük, mint amilyenből a fűtőtekercs volt. Célszerű, ha 6 voltonként kivezetéseket készítünk egészen 36 V-ig. Így a szükséges váltófeszültség mindig rendelkezésünkre áll.

Ebből a rövid leírásból is látjuk, hogy nem is olyan egyszerű a szükséges transzformátor elkészítése. Aki ilyet még nem csinált, az az irodalomjegyzékben található és erről a témáról szóló könyvet haszonnal forgathatja. Iskolások okvetlenül kérjék fizikatanáruk, vagy szakkörvezetőjük tanácsát. Csak az ő segítségükkel végezzék transzformátoruk első bekapcsolását és bemérését. Fontos ez a szükséges műszerek miatt is. Villanyvasútunk változtatható feszültségű transzformátora is alkalmas lehet céljainkra.

Egyenirányítóul Graetz-be kapcsolt 100×100 mm-es szelénlemezeket használhatunk. A készen kapható, 8 lemezből álló egységre (két-két lemez sorba van kapcsolva!) kb. 30 V váltófeszültség kapcsolható, és 4 A vehető le róla. Bőségesen megfelel még nagyobb jelfogós berendezések (pl. játékgépek) számára is. Használhatunk egyenirányítónak párhuzamosan kapcsolt GDK—3 és GDK—4 diódákat is (darabonként 300 mA, 110 V-osak). Az újabban kapható GEN—50-es diódával (5 A, 25 V) is építhető tápegység.

Mivel az elektronikus készülékekhez képest a jelfogós berendezéseken átfolyó áram aránylag nagy, ezért simító-kondenzátorként legalább 1000 mikrofarados elektrolit-kondenzátort használjunk (pl. 30/35 V-osat).

Ha szelénlemezt használunk egyenirányítónak, az aránylag jól bírja a rövid ideig tartó durva túlterhelést is. Germánium, de főleg szilícium diódák alkalmazása esetén okvetlenül iktassunk az áramkörbe kiégő- vagy automata biztosítékot.

Legyünk tisztában azzal is, hogy főleg üresjárás esetén, tehát amikor tápegységünk nincs, vagy kevésbé van terhelve, a simítókondenzátor kb. 1,5-szeresére „fölveri" tápegységünk feszültségét. A terhelés növekedésével azután elég rohamosan esik tápegységünk feszültsége.

JELFOGÓS ÖSSZEADÓ-KIVONÓ GÉP

A 42/*b* képen egy szellemes, kettes számrendszerbeli összeadó-kivonó gépet látunk. Érdekessége, hogy egy harmadikos gimnazista tervezte és építette iskolai szakkörben a jelfogókról és a kettes számrendszerről tanultak alapján.

A gép hat bináris jegyre épült. Tehát a tízes számrendszerben kifejezve az összeadandók, ill. a kisebbítendő és kivonandó $2^6-1 = 63$-ig bármilyen számok lehetnek, az összeg pedig legfeljebb 126. A berendezés összeadás és kivonás gépi elvégzésének bemutatására kiválóan alkalmas. Többjegyű számokkal való műveletekre megépíteni nemigen érdemes.

Összeadásnál a kapcsolók 0-helyzete az alsó, az 1-esé a felső helyzet. A két kapcsolósoron beállítjuk, „beadjuk" a két összeadandót. Az áramkört záró nyomógombot lenyomva, a felső égősoron már le is olvasható az eredmény. Az égő jelzőlámpák — mint az előzőkben már megegyeztünk — az 1-es számjegyet, a nem égő jelzőlámpák a 0 számjegyet „reprezentálják", jelzik számunkra. Ha tehát pl. jobbról számítva a második, negyedik, ötödik jelzőlámpa ég, akkor a „kiíróberendezés" azt jelzi számunkra, hogy számításának eredménye: 11010, vagyis 26.

Kivonáskor a nyomógomb alatti kapcsolót a „*Kivonás*" állásba kapcsoljuk. A kisebbítendőt a felső kapcsolósoron adjuk be. Az alsó kapcsolósor állásának helyzete megfordul: felül lesz a 0, és alul az 1-es állás. Ezt a műveletet beállító forgatókar automatikusan jelzi. Az átfordítás után „adjuk be" az alsó kapcsolósoron a kivonandót. A nyomógomb lenyomása után most is azonnal megjelenik az eredmény. A kivonandó ezen a gépen csak kisebb lehet, mint a kisebbítendő, tehát a különbség nem lehet negatív.

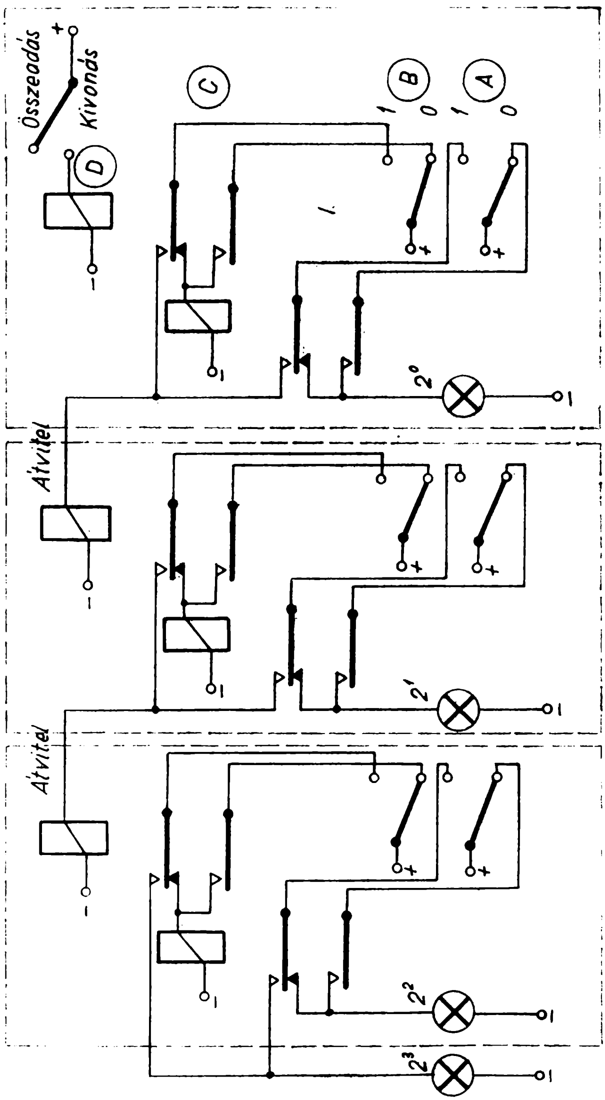
Hogyan működik? A gép működését a 42/*a* ábrán levő kapcsolási rajz alapján érthetjük meg. A kapcsolási rajzban a jelfogók érintkezőit a vasmag alatt helyezzük el. Jelfogós kapcsolásoknál ez néha így is szokásos. Természetesen a mozgó érintkezők most fölfelé mozdulnak el a jelfogó áramkörének zárásakor.

A kapcsolási rajzot három bináris jegyre adtuk meg. Ez a megértéshez teljesen elegendő. Bináris jegyenként két jelfogóra és két átkapcsolóra van szükségünk. Rajzunk a kapcsolóknak azt a helyzetét ábrázolja, amikor mindkét összeadandó 0. Ha követjük az áram útját, látjuk, hogy valóban egyik égő sem ég, mert áramkörük valahol meg van szakítva.

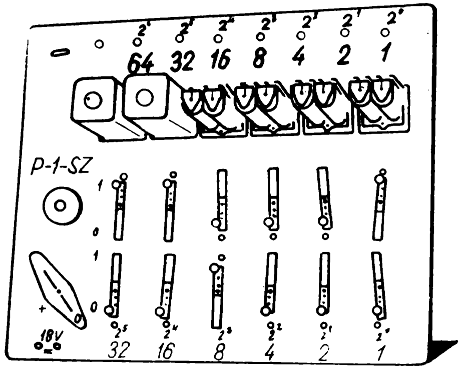
Lássuk most az összeadás másik egyszerű esetét, amikor az egyik összeadandó 1, a másik 0. Tehát $0 + 1 = 1$. Az *A* kapcsolósoron adjuk be az első összeadandót, az 1-et, tehát az *A* sorban levő jobb oldali első kapcsolót a felső állásba visszük. Az *A* sor többi kapcsolója és a *B* sor valamennyi kapcsolója a 0 helyzetben marad. A kapcsolási rajzot követve látjuk, hogy a 2^0 jelzésű égő kigyullad, jelezve, hogy az összeg valóban 1.

Bonyolultabban, de ugyanezt eredményezi az összeadás harmadik lehetséges esete az $1 + 0 = 1$. Ekkor az *A* sorban levő kapcsolók maradnak a 0 helyzetben, és a *B* sor első kapcsolóját állítjuk az 1-es helyzetbe. A *C* sorban levő első jelfogó áramot kap és meghúz. A meghúzás egyetlen következménye az lesz, hogy a 2^0 jelzésű égő ismét kigyullad, jelezve, hogy összeadásunk eredménye ismét 1. Itt tehát már jelfogó közreműködésével jött létre az eredmény.

Még érdekesebb az összeadás negyedik esete: $1 + 1 = 0$, és átvitelként maradt 1. (A tízes számrendszerben kifejezve $1 + 1 = 2$.) Ekkor mind az *A*, mind a *B* kapcsolósor első kap-



A



B

42. ábra.
Jelfogós összeadó-kivonó gép
a) elvi kapcsolási rajz;
b) készülék

csolóját a felső, az 1-es állásba visszük. A gépen az áramkör zárása, vagyis a nyomógomb lenyomása után az történik, hogy a 2^0 feliratú égő egy pillanatra felvillan, majd elalszik, és véglegesen kigyullad helyette a $2^1 = 2$ feliratú égő, jelezve a helyes eredményt. Az történt ugyanis, hogy az *A* kapcsolósor első kapcsolóján át kapott áramot a 2^0 lámpa. Ugyanakkor azonban a *B* kapcsolósor első kapcsolóján át áramot kapott a *C* sorban levő első jelfogó is. Ez meghúzott és bontotta a 2^0 égő áramkörét, de ugyanakkor áramot adott a *D* jelfogósor második jelfogójára is (átvitel). Ez ismét áramot adott a *C* jelfogósornak most már a második jelfogójára: ez meghúzott, és zárta a 2^1 égő áramkörét.

Ezzel tehát az egyjegyű számok összeadásának minden lehetséges esetét bemutattuk. Két- és több jegyű számok összeadása ugyanígy megy végbe. Próbáljuk gyakorlásul mi magunk követni pl. a $11 + 10$ összeadás esetén az áram útját. Látni fogjuk, hogy csak a 2^2 és a 2^0 jelzésű lámpák égnek. Helyesen jelzik, hogy összeadásunk eredménye 5.

Kivonás. Bizonyára feltűnt, hogy összeadás alkalmával a *D* jelfogósor első jelfogóját nem is használtuk. Ennek csak a kivonás alkalmával van szerepe. A mellette levő kapcsolót az alsó, a „Kivonás" helyzetbe állítjuk, aminek oka a következő:

Már említettük, hogy a kivonás alkalmával az alsó kapcsolósoron a 0 és az 1 helyzete fölcserélődik. Tehát a felső helyzetben lesz a 0, az alsó helyzetben pedig az 1-es állás. Azt is említettük, hogy milyen egyszerű a kettes számrendszerbeli számok komplemensének képzése. A 0-ák helyett egyszerűen 1-eseket írunk, 1-esek helyett nullákat, és az így kapott számhoz még hozzáadunk 1-et. A kapcsolók megfordítása a számjegyek fölcserélése miatt szükséges. A *D* jelfogósor első jelfogója pedig ennek az 1-nek a hozzáadását végzi az így kapott számhoz.

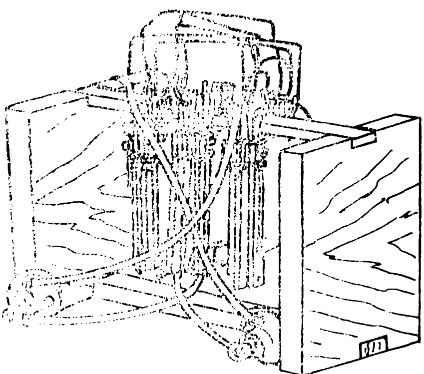
Nézzük ezekután a kivonásnak talán a legérdekesebb esetét, amikor a 0-ából veszünk el 0-át, és így a különbség is 0. A *B* kapcsolósor minden kapcsolója a rajzon megadott helyzetben marad. Az *A* kapcsolósor minden kapcsolója az ellenkező helyzetbe került. A *D* jelfogósor első jelfogója mellett levő kapcsoló a „Kivonás" állásba kerül. Az áram alá helyezés, vagyis a kiíró nyomógomb lenyomása után egy pillanatra kigyullad a 2^0 feliratú lámpa, majd rögtön elalszik. Ugyanezt teszi utána a 2^1 feliratú, majd a 2^2 feliratú lámpa is. Végül kigyullad a 2^3 feliratú lámpa, és ez égve is marad. Ez a lámpa azonban végeredményben meghaladja gépünk kapacitását, és nem is szükséges beépítenünk. Így gépünk valamennyi lámpájának kialvása helyesen mutatja, hogy kivonásunk eredménye 0. Ha mégis beépítjük ezt a lámpát (2^3), mint mi is tettük, akkor kinevezzük jelzőlámpának, mely kivonáskor egyszerűen csak jelzi a műveletet.

Megjegyezzük még, hogy a kapcsolási rajzon az egyszerűbb áttekinthetőség kedvéért a kiíró nyomógombot elhagytuk. Az összes (+), illetve (—) jellel jelölt pontok természetesen az áramforrás egyik, illetve másik pólusára futnak össze. A nyomógomb ezek valamelyikéhez iktatható be.

Anyagszükséglet. Ha csak három bináris jegyre építjük meg, akkor hat jelfogó, hat átkapcsoló, egy kapcsoló és egy nyomógomb szükséges hozzá. Ajánlatosabb azonban öt vagy hat jegyre megépíteni. A 3 V-os miniatűr jelfogók a célnak megfelelnek, mert van rajtuk elegendő érintkező. Az égők 4 V, 0,1 A-es skálaizzók lehetnek, az áramforrás pedig közönséges zseblámpatelep.

ANYAGSZÜKSÉGLET TOVÁBBI JELFOGÓS BERENDEZÉSEINKHEZ

A gyakorlati élet digitális számítógépeiről említettük, hogy azok ára a millió Ft-os nagyságrendnél kezdődik és a tízmillió Ft-os nagyságrendnél folytatódik. Már akkor említettük azt is, hogy ezzel szemben a mi jelfogós berendezéseink, amelyekkel ezeknek a számítógépeknek a működését megértetjük, és egyéb kibernetikai berendezéseket modellezünk, nem lesznek költségesebbek, mint analóg berendezéseink voltak: 150—200 Ft-ból a következő, több mint egy tucatnyi berendezés bármelyikének az anyagszükséglete beszerezhető.



43. ábra.
Szerelőállvány jelfogókkal

A gép megépítésénél a következőképpen járhatunk el. Iskolai gyakorlati foglalkozásokon 20—20 fiú dolgozhat egyszerre. Párosával építtethetik meg egymás után a berendezések legnagyobb részét. Nem lehetne költséggel és anyaggal győzni, ha valamennyit olyan maradandó alakban kívánnánk elkészíteni, mint pl. az előbbiekben leírt kapcsolós vagy jelfogós összeadó-kivonó gépünkkel tettük. Ezért minden csoport egy egyszerű állványra három vagy négy jelfogót szerel fel úgy, hogy az érintkezők és a tekercsvégek forrcsúcsaihoz, de a rugós érintkezőkhöz is jól hozzá tudjon férni (43. ábra). Az állvány jól megvédi a jelfogókat a szerelés közbeni viszontagságoktól is. Kapnak még hozzá néhány skálaizzó-foglalatot, a kipróbáláshoz izzókat és esetleg néhány kapcsolót. Már csak forrasztópáka és szakszerű vezetése kell hozzá, és élvezettel, büszkén és sikerrel ismerkedhetnek a kibernetika bonyolultnak gondolt problémáival. Ha egy-egy berendezés (pl. a sorra kerülő jelfogós számláló) működésével már kellően tisztában vannak, forrasztópákájukkal lebontják jelfogós „építőkészletükről" a fölösleges huzalokat, és már meg is kezdhetik a következő berendezés összeállítását.

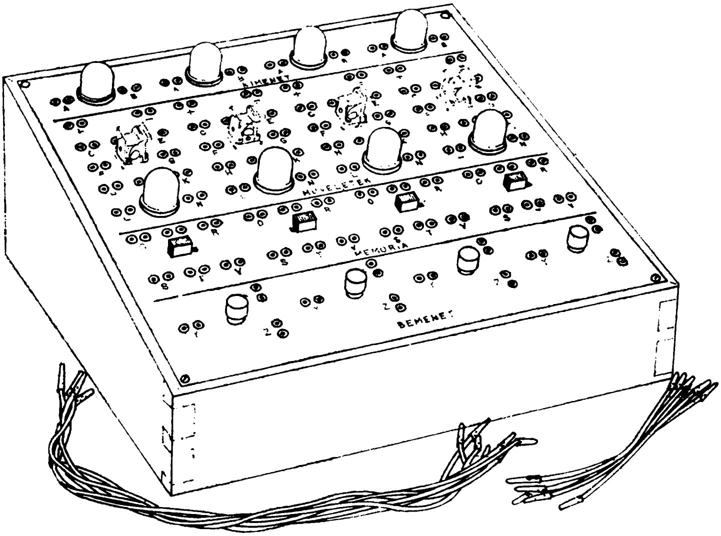
Mindössze a következő anyagok szükségesek további jelfogós berendezéseinkhez:

4 db 3 V-os miniatűr jelfogó,
4 db kétutas kétállású kapcsoló,
10 db 4 V-os 0,1 A-es skálaizzó,
8 db skálaizzó-foglalat,
4 db kétállású kapcsoló vagy nyomógomb.

Ma a kereskedelmi forgalomban valamennyi kapható. Talán a kétállású kapcsoló probléma, mert csak hatalmas, falra szerelhető méretben kapható (ez nem illik a miniatűr jelfogókhoz). Nyomógomb nemigen kapható olyan, amely átvált, tehát három érintkezője van. Pedig a mi céljainkra ilyen kell. Ezért mi magunk csináljuk rossz jelfogók rugós érintkezőiből. Elkészítése barkácsoló embernek nem különösebb probléma.

Igen kényelmes út áll rendelkezésére ma már a kissé nagyobb összeggel rendelkező fiataloknak. Az egyik szövetkezet útmutatásaink alapján „*Mikromat*" néven igen szép kivitelben forgalomba hozott egy építőkészletet. Ez nyomtatott áramkörös szerelőlapon tartalmazza az előbb felsorolt alkatrészeket (44. ábra). Áramforrása csupán egy zseblámpatelep. Forrasztópáka sem kell hozzá. Az építőkészlethez mellékelt, a végükön fémkupakkal ellátott programozózsinórokkal a jelfogós összeállítások gyorsan és üzembiztosan elkészíthetők.

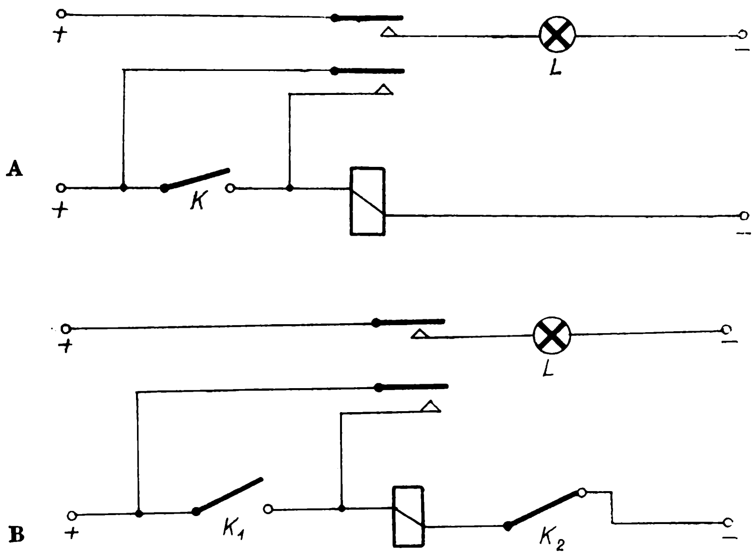
Ha normál jelfogóink már vannak, és így azokkal szándékozunk dolgozni, akkor olyan skálaizzókat válasszunk hozzájuk, amelyek ellenállása nagyjából egyezik jelfogóinkéval. A 3 V-os miniatűr jelfogó ellenállása 45 ohm. A 4 V-os, 0,1 A-es skálaizzó azért felel meg hozzá, mert ennek ellenállása — Ohm törvénye alapján — $R = \frac{U}{I} = \frac{4\ \mathrm{V}}{0{,}1\ \mathrm{A}} = 40\ \mathrm{ohm}$. Így értük el



44. ábra.
„Mikromat" kibernetikai építőkészlet

azt, hogy a 4,5 V-os zseblámpatelep még sem a jelfogónak, sem a skálaizzónak nincs kárára. Viszont ha sorbakapcsoljuk őket, még tudja működtetni mind a kettőt. A kb. 400—1000 ohm ellenállású jelfogóinkhoz 35 V 0,05 A-es skálaizzókat használunk. Ezek ellenállása az előző módon számítva 700 ohm. Berendezéseinket 18—36 V-os tápegységgel működtetjük.

Bevezetésünkben említettük a számlálók fontosságát. Ezek áramkörei egyeznek a nagy számítógépek legfontosabb áramköreivel. Ezért megismerkedünk egy jelfogós, majd egy elekt-



45. ábra.
Jelfogós tárolóegység
a) „emlékező" jelfogó; *b)* „emlékező" és „felejtő" jelfogó

roncsöves számlálóval. Ezt követően utalunk újabb, tranzisztoros kiviteli alakjukra is.

Önzáró vagy „emlékező" jelfogó. A mechanikus számlálók úgy jegyzik meg, hogy eggyel nőtt a számontartanivalójuk, hogy az egyeseket tároló fogaskerék egy foggal tovább ugrik. Kettes „számkerekünk" is lényegében ezt tette. Az ún. *telefonbeszélgetés-számláló* a fogaskeréknek ezt a továbbugratását elektromágnessel végzi. Így már elektromos jeleket, impulzusokat is tud számlálni. Mechanikus szerkezeténél fogva azonban másodpercenként legfeljebb 10-et. Ezért olyan áramköröket alkottak, amelyek segítségével a számlálás sebessége megsokszorozható. Ezekhez visz közelebb a 45/*a* ábra *„emlékező”*-jelfogó kapcsolása.

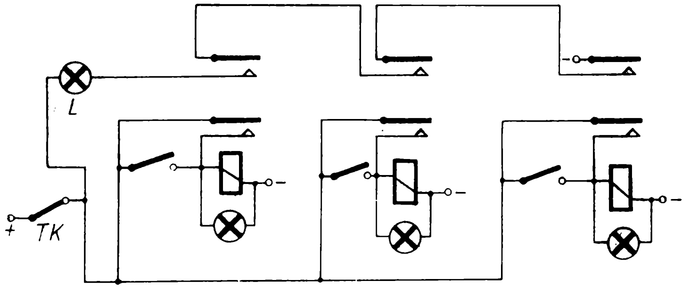
Működési elve a következő. Ha a K nyomógombot egy pillanatra lenyomjuk, a jelfogó tekercsén áram fut át, a jelfogó meghúz. A jelfogó felső záró, rugós érintkezőjén át a meghúzás pillanatában kigyullad az L jelzőlámpa. Ugyanakkor azonban az alsó záró érintkezőpáron át a K kapcsolóval párhuzamosan záródik a jelfogó saját áramköre. A jelfogó tehát a nyomógomb elengedése után is meghúzva marad, és az izzó ég. „Emlékszik” arra, hogy kapott egy impulzust, és ezzel tárolni akarjuk benne az 1-et. Természetesen felfoghatjuk úgy, hogy addig, amíg az égő nem égett, tárolta a 0-át.

„Emlékező” jelfogó két nyomógombbal. Előző kapcsolásunknak nagy hátránya, hogy ha egyszer már tároltuk az 1-et, nincs módunk a törlésre. Ezt a hiányosságot egy másik nyomógomb beiktatásával pótolhatjuk (45/*b* ábra). Ha a K_1 nyomógombot nyomjuk le, összeállításunk az L izzó égvemaradásával jelzi, hogy megjegyezte, tárolja az 1-et. Ha pedig később a K_2 nyomógombot nyomjuk meg, az égő elalszik, és jelzi, hogy elfelejtette az 1-et, s mostantól kezdve tárolja a 0-át.

Ezt a kapcsolást már érdemes megépítenünk! A jelfogón és az áramforráson kívül mindössze egy égő és két nyomógomb vagy kapcsoló kell hozzá.

Az autóbusz leszállásjelző berendezése. Nem kell hozzá különösebb kibernetikus fantázia, hogy az előzőkben ráismerjünk az autóbusz leszállásjelző berendezésének modelljére. A K_1 kapcsoló jelképezi az autóbusz ajtajánál levő nyomógombot. Az utas ennek megnyomásával jelzi, hogy leszállni kíván. Ekkor egy piros égő kigyullad az ajtó közelében, és az utas számára nyugtázza a jelzés megtörténtét. De ugyanakkor a vezető előtt is kigyullad egy lámpa, jelezvén, hogy a legközelebbi megállóhelynél meg kell állnia. (Az előző égővel párhuzamosan kötött újabb égővel ezt is modellezhetjük összeállításunkon.) Ha egy másik utas nem venné észre a jelzést, és ő is megnyomná a K_1 leszállásjelző gombot, nem történik semmi baj. A jelzőlámpa most már nem alszik el, csak akkor, ha a vezető nyitja az ajtót, és így a K_2 nyitókapcsolóval nyitja az égő áramkörét.

A háromkocsis villamos indítóberendezése. Ahhoz, hogy az előző kapcsolás fölhasználásával összeállítsuk a háromkocsis villamos indítóberendezésének modelljét, már kell némi fan-



46. ábra.
A háromkocsis villamos indítóberendezése

tázia. Az elvi kapcsolási rajzot a 46. ábrán láthatjuk. A rajz három különálló része a három kocsit jelképezi. Ezeken belül egy-egy „emlékező"-jelfogós kapcsolásra ismerünk. Érintkező-takarékosság szempontjából az egyes kocsik jelzőlámpáit a jelfogók tekercsével párhuzamosan kötöttük. Az alsó, rugós záró érintkezőpár most is az önzárás céljait szolgálja. Új azonban a felső záró érintkezőpárok szerepe. Tegyük föl, hogy pl. a második kocsi van először készen az indulásra. A kalauz jelez. Kigyullad a kocsi jelzőlámpája. A jelfogó felső érintkezőpárja is zár. De ennek áramköre az első és harmadik kocsiban meg van szakítva. A vezető előtti jelzőlámpa *(L)* csak akkor gyulladhat ki, ha már mindhárom kocsi jelezte, hogy kész. Ekkor a kocsikban megszólal a jelzőcsengő. A vezető indít, és a *TK* törlőkapcsolóval nyitja valamennyi jelfogó és égő áramkörét, és az egész berendezés ismét készen áll az új jelzések befogadására.

Ezt a berendezést már igazán tanulságos megépíteni. Alkatrészek: három jelfogó, négy kapcsoló vagy nyomógomb és négy égő. Annál meglepőbb, hogy a bekötőhuzalokat megszámlálva kiderül, hogy 27 huzal, tehát 54 forrasztás szükséges hozzá. Pedig a valóság sokkal bonyolultabb, mint a mi modellünk. Egy-egy kocsiban indulást jelző csengő is szokott lenni. Ezenkívül több nyomógomb is áll a kalauz rendelkezésére, hogy bárhonnan könnyedén jelezhessen. Ebből az egyszerű modellből is látjuk, hogy az életben használt automata berendezések bizony bonyolultak. De érdemes őket megépíteni, mert növelik a kényelmet és a biztonságot, akárhány helyen pedig egyenesen nélkülözhetetlenek.

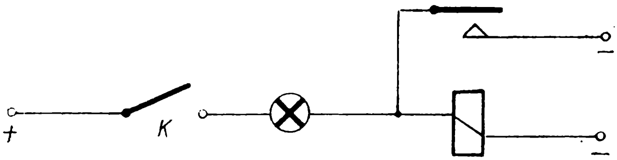
Csengő a villamosunkra. Negyedik jelfogónkból egy kis mesterkedéssel elektromos csengőt is készíthetünk villamosunkhoz. A kapcsolási rajzot a 47. ábrán látjuk. A *K* kapcsoló zárásakor a lámpa kigyullad, és a jelfogó meghúz. Az érintkezők zárásakor azonban a jelfogó tekercsének bal oldali bevezetése is a telep negatív pontjára kerül. A jelfogó meghúzó árama ezáltal megszűnik, és a jelfogó elenged. A rugós érintkezők nyitásakor ismét áramot kap a jelfogó: ismét meghúz, majd elenged, és így tovább. Mivel ez a jelfogó méreteitől függően másodpercenként 30—150-szer történik, az érintkezők összeverődése a villanycsengőhöz hasonló hangot ad.

Az égőnek itt különleges szerepe van. Csak azt a célt szolgálja, hogy az érintkezők zárásakor ne legyen rövidzárlat az áramforrás sarkai között. A záró érintkező ugyanis „söntöli" a jelfogót (ahogyan szaknyelven mondják). A jövőben is gyakran működtetjük jelfogóinkat söntöléssel. Ezért kellett égőinket úgy választani, hogy áramforrásunkra közvetlenül is rákapcsolhatók legyenek, de a jelfogókkal sorbakapcsolva is biztosan meghúzzanak még jelfogóink.

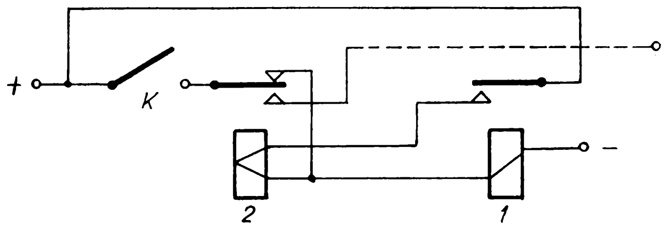
Impulzus tárolása két jelfogóval. Az automatizálás területére tett rövid kirándulásunk után térjünk vissza számlálóinkhoz.

Sokszor van szükség olyan tárolóegységre, mely az impulzus beadása előtti állapotot meg tudja különböztetni a beadás alatti és utáni állapottól. Ezt teszi lehetővé a 48. ábrán megadott kapcsolás. Ehhez már két jelfogó szükséges.

A *K* nyomógomb lenyomása előtt mindkét jelfogó elengedett állapotban van. A nyomógomb lenyomása alatt az *1* jelfogó meghúz, és meghúzva is marad. A *2* jelfogón nem húz meg, mert a *K* kapcsoló söntöli. Figyeljük meg, hogy az *1* jelfogó meghúzása előtt a *2* jelfogónak csak az egyik kivezetésén van pozitív feszültség, annak meghúzása után azonban a *2* jelfogó mindkét kivezetésén megjelenik a pozitív feszültség. A *K* nyo-



47. ábra.
Csengő kapcsolása



48. ábra.
Impulzus tárolása két jelfogóval

mógomb elengedése után a *2* jelfogó is meghúz, mert söntölése megszűnik. Az impulzust adó vezeték pedig egyúttal lekapcsolódik erről a jelfogópárról, és esetleg rákapcsolódik egy második, ehhez hasonló jelfogópárra. A második jelfogópárra vezető utat szaggatott vonallal jelképeztük.

Természetesen semmi akadálya sincs annak, hogy pl. a *2* jelfogón levő és még fel nem használt záró érintkezőn át a jelfogó meghúzásakor egy égőt is bekapcsoljunk, és ezzel is jelezzük, hogy az összeállítás most az 1-es számjegyet tárolja.

Kapcsolási rajzunkból azt is megfigyelhetjük, hogy az impulzus befogadásának befejezése után a két jelfogó sorba van kapcsolva. Ez nem szokatlan a jelfogótechnikában.

A most ismertetett kapcsolást az impulzusok tárolására a telefontechnikában ma is használják.

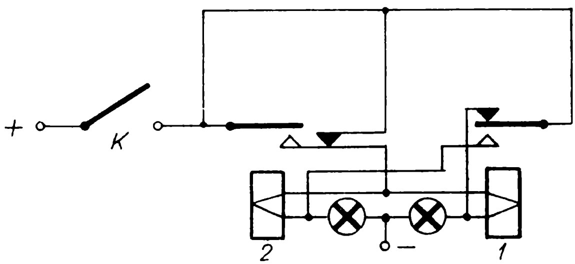
Frekvenciafelező kapcsolás. Nagy fontossága van az olyan impulzustároló kapcsolásoknak, amikor egy impulzus beérkezésekor megtörténik az impulzus tárolása, de egy újabb impulzus beérkezésekor a rendszer elfelejti az előbbi impulzust, tehát visszaáll eredeti állapotába. Lényegében tehát az ilyen kapcsolásnál minden második impulzus beérkezésekor visszaáll az eredeti állapot. Ezért az ilyen kapcsolást *frekvenciafelező*, vagy *frekvenciaosztó* kapcsolásnak hívják. Először összeállítjuk olyan jelfogóval, amely mindig biztos kapcsolást ad (a megfelelő jelfogóhoz nehéz hozzájutni), azután olyan kapcsolásban, amely váltóérintkezőkkel is megoldható, de érzékenyebb a telepfeszültség vagy a hozzá szükséges ellenállások megválasztására.

A jelfogók legtöbbjén csak olyan érintkezők vannak, amelyek a jelfogó meghúzásakor egy áramkört zárnak, vagy egy áramkört bontanak, esetleg egy áramkört bontanak, és utána egy másikat zárnak. Az érintkezőknek csak ezeket az eseteit mutattuk be a 40. ábrán is. Aki olyan jelfogóhoz is hozzá tud jutni, amelyen ún. *záró-bontó érintkezők* is vannak, tehát amelyeknél a jelfogó meghúzásakor először jön létre a zárás és csak utána a bontás, annak ajánlhatjuk a 49. ábra frekvenciafelező kapcsolását. Működése a következő:

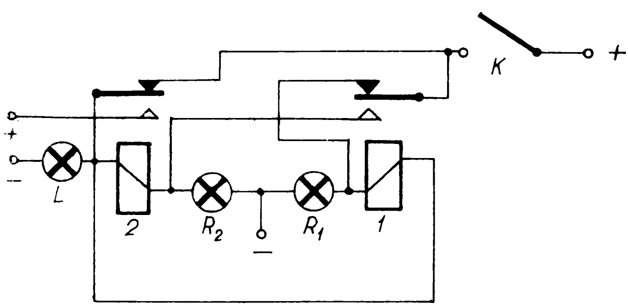
A *K* kapcsoló első lenyomásakor a *2* jelfogó meghúz, és meghúzva is marad. Az *1* jelfogó nem húzhat meg, mert saját záró érintkezőjén át söntölve van. A *K* kapcsoló elengedésekor azonban az *1* jelfogó is meghúz és meghúzva is marad. A *K* nyomógomb második lenyomásakor a *2* jelfogó elenged, mert most ezt söntöltük, majd a nyomógomb felengedésekor az *1* jelfogó is elenged. Tehát visszaáll az eredeti állapot. Megtehetjük azt, hogy pl. az *1* jelfogó egy másik záró érintkezőjét fölhasználva, egy égő bekapcsolásával is jeleztetjük az első impulzus beérkezésének végét. A lámpa ekkor minden második impulzusra gyullad ki. Ezt az égőt a rajzról elhagytuk.

A kapcsolási rajzon levő két égő csak ellenállásként szerepel. Ezek teszik lehetővé — a villanycsengőnél leírt módon — a jelfogók söntöléses vezérlését.

Egyszerűbb „flip-flop" kapcsolás. Az előző pontban megismert frekvenciafelező egységet a működés hangját jól utánzó *„flip-flop”* ***kapcsolásnak*** is nevezik. Nézzük most ennek az előzőnél egyszerűbb alakját, amely csak egyetlen váltóérintkezőt hasz-



49. ábra.
Frekvenciafelező kapcsolás



50. ábra.
Egyszerűbb „flip-flop” kapcsolás

nál fel a jelfogókon. Így a miniatűr jelfogókkal is megépíthető (50. ábra). Működése a következő:

a) A *K* kapcsoló lenyomása előtt sem az *1,* sem a *2* jelfogó nincs meghúzva, amint azt a kapcsolási rajzból is láthatjuk.

b) A *K* nyomógomb első lenyomása után a *2* jelfogó meghúz, és önzáróan meghúzva is marad; az *L* égő kigyullad. Az

1 jelfogó nem húz meg, mert tekercsének mindkét kivezetésére ugyanazt a feszültséget kapja.

c) A *K* nyomógomb elengedésekor az *1* jelfogó is meghúz, és meghúzva is marad, mert söntölése megszűnik. Az *L* jelzőlámpa továbbra is ég.

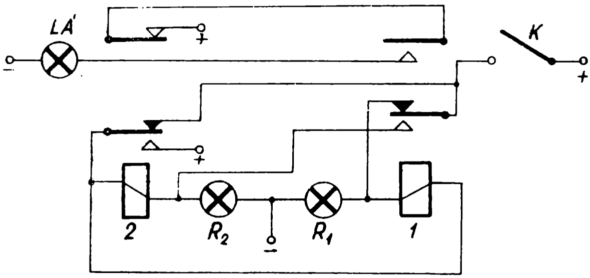
d) Ha újra lenyomtuk a *K* kapcsolót, a *2* jelfogó elenged, mert söntöltük, de az *L* jelzőlámpa továbbra is ég.

e) A nyomógomb újabb elengedésekor az *1* jelfogó is elenged, és az *L* jelzőlámpa is kialszik. Így a nyomógomb két egymásutáni lenyomása és elengedése után visszaáll az eredeti állapot. Az *L* jelzőlámpa csak egyszer kapott áramot, tehát feleannyiszor gyullad csak ki, mint ahányszor lenyomjuk a *K* nyomógombot. Az R_1 és R_2-vel jelölt két izzólámpát ismét csak ellenállásként használtuk a jelfogók söntöléses működtetésének céljából.

Kapcsolásunk működése tulajdonképpen bonyolultabb, mint az előző ismertetésben leírtuk. A *K* kapcsoló lenyomásakor az *L* jelzőlámpa egy pillanatra teljes fénnyel fölvillan, és a *2* jelfogó kezd meghúzni. Amikor azonban e jelfogó mozgó érintkezője kezd átváltani, kapcsolata a felső érintkezővel (és így az áramforrással) megszűnik. Ha most jelfogónk tekercse egyáltalán nem kapna áramot, akkor esetleg a mozgóérintkező visszatérne a felső érintkezőhöz. Majd ismét elválna tőle, és ismét visszatérne. Szaknyelven ezt a jelenséget *„csörgésnek”* hívják, mert a jelfogó villanycsengőként működik. Azonban az *1* jelfogó tekercsén át kap feszültséget a *2* jelfogó tekercse is, ha már fentről közvetlenül nem kap. Az így létrejövő áram kisebb, mint ami addig folyt a tekercsen, hiszen most az *1* és *2* jelfogó, sőt még az R_2 lámpa is sorba vannak kapcsolva. Ez azonban a már megindult behúzás folytatására elegendő, és így a behúzás általában meg is történik. Az *1* jelfogó tekercsén át mindössze a második jelfogó érintkezője átváltásának rövid ideje alatt folyik áram, és akkor is kicsi. Így az *1* jelfogó általában nem húz be. Ha mégis valamelyik jelfogónk „csörögni” kezdene, az *L* égőt az átkapcsolás idejére kapcsoljuk le, vagy ha lehet, növeljük egy kissé a telep feszültségét.

„Flip-flop” kapcsolás átvitellel. Felvetődhet az a gondolat, hogy az előző kapcsolás *L* jelzőlámpájának áramával működ-

tethetnénk egy második ugyanilyen „flip-flop” kapcsolást, és akkor már nemcsak felezni, hanem negyedelni is tudnánk az impulzusokat. Ezt azért nem tehetjük, mert a jelzőlámpán keresztül egy pillanatra erős, majd gyöngébb, végül ismét erős



51. ábra.
Teljes frekvenciafelező kapcsolás

áram folyik. Érzékenyebb felezőkapcsolás ezt esetleg két vagy három impulzusnak venné, és számlálná. Ezért jobb ezt az „átvitelt” külön záróérintkezőkön át vezetni (51. ábra).

Működése egyezik az előző kapcsolás működésével (nem is írjuk le újból részletesen), csak a *2* impulzus beérkezése után rövid időre az átvitelt jelképező *LÁ* égő *is* kap áramot.

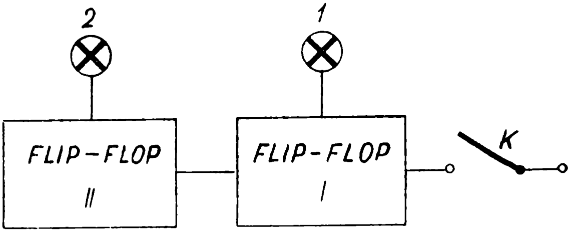
Ez a kapcsolás számlálóberendezésünk alapsejtje. Ezt már érdemes megépíteni. A *K* nyomógombon kívül három égő és két olyan jelfogó kell hozzá, amelyeken egy-egy váltóérintkező és egy bontó-, illetve egy záróérintkező van. Miniatűr jelfogóink tehát erre a célra is megfelelnek, és még csak nem is használjuk ki valamennyi érintkezőjüket.

A számláló tervezése. Ennyi előismeret után hozzáfoghatunk végre számlálónk megtervezéséhez (52. ábra). Bonyolultabb berendezések vázlatos tervezésekor nem szoktak törődni az apróbb részletekkel. Tegyünk most mi is így.

Az előzőkben ismertetett egész összeállítást, mely képes a bejövő impulzusok felezésére, és minden második jel után egy jel továbbadására, jelöljük egy kis téglalappal, és írjuk bele a nevét: „*Flip-flop*”. Két ilyen egységet egymás után rajzolva, már el is készültünk berendezésünk tömbvázlatával.

Berendezésünk a következőket tudja:

A *K* nyomógomb első lenyomása után kigyullad az *1* égő, jelezve, hogy egy impulzus beérkezett. A nyomógomb második



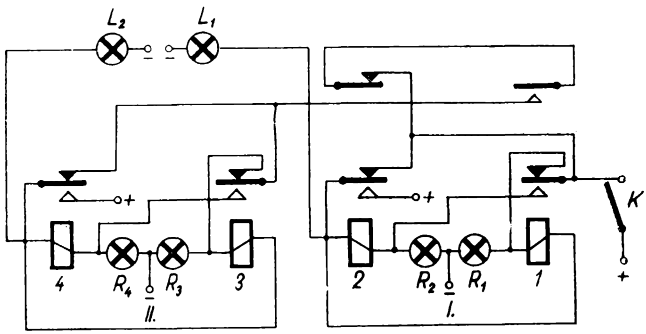
52. ábra.
Számlálóberendezés vázlatos terve

lenyomása után kialszik az *1* égő, és kigyullad a *2* jelzésű, ami azt jelenti, hogy már két impulzus érkezett be. A nyomógomb harmadik lenyomása után kigyullad az *1* égő is, jelezve, hogy már $2 + 1 = 3$ impulzus érkezett be. Végül a nyomógomb negyedik lenyomása után elalszik mindkét égő, vagyis visszaáll az eredeti állapot. Ezt most úgy is fölfoghatjuk, hogy négy impulzus beérkeztét jelzi, de úgy is, hogy berendezésünk készen áll új impulzusok befogadására.

Jelfogós számláló. A tömbvázlat megbeszélése után lássuk végre jelfogós számlálónk részletes kapcsolási rajzát (53. ábra). Nézzük meg először a szükséges alkatrészeket: négy jelfogó, legfeljebb két váltóérintkezővel; hat égő, közülük négyet ellenállásként, kettőt pedig jelzőlámpaként használunk; egy nyomógomb vagy kapcsoló; végül a jelfogóknak megfelelő áramforrás. A kapcsolási rajzot követve, a jelfogós számláló működése a következő:

A *K* nyomógomb első lenyomásakor a *2* jelfogó meghúz, és meghúzva is marad. Az L_1 jelzőlámpa kigyullad, és égve is marad, jelezve, hogy egy impulzus már beérkezett. A nyomógomb elengedése után az *1* jelfogó is meghúz az előzőkben már megbeszélt okok miatt.

A második impulzus beérkezésekor a *2* jelfogó elenged, az L_1 jelzőlámpa kialszik, de a *4* jelfogó meghúz, és az L_2 jelzőlámpa



53. ábra.
Jelfogós számlálóberendezés kapcsolási rajza

kigyullad, jelezve, hogy összeállításunk már kettőig számlált. Az impulzus után az *1* jelfogó elenged, de meghúz a *3*.

A harmadik impulzus beérkezésekor a *2* jelfogó ismét meghúz, az L_1 jelzőlámpa is kigyullad, de a *4* jelfogó elenged. Az impulzus után az *1* jelfogó húz ismét, és a *3* elenged. Az L_2 és L_1 jelzőlámpák továbbra is égnek, jelezvén, hogy már $2 + 1 =$ $= 3$ impulzust számláltak meg.

Végül a negyedik impulzus beérkezése után valamennyi jelfogó elenged, és valamennyi égő kialszik. Berendezésünk négyig számlált (úgy is mondhatjuk, hogy visszaállt az alapállapot).

Az utolsó impulzus után történteket szaknyelven igen szemléletesen „*túlcsordulásnak*” is nevezik. Számlálónk befogadóképessége tulajdonképpen három egység. A negyediket az alaphelyzettől már nem tudjuk megkülönböztetni. A nagy számítógépeknek is megvan a jól meghatározott számbefogadó képessége. Ha egy számítás eredményéül kapott szám nagyságrendje túlhaladja a gép befogadóképességét, akkor a gép leáll, és így jelzi, hogy túlcsordulás történt.

Amikor iskolai keretben több csoport is összeállítja az előzőkben leírt kis jelfogós számlálót, hármat-négyet egymás után szoktak kapcsolni. Az így kapott nagyobb befogadóképességű számlálók már 63-ig, ill. 255-ig tudnak számlálni. Több jelfogó és égő alkalmazásával ezt mi is megtehetjük. Az elv megértése szempontjából ennek azonban már nincs nagyobb jelentősége.

Mint már az előzőkben is említettük, ez a kapcsolás igen érzékeny a tápfeszültségre, és hajlamos a csörgésre. A 49. ábra kapcsolásának fölhasználásával szintén készíthetünk több fokozatú számlálót. Az biztonságosabban működik. Diódák felhasználásával mostani kapcsolásunk működése is biztonságossá tehető.

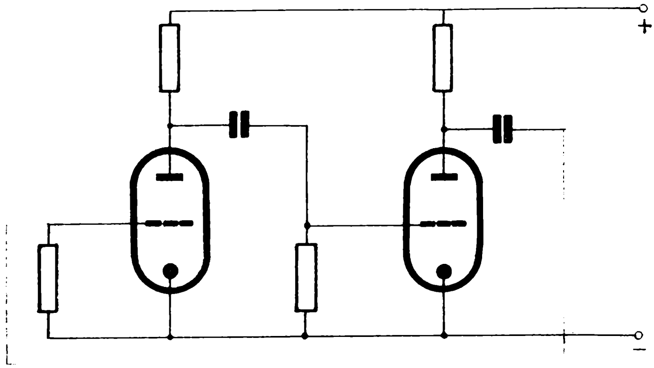
ELEKTRONCSÖVES SZÁMLÁLÓ

Jelfogós számlálóberendezésünkön jól megismerhettük az ilyen típusú gépek működési elvét, hiszen erre a célra építettük. A gyakorlati életben azonban a számlálókat olyan helyeken használják, ahol több ezer, esetleg több millió jel is befut másodpercenként. Erre a célra csak elektronikus számlálóberendezések alkalmasak.

Azok számára, akik a rádiótechnika alapfogalmaival már tisztában vannak, és a szükséges eszközökkel is rendelkeznek, leírunk egy elektroncsöves számlálómodellt is. Jó néhány éve építette meg már két másodikos gimnazista középiskolai szakkör keretben, és azóta is jól működik.

Elektroncsöves multivibrátor. Az 54. ábrában minden rádiós ráismer a kétfokozatú ellenállásos erősítő kapcsolási rajzára. Ha itt a jobb oldali cső kimenetét összekötjük a bal oldali cső bemenetével — amint a rajzon szaggatott vonallal tettük —, már meg is kaptuk az elektroncsöves multivibrátort. Ismertebb rajzát az 55. ábra mutatja. Működésének lényegét elektronikus logarlécünk tranzisztoros multivibrátorával kapcsolatban már leírtuk (lásd a 24. ábrához fűzött magyarázatot!). Itt csak a következőket fűzzük az ott elmondottakhoz:

Ha a C_1 és C_2 kondenzátorok értéke 0,5 μF, az R_1 és R_2 ellenállásoké 20 kohm, az R_3, R_4 ellenállásoké pedig 2 Mohm, akkor a K_1 és K_2 ködfénylámpák fölváltva másodpercenként kb. egyszer fognak kigyulladni, ill. elaludni. Az A_1, ill. A_2 mA-mérők ugyanilyen frekvenciával szintén fölváltva nem mutatnak, illetve mutatnak áramot. Az ok az, hogy hol az egyik, hol a másik cső zár le, és a jelenség önmagától periodikusan is-

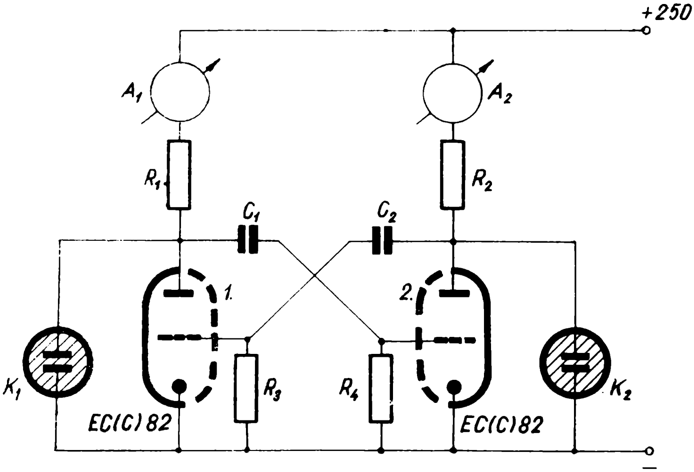


54. ábra.
Kétfokozatú ellenállásos erősítő

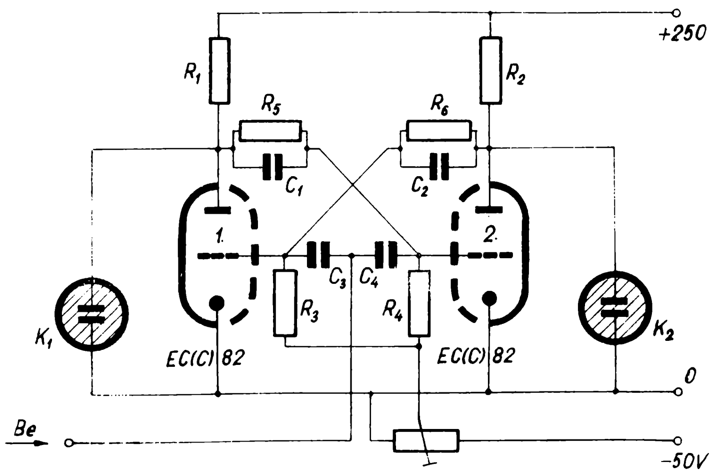
métlődik. Ezért hívják az összeállítást pontosabb nevén astabil multivibrátornak. Mi a következőkben elektromos jelek előállítására használjuk, ezért impulzusgenerátornak is hívjuk.

Frekvenciáját a C_1 és R_4, illetve C_2 és R_2 határozzák meg. A C_1-et és a C_2-t 0,1 μF-nak választva, a frekvencia kb. 5/mp lesz, 0,01 μF-nak választva pedig kb. 50/mp. Ekkor a mA-mérők már természetesen nem tudják követni a gyors változásokat. Kiiktatjuk őket, és valamelyik helyére kimenőtranszformátoron át hangszórót kapcsolunk. A billegést most már hallani fogjuk. Az említett kapacitásokat tovább csökkentve, már a rácslevezető ellenállásokat (R_3, R_4) is ajánlatos kisebbre venni. Így a frekvencia szinte tetszés szerint növelhető.

Bistabil multivibrátor. Mint a neve is mutatja, az előző kapcsolással rokon kapcsolás. Ennek is két alaphelyzete, állapota van. Azonban ez a két állapot stabil: a rendszer magától nem billen át egyik helyzetéből a másikba, hanem csak a rácsra adott külső jel, impulzus hatására. Nem nehéz benne az elő-



55. ábra.
Astabil multivibrátor



56. ábra.
Bistabil multivibrátor

zőkben már megbeszélt jelfogós „flip-flop" kapcsolás elektronikus változatára ismerni. Ezt használjuk most fel frekvenciafelező kapcsolásnak.

Működését az 56. ábrán látható kapcsolási rajz és az előzők ismeretében nem nehéz megértenünk. Bekapcsolás után a nem egészen egyező alkatrészek következtében az egyik cső hamarosan teljesen lezár, a másik pedig annyira vezet, amennyire csak az anódköri ellenállás és a cső belső ellenállása együttesen engedik. Mindkét cső rácsát azonban galvanikusan is összekötöttük a másik cső anódjával az R_5 és R_6 ellenállásokon keresztül. Tehát a létrejött állapot stabilan megmarad. Legyen pl. az *1* cső lezárva és a *2* cső vezessen. Ezt az állapotot a K_1 ködfénylámpa világítása jelzi. A K_2 ködfénylámpa sötét. Most, ha a C_3 és C_4 kondenzátorokon keresztül mindkét cső rácsára kívülről negatív impulzus érkezik, ez az *1* cső erősen negatív rácsán semmit sem változtat, de a *2* cső rácsát egy pillanatra negatívabbá teszi. Megindul tehát az astabil multivibrátornál már megismert átbillenési folyamat, melynek következménye az lesz, hogy az *1* cső vezet, és a *2* zár le. A következő negatív impulzusig ez az állapot lesz stabil, és csak a második negatív impulzus után áll vissza az eredeti állapot.

Számlálómodell. Van már olyan frekvenciafelező kapcsolásunk, amely roppant rövid idő alatt át tud billenni egyik állapotából a másikba, mert nincs benne mechanikus alkatrész. Az átkapcsolást az elektronok végzik, amelyek tehetetlensége szinte elhanyagolható.

Kapcsolási rajza az 57/*a* ábrán, képe pedig az 57/*b* ábrán látható. A berendezés összeállításánál híven követjük a megadott kapcsolási rajzot, hogy az egyes áramkörök könnyen felismerhetők és követhetők legyenek.

A rajzot gondosabban megnézve láthatjuk, hogy lényegében öt különálló áramkör van, amelyeknek csak a tápfeszültsége közös. Jobbról a második körben *(M)* az előzőkben már tárgyalt astabil multivibrátorra ismerünk. Ez lesz a jelforrásunk, az impulzusgenerátorunk. A frekvenciát meghatározó 3 nF-os kondenzátorok két-két végét külön is kivezetjük a szerelőlap elejére, hogy ott 10—100 nF-os kondenzátorokat párhuzamosan kapcsolva, a bentiekkel a frekvenciát 10—50 Hz között kényelmesen változtathassuk. Ha még nagyobb frekvenciákra lenne szükségünk, hátul párhuzamos ellenállásokat kötünk a rácslevezető ellenállásokra is. A multivibrátornak csak az egyik anódját vezettük ki az előlapon levő ködfénylámpához (K).

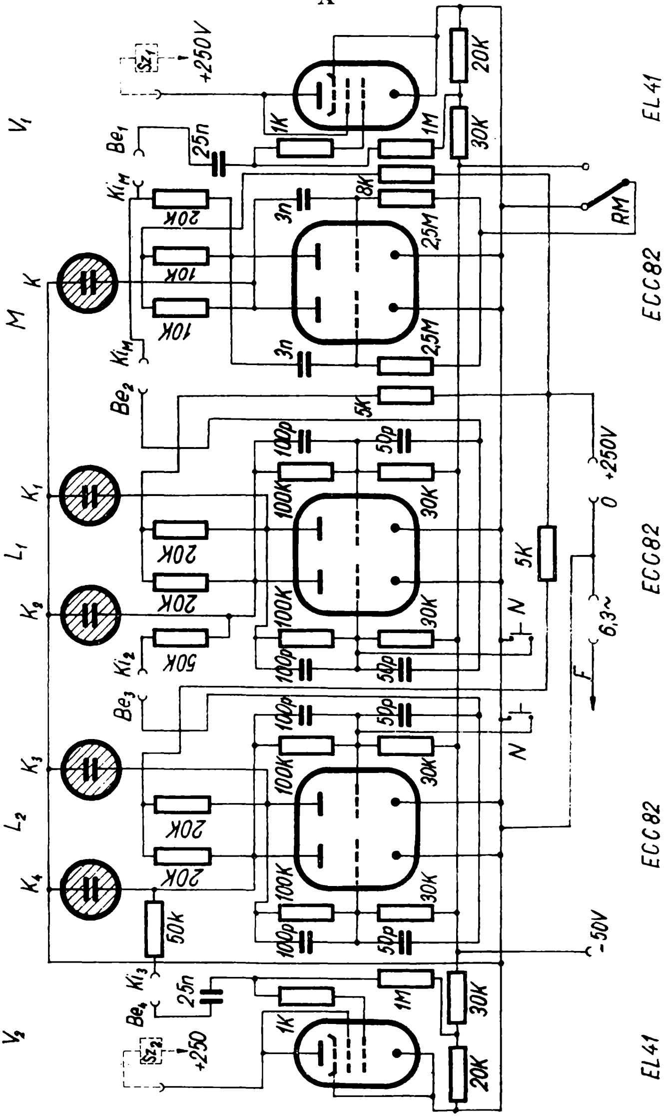
A jobbról számított harmadik és negyedik kör (L_1, L_2) frekvenciafelező áramkör. Itt minden anódhoz kapcsoltunk jelző ködfénylámpát is $(K_1, K_2$, ill. $K_3, K_4)$. Az N jelzésű nyomógombbal mindkét körben az egyik cső rácsát egy-egy pillanatra a katóddal összeköttetésbe lehet hozni. Ezáltal elérhetjük, hogy indításkor a gép mindig ugyanabban a helyzetben áll. Ebben az *„alaphelyzetben”* a K_1 és K_4 ködfénylámpák égnek, a K_2 és K_3 ködfénylámpák pedig nem.

Az első és utolsó áramkör (V_1, V_2) lényegében nem tartozik számlálóberendezésünkhöz. Ezek végerősítő fokozatok, melyek arra szolgálnak, hogy bármelyik kör kijövő jelét felerősíthessük annyira, hogy az ún. telefonbeszélgetés-számlálókat tudjuk velük működtetni. Ezeknek az elektromechanikus számlálóknak $(Sz_1$ és $Sz_2)$ az egyik pólusát a többi cső anódjával azonos pontra kötjük. Az egyes áramkörök tehát akár külön-külön, akár páros csoportosításban működtethetők és vizsgálhatók. Ajánlatos a *„Ki-Be”* jelzésű banánhüvelyeket szabványtávolságra (19 mm!) helyezni egymástól. Így az egyes körök összekapcsolása egyszerű rövidrezáró dugóval megoldható.

Lássuk ezekután, hogy milyen szép feladatok végezhetők elektronikus számlálómodellünkkel!

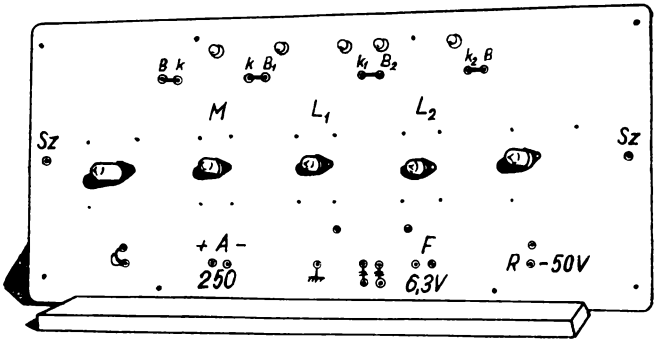
Multivibrátorunk frekvenciájának meghatározása. Ha multivibrátorunk (M) rácslevezető ellenállásait a katódhoz kötjük, vagyis a rajz jobb alsó részén levő RM jelzésű kapcsolót a bal oldali helyzetben hagyjuk (a képen rövidrezáró dugót látunk a bal alsó sarokban), akkor multivibrátorunk már működésben van. Sokszor azonban — mint a mostani bemutatásnál is — szeretnénk multivibrátorunkat adott időpillanatban indítani. Ezt morzekapcsoló közbeiktatásával érhetjük el. Az előző rövidrezáró dugót eltávolítjuk, az alsó hüvelyt a morzekapcsoló közepéhez kötjük, a morzekapcsoló két érintkezőjét pedig a katódra, illetve a rácsfeszültségre (—50 V). Így elérhetjük, hogy multivibrátorunk csak akkor ad jeleket, ha a morzekapcsolót lenyomva tartjuk.

A



V1
V2
M
L1
L2
K
K1
K2
K3
K4
Ki_M
Ki2
Ki3
Be1
Be2
Be3
Be4
Sz1
Sz2
+250V
+250
25n
3n
100p
50p
1K
1M
20K
30K
10K
50K
100K
8K
5K
2,5M
RM
N
F
0
6,3~
-50V
EL41
ECC82

B



57. ábra.
Elektroncsöves számlálóberendezés
a) elvi kapcsolási rajz; *b)* készülék

Mérésünk most már egyszerű. Multivibrátorunk egyik kimenetét a mellette levő végerősítő csövön keresztül a számlálóra kötjük. Például 10 mp-ig működtetve multivibrátorunkat, a jelek száma a számlálóról leolvasható, és így a frekvencia kiszámítható. Természetesen csak akkor, ha a frekvencia 10 Hz-nél nem lényegesen nagyobb, mert az elektromechanikus számláló csak ennyire képes.

Frekvenciafelezés. Ugyanúgy járunk el, mint az előbbiekben. Multivibrátorunk egyik kimenetét végerősítő közbeiktatásával az elektromechanikus számlálóra, a másik kimenetét az egyik leosztófokozat (pl. az L_1) bemenetére, a leosztó kimenetét pedig a másik végerősítőn át egy másik elektromechanikus számlálóra visszük. Már a számlálók ketyegéséből is halljuk, hogy az első kétszer akkora sebességgel megy, mint a másik. Ezt a ködfénylámpák pislogása is szépen mutatja. Ezzel a módszerrel már kb. 20 Hz-ig tudunk jeleket pontosan megszámlálni.

Kétszeres frekvenciafelezés. A kapcsolás ugyanaz, mint az előbb, csak most az első frekvenciaosztó kimenetére a második bemenetét, majd ennek kimenetére a végerősítőt kötjük. Ha a frekvenciát 30—40-re növeljük, akkor a közvetlen elektromechanikus számláló már akadozik. Legjobb, ha kikapcsoljuk.

A minden negyedik jelre behúzó másik számláló azonban még szabályszerűen számlál. Ennek leolvasásával csak négy egységnyi pontossággal tudjuk megmondani a bizonyos idő alatt befutott jelek számát, de némi okoskodással a frekvencia a ködfénylámpákról teljes pontossággal is leolvasható.

Két frekvenciaosztó fokozattal és jó elektromechanikus számlálóval még a hálózati váltóáram 50 Hz-es frekvenciáját is meg tudjuk mérni. Nagyobb frekvenciák mérésére több leosztófokozatot kell alkalmaznunk.

A tudományban és a technikában használatos számlálóberendezések az itt ismertetett elvek alapján működnek. Az atomfizikai méréseknél használatos számlálóberendezést *„szkélernek"* *(scaler)* hívják. Ha pl. az egymásután 1 millszekundumos időközökben befutó jeleket még biztosan meg akarjuk számlálni, akkor szkélerünkben 10 leosztófokozatra van szükségünk. A befutó jeleket a legtöbb esetben még alakítani, formálni kell, hogy a számláló minden egyes jelre biztosan megszólaljon. Ehhez újabb elektroncsövek szükségesek. Így az ilyen számlálóberendezések igen sok csőből állnak.

Az elektroncsövek kétállapotú elemek. Egy cső vagy vezet, vagy nem vezet. Emiatt kell olyan sok cső a számlálókba. Készítenek tízállapotú elektronikus elemeket is. Ezek azonban biztonságosan csak nem túl magas frekvenciákon használhatók.

Négy leosztófokozattal 15-ig lehet számlálni. Különleges kapcsolással el tudják érni, hogy a kilencedik jel után az ilyen egység alapállapotba ugrik vissza. Így készítik az ún. *dekadikus*, tízes számrendszerbeli számlálókat. Ez kényelmessé teszi a leolvasást, de csőpazarlással jár.

Újabban elektronikus stopperórákat készítenek 1/10 000 mp-es pontossággal. Lényege egy kvarcvezérlésű és így nagystabilitású 10 kHz-es rezgéskeltő, és az utána kapcsolt elektronikus számlálóberendezés. Az indítás és a megállítás között eltelt időt mindjárt tízezred mp-ekben adja meg. Természetesen az ilyen óráknál semmi értelme sem lenne a kézzel való indításnak, vagy megállításnak. Maga a mérendő esemény indítja és állítja meg automatikusan a stoppert.

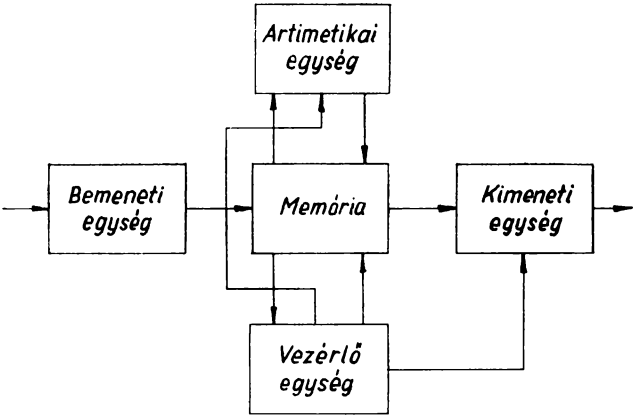
Tranzisztorokkal — mint láttuk — éppen úgy állíthatók össze multivibrátorok, mint elektroncsövekkel. Tranzisztoros számlálóberendezéseket azonban csak a legújabb időkben állítanak elő iparilag, mivel a számlálás eredményének jelzése bonyolultabb ezeknél, mint a csöves berendezéseknél. A szokásos ködfénylámpák ugyanis viszonylag nagy feszültséget igényelnek, és így az elektroncsövekhez illenek. A tranzisztoroknak viszont éppen az alacsony tápfeszültség az előnyük.

A DIGITÁLIS SZÁMÍTÓGÉPEK FŐBB EGYSÉGEI

Könyvünkben a számítógépek működési elveivel való megismerkedést tűztük ki legfőbb célul. Az analóg gépek működési elveivel könyvünk első részében már megismerkedtünk. De a későbbiekben már a digitális számítógépek működési elveinek megértéséhez is közelebb jutottunk, mint gondolnánk. Hogy láthassuk előrehaladásunkat, tekintsük át a digitális számítógépek főbb egységeit, és nézzük meg, hogy a mi modelljeinken mik voltak vagy lesznek ezeknek az egységeknek a megfelelői.

Az 58. ábrán látjuk a digitális számítógépek szerkezetének áttekintő rajzát. A géppel először is valamilyen módon közölnünk kell az elvégzendő feladatot, és a feladat elvégzéséhez szükséges adatokat, információkat. Ez a bemeneti egység útján történik. A legtöbb mai gép *lyukszalagról* olvassa le a vele közölni szándékolt adatokat. Ezzel a módszerrel a következő pontunkban egy modell útján közelebbről is megismerkedünk. Minden gépnek van azonban egy ún. *kezelőasztala* is. Erről kapcsolók és nyomógombok útján közvetlenül is bevihetünk egy-egy, a programból esetleg kifelejtett adatot, vagy javíthatunk egy tévesen bevitt adatot (az *Ural—2* elnevezésű, nálunk is használt közepes teljesítményű számítógép kezelőasztalát a 93. ábrán láthatjuk). A mi modelljeinken a bevitel nyomógombok, kapcsolók útján történik. A *Mikromat* építőkészleten (44. ábra) az alsó sorban levő négy nyomógomb a bemeneti egység.

A gépnek valahol el kell raktároznia a kapott utasításokat és adatokat. Erre szolgál a *memória-* vagy más néven *tárolóegység*, vagy *adattár*. A nagy gépek a magnetofonhoz hasonló elven alapuló mágnesszalagon, mágnesdobon, vagy még inkább az ún. *ferritmemóriában* tárolják az adatok és utasítások legnagyobb részét. Ezekről az irodalomjegyzékben felsorolt szakkönyvekben részletesen olvashatunk. Azokat az adatokat azonban, ame-



58. ábra.
Digitális számítógépek főbb egységei

lyekkel a gép éppen dolgozik, az előző fejezetekben megismert „flip-flop" áramkörökben tárolják a nagy számítógépek is. A mi modelljeinken a tárolás részben kézzel beállított kapcsolókkal, részben a nagy gépekhez hasonló, de jelfogós áramkörökkel történik. Az előző pontban az elektroncsöves tárolást is bemutattuk.

Az adatokon a szükséges algebrai vagy logikai műveleteket az *aritmetikai egység* vagy *számolómű* végzi. Könyvünk hátralevő részében ennek a legfontosabb egységnek a működési elveit szándékozunk bemutatni.

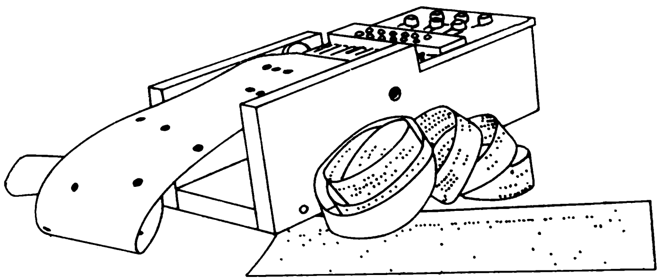
A műveletek eredményéről a kimeneti egység vagy kiíró egység útján szerzünk tudomást. A nagy gépeknél a kiírás sokszor lyukszalag útján történik. Máskor a gép nyomtatásban közli munkájának eredményét az ún. *gyorskiírók* útján. Ezek nemcsak számokat, hanem szöveget is tudnak nyomtatni. Jóllehet az egyéb író- és nyomtatóberendezésekhez képest hihetetlenül gyorsan dolgoznak, mégis ezerszerte lassúbbak mint a gép egyéb egységei. Ezért a bevitel és a kiírás gyorsítása a számítógépek egyik legnagyobb mai problémája. A mi modelljeinken a „kiírást" jelzőlámpákkal végeztetjük.

Végül a gép egyes részei munkájának összhangjáról az ún. *vezérlőegység* gondoskodik. Ez a nagy számítógépeknél a gép egyéb egységeihez képest rendkívül bonyolult berendezés. A mi modelljeinknél szükségtelen, mert ezek nem automatikus működésűek.

A LYUKKÁRTYA ÉS LYUKSZALAG

A legutóbbi népszámlálás adatainak földolgozását nálunk is teljesen lyukkártya rendszerű gépekkel végezték. Az eljárás lényege a következő. Mintegy 10×20 cm-es kartonból készült kártyalapokon tíz sorban 450, 800 vagy esetleg még több lyuklehetőség van. Az 59. ábra jobb oldalán ilyen lyukkártyát látunk. A feldolgozni kívánt adatokat előre megtervezett kulcs szerint különleges író-lyukasztó gépekkel egy-egy kártyára „írják" fel lyukasztás formájában. A lyukakat a gép tized mm pontossággal üti az előírt helyre. A kártyákat azután finom érintkezőkkel ellátott *rendezőgépek* tetszésszerinti szempontok szerint óriási sebességgel tudják rendezni, illetve megszámlálni (60 000 kártya/óra). A módszer egyszerű, de szellemes ötlete az amerikai *H. Holleriththől* származik, aki szintén népszámlálási adatok feldolgozására alkotta meg módszerét még 1889-ben. Az eljárást elektronikus számítógépeknél még ma is használják. Az ilyen, legtöbbször speciális célokra készült gépek lyukkártyákról kapják meg a feldolgozandó adatokat, és a feldolgozás eredményét is sokszor kártyára lyukasztva közlik. Hátránya ennek a módszernek, hogy viszonylag lassú.

A lyukszalagmódszer lényegében ugyanez, csak itt folytonos szalagra történik a lyukasztás. Ilyen lyukszalagra írják fel pl. a táviratok szövegét. Tíz-tizenöt ember által „írt" szalaggal táplálják azután, jobb kihasználás céljából, az igen gyors távírógépet. A távgépíró berendezés, a *telex* is ilyen lyukszalagról dolgozik. De ugyanilyen lyukszalagról „táplálják be” a nagy számítógépekbe óriási sebességgel a tárolandó adatokat és utasításokat, a *programot* is. A gépek a számítások eredményét is sokszor lyukszalagon közlik kezelőikkel.



59. ábra.
Lyukkártya, lyukszalag

A módszer tanulmányozására igen egyszerű modell építhető (59. ábra). Lyukszalagos gépünk mindössze két 6×9-es filmorsóból, jelfogókról leszerelt néhány érintkezőből és banánhüvelyből áll. A fémből készült filmorsóra hat rugós érintkező nyomódik rá. Az érintkezők másik végét egy-egy banánhüvelyhez vezetjük. Szalagként felhasználhatjuk a 6×9-es filmet borító erős fekete papírszalagot vagy akármilyen erősebb, pontosan kivágott papírcsíkot. A lyukasztást, pontosan figyelve a sorokra és az oszlopokra, fúróval, lyukasztóval végezzük.

A szalagot behúzzuk a fémorsó és a rugós érintkezők közé. Ha most pl. egy lámpa áramkörébe bekötjük a fémorsót és valamelyik rugós érintkezőt, akkor a lámpa csak akkor fog égni, ha a papírcsíkot húzva, a megfelelő érintkező alá lyuk kerül.

Jelentse pl. a lyukszalagon minden sor az iskola egy-egy tanulójának az adatait. Az első oszlopban a lyukasztás azt jelenti, hogy az illető fiú, a másodikban azt, hogy leány; a harmadikban azt, hogy 16 év felett van; a negyedikben, hogy

170 cm-nél magasabb; az ötödikben azt, hogy kékszemű, a hatodikban, hogy barna.

Ha pl. meg akarjuk tudni, hogy összesen hány fiútanulója van az iskolának, akkor az első oszlop rugós érintkezőjének banánhüvelyére kapcsoljuk a 24 V-os áramforrás egyik sarkát, a fémorsóra pedig egy telefonbeszélgetés-számlálón keresztül a másik sarkát. Szinte tetszésszerinti sebességgel végighúzva lyukszalagos gépünkön a papírszalagot, a számlálóról leolvashatjuk a kívánt adatot.

Ha arra vagyunk kíváncsiak, hogy hány 16 év feletti kékszemű leánytanulója van az iskolának, akkor a számlálóval sorbakötjük a 2., 3. és 5. oszlopot letapogató érintkezőket. A számláló csak akkor számlál, ha mindhárom érintkező alatt egyidejűleg van lyuk. Hasonlít egy kicsit az eset ahhoz, hogy a háromkocsis villamos indítóberendezésének indítást jelző lámpája is csak akkor gyulladt ki, amikor már mindhárom kocsi indulásra kész.

A nagy számítógépek lyukszalagos be- és kiíróberendezése teljesen hasonló módon működik. Minden sor lyukkombinációja egy-egy közlendő jelnek, betűnek vagy számnak felel meg. Újabban azonban a lyukszalag adatait már nem finom fémkefével, hanem a lyukon áthaladó fénysugár segítségével, *fotocellával* olvastatják le. Előnye, hogy a szalag kevésbé rongálódik, többször is felhasználható, és a leolvasás is gyorsabb. Az adatok lyukszalag helyett magnetofonszalagon is tárolhatók. Ekkor a jelek felírását lyukasztás helyett elektromos impulzusokkal végzik, a leolvasást pedig magnetofonfejekkel. Ez a módszer a papírszalagos módszernél összehasonlíthatatlanul gyorsabb. A műholdak is ezzel a módszerrel rögzítik a keringés folyamán nyert adataikat. Ezeket azután a felbocsátó hely fölé érve, földi hívásra igen gyorsan le tudják adni.

MŰVELETEK VÉGZÉSE DIGITÁLIS GÉPEKKEL

Az eddigiekben már három digitális számológépet is bemutattunk. Közülük kettő, a kapcsolós és a jelfogós gép, tud összeadni és kivonni. A legegyszerűbbön, a „dugaszolós" számológépen pedig azt is bemutattuk, hogy hogyan lehetne — legalábbis elvileg — szorozni és osztani is. Ezek a gépek inkább ötletszerűen pattantak ki egy-egy találékonyabb fiú vagy felnőtt agyából.

Mostani gépeinket tervezzük meg módszeresen. Tehát úgy, ahogyan a szakemberek szoktak nekiállni a problémának. Vizsgáljuk meg lehetőleg minden oldalról a fölmerülő problémát, és azután próbálkozzunk — a rendelkezésünkre álló eszközöket felhasználva — a kérdés megoldásával.

Újabb jelfogós összeadógép. Azt már tudjuk, hogy csak a kettes számrendszerben dolgozhat. Újítsuk fel egy példán a kettes számrendszerbeli számok összeadásáról tanultakat:

$$\begin{array}{rr} 28 & 11\,100 \\ +26 & +11\,010 \\ \hline 54 & 110\,110 \end{array}$$

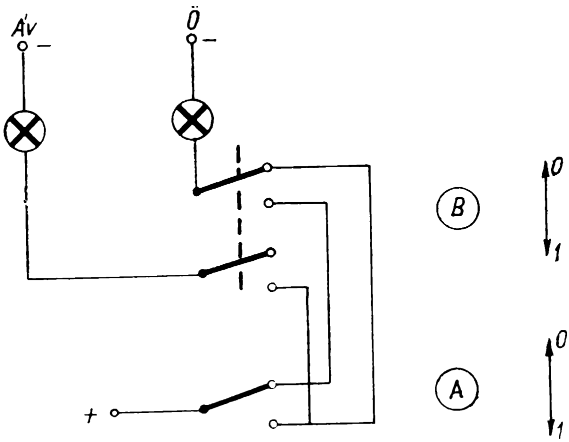
Példánk alapján a legtöbb nagy teljesítményű számítógép alapvető összeadási problémái jól elemezhetők, mert azok is többnyire csak két számot adnak össze egyszerre. Ha több összeadandó is van, akkor a két szám összegéhez adják hozzá a harmadikat.

A legalacsonyabb helyértékű jegyek összeadásakor csak a következő táblázatba foglalt négy eset fordulhat elő:

A	*B*	*Ö*	*Áv*
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

ahol *A* és *B* a két összeadandót, *Ö* az összeget és *Áv* az átvitelt jelenti.

Ha megfontoljuk, hogy a kivitelezésre jelfogók, nyomógombok, kétutas kétállású kapcsolók és jelzőlámpák állnak rendelkezésünkre, akkor a kapcsolós számológépnél már megismert



60. ábra.
„Félösszeadónk" új kapcsolási rajza

(lásd 36. ábra) *félösszeadó* kínálkozik a legegyszerűbb megoldásnak. Új rajzunk (60. ábra) az előzőtől mindössze abban különbözik, hogy mostani céljainknak megfelelőbben rajzoltuk, és valamivel egyszerűbb. Mindössze egy kettős kapcsoló, egy váltókapcsoló vagy nyomógomb és két égő szükséges hozzá. Megépíteni csak a teljes gépet érdemes.

Az összeadásnak másik, gyakrabban előforduló esete, hogy a két összeadandón kívül az előző helyértékről maradék, áthozat is van. Ez az eset mintapéldánkban jobbról számítva az ötödik helyértéknél fordult csak elő, de a második helyértéktől kezdve bárhol előfordulhat.

Lássuk most először táblázatban, hogy az összeadásnak így milyen esetei fordulhatnak elő. Jelöljük a két összeadandót *A*-

val és B-vel. Az előző helyérték maradékát nevezzük áthozatnak *(Áh)*. Az összeget jelöljük most is $Ö$-vel; a maradékot pedig nevezzük átvitelnek *(Áv)*.

A	*B*	*Áh*	*Ö*	*Áv*
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
0	1	0	1	0
1	1	0	0	1
0	0	1	1	0
1	0	1	0	1
0	1	1	0	1
1	1	1	1	1

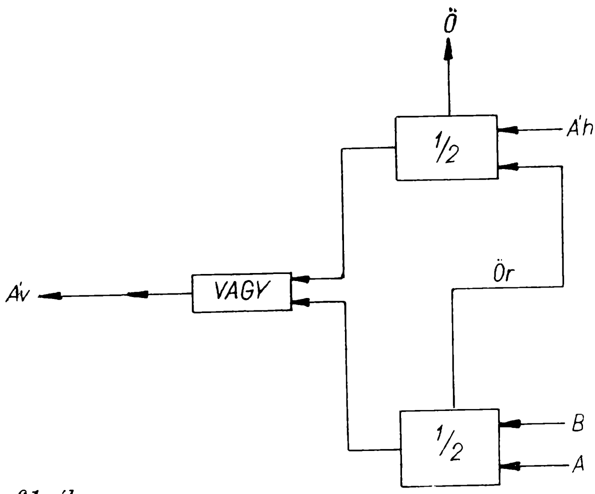
Az összeadásnak így már nyolc esete lehetséges. Mintaösszeadásunk ötödik helyértékénél pl. éppen a nyolcadik eset fordult elő.

Nézzük meg most figyelmesebben, vagyis elemezzük ezt a táblázatot, hogy levonhassuk belőle a kapcsolásra vonatkozó tapasztalatokat. Az összeget úgy kapjuk meg, hogy az A és B összegéhez — nevezzük ezt most részletösszegnek — hozzáadjuk az esetleges áthozatot. Például a táblázat negyedik sorát, ha csak az összegre vagyunk tekintettel, és az átvitel egyelőre nem érdekel bennünket, így olvassuk: 1 meg 1 az 0, meg 0 az 0. Az utolsó sort pedig így: 1 meg 1 az 0, meg 1 az 1.

Nézzük most az átvitelt. Átvitel *(Áv)* mindannyiszor van, valahányszor akár az A és B összeadásánál, akár ezek részletösszegének az áthozattal *(Áh)* való összeadásánál maradék van.

E megfontolás után belátjuk, hogy a 61. ábra elvi kapcsolása alkalmas lenne a felvetett probléma, a három összeadandó összeadásának megvalósítására. Az egyik *félösszeadóban* (pl. az alsóban) összeadjuk az A-t és a B-t, ezek részletösszegét *(Ör)* és az esetleges áthozatot *(Áh)* pedig a másik félösszeadóban. Ez utóbbiak összege adja a végleges összeget *(Ö)*. A két *fél-*

összeadó átviteli kimenetet pedig úgy kell kapcsolnunk, hogy az átvitel *(Áv)* jelentkezzék, *akár* az egyik félösszeadóban, *akár* a másikban volt maradék. Az ilyen kapcsolást szaknyelven *VAGY* kapcsolásnak nevezik, és az ábrán látható módon jelö-



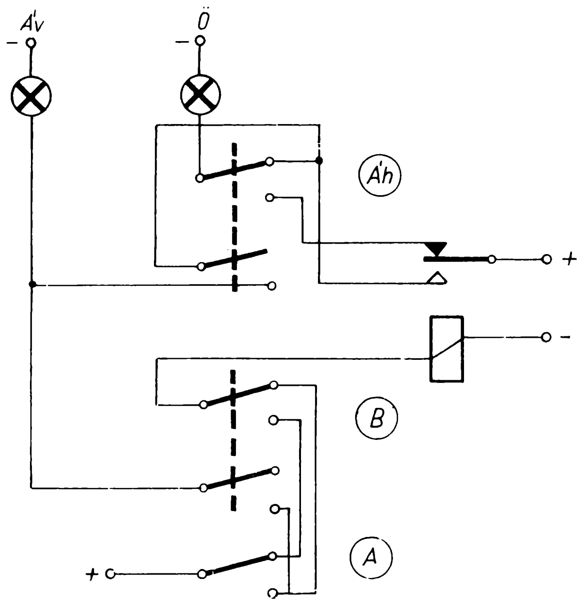
61. ábra.
A „teljes-összeadó" elvi rajza

lik. A későbbiekben még találkozunk vele. Tehát a *teljes-összeadó* két fél összeadóból és egy *VAGY* kapcsolásból álló egységgel valósítható meg.

Lássuk ezután a teljes-összeadó tényleges kapcsolási rajzát (62. ábra). Az *A* és *B* kapcsolókból álló alsó félösszeadóban létrejövő részletösszeget a középütt álló jelfogó közvetítésével adjuk hozzá az esetleges áthozathoz. Ez a jelfogó és az *Áh* jelzésű kettős kapcsoló alkotják a második félösszeadót. A végleges összeget *(Ö)* a felső jobb oldali jelzőlámpa kigyulladása jelzi. Az átvitel jelzőlámpájához *(Áv)* két vezeték is vezet. A jelzőlámpa tehát ég, *akár* az alsó, *akár* a felső félösszeadóban jelentkezik átvitel. Érdemes a rajz átértése céljából végigkövetni rajta pl. azt az esetet, amikor mindkét összeadandó

1, és átvitel is van. Ekkor mindhárom kapcsoló az alsó állásban van, és mindkét jelzőlámpa ég.

Összehasonlítva újabb teljes-összeadónk kapcsolását a 37. ábrán már megismert teljes-összeadónk kapcsolásával, azt talál-

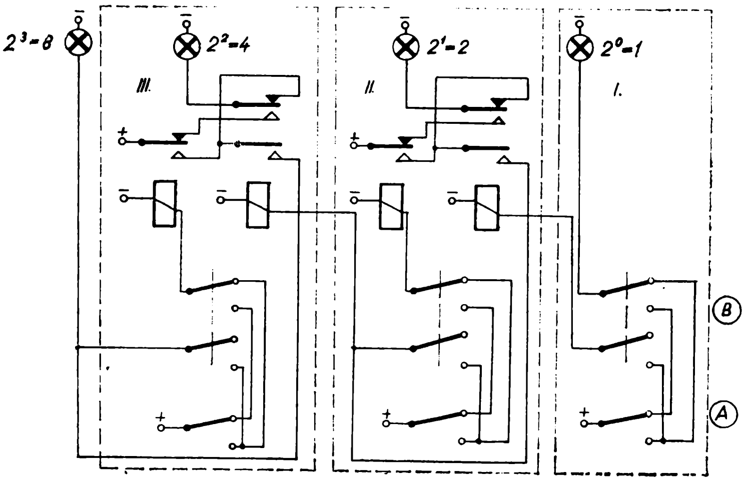


62. ábra.
A „teljes-összeadó"

juk, hogy a bonyolult és költséges négyutas kétállású kapcsolókat sikerült kiküszöbölnünk. Még jelentősebb, hogy ez a kapcsolás alkalmas lesz további automatizálásra.

Hárombites összeadó. A félösszeadó és a teljes összeadó működésének ismeretében már könnyű egy akárhány számjegyes összeadó gép megtervezése. A 63. ábrán egy három számjegyes (*bit*-es) összeadó kapcsolási rajzát közöljük. A többszámjegyes összeadó ettől mindössze abban különbözik, hogy a középső *(II-*vel jelölt*)* egysége többször ismétlődik.

Az első bitben *(I)* a már megbeszélt félösszeadóra ismerünk. Attól mindössze abban különbözik, hogy az átvitel vezetéke nem lámpára megy, hanem a második bit egyik jelfogójára.



63. ábra.
Hárombites összeadó

A második bitben a teljes-összeadó kapcsolási rajzát ismerhetjük föl *(II)*. Csak az áthozatot nem mi adjuk be jelképesen egy kettős kapcsolóval, mint az előbb tettük, hanem az első bitből jön, és egy jelfogó közvetítésével, a mi külön beavatkozásunk nélkül, automatikusan adódik be a megfelelő helyen. Az átvitel itt is természetesen nem lámpára megy, hanem a következő fokozatba.

Az utolsó bit *(III)* egyezik a másodikkal, csak az ebből származó esetleges átvitel természetesen már jelzőlámpára megy.

Nézzük most gépünk működését először a kapcsolási rajz menetét követve. Az egyik legérdekesebb a következő összeadás: $7 + 1 = 8$. Adjuk be először az első összeadandót pl. a felső kapcsolósoron, a *B*-n. Tudjuk, hogy a 7-nek a kettes számrendszerbeli alakja 111. Tehát a *B* sorban levő valamennyi kettős kapcsolót az alsó, 1-es állásba kell átkapcsolnunk. Ha ekkor feszültséget adunk a berendezésre, látjuk, hogy jobbról kiindulva az első három jelzőlámpa ég. Jelzik a 7-et. Ha most az alsó kapcsolósoron, az *A*-n beadjuk az 1-et, vagyis az első kapcsolót (jobbról számítva) az alsó állásba kapcsoljuk át, akkor a 2^0 jelzőlámpa kialszik, mert áramköre megszakad. De áramot kap a jelfogósor jobbról számított első jelfogója: emiatt a 2^1 jelzőlámpa is kialszik. Áramot kap a harmadik jelfogó meghúzótekercse is: emiatt a 2^2 jelzőlámpa is kialszik. De kigyullad és égve marad a 2^3 jelzőlámpa, és jelzi az összeadás eredményét, a 8-at. Érdemes gyakorlásként követni pl. a $6 + 5 = 11$ összeadás menetét is.

Még tanulságosabb a gép megépítése. Mindössze a következő alkatrészek kellenek hozzá: 3 db váltókapcsoló vagy nyomógomb, 3 db kétutas kétállású kapcsoló, 4 db jelfogó viszonylag kevés érintkezővel és 4 db jelzőlámpa. Valamennyi alkatrész kapható a kereskedelmi forgalomban. Az „Anyagszükséglet jelfogós berendezéseinkhez" c. fejezetrészben felsorolt anyagokból ez a berendezés is futja. A *Mikromat* építőkészlettel is összeállítható. Ha háromnál több bitre akarjuk megépíteni, akkor természetesen megfelelően több alkatrész is kell hozzá. Érdemes, főleg iskolai célokra, állandó alakban is megépíteni. A tanítványok formatervező készségét fejleszti, ha a gép külső alakját ők tervezik és kivitelezik. Az alkatrészek bekötése a kapcsolási rajz alapján nem okozhat problémát.

A gép tényleges működtetésénél igen tanulságos tapasztalat, hogy a számok beadása sokáig tart, míg az áramkör bekapcsolásakor a gép magát az összeadást a másodperc tört része alatt végzi. Így van ez a nagy számítógépeknél is. A művelet végzése százezred mp-nyi ideig tart csak. Az adatok beírása és esetleges kinyomtatása viszont a leggyorsabb berendezések esetén is viszonylag igen lassú.

Kivonás hárombites összeadó gépünkkel. A „Kivonás új módszerrel" c. fejezetrészben már megbeszéltük, hogy a nagy számítógépek az összeadásra vezetik vissza a kivonást.

Nézzünk az ott tanultakra egy-két példát!

Mindjárt 1-nél kisebb számokkal végezzük a műveleteket, hiszen tudjuk, hogy a nagy gépek is akárhányszor így teszik. Ha gépünk csak három bináris jegyre készült, akkor csak kétjegyű számokat tudunk vele kivonni, mert balról az első számjegyet az előjel számára tartjuk fönn. Kivonás helyett — mint már megbeszéltük — a kivonandó komplemens számát hozzáadjuk a kisebbítendőhöz. A 2^3 jelzésű égő a 63. ábra kapcsolási rajzán most csak zavarna, tehát hagyjuk el, mert meghaladja gépünk befogadóképességét.

Nézzük meg ezekután a következő, igazán egyszerű kivonást:

$$\begin{array}{ccc} \frac{3}{4} & 0\,11 & 0\,11 \\ & \text{helyett} & \\ -\frac{1}{2} & -0\,11 & +1\,10 \\ \hline \frac{1}{4} & & 0\,01 \end{array}$$

Az utolsó átvitelként maradt 1-es már „túlcsordult”, és ezért gépünk nem jelzi. Így megkaptuk a helyes eredményt, az $\frac{1}{4}$-et.

Mint már a fentebb hivatkozott pontban is felhívtuk rá a figyelmet, a legérdekesebb eset, ha a kivonandó nagyobb, mint a kisebbítendő. Gépünkön ez is bemutatható:

$$\begin{array}{ccc} \frac{1}{4} & 0\,01 & 0\,01 \\ & \text{helyett} & \\ -\frac{1}{2} & -0\,10 & +1\,10 \\ \hline -\frac{1}{4} & & 1\,11 \end{array}$$

Az 1-es előjellel gépünk helyesen jelzi, hogy a különbség előjele negatív. A kivonás elméletének megbeszélésekor tanultakból azonban azt is tudjuk, hogy ilyenkor a különbség komplemens számát kapjuk meg. Tehát a helyes eredmény — 11 — komplemense: 01, ill. átírjuk a tízes számrendszerbe, és ha az előjelre is tekintettel vagyunk: $-\frac{1}{4}$.

Egész számok kivonását még egyszerűbben végezhetjük gépünkkel. Mi mindjárt a nehezebb problémát mutattuk be.

SZORZÁS, OSZTÁS DIGITÁLIS SZÁMÍTÓGÉPEKKEL

Az eljárás megértéséhez át kell gondolnunk e műveletek végzését a tízes és a kettes számrendszerben. Végezzünk először egy szorzást a tízes számrendszerben:

$$
\begin{array}{r}
4302 \cdot 2402 \\
\hline
8604 \\
17208 \\
8604 \\
\hline
10333404
\end{array}
$$

A következőket figyelhetjük meg:

a) csak az egyes számjegyekkel kell szoroznunk;

b) a kapott részletszorzatokat megfelelő számú hellyel jobbra el kell tolnunk;

c) a kapott részletszorzatokat össze kell adnunk.

A számjegyekkel való szorzáshoz az egyszeregy száz esetét kell emlékezetből tudnunk!

Mit jelent az *eltolás,* az új részletszorzatok egy jeggyel jobbra való írása?

Azt, hogy az addigi részletszorzatokat 10-zel, a rendszer alapszámával megszorozzuk. Az újabb eltolás újabb 10-zel való szorzást jelent az addigi részletszorzatokra nézve. Az előző szorzást tehát egészen szabatosan tulajdonképpen úgy kellett volna lejegyeznünk:

```
 4302 · 2402
 8604000
 1720800
   00000
    8604
10333404
```

Annak idején megjegyeztük az általános iskolában, hogy a „felesleges” nullákat nem írjuk ki.

A kettes számrendszerben a több jegyű számok szorzása ugyanígy megy, csak lényegesen egyszerűbb. Lássuk ezt is egy példán:

```
 1101 · 1011
 1101
   1101         (13 · 11 = 143)
    1101
10001111
```

Itt is csak az egyes számjegyekkel szoroztuk meg a szorzandót. A részletszorzatokat itt is jobbra vittük egy vagy több hellyel, és azután összeadtuk őket. „Szorzótáblázatunknak”, az egyszeregynek azonban itt mindössze a következő négy esete van:

A	B	$A \cdot B$
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Mit jelent itt az eltolás, vagyis az addigi részletszorzatok után egy vagy több 0-nak az írása? Nézzük meg az előző példán!

1101 (13)
11010 $(26 = 2 \cdot 13)$
110100 $(52 = 4 \cdot 13 = 2^2 \cdot 13)$.

Azt látjuk, hogy az eltolás itt is az alapszám hatványaival való szorzást jelenti, mint a tízes számrendszer esetén.

A digitális számítógépek általában egyszerre csak két számot tudnak összeadni. Ezért a velük való szorzás a fent bemutatottól abban különbözik, hogy a kapott részletszorzatokat azonnal hozzáadjuk az addigi részletszorzatok összegéhez.

Szorzás 2 hatványaival. Az előzők után 2 hatványaival már tudunk szorozni. Mint a „dugaszolós" számológépünk esetében (lásd a „Dugaszolós számológép" c. fejezetrészt) tettük szegekkel, úgy pl. a 63. ábra számológépébe beírjuk valamelyik kapcsolósorral a szorzandót, pl. a 11-et. Kettővel, az előzők szerint, úgy kell szorozni, hogy a szám után 0-át írunk:

$$11 \cdot 10 = 110 \qquad (3 \cdot 2 = 6).$$

Számológépünkön ezt úgy csináljuk, hogy minden eddigi számjegyet egy hellyel balra írunk, és az utolsó helyre 0-át írunk. Ezt az eljárást *léptetésnek* nevezzük.

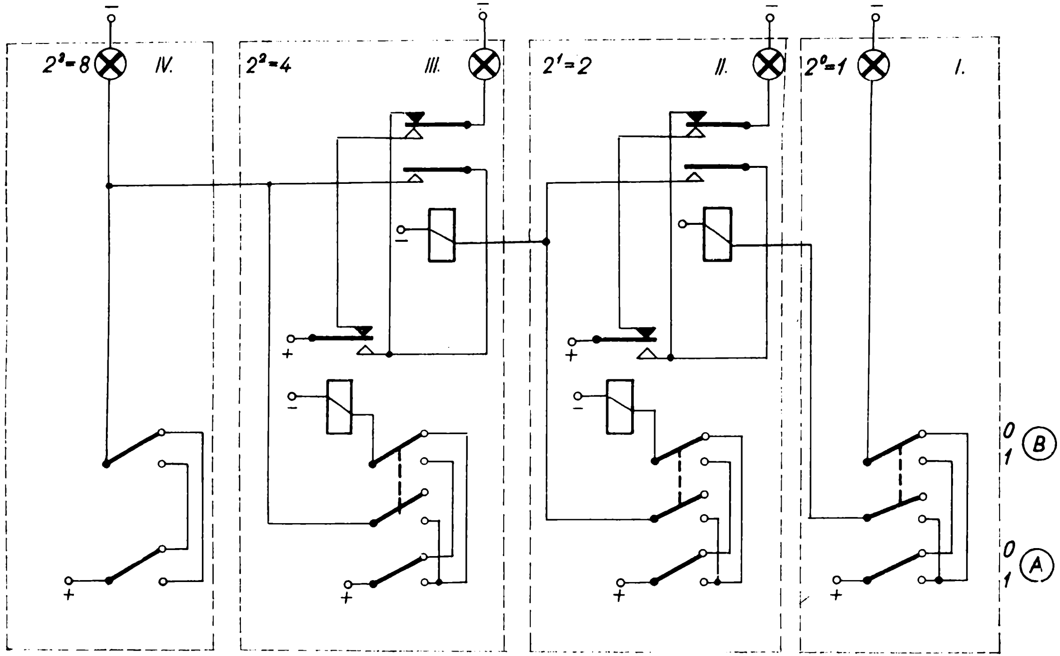
Szorzás tetszés szerinti számmal. Az előző elemzések alapján foglaljuk össze, hogy mit kell számológépünknek tudnia, ha vele tetszés szerinti számmal való szorzást akarunk elvégezni. Mindössze két dolgot:

a) a benne levő, az éppen benne tárolt számot egy vagy több hellyel eltolni, „léptetni";

b) ehhez az egy vagy több hellyel balra léptetett számhoz hozzáadni a következő részletszorzatot, ami — mint láttuk — maga a szorzandó.

Négybites szorzógép. A 64. ábrán láthatjuk négybites szorzógépmodellünk kapcsolási rajzát. Hogy négybites, az a jelen esetben azt jelenti, hogy a szorzás eredménye legfeljebb négyjegyű szám: 1111, vagyis 15 lehet. Csak ennyire futja minimálisan megállapított anyagszükségletünkből: a működési elv bemutatására azonban ez éppen elegendő.

A rajzot alaposabban megnézve, a 63. ábrán közölt hárombites összeadó gépünk továbbfejlesztésére ismerünk rá. Az *I.*, *II.* és *III.* oszlopban teljesen megegyeznek, csak a *IV.* oszlopba iktattunk be még két kapcsolót.



64. ábra.
Négybites szorzógép kapcsolási rajza

Végezzük el először írásban a következő szorzást:

$$\begin{array}{l} 11 \cdot 101 \\ \hline 11 \\ \;\;11 \\ \hline 1111 \end{array} \qquad (3 \cdot 5 = 15).$$

Az írásban végzett szorzás menetét követve, nézzük végig először a rajz alapján, hogy hogyan történik a szorzás szorzógépmodellünkkel:

a) Beadjuk a gépbe a szorzandót (11). Ez az *I.* és *II.* oszlop *B* sorban levő kettős kapcsolóinak az alsó helyzetbe való átkapcsolását jelenti.

b) Megszorozzuk a gépbe beírt szorzandót a szorzó balról számított első számjegyével, az 1-gyel. Az 1-gyel való szorzás azonban semmi változást nem jelent, tehát már meg is kaptuk az első részletszorzatot, amely ezek szerint 11.

c) Mielőtt a következő számjeggyel szoroznánk, az eddigi részletszorzatot egy hellyel léptetni kell. Az előző pontban megbeszéltek szerint elvégezve ezt kapjuk: 110.

d) A szorzó következő számjegye azonban 0. Tehát megint csak léptetni kell egyet. Ezt elvégezve kapjuk: 1100.

e) A szorzó következő számjegye 1. Tehát a részletszorzat maga a szorzandó: 11. Ezt beadjuk a gépbe az *A* nyomógombsor *I.* és *II.* oszlopbeli nyomógombjának lenyomásával. Gépünk azonban lényegében összeadó gép. Így azonnal jelzi is mind a négy jelzőlámpánk kigyújtásával, hogy szorzásunk végeredménye: 1111, vagyis 15.

Kapcsolási rajzunkon érdekes a szorzás menetének követése. Még érdekesebb azonban a gép megépítése és működtetése. Mint a kapcsolási rajzról leolvashatjuk, 4 db átkapcsoló vagy nyomógomb, 4 db kettőskapcsoló, 4 db jelfogó és 4 db égő szükséges hozzá. Ha egyénileg akarjuk megépíteni, elegendő, ha jelfogóállványunkon forrasztással összeállítjuk és úgy működtetjük. Iskolai szakkörök számára azonban érdemes állandó formában is megépíteni; a gép a szorzás végzésének modellezésére alkalmas.

Természetesen a nagy számítógépeken a léptetést (vagy ahogyan szaknyelven mondják, a „shift”-elést) nem nekünk kell kézzel végeznünk, hanem a szorzási utasítás beérkezésekor külön program végzi.

Végeredményként megjegyezhetjük, hogy a digitális számítógépek a léptetés fölhasználásával a szorzást is az összeadásra vezetik vissza.

Összetett műveletek végzése a digitális számítógépeken. A szorzáshoz hasonlóan lehetne a számítógépeken automatizálni az osztást is (az írásban végzett osztásból kiindulva, azt analizálva). Ehelyett a legtöbb számítógép az osztást a kivonás közvetítésével inkább az összeadásra vezeti vissza. Ha két számot el kell osztani egymással, a megfelelő *szubrutint* veszik elő, vagyis erre a célra előre elkészített külön programot alkalmaznak. A mi szerény eszközeinkkel e program bemutatása igen körülményes lenne.

A magasabb műveleteket (hatványozás, gyökvonás stb.) is lényegében az összeadásra vezetik vissza a nagy számítógépek. Tehát végeredményben nagyon keveset, lényegében csak összeadni tudnak, de ezt azután hihetetlen sebességgel.

Foglaljuk össze befejezésül utolsó fejezeteink tartalmát néhány mondatban. Működő modelljeinkben megismerkedtünk azzal, hogy hogyan számolnak a nagy számítógépek. Szaknyelven úgy mondanánk, hogy az aritmetikai egységgel és annak elvi működésével ismerkedtünk meg. Ennek leglényegesebb építőelemei a „flip-flop” áramkörök, leglényegesebb művelete az összeadás. A többi műveletet a számítógépek az összeadásra vezetik vissza.

IV.

LOGIKAI MŰVELETEK VÉGZÉSE SZÁMÍTÓGÉPEKKEL

A nem szakemberek számára a számítógépekkel kapcsolatban az a legrejtélyesebb dolog, hogy hogyan lehet ezekkel a gépekkel logikai műveleteket végezni. Valahogy a logikus cselekvést ösztönösen kizárólag az ember számára szeretnénk fenntartani. Pedig pl. a személyfelvonó is rendkívül „logikusan" működik. Csak akkor indul meg, ha minden emeleten zárva van az ajtó, mi is becsuktuk az ajtaját, és megnyomtuk annak az emeletnek a nyomógombját, ahova menni szándékozunk. Ha ellentétes parancsokat adunk neki (pl. egyszerre menjen fölfelé és lefelé), nem történik komolyabb baj. A leghibásabb kezelés esetén is megáll a legfelső vagy a legalsó szinten, és nem szakítja ki a legfelső vagy a legalsó födémet.

Erre azt szoktuk mondani, hogy ez azért van így, mert a személyfelvonóba a gondolkodó mérnök tervezte bele a megfelelő szerkezeteket. Nos, hát így vagyunk a számítógépekkel is. Azok sem a maguk szeszélyétől vezetve végzik a logikai műveleteket, hanem az értelmes ember által beléjük tervezett és épített logikai áramkörök útján. Semmivel sem tudnak többet, mint amit előre beléjük építettek.

Logikai problémákat is meg tudunk oldani az algebráéhoz hasonló módszerekkel és így végeredményben a számítógépekkel, ha

1. a logikai fogalmakat, a logikus gondolkodás elemeit betűkkel jelöljük, mint az algebrában a számokat;

2. a logikus gondolkodás elemeinek összekapcsolását, mint logikai műveleteket definiáljuk;

3. és végül, ha megállapítjuk az e műveletekre érvényes műveleti szabályokat, azonosságokat (mint az algebrában a betűkre és számokra).

Ez az eljárás hasonlít kissé a szóbeli egyenletek megoldásának módszerére. Ott is az algebra betűinek, műveleti jeleinek fölhasználásával öntöttük algebrai alakba a szavakban megadott kapcsolatokat, majd a műveleti szabályok fölhasználásával az egyenleteket szinte gépiesen megoldottuk. És végül szavakban adtunk feleletet a feladott szóbeli problémára.

A fönnálló nagy hasonlóság miatt nevezték el ezt a tudományt, amelynek elemeivel az alábbiakban szándékozunk foglalkozni, *matematikai logikának*. A műveletek felírásának és végzésének szabályait megalkotó *Boole*-ról pedig a most bemutatásra kerülő eljárásmód a *Boole-algebra* elnevezést kapta.

Az alábbiakban a három leginkább használt logikai műveletet mutatjuk be: az *ÉS-, VAGY-* és *NEM-műveleteket,* a Boole-algebra alapműveleteit.

Bemutatjuk a műveleteknek megfelelő kapcsolós és jelfogós logikai áramköröket. Ismertetünk néhány alapazonosságot. Majd egy játékos logikai problémán bemutatjuk a problémák algebrai alakban való felírásának előnyét és végül a logikai problémák gépi megoldásának módszerét.

LOGIKAI ALAPMŰVELETEK ÉS ÁRAMKÖREIK

Az ÉS-művelet vagy logikai szorzás. — „Esik az eső, *és* fúj a szél.” — „Ha esik az eső, *és* kimegyek, megázom.” — Az első mintamondatunkra azt mondjuk, hogy összetett állítás: két egyszerű állításból van összetéve. Ezeket az *és* kötőszó kapcsolja össze. Második mintamondatunkra azt mondjuk, hogy következtetés. Az *és* kötőszóval összekapcsolt két egyszerű állításból következtetünk a harmadik, szintén egyszerű állításra. (A szakirodalom az itteni „állítás” szó helyett általában az „ítélet” szót használja. Mi az „állítás” szó mellett maradunk, mert ez nem hangzik annyira idegenül, és így talán érthetőbbek lesznek mondanivalóink.)

Két vagy több egyszerű állítás összekapcsolását *logikai műveletnek* nevezzük. Az ilyen összekapcsolások a logikus gondolkodás alapvető formái.

Mikor lesz az ilyen összetett állítás vagy következtetés igaz? Csak akkor, ha az összetett állítás mindkét tagja vagy a következtetés mindkét előzménye igaz. Minden más esetben hamis.

A logikai műveletek általánosságban való vizsgálatát nagyon megkönnyíti, ha az egyes egyszerű állításokat, az ún. *logikai változókat* egy-egy betűvel jelöljük, mint az algebrában a számokat, magát az összekapcsolás módját pedig valamilyen műveleti jellel. Jelöljük pl. az előbbi összetett állításunkban az első egyszerű állítást (esik az eső) A-val, a másodikat (fúj a szél) B-vel. Az őket összekapcsoló *és* kötőszót pedig egy ponttal, az algebrai szorzás jelével. Összetett állításunkat és vele együtt az összes hozzá hasonlókat így tudjuk egyetlen formulában rögzíteni:

„Esik az eső *és* fúj a szél"

$A \cdot B$

Az előző következtetést pedig így:

„Ha esik az eső, *és* kimegyek, megázom"

$A \cdot B = C$

Hogy miért éppen a szorzás jelét választották az *és* kötőszóval való összekapcsolás jelzésére, azt megértjük, ha elkészítjük a fenti állítás, illetve következtetés ún. *igazságtáblázatát.*

Mind az egyes, mind az összetett állítások és a következtetés is, csak igaz vagy hamis lehet. Nézzük meg, hogy az egyes állítások igaz vagy hamis volta hogyan befolyásolja az összetett állítás igaz vagy hamis voltát.

A mi fenti példáinknál mindössze a következő négy eset lehetséges:

Ha esik az eső	és kimegyek	megázom
hamis	hamis	hamis
igaz	hamis	hamis
hamis	igaz	hamis
igaz	igaz	igaz

Ha azt, hogy egy állítás hamis, 0-val, azt pedig, hogy igaz, 1-gyel, az egyszerű állításokat betűkkel, összekapcsolásukat műveleti jellel jelöljük, akkor az előző táblázat helyett a következő, minden hasonló következtetésre fennálló igazságtáblázatot nyerjük:

A	B	C
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Ez a táblázat teljesen megegyezik a kettes számrendszerbeli 0 és 1-es számok ún. *szorzási táblázatával,* ahol A és B a két tényező, C pedig a szorzat (lásd a III. fejezet „Szorzás, osztás digitális számítógépekkel" c. részét). Ezért nevezték el azt a műveletet *logikai szorzásnak.* Mivel pedig az *és* kötőszó kapcsolja össze az egyszerű állításokat, *ÉS-műveletnek* is hívják.

Ha megegyezünk abban, hogy egy állítás vagy következtetés *igaz* voltát

bekapcsolt kapcsoló,
égő körte,
lenyomott nyomógomb,

behúzott jelfogó,

vezető dióda, elektroncső vagy tranzisztor jelzi, az állítás, vagy következtetés *hamis* voltát pedig

be nem kapcsolt kapcsoló,
nem égő körte,
le nem nyomott nyomógomb,
be nem húzott jelfogó,
lezárt dióda, elektroncső, vagy tranzisztor

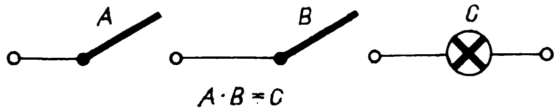
reprezentálja, akkor az előbbi következtetést vagy összetett állítást a 65. ábra kapcsolós vagy a 66. ábra jelfogós áramkörével hozhatjuk egyértelmű kapcsolatba. A *C* jelzőlámpa valóban csak akkor ég, ha mindkét kapcsoló lenyomott helyzetben van, ill. a másik ábrán csak akkor, ha mindkét jelfogó meghúzott állapotban van.

Nem nehéz a III. fejezet „Jelfogós számláló" c. részében tárgyalt „háromkocsis villamos indítóberendezése" elnevezésű kapcsolásunkban is logikai probléma megoldására ismernünk. Az utasítást (vagy inkább indítási feltételt) így foglalhatnánk logikai alakba: „Ha az első *és* a második *és* a harmadik kocsi is kész, gyulladjon ki az indítást jelző lámpa." A logikai „gyorsírás" jeleivel sokkal egyszerűbb:

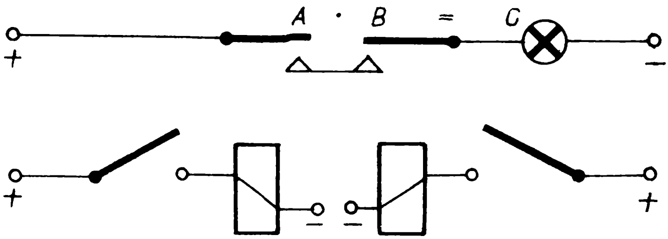
$$A \cdot B \cdot C = D$$

Ez utóbbi alaknak az az előnye is megvan, hogy nemcsak ezt az egy indítási feltételt jelképezi, hanem az összes hasonló logikai problémát.

A felhozott példából azt is megértjük, hogy a gyakorlatban a kapcsolós logikai áramkörök helyett miért használják inkább a költségesebb jelfogós vagy elektroncsöves logikai áramköröket. Ha a villamos esetében a három kocsiban csak egyszerű nyomógombokat alkalmaznának, akkor az egyes kalauzoknak mindaddig a nyomógombon kellene tartaniok az ujjukat, amíg a villamos meg nem indul. Ha pedig egyszerű kapcsolókat használnának, akkor indulás után a kikapcsolásról is nekik kellene gondoskodniok. Jelfogók alkalmazásával mindez automatikusan történik. Ez bőven megéri a költségtöbbletet.



65. ábra.
Az *ÉS-művelet* (logikai szorzás) kapcsolós áramköre



66. ábra.
Az *ÉS-művelet* jelfogós áramköre

A VAGY-művelet (logikai összeadás). — „Ha kiállok az esőre, *vagy* a zuhany alá állok, vizes leszek." — Itt a *vagy* kötőszóval kapcsolt összetett állítást látunk. Ha pedig a harmadik tagra is tekintettel vagyunk, olyan következtetést, amelynek két előzménye között a *vagy* kötőszó áll. Készítsük most mindjárt el ennek a következtetésnek az igazságtáblázatát. Legyen az első állítás (kiállok az esőre) jele *A*; a másodiké (zuhany alá állok) *B*. A következmény (vizes leszek) jele *C*. Az előző megállapodásokat fölhasználva ezt kapjuk:

A	*B*	*C*
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Ez a táblázat az utolsó sora kivételével egyezik a kettes számrendszerbeli számok összeadó táblázatával (lásd a III. fejezet „Műveletek a kettes számrendszerben" c. részét). Ezért ezt a logikai műveletet, egyszerű állításoknak a *vagy* kötőszóval való összekapcsolását, *logikai összeadásnak* vagy *VAGY-műveletnek* nevezik, és a következőképpen jelölik:

$$A+B=C$$

Az előzőkben már szintén használt megállapodások fölhasználásával a 67. ábra kapcsolós és a 68. ábra jelfogós összeállításával tudjuk a *VAGY-műveletet* kapcsolatba hozni. Valóban, a C jelzőlámpa mindannyiszor ég, ha vagy az A, vagy a B kapcsolót zárjuk, vagy mindkettőt. Illetve: vagy az A jelfogó, vagy a B jelfogó meghúz, vagy mind a kettő.

Lássunk egy példát az életből a *VAGY-kapcsolásra* is. A bank riasztóberendezését a következő utasítás alapján készítik: „Ha a bank ajtaját *(A)* VAGY ablakát *(B)*, VAGY a páncélszekrényt *(C)* feszegetik, szólaljon meg a riasztócsengő *(D)* a rendőrségen." Nyilván ennek és minden hasonló utasításnak vagy összetett állításnak a legegyszerűbb alakja ez lesz:

$$A+B+C=D$$

Kapcsolós logikai áramkörében pedig az A, B, C kapcsolókat a riasztócsengő áramkörébe egymással párhuzamosan kell bekötnünk. Erre a példára még visszatérünk.

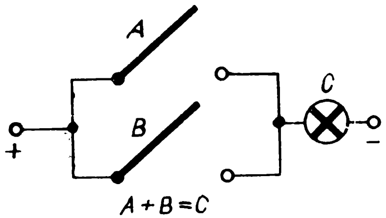
Összetett ÉS- és VAGY- művelet. Az eddig tárgyalt két művelet természetesen egy gondolatsoron belül, együtt is előfordulhat, mint pl. a következő okoskodásban:

A Ha kimegyek, *ÉS*
B ha esik az eső, *VAGY*
C ha zuhany alá állok,
D akkor vizes leszek.

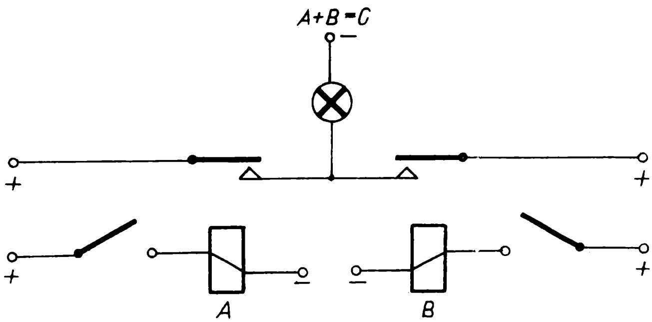
A megbeszélt betű- és műveleti jelek fölhasználásával ez és minden ilyen típusú gondolatsor a következő formulába rögzíthető:

$$A \cdot B + C = D$$

Természetesen így olvassuk: *A* és *B* vagy *C* egyenlő *D*-vel. Az is könnyen belátható, hogy minden ilyen típusú gondolatsor



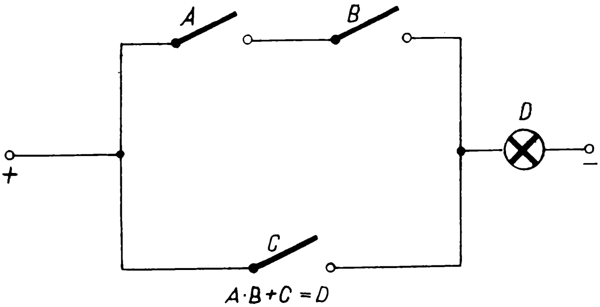
67. ábra.
A *VAGY-művelet* (logikai összeadás) kapcsolós áramköre



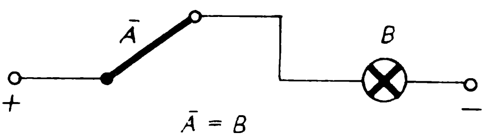
68. ábra.
A *VAGY-művelet* áramköre jelfogókkal

a 69. ábrán látható kapcsolós áramkörrel egyértelmű kapcso latba hozható. A *D* jelzőlámpa csak akkor ég, ha vagy az *A* és *B* kapcsoló egyidejűleg, vagy a *C* kapcsoló, vagy mind a három kapcsoló le van nyomva.

A NEM-művelet (tagadás, negáció). Néha egy eseményt attól teszünk függővé, ha valami nem történik meg. Az apa ezt mondja fiának: „Ha a tanév végén nem buksz meg, megveszem számodra a kért kerékpárt.” Ezt a logikai műveletet *NEM-műveletnek* vagy *tagadásnak,* latinosan *negációnak* nevezzük. Jeléül a neki megfelelő állítást jelző nagybetű fölé húzott víz-



69. ábra.
Összetett *ÉS*- és *VAGY*- művelet



70. ábra.
A *NEM-művelet* kapcsolós áramköre

szintes vonalkát választották. Ha tehát pl. a „megbuksz” kijelentés jeléül az A-t választjuk, akkor a „nem buksz meg” jele: $\bar{A}$. Néha, nyomdatechnikai okokból, az állítás nagybetűje elé írt kis n betűvel is jelölik. Tehát így: nA. Mindkét esetben így olvassuk: *nem A* vagy latinosan: *non A.*

A fenti atyai kijelentést a megismert logikai algebrai gyorsírással így rögzítjük:

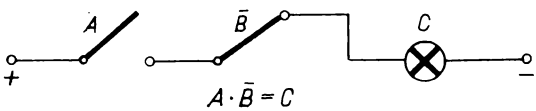
$$\bar{A} = B$$

És így olvassuk: *nem A* egyenlő *B*-vel. Áramköri megfelelőjét kapcsolóval a 70. ábrán láthatjuk.

Nézzünk egy összetett állítást, amelyben tagadás is szerepel: „Ha esik az eső, és nem megyek fedél alá, megázom." Jelekben nyilván így rögzíthető:

$$A \cdot \bar{B} = C$$

A formulát így olvassuk: *A* és *nem B* egyenlő *C*-vel (latinosan: *A* és *non B* egyenlő *C*-vel). A vele egyértelmű kapcsolatba hozható kapcsolós áramkört a 71. ábra mutatja.



71. ábra.
ÉS- és NEM-művelet

A logikai műveletek kapcsolata. Nézzünk olyan összetett állítást, melyben mind a három megismert művelet szerepel:

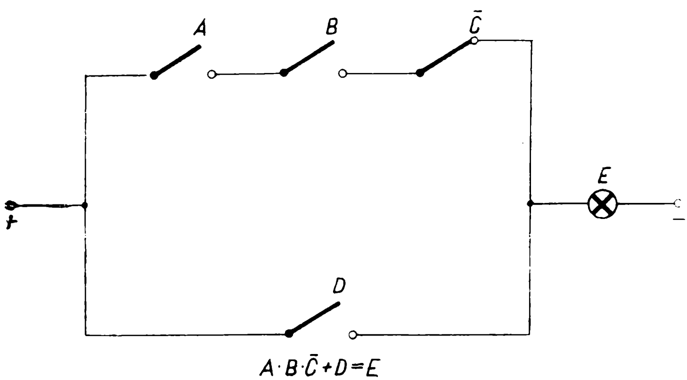
A Ha esik az eső, *ÉS*
B a szabadban vagyok, *ÉS*
C nem nyitom ki az esernyőmet, *VAGY*
D ha zuhany alá állok,
E akkor vizes leszek.

Mennyivel egyszerűbb ennek, sőt vele együtt az összes ilyen típusú következtetésnek a lerögzítése jelekben:

$$A \cdot B \cdot C + D = E$$

A 72. ábra kapcsolós áramköre az ilyen típusú következtetések megfelelője.

Hányféle logikai művelet van? Ilyen típusú, amilyeneket mi is tárgyaltunk, a szakirodalom szerint 16. Azonban ne ijedjünk meg! A szakkönyvek azt is bebizonyítják, hogy már az általunk megismert három alapművelet is sok. A tagadásra, és a másik kettő közül az egyikre a harmadik már visszavezethető, amint mindjárt látunk is rá egy példát. Sőt elvileg egyetlen logikai műveletre is visszavezethető valamennyi.



72. ábra.
ÉS-, NEM- és *VAGY-műveletek* egy áramkörben

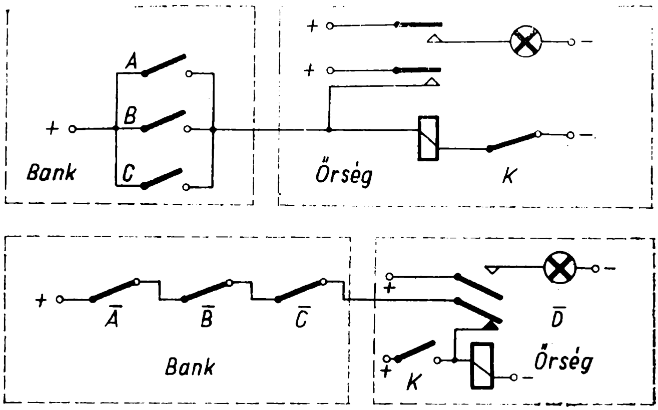
Mégsem tanultunk azonban fölösleges dolgot az előzőkben. Ugyanis a két, még inkább az egy műveletre való visszavezetés bonyolulttá teszi az eljárást. Ezért a gyakorlati életben általában az itt megismert mindhárom műveletet használják.

Az utasítást a bank riasztócsengő-berendezésének megépítésére így is megadhatnánk; „Ha a banknak sem az ajtaját, sem az ablakát, sem a páncélszekrényét nem feszegetik, akkor ne szóljon a riasztócsengő.” Ebben a szövegezésben kissé nehezebb fölismerni, hogy negált logikai változókkal való *ÉS-műveletekről* van szó. Jelekben így írhatjuk le:

$$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} = \bar{D}$$

A 73. ábrán hozzuk mindkét riasztóberendezés kapcsolási rajzát. Jól átgondolva azt látjuk, hogy a második üzemeltetés közben állandóan fogyaszt, mert egy jelfogót behúzva tart.

De ez a tökéletesebb, mert ha az elsőnek elvágják a vezetékét, többé nem jelez. Ez viszont a vezeték megrongálását is jelzi. Elvi szempontból pedig azt látjuk ebből a két kapcsolásból,



73. ábra.
Riasztóberendezés kétféle kapcsolásban

hogy *a VAGY-művelet negációval és ÉS-művelettel valóban helyettesíthető.* Riasztócsengő-modellünket külön is érdemes megépíteni.

A BOOLE-ALGEBRA MŰVELETI SZABÁLYAI

Ha már egy szóbeli egyenletet felállítottunk, akkor az így kapott algebrai műveletet a műveleti szabályok (vagy ahogy újabban szaknyelven mondják: *azonosságok)* fölhasználásával szinte gépiesen olyan alakra hozzuk, hogy belőle végül is a probléma megoldása kiolvasható. Ez a formális eljárás sokkal egyszerűbb, mintha szavakban próbáltuk volna kiokoskodni a problémát. A Boole-algebrának is megvannak a maga műveleti szabályai, azonosságai. Lássuk közülük a legegyszerűbbeket!

Az összeadás és szorzás ún. *felcserélési vagy kommutatív törvénye* fennáll mind az algebrában, mind a logikai algebrában:

$$A+B=B+A$$

$$A\cdot B=B\cdot A$$

Az algebrában ezt kisbetűkkel szoktuk írni, és így olvassuk: a meg b egyenlő b meg a-val (pl. $2+3=3+2$-vel). Itt, a logikai algebrában így olvassuk: A vagy B ugyanaz, mint B vagy A. A másodikra pedig inkább szavakkal mondunk egy példát: „ha esik az eső, és kimegyek", ugyanúgy megázom, mintha: „kimegyek, és odakint esik az eső".

Az ún. *csoportosítási, vagy asszociatív törvény* is érvényes a logikai összeadásra és szorzásra is. Tehát

$$A+(B+C)=(A+B)+C$$

$$A\cdot(B\cdot C)=(A\cdot B)\cdot C$$

Az előző két műveleti szabályhoz nem kellett magyarázat, hiszen annyira egyszerűek és „természetesek". A következők már kissé bonyolultabbak, de áramköri rajzaikkal könnyen „bizonyíthatók". Az ún. *széttagolási vagy disztributív törvény* a logikai algebrában a következő:

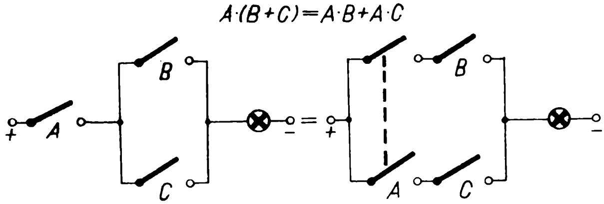
$$A\cdot(B+C)=(A\cdot B)+(A\cdot C)$$

Ezek fennállását a 74. ábra két áramkörének azonossága igazolja. A bal oldali áramkör égője nyilván akkor kap áramot, ha az A és a B vagy a C kapcsolókat zárjuk, a jobb oldali áramkör égője pedig akkor, ha az A és a B vagy az A és a C kapcsolókat zárjuk. Adott esetben természetesen inkább a bal oldali összeállítást készítjük el, mert ebben egy kapcsolóval kevesebb van. Ez a disztributív törvény az algebrában is fönnáll. Lássunk rá egy számpéldát: $3\cdot(5+7)=3\cdot5+3\cdot7$.

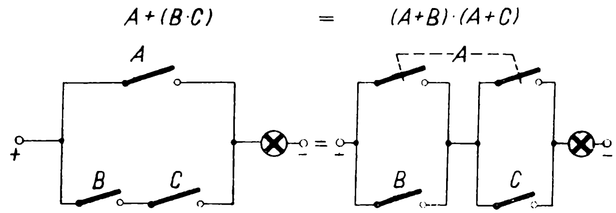
Az ún. *második disztributív törvény:*

$$A+(B\cdot C)=(A+B)\cdot(A+C)$$

az algebrában már nem áll fenn (próbáljuk csak ki az előbbi számtanpéldával!), a logikai algebrában azonban igen. Mint tudjuk, így olvassuk: *A VAGY (B és C)* ugyanaz, mint *(A VAGY B) ÉS (A VAGY C)*. A szemléletes bizonyítását a **75.** ábra logikai áramkörei adják. A bal oldali kapcsolás nyilván



74. ábra.
Az első disztributív törvény



75. ábra.
A második disztributív törvény

ugyanarra az eredményre vezet, mint a jobb oldali. Adott esetben természetesen itt is a bal oldalit alkalmazzuk, mert ahhoz kevesebb kapcsoló kell.

Végül bemutatunk még egy azonosságot, mindjárt szavakban: „Nem igaz, hogy Béla nem tanul jól”. Azt az egyszerű állító kijelentést, hogy „Béla jól tanul”, szükséges néha ilyen bonyolult alakban kifejeznünk. Jelekben nyilván így rögzíthetjük:

$$\bar{\bar{A}} = A.$$

Így olvassuk: *nem nem A* az *A*. Az ilyen azonosság igaz voltát szavakban így szoktuk kifejezni: ***a kétszeres tagadás állítás.***

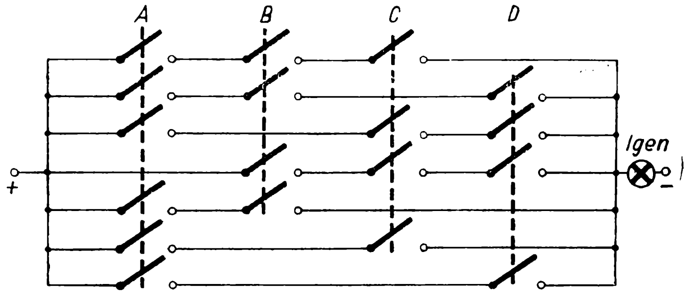
Nagyobb szakkönyvek (lásd az irodalomjegyzék 5. és 6. könyvét!) 20—30 logikai algebrai azonosságot is bemutatnak és bizonyítanak. Nekünk legyen elég bevezetőül ennyi. A Boole-algebra használhatóságát a kapcsoló áramkörök tervezésében és egyszerűsítésében már ezek segítségével is jól be tudjuk mutatni. De mellesleg már azt is látjuk ezekből, hogy a logikai algebra nem azonos a matematikai algebrával. Egyúttal azonban azt is látjuk, hogy a matematikai algebra nem az egyetlen lehetséges algebra, mint az euklideszi geometria sem az egyetlen lehetséges geometria.

ÁRAMKÖRÖK EGYSZERŰSÍTÉSE BOOLE-ALGEBRÁVAL

A disztributív törvényekhez fűzött megfontolásokból már sejthetjük is, hogy hogyan lehet a Boole-algebrát áramkörök, eljárások egyszerűsítésére felhasználni. Felírjuk az áramköröket, eljárásokat logikai algebrai alakban, *egyenletek* formájában. Ha ezekben valahol szerepel a szóbanforgó azonosságok bonyolultabb oldalainak megfelelő kifejezés, akkor e helyett az egyszerűbb oldal megfelelő kifejezését írjuk. Ezt sokkal könnyebb az algebrai alakba öntött formákból meglátni, mint pl. a szavakban megfogalmazott formából vagy kapcsolási rajzból. Mint ahogy a bonyolultabb szóbeli egyenleteket is akárhányszor könnyebb algebrai úton megoldani, mint okoskodással.

Lássuk most egy egyszerű logikai problémán, hogy hogyan lehet a Boole-algebrát áramkörök egyszerűsítésére és átalakítására fölhasználni. A probléma a következő:

Egy verseny négytagú zsűrije „igen"-nel vagy „nem"-mel szavazhat. Mindegyikük előtt egy *„Igen"* és egy *„Nem"* feliratú nyomógomb van. Milyen áramköröket alkalmazzunk, hogy szavazataik leadása után a közönség felé az *„Igen"* feliratú tábla legyen kivilágítva, ha legalább hárman „igen"-nel szavaztak, vagy ha szavazategyenlőség esetén az elnök „igen"-nel szavazott. Ellenkező esetben pedig a „*Nem*" feliratú tábla legyen kivilágítva.



76. ábra.
A „*zsüri*"-probléma első megoldása

A probléma már az első pillanatra is szimmetrikusnak látszik. Hagyjuk el egyelőre a második felét, a „Nem" feliratú tábla kivilágítását. A probléma ekkor így szól: Égjen az „*Igen*" feliratú lámpa, ha legalább hárman „igen"-nel szavaznak, vagy legalább az elnök és még valaki „igen"-nel szavaz.

Ez már kezd előbbi összetett állításainkra hasonlítani. Írjuk fel a követelményt logikai algebrai alakban. Legyen A az elnök, a másik három döntőbíró pedig B, C és D. Akkor a szavakban megadott követelmény jelekben így fest:

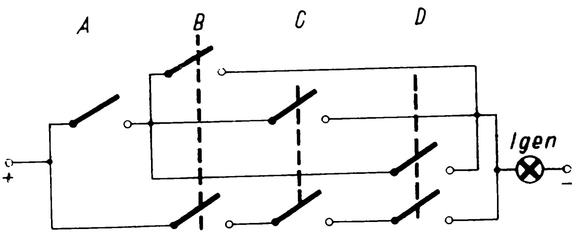
$$(A \cdot B \cdot C)+(A \cdot B \cdot D)+(A \cdot C \cdot D)+(B \cdot C \cdot D)+$$
$$+(A \cdot B)+(A \cdot C)+(A \cdot D)$$

Természetesen így olvassuk: *A ÉS B ÉS C, VAGY A ÉS B ÉS D, VAGY* . . . stb. Még elolvasni is hosszú! A megvalósításhoz szükséges logikai áramkört a 76. ábrán látjuk.

Első pillanatra érezzük, hogy sok a fölösleges kapcsoló. A fenti algebrai alakon azonban sokkal könnyebb észrevennünk az egyszerűsítési lehetőségeket. Az ötödik zárójeles tag szerint már *A* és *B* szavazata is elegendő, így az *A ÉS B ÉS C* első zárójeles tagot elhagyhatjuk. Ugyanígy a másodikat és a harmadikat is. Marad tehát ez a rövidebb formula:

$$(A \cdot B)+(A \cdot C)+(A \cdot D)+(B \cdot C \cdot D).$$

Ez már sokkal megnyugtatóbb.



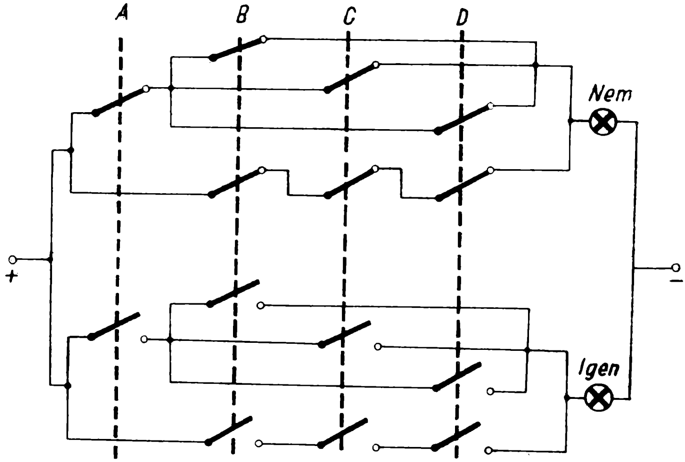
77. ábra.
A *„zsüri”*-probléma egyszerűsített megoldása

Az első disztributív törvény megfordítása alapján azonban az első három zárójeles tagból az *A* kiemelhető. Tehát a követelmény végső algebrai alakja a következő:

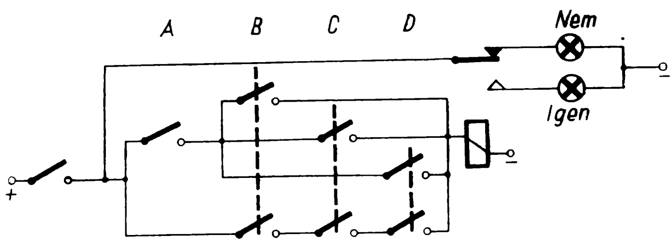
$$A \cdot (B+C+D)+(B \cdot C \cdot D).$$

Így olvassuk: *A ÉS (B VAGY C VAGY D) VAGY (B ÉS C ÉS D)*. Áramköri megfelelőjét a 77. ábrán látjuk. Ezzel a probléma felét megoldottuk.

A probléma másik fele, a *„Nem”* feliratú tábla kivilágítása ugyanilyen áramkörrel történhet, hiszen ugyanezek a föltételei. Ha azt akarjuk, hogy a zsüri tagjai tévedésből egyszerre mindkét gombot ne nyomhassák le, a két nyomógombot össze kell kötni, hogy az egyik lenyomásával a másik automatikusan nyisson. Ezt a teljes kapcsolást a 78. ábra adja. A szaggatott vonal itt is azt jelenti, hogy a megfelelő rugós érintkezők mechanikusan össze vannak kötve, együtt mozognak.



78. ábra.
A *„zsüri”*-probléma teljes megoldása



79. ábra.
A *„zsüri”*-probléma megoldása jelfogókkal

A kapcsolás elkészítéséhez szükséges eszközök az áramforráson és a két égőn kívül: 1 db kapcsoló egy záró és egy bontó érintkezővel, 3 db kapcsoló két záró és két bontó érintkezővel. Közülük, sajnos, csak az első vonható össze egyetlen átkapcsolóba, a többi nem.

Egyetlen jelfogó alkalmazásával még tovább egyszerűsíthető a kapcsolás (79. ábra). Ekkor már a mi alkatrészeinkkel is összeállítható: 1 db jelfogó, 3 db kettős kapcsoló és 1 db normál kapcsoló szükséges mindössze hozzá.

„GONDOLKODÓ" GÉPEK ÉS AZ EMBER

Az előző néhány lap áttanulmányozása alapján már van némi sejtésünk arról, hogy hogyan tudunk a számológépekkel logikai problémákat is megoldani. A következő fejezet egyszerű kibernetikai gépeinek áttanulmányozása és főleg az ajánlott szakirodalom olvasása hivatott elmélyíteni ezirányú ismereteinket. Már most fölvethetjük azonban a problémát a szokott kiélezett alakjában, hogy okosabbak-e az ún. „gondolkodó" gépek, mint alkotójuk, az ember. Logikusabban gondolkodnak-e, mint az ember?

Attól függ, hogy mit értünk „okosságon" vagy „logikusabb gondolkodáson". Ha az ember nem cselekszik logikusan, legtöbbször azért teszi, mert nem vett észre minden szempontot, ami szerint cselekednie kellett volna, vagy a már észrevett szempontok közül egyről vagy többről megfeledkezett.

Az utóbbiban a saját gépei túltehetnek az emberen. Ezek, ha kell, a szempontoknak akár ezreit, tízezreit jegyzik meg, és a megfelelő helyen, a megfelelő súllyal érvényre is juttatják. Aligha van ember, aki egy repülőtársaságnál a helyfoglalásokat számon tudná tartani, ha csak száz járata is van naponta a társaságnak, a gépek egyenként hat, részben azonos városokban szállnak le, és befogadóképességük 20 és 250 között változik. Ha még számon is tudná tartani, aligha tudna az érdeklődésre másodperceken belül pontos és kielégítő választ adni. Gépekkel ez megoldható. Tehát ilyen téren valóban többet tudnak, mint az ember.

Azonban a másik, a lényegesebb téren az ember fölötte áll a legbonyolultabb gépeknek is. Ha a tervező mérnök egy bonyolult berendezés részletterveiből egy apró részletet kifelejtett, a kivitelező szakmunkás vagy akár segédmunkás is sokszor észre tudja venni, és helyesbítheti. Ha egy sokat tudó számítógép programjából csak egyetlen mozzanatot is kihagyunk, vagy tévesen programozunk be, a gép ezen önmagától nem tud segíteni, legyen ez a részlet akármennyire jelentéktelen apróság is.

A legköltségesebb számítógépek és logikai gépek sem arra valók, hogy valami újat fedezzenek fel. Csak azt tudják kiszámítani, de azt igen gyorsan, amit az ember gondos munkával beléjük programozott. Így az embernek nem vetélytársai, hanem segítőtársai. Szerepük az, hogy átvegyék az eddig talán szelleminek vélt munkából mindazt, amit az emberek is rutinból végeznek, és így felszabadítsák az embert az igazi gondolkodást igénylő, szellemibb munka végzésére.

V.

EGYSZERŰ KIBERNETIKAI JÁTÉKGÉPEK

A szó tágabb értelmében kibernetikai játékoknak neveztük azokat az — előzőkben már megismert — egyszerű összeállításokat és berendezéseket, amelyek segítségével bemutatni és megmagyarázni igyekeztünk az analóg és digitális számítógépek, a számlálók és a logikai műveleteket végző gépek működését. Most ismertetünk néhány olyan összeállítást is, amelyek elsősorban játék céljára készülnek, csak másodsorban az eddig tanultak elmélyítésére. Lesz közöttük olyan, ahol a gép az élő játékossal szemben mint legyőzhetetlen ellenfél szerepel. Lesznek olyanok, amelyek az élő játékos által föladott problémát oldják meg. Egy gépen pedig a ma már igen nagy jelentőségű, ún. *szimulálási eljárást* mutatjuk be. Célkitűzésünk, hogy játékgépeinkhez lehetőleg ne kelljen több és költségesebb alkatrész, mint amennyit a III. fejezet „Anyagszükséglet jelfogós berendezéseinkhez" c. részében felsoroltunk. Így gépeink természetesen csak igen egyszerűek lehetnek. Többet tudó és ezért költségesebb játékgépekre csak utalunk.

„GONDOLATOLVASÁS"

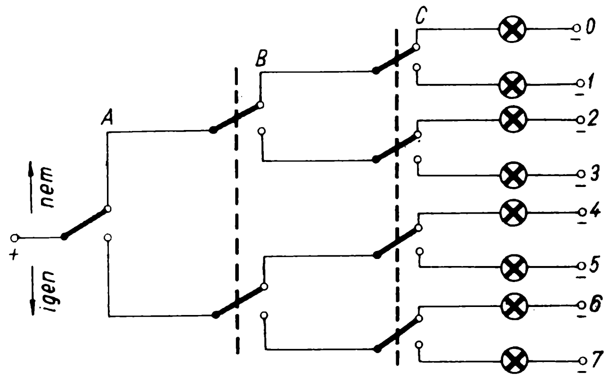
A „gondolatolvasás" elnevezésű társasjáték közismert. Valaki egy számra gondol 0 és 7 között (tehát nyolc lehetséges eset van!). Ha három jól megválasztott kérdésünkre válaszol, meg tudjuk mondani, hogy melyik számra gondolt. Kérdéseink a következők:

a) Nagyobb-e a szám, mint három?

b) A számot néggyel osztva, nagyobb-e a maradék, mint egy?

c) Páratlan-e a gondolt szám?

Elemezzük a problémát! Az *a)* kérdésre adott válasz nyilván felére csökkenti a lehetséges esetek számát. A gondolt szám vagy a 0—1—2—3, vagy a 4—5—6—7 csoportba tar-



80. ábra.
A „gondolatolvasás" elvi kapcsolása

tozik. A *b)* kérdés megválaszolása után már csak két lehetséges eset marad fenn. A *c)* kérdés után pedig az is kiderül, hogy a kettő közül melyik a gondolt szám. Ezt azonban így logikusan végiggondolni fárasztó dolog. Ezért még a felnőttek számára is meglepő, hogy három kapcsoló esetleges kapcsolása után kigyullad annak a számnak a jelzőlámpája, amelyre gondoltak.

A 80. ábra elágazásos, ún. „fa"-áramköre nyilván a helyes megoldását adja a problémának. Próbáljuk ki egy kiválasztott esetre! Ha a gondolt szám pl. 3, akkor az első kérdésre a válasz: Nem! Tehát a bal oldali első kapcsoló marad a felső, „nem" helyzetben. Nem kapcsoljuk át. A második kérdésre a válasz: Igen! (Ugyanis 3-ban a 4 megvan 0-szor, és még maradt 3!) Tehát a középső kettős kapcsolót átkapcsoljuk az alsó, „igen" helyzetébe. A harmadik kérdésre a válasz szintén „igen". Tehát a jobb oldali négyes kapcsolót is átkapcsoljuk az alsó helyzetébe. Ha most feszültséget kapcsolunk az összeállításra, valóban csak a 3-as jelzésű izzó ég. Próbáljuk ki kapcsolásunk helyességét más számokra is!

A játék megépítése legegyszerűbben kapcsolókkal oldható meg: 1 db egyutas kétállású, 1 db kétutas kétállású, és 1 db négyutas kétállású kapcsoló szükséges hozzá. Az utóbbi két egymás mellé helyezett kétutas kétállású kapcsolóval is helyettesíthető (ezeket természetesen egyszerre kell kapcsolni). Áramforrásul legmegfelelőbb a zseblámpatelep. Ekkor a nyolc jelzőlámpa is zseblámpaégő lehet. Leghelyesebb az áramkört nyomógombbal megszakítani: így ennek a lenyomására gyullad ki a gondolt szám jelzőlámpája.

A „GONDOLATOLVASÁS" MEGOLDÁSA WHEATSTONE-HÍDDAL

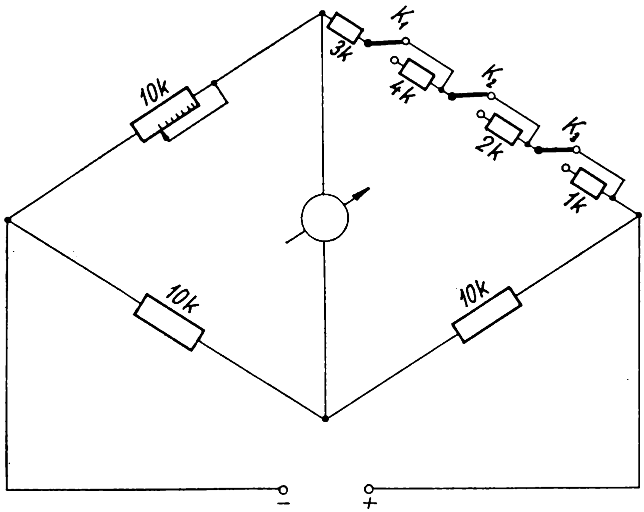
Egy középiskolás tanuló Wheatstone-hidas megoldást is talált az előző játékra. Az elektrotechnikában gyakran használt Wheatstone-híd elvével már az analóg számológépeinkkel kapcsolatban megismerkedtünk (lásd a II. fejezet „Wheatstone-hidas analóg számológép" c. részét). A probléma elvi megoldását a 81. ábra kapcsolási rajza mutatja. A rajzon megadott ellenállás-adatokat a hídban levő középállásos műszer érzékenysége szerint esetleg változtatnunk kell. Mi 2 mA-es műszer esetére adjuk meg az ellenállások értékeit.

Ennél a gépnél a három kérdésre — a válaszoktól függően — a K_1, K_2 és K_3 kapcsolókat kell átkapcsolnunk, vagy helyükön hagynunk. A híd alsó két ágában levő két 10 kohmos ellenállásra az áramforrás és a műszer védelme szempontjából van szükség. Az utóbbi célt szolgálja a felső jobb oldali ágban levő 3 kohmos ellenállás is.

A gondolt szám megkeresése a felső, bal oldali ágban levő 10 kohmos potenciométerrel történik. Ennek csak a 3—10 kohm közötti szakaszát osztjuk be hét részre, és látjuk el a 0—7 számokkal. Amelyik számnál a műszer nem jelez áramot, az a gondolt szám. Áramforrásunk itt is zseblámpatelep lehet.

„Gondolatolvasó" gépünk második megoldása költségesebb, mint az első (az indikáló középállásos műszer teszi költségessé).

Természetesen ezt szükségtelen beépíteni: a használat idejére banánhüvelyekkel is csatlakoztatható. Szakkörökben iskolai demonstrációs műszer is megfelel erre a célra. Annak a bemutatására azonban kiválóan alkalmas, hogy ugyanannak a problé-



81. ábra.
A „gondolatolvasás" megoldása Wheatstone-híddal

mának sokszor több, elvileg különböző megoldása is lehetséges. Érdemes tehát mindig az egyszerűbb és olcsóbb megoldási lehetőségekkel próbálkoznunk.

SZÁMKITALÁLÁS

Valamennyien ismerjük az ún. számkitalálós fejtörő játékokat. Mivel ezek valamennyien logikus gondolatmeneten épülnek föl, ezért megoldásuk gépesíthető. Ismertetőül bemutatunk egyet a „Prosztaja Kibernyetyika" c. gyűjtemény nyomán.

Szavakban a következőképp szokták játszani:

1. „Gondolj két egyjegyű számot!”
2. „Szorozd meg az elsőt 5-tel!”
3. „Adj a szorzathoz még 7-et!”
4. „Az így kapott összeget szorozd meg 2-vel!”
5. „Add hozzá a gondolt második számot!”
6. „Ha megmondod a kapott eredményt, megmondom, hogy kezdetben milyen számokra gondoltál!”

A gép ugyanazt tudja, mint az előző esetben mi. Ha beleadjuk az első öt lépés eredményét, kiírja, hogy milyen számra gondoltunk.

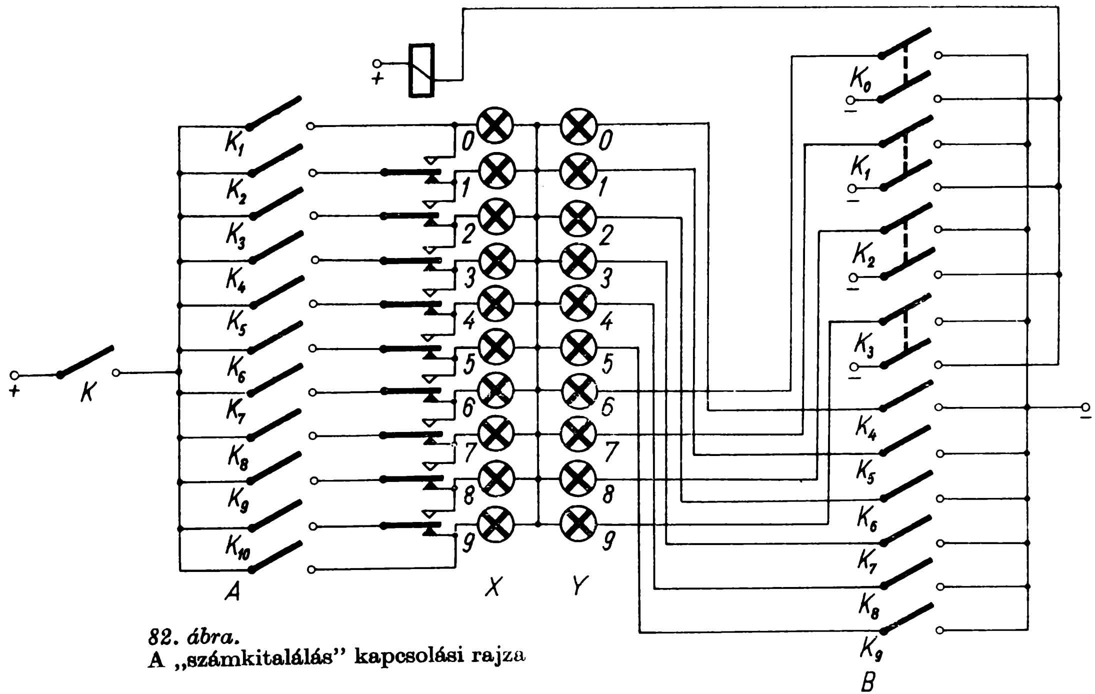
Az első pillanatra szinte boszorkányosnak látszik az ilyen típusú számkitalálás. Ha azonban az egyes lépéseket algebrai alakba öntjük, azonnal megszűnik minden boszorkányság.

Legyen a két szám x és y. Szorozzuk meg az elsőt 5-tel és adjunk hozzá 7-et. Kapjuk: $5x+7$. Ezt 2-vel megszorozva és a második számot hozzáadva kapjuk: $2\cdot(5x+7)+y$. A műveleteket elvégezve ez a következő alakban írható:

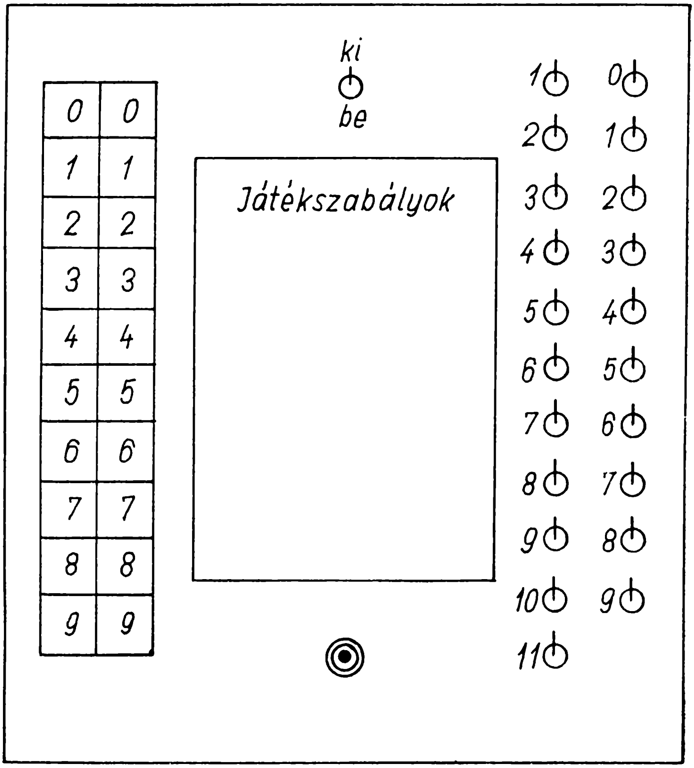
$$2(5x+7)+y = 10x+y+14.$$

A számrendszerek tárgyalásakor (lásd III. fejezet „A kettes számrendszer” c. szövegrészét) említettük, hogy minden tízes számrendszerbeli szám tulajdonképpen egy összeg rövidített leírása bizonyos megállapodások alapján. A 73. pl. a következő összeg egyszerűbb leírása: $7\cdot10+3$. Ezek alapján a fenti egyenletünk jobb oldalának első két tagja $(10x+y)$ tulajdonképpen a gondolt két számból alkotott kétjegyű szám. Az egész jobb oldal, tehát a gondoló által megadott eredmény ennél még 14-gyel több. Tehát, ha a gondoló által megadott eredményből levonunk 14-et, az így kapott szám első és második számjegye adja a két gondolt számot. Ha az elmondottakból nem lenne eléggé világos, egy-két konkrét példa végiggondolása után bizonyára érthető lesz.

Hogyan lehetne ezt a számkitalálást gépesíteni? Olyan kap-



82. ábra.
A „számkitalálás" kapcsolási rajza



83. ábra.
A „számkitalálós" gép elrendezési rajza

csolást kell alkalmazni, hogy a gép az eredményül beadott számnál mindig 14-gyel kevesebbet írjon ki.

Ha az eredmény második számjegye 4 vagy ennél nagyobb (pl. 87-es eredmény esetén 7), akkor egyszerű a probléma. A tízeseket úgy kell kapcsolnunk, hogy automatikusan mindig 1-gyel kevesebbet mutassanak, az egyesek helyén levő számjegyet pedig úgy, hogy 4-gyel kevesebbet. Tehát az előző példa esetén 87 helyett 73-at. Így már meg is kaptuk a két gondolt egyjegyű számot, a 7-est és a 3-ast. Ha azonban az eredmény egyes számjegye 3, 2, 1 vagy 0, akkor a tízesek számát kettővel kell csökkentenünk. Ez egyszerű átkapcsolással megoldható.

Nézzük a részletes kapcsolási rajzot (82. ábra). Az X-szel és Y-nal a gondolt egyjegyű számok jelzőlámpáit jeleztük, B-vel az eredményül kapott két- vagy háromjegyű szám utolsó számjegyét, A-val pedig az első vagy az első két számjegyét. Az eredményül kapott szám ugyanis 14 és 113 között lehet. Az A_1—A_{11} és a B_4—B_9 kapcsolók közönséges zárókapcsolók, a B_0—B_3 kapcsolók pedig kettős zárókapcsolók. A jelfogóra, mint látjuk, kilenc váltóérintkező kellene. Egy jelfogón nemigen akad ennyi. Több jelfogó párhuzamos kapcsolásával azonban megoldhatjuk a problémát.

A gép kezelése mindössze annyiból áll, hogy az A és B kapcsolókkal beleadjuk a műveletek eredményéül kapott számot. A K nyomógomb lenyomására a gép már ki is írja a két gondolt számot.

Ha 3 V-os miniatűr jelfogókat alkalmazunk (5 db kell, mert csak két-két váltóérintkező van rajtuk) és 4 V-os, 0,1 A-es izzókat, akkor áramforrásul két párhuzamosan kapcsolt zseblámpatelep is elegendő. Ebben az esetben egészen lapos alakban, a 83. ábra szerinti elrendezésben érdemes elkészíteni. Jobb oldalt vannak az eredmény beadásához szükséges kapcsolók, középütt alul a nyomógomb, a tábla bal oldalán pedig az ablakok, amelyeken a gondolt számok megjelennek. A tussal pauszpapírra írt és homályos üveggel letakart számok csak akkor válnak láthatókká, ha alattuk kigyullad a jelzőlámpa. A középütt maradó szabad helyre írhatjuk a gép nevét és a hét pontba foglalt kezelési utasítást.

A KECSKE, A KÁPOSZTA, A FARKAS ÉS A GAZDA

A következő kis játékgépünk leírását felhasználjuk arra, hogy megismerkedjünk a ma már nagy jelentőségű modellezési vagy *szimulálási eljárással.*

Mi a *„szimulátor"*? A repülőtársaságok és a katonaság a pilóták tízezreit képezik ki évente. Legtöbbjüket nemcsak a jó időben való kellemes és könnyű repülésre, hanem az ún. vakrepülésre is. Ez azt jelenti, hogy a legrosszabb látási viszonyok között, sötétben, felhőben, ködben is kell tudniok repülni, a repülőteret megtalálni, és leszállni. Ez lényegében néhány tucat műszer figyelemmel kísérését és a gépnek a műszerek alapján való vezetését jelenti. Egyetlen műszer figyelmen kívül hagyása is katasztrófával járhat, mert a gépek sebessége nagy, a repülőterek méretei pedig nagyon is korlátozottak.

Sokszáz órát kellene a pilótajelöltnek gyakorlott pilótával együtt repülnie, hogy ezt a tudományt vagy inkább készséget elsajátítsa. Lényegesen rövidebbé tette a kiképzési időt, olcsóbbá és veszélytelenebbé a kiképzést az ún. *blind trainer*-ek alkalmazása. Ezek lényegükben a repülőgép pilótafülkéjét belülről tökéletesen utánzó (szimuláló) olyan berendezések, amelyek egyáltalán nem repülnek, és kívülről nézve nem is hasonlítanak a repülőgéphez. Ha azonban a valamelyest már repülni tudó vakrepülőjelölt beleül, és „vezeti" a gépet, vagy „leszállni" akar vele, az mindenben úgy viselkedik, mindenre úgy reagál, mint a valóságos repülőgép. Ezen a jelölt mindaddig olcsón és veszélytelenül gyakorolhatja pl. a leszálláshoz szükséges mozdulatokat és a cselekvések egymásutánját, amíg azt tökéletesen el nem sajátította. Utána az igazi gépen elegendő már csak néhányszor gyakorolnia.

Elvileg hasonló berendezésen, a szimulátoron gyakorlatozott az a közel harminc űrrepülő is, akik elsőknek tettek néhány órás, napos vagy hetes utazást a világűrben. Annyira begyakorolták előre űrrepülésüknek minden mozzanatát, hogy alig egy-két újabb esemény fordult elő velük űrrepülésük folyamán. Így volt módjuk arra, hogy teljes figyelmüket ezek megoldására fordítsák. A közeljövőben a Holdra tervezett űrutazás eseményeit is jó néhány ember végigélte már ilyen szimulátorokban.

De ma már hatalmas üzemeket, gyárakat sem csak papíron terveznek. Megépítik elektromos modelljeiket is. Ha ezeken végigpróbálják, szimulálják mindazt a folyamatot, amit később az üzem, a gyár végez, sok értékes tapasztalatot szereznek, és esetleg milliókat takarítanak meg.

Mi tehát a szimulátor? Lényegében sok száz, vagy ezer logikai és számítási problémát megoldó számítógép. Tervezésük, építésük a következőképpen történik. Az elérendő cél által meghatározott logikai problémákat a Boole-algebra szabályai szerint formulákba, algebrai alakba öntik. A lehetséges egyszerűsítések után megtervezik az egyenleteknek megfelelő áramköröket. Az áramkörök gyakorlati megvalósítására vagy külön berendezést építenek, vagy beprogramozzák megfelelő kapacitású univerzális számítógépbe. Ezzel már kész is a szimulátor, csak használni kell tudni.

Hogyan használják a szimulátort? A logikai gépek csak akkor tudnak egy problémát megoldani, ha a probléma megoldásához szükséges összes adatot közöltük velük.

Ez természetes is! Így van a logikai problémát megoldani akaró, gondolkodó ember is. Ha adott pl. az a feltétel, hogy odakint esik az eső, és azt kérdezi tőlem valaki, hogy megázik-e, természetesen semmi biztosat nem tudok neki mondani. De nem tud a legbonyolultabb számítógép sem, mert ez az egyetlen adat nem elegendő határozott következmény levonására. Ha ugyanis az illető nem megy ki, akkor nem ázik meg. Akkor sem ázik meg, ha kimegy, de jó esőkabát van rajta, vagy van esernyője. Viszont ha ezek nélkül megy ki, akkor bizony megázik.

A szimulátorok alkalmazásának módja a következő:

Valamilyen esemény sok előzménytől függ. Az előzmények közül egyeseket nem áll módunkban változtatni, másokat azonban igen. Szeretnénk megtudni, hogy milyen előzmények esetén következik be az esemény az általunk legkívánatosabbnak tartott formában. A következőképpen járunk el:

1. beadjuk a gépbe, a szimulátorba azokat az előzményeket, adatokat, amelyeket nem áll módunkban megváltoztatni;
2. a változtatható adatokra nézve feltevésekkel élünk, és ezeket a feltevéseket adjuk be a szimulátorba;
3. a gép most már elegendő adattal rendelkezik a döntéshez, és közli velünk, hogy az adott feltételes adatok esetén hogyan alakul a következmény (nevezzük a kapott megoldást *lehetséges megoldásnak*);
4. ha közöljük a géppel a feltételes adatok összes lehetséges

változatait, akkor az közli velünk az összes lehetséges megoldásokat;

5. a kapott lehetséges megoldások közül kiválaszthatjuk a legjobbat.

Célunkat tehát elértük: módunkban áll azokat a változtatható előzményeket megadni, amelyek számunkra a legkedvezőbb megoldást eredményezik.

Hogy egészen megértsük az előzőkben elvileg kifejtett szimulálási eljárást, vigyük azt végig lépésről lépésre a „megázás" előbb is felhozott, könnyen követhető problémáján.

Adott tény (az előbb úgy mondtuk: nem változtatható adat): esős idő van odakint. Meg szeretnénk tudni, hogy mit tegyünk, hogy semmiképpen se áztassuk el új öltönyünket. A megázás vagy meg nem ázás csak egyetlen változtatható adattól függ, attól, hogy mi mit teszünk. A lehetséges esetek:

1. nem megyünk ki;
2. kimegyünk;
3. esőkabátot viszünk magunkkal;
4. esernyőt viszünk magunkkal.

Az egyes lehetséges eseteket végiggondolva, a következő lehetséges következményeket, megoldásokat kapjuk:

a) ha nem megyünk ki, nem ázunk meg;
b) ha kimegyünk, valószínűleg megázik új öltönyünk;
c) ha esőkabátot viszünk, nem ázunk meg;
d) ha esernyőt viszünk, nem ázunk meg.

A szimulátor lényegében csak erre a második lépésre képes. Ha beadtuk az összes nem változtatható előzményt, és ha beadtuk a változtatható előzmények összes lehetséges eseteit, akkor kiszámítja, megmondja nekünk az összes lehetséges következményt anélkül, hogy a valóságban végig kellett volna csinálnunk a dolgot. A probléma föladójára hárul azután a feladat, hogy kiválassza a lehetséges megoldások közül a legkedvezőbbet.

Ezt a kiválasztást sok egyéb körülmény is befolyásolhatja. Nézzük végig előző egyszerű problémánknál ezt a fontolgatást is:

1. *Nem megyek ki:* nem ázom meg, de szavamat adtam valakinek, hogy fölkeresem.

2. *Kimegyek:* lehet ugyan, hogy szerencsém lesz, és az esős idő ellenére sem ázom meg, de nem kockáztathatom új öltönyömet.
3. *Esőkabátot veszek:* nem áznék meg, ha esőkabátom nem lenne szakadt néhány helyen.
4. *Esernyőt viszek:* nem ázom meg, de kellemetlenül érzem magam esernyővel a kezemben.

Ha meg akarom tartani szavamat, és nem akarom új öltönyömet eláztatni, mégis a legokosabb, ha esernyőt viszek magammal. Ez most számunkra az optimális megoldás.

Az elmondott fontolgatásnak, a szimulátor használatának tehát az a lényege, hogy végiggondolva az összes lehetséges megoldást, kiválaszthatjuk magunknak a legkedvezőbbet. Így a magunk számára költséget, bosszúságot takaríthatunk meg.

Ilyen hosszú, de úgy gondolom szükséges bevezető után jöjjön végre a játék! A világszerte ismert probléma egyszerű, megoldása mégis fegyelmezett gondolkodást kíván.

A gazda kiment a földjére dolgozni. Magával vitte kecskéjét is, hogy az napközben legeljen. A nap folyamán a gazda fogott egy farkaskölyköt. Estefelé szedett káposztát, és hazaindult a kecskével, a káposztával és a fogott farkaskölyökkel. Útközben át kell kelnie egy folyón. A csónakban a gazdán kívül csak vagy a kecske, vagy a káposzta, vagy a farkaskölyök számára van hely. A probléma a következő: milyen sorrendben vigye át őket, hogy közben se a magára hagyott káposztát ne egye meg a kecske, se a magára hagyott kecskét ne egye meg a farkas.

A gazda megtehetné azt, hogy gondolkodás helyett követné azt az elvet, hogy „próbáld meg, legfeljebb nem sikerül", és úgy találomra megindulna valamelyikkel. Így azonban fölösleges fáradságnak, esetleg pótolhatatlan kárnak tenné ki magát. Pedig tudjuk, hogy van a problémának jó megoldása is. Nézzük meg, hogy az előzőkben már megismert szimulálási eljárás fölhasználásával hogyan készíthetnénk egy szimulátort, és hogyan kereshetnénk meg ezzel a probléma helyes megoldását.

A probléma felírása algebrai alakban. A probléma szavakban legrövidebben a következő két feltételbe sűríthető:

A) a kecskét és a farkast együtt nem hagyhatja magukra a gazda;

B) a kecskét és a káposztát sem hagyhatja együtt magukra a gazda.

Az algebrai alakba való öntéshez megállapodásaink:

G jelenti a gazda jelenlétét;
$\overline{G}$ jelenti a gazda távollétét;
Ke jelenti a kecske jelenlétét;
$\overline{Ke}$ jelenti a kecske távollétét;
F jelenti a farkas jelenlétét;
$\overline{F}$ jelenti a farkas távollétét;
$K\acute{a}$ jelenti a káposzta jelenlétét;
$\overline{K\acute{a}}$ jelenti a káposzta távollétét.

Ezekután a fenti hibafeltételek a következő könnyen áttekinthető alakba önthetők:

$$\overline{G}\cdot Ke\cdot F+G\cdot\overline{Ke}\cdot\overline{Fa} = \text{hiba} \qquad (1),$$
$$\overline{G}\cdot Ke\cdot K\acute{a}+G\cdot\overline{Ke}\cdot\overline{K\acute{a}} = \text{hiba} \qquad (2),$$

ahol — mint tudjuk — pl. az *(1)* egyenletet (vagy helyesebben hibafeltételt) így olvassuk:

Gazda NEM ÉS kecske ÉS farkas, VAGY gazda ÉS kecske NEM ÉS farkas NEM = hiba lenne.

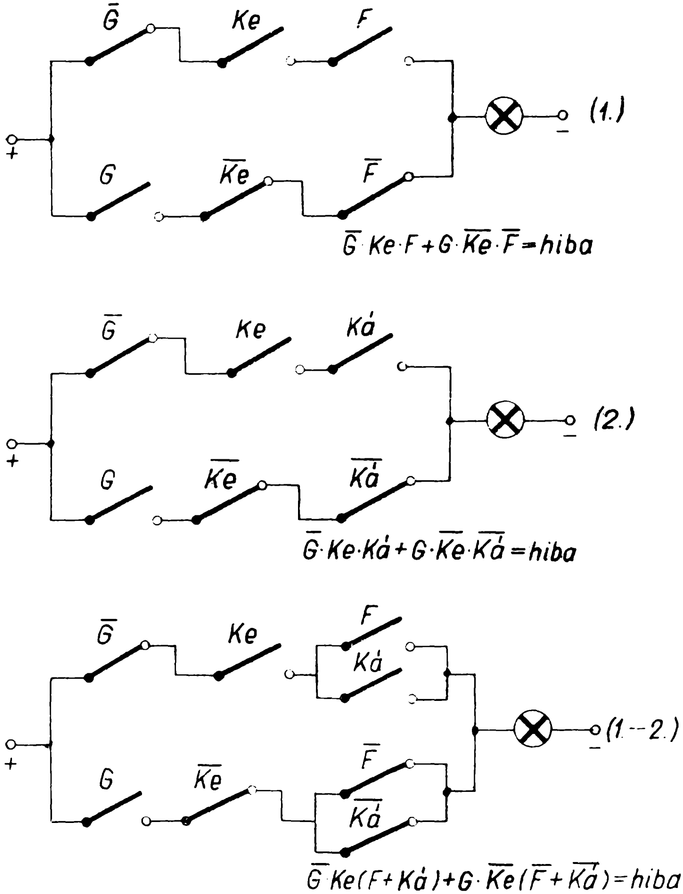
A két hibafeltételt egybe is összevonhatjuk az egyenletek bal oldalainak összeadásával:

$$\overline{G}\cdot Ke\cdot F+G\cdot\overline{Ke}\cdot\overline{Fa}+\overline{G}\cdot Ke\cdot K\acute{a}+G\cdot\overline{Ke}\cdot\overline{K\acute{a}} = \text{hiba}.$$

Ebben az egyenletben az első és harmadik tag, továbbá a második és negyedik tag a logikai algebra disztributív azonossága alapján összevonható. Így kapjuk:

$$\overline{G}\cdot Ke\cdot(F+K\acute{a})+G\cdot\overline{Ke}\cdot(\overline{F}+\overline{K\acute{a}}) = \text{hiba} \qquad (1—2).$$

Az *(1)* és *(2)* hibafeltétel vagy a végső közös *(1—2)* hibafeltétel végeredményben a probléma logikai algebrai alakját adja.



84. ábra.
A hibafeltételek logikai áramkörei

Kapcsolástani megvalósítás. A 84. ábra felső kapcsolása nyilván az *(1)* feltétel, középső kapcsolása a *(2)* feltétel, alsó kapcsolása pedig a közös *(1—2)* feltétel kapcsolástani megvalósítása. Az alsót pl. így gondoljuk végig:

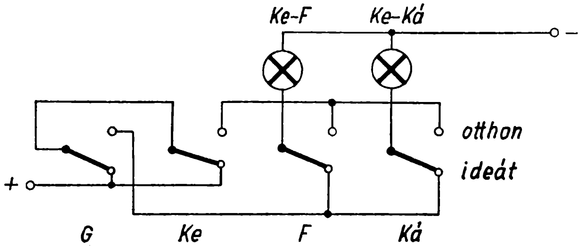
Ha a $\overline{G}$ kapcsolót nem nyomjuk le, és a *Ke*, valamint az *F* vagy a *Ká* kapcsolót lenyomjuk, akkor kigyullad a hibát jelző lámpa. De éppen úgy kigyullad, ha a *G* kapcsolót nyomjuk le, és a $\overline{Ke}$, valamint az $\overline{F}$ vagy a $\overline{K\acute{a}}$ kapcsolót nem nyomjuk le.

Bizonyára mindannyian érezzük, hogy a 84. ábra mindhárom kapcsolásában túlságosan sok a kapcsoló. Az ugyanolyan betűvel ellátott nyitó- és zárókapcsolók (pl. a $\overline{G}$ és *G*) nyilván egyetlen váltókapcsolóba is összevonhatók. A 85. ábrán megadjuk az előző ábra legalsó kapcsolásának végső alakját.

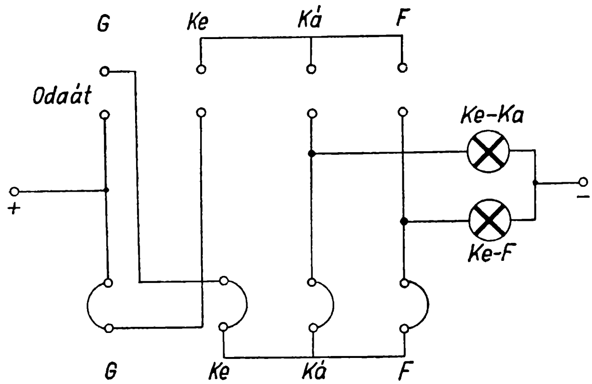
Ezzel végeredményben szimulátorunk a gazda problémájának megoldására a legegyszerűbb formában, a kapcsolókkal el is készült. A 85. ábra kapcsolását megvalósítva, a gazda végig próbálhatja a probléma megoldásának valamennyi lehetséges esetét anélkül, hogy akár a kecskéjét, akár a káposztáját veszedelem fenyegetné. Azt a — számára legkedvezőbb — esetet fogja azután megvalósítani, amelynél a szimulátoron nem gyulladt ki a hibát jelző lámpa.

Jól tudjuk, hogy a gazda nem hagyja ott a folyó partján a kecskéjét, káposztáját és a farkast, hogy kapcsolók után nézzen és szimulátort építsen. De a nagy vállalatoknak ipartelepek építése előtt érdemes ezt megtenniök. Az űrhajózást intéző szervek is megteszik, hogy modellen, szimulátoron keresik meg a legalkalmasabb, legveszélytelenebb megoldást, mert esetleg milliókat, elsősorban pedig emberéletet takaríthatnak meg vele. Mi ezen az egyszerű játékon ismerkedtünk meg ezzel a nagy horderejű problémával.

A megvalósítás kapcsolókkal. A 85. ábra alapján a legegyszerűbb eszközökkel megépíthetjük „szimulátorunkat". Mindössze négy váltókapcsoló, két égő és az áramforrás szükséges hozzá. A kapcsolók alsó helyzetét kinevezzük a folyó innenső partjának, a felső helyzetét pedig a folyó túlsó partjának. Célszerű még az áramforrás egyik sarkához az áramkörbe egy nyomógombot is beiktatni. Ezt a nyomógombot minden át- és visszaszállítás után meg kell nyomnunk. Ha magukra hagytuk volna valahol a kecskét és a káposztát vagy a kecskét és a farkast, a megfelelő égő azonnal jelzi az elkövetett hibát.

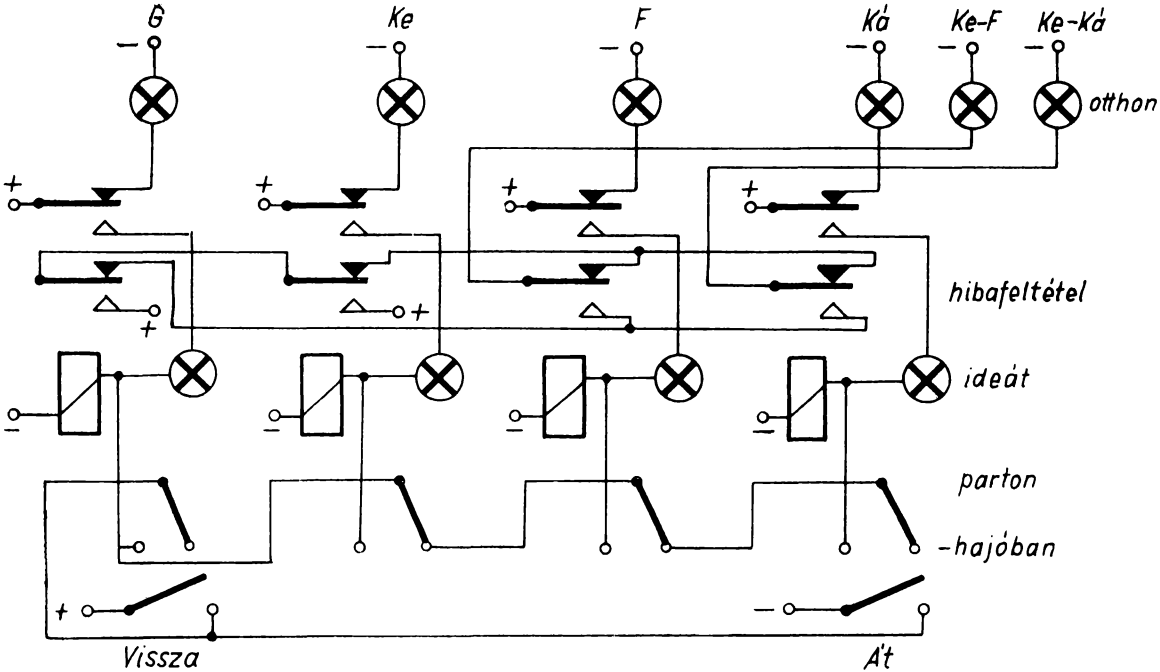


85. ábra.
A hibafeltételek legegyszerűbb kapcsolása



86. ábra.
„Szimulátor" megvalósítása villásdugókkal

A megvalósítás villásdugókkal. A 86. ábra egy még egyszerűbb kiviteli alakot mutat. Ehhez csak banánhüvelyek és rövidre-záró villásdugók szükségesek. Az ábrán megadott helyzetben a gazda és tulajdonai az innenső parton vannak. A gazdát és valamelyik tulajdonát jelképező villásdugók kihúzása és a meg-



87. ábra.
„Szimulátor" kapcsolási rajza

felelő felső hüvelyekbe való bedugása jelképezi ezek átkelését a túlsó partra. Természetesen a gazda először mindig „beteszi" tulajdonát a „hajóba", és csak azután „száll be" maga is. A túlparton pedig először ő száll ki, és csak azután veszi ki tulajdonát. Így a hibajelző lámpák csak akkor gyulladnak ki, ha valóban hiba történt.

Az „elegáns" megvalósítás. Néhány jelfogó, kapcsoló és nyomógomb alkalmazásával a 85. ábrán közölt elvi megoldás sokkal szemléletesebb lesz. Az ezt bemutató 87. ábra kapcsolása az első pillanatra kissé ijesztő, túlságosan bonyolultnak látszik.

A rajzon négy, lényegében azonos alkatrészeket tartalmazó oszlopot különböztethetünk meg. A balról számított első oszlopot a gazdához, a másodikat a kecskéhez, a harmadikat a farkashoz, a negyediket pedig a káposztához rendeljük hozzá. Mindegyik oszlopban legfelül egy lámpa látható. Ezek kigyulladásukkal jelzik, ha a gazda, ill. tulajdonai *már otthonukban vannak*. A jelfogók felső váltóérintkezője e lámpák kapcsolását végzi.

A négy jelfogó alsó váltóérintkezőjében a 85. ábra négy váltókapcsolójára ismerünk. Ezekkel valósítjuk meg az egyesített *hibafeltételt*. Ez a leglényegesebb része a kapcsolásnak.

A jelfogók tekercsével egy-egy égőt kapcsoltunk sorba. Ezek égésükkel azt jelzik, hogy a gazda, ill. tulajdonai *még az innenső parton vannak*.

A jelfogók alatti váltókapcsolók a jobb oldali állásban azt jelzik, hogy a gazda, ill. tulajdonai valamelyik *parton* vannak. A bal oldali állásban pedig azt, hogy a *hajóban*. A legalsó két nyomógomb egyikével jelezzük, hogy a csónak indul át a folyón, a másikkal pedig azt, hogy jön vissza. A legfelső sor ötödik lámpája azt jelzi számunkra, ha hibás átszállítási próbálkozás következtében a farkas eszi a kecskét, a hatodik pedig azt, ha a kecske eszi a káposztát.

Szimulátorunk működtetése a következőképpen történik: Az összeállítás elkészítése és bekapcsolása után a négy jelfogót kézzel átbillentjük az érintkezők alsó helyzetébe. A jelfogók ekkor behúznak, és behúzva is maradnak, amiről az áram útjának a kapcsolási rajzon való követésével könnyen meggyőződhetünk. A jelfogókkal sorbakapcsolt négy izzó is kigyullad, és égve is marad, jelezve, hogy a gazda és mindhárom tulajdona az innenső parton vannak, és várják az átszállítást. — A berendezés a próbálkozások megkezdésére készen áll.

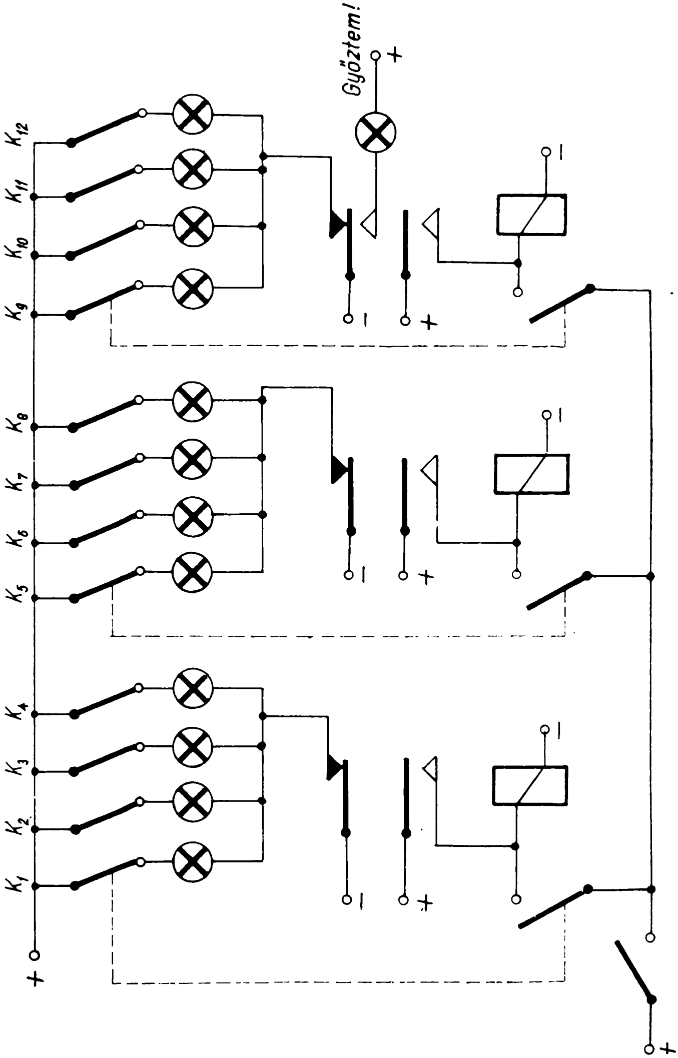
Ekkor a gazdát és valamelyik tulajdonát váltókapcsolójuk balra való állításával *„beletesszük a hajóba"*. Az *„Át"* feliratú nyomógomb lenyomására és elengedésére a gazda és a csónakba tett tulajdona felső jelzőlámpája kigyullad, alsó jelzőlámpája pedig elalszik, jelezve, hogy átértek a folyón. Ekkor az átvitt tulajdon váltókapcsolóját ismét a jobb oldali helyzetbe hozzuk, jelezve, hogy a tulajdont — most már a túlsó parton — kiraktuk a csónakból. A gazdát pedig a *„Vissza"* feliratú nyomógomb lenyomásával csónakostul visszahozzuk az innenső partra, hogy az előzőhöz hasonlóan valamelyik további tulajdonát szállíthassa át. Így megy ez mindaddig, amíg a gazda és valamennyi tulajdona át nem ért a folyón. A sikeres átszállítás befejezését a felső sor négy körtéjének égése jelzi.

Ha bármikor hibát követünk el, tehát magára hagytuk a kecskét és a káposztát vagy a kecskét és a farkast, a megfelelő hibajelző égő kigyullad. A berendezés ezzel jelzi számunkra a hibás átszállítást.

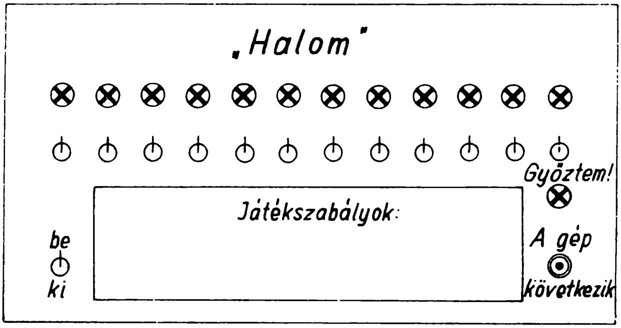
Ha berendezésünket bemutatások céljára állandó jelleggel megépítjük, akkor ajánlatos a folyót jelképesen megrajzolni, az egyes nyomógombokat pedig a megfelelő felirattal ellátni. Így első bemutatásra is bárki élvezheti szimulátorunk meggyőző és szemléletes működését.

A LEGEGYSZERŰBB „HALOM"-JÁTÉK

Az elmúlt évek folyamán a legtöbbször és a legváltozatosabb formában az indiai eredetű *„Nim"*-játékot gépesítették meg. Nálunk inkább *„Gyufa"*- vagy *„Halom"*-játéknak hívják. Legegyszerűbb formája a következő. Találomra az asztalra dobnak egy halom gyufát. A játékosok körülülik, és sorjában vesznek el a halomból pl. a következő szabály szerint: a soron következőnek egy, két vagy három gyufát kell elvennie, és az veszít, aki az utolsót húzza. Lehet a játékot úgy is bonyolítani, hogy több halom van, de egyszerre csak egyből szabad



88. ábra.
A legegyszerűbb „*Halom*"-játék



89. ábra.
A „*Halom*"-játékgép elrendezési rajza

elvenni. Megegyezhetnek abban is, hogy az nyer, aki az utolsót húzhatja.

A játék legegyszerűbb formájára tervezzünk egy gépet, amelyik mindig nyer. Játékszabályaink a következők:

A „Halom" 12 égő jelzőlámpából áll. Az élő játékos és a gép felváltva oltják le a lámpákat. Az élő játékos kezd. Legalább egy lámpát mindig le kell oltani, és legfeljebb hármat szabad egyszerre. Aki az utolsó lámpát oltja le, az győz.

Ha két tapasztalatlan élő játékos játszaná, akkor nyerés és vesztés általában mindkét részről előfordulna. De ha az egyik játékos jól átgondolt taktikát követ, akkor mindig megnyerheti a játékot. Okoskodása a következő: „A másik játékos akár egy, akár két, akár három lámpát olt le, nekem azt mindig módomban van négyre kiegészíteni. De tizenkettőben a négy maradéktalanul megvan. Tehát ezt a taktikát követve, a harmadik lépésben győzök." Ebből az okoskodásból azonnal látjuk, hogy ez a taktika 16 vagy 20 lámpa esetén is győzelemhez segíti a második játékost.

A gépnek a következőket kell tudnia. A játék megindulásakor égjen mind a 12 lámpa. Elsőnek ne léphessen a gép. Ha az élő játékos egy, két vagy három égőt leoltott, „*A gép következik*” gomb lenyomására a gép egészítse ki a leoltott égők számát négyre. Az élő játékos következő lépésére a gép nyolcra, végül tizenkettőre egészíti ki a leoltott égők számát, és felgyújtja a „*Győztem*” felirat égőjét.

Valamennyi követelménynek eleget tesz a 88. ábra kapcsolása, amint arról a kapcsolási rajz követésével könnyen meggyőződhetünk. A K_1, K_5 és K_9 kapcsolók kétutas, kétállású kapcsolók. Amikor ezeknek a kapcsolóknak az egyik felével fent a megfelelő égő áramkörét bontjuk, ugyanakkor a kapcsolók másik felével lent lehetővé tesszük egy másik áramkör zárását, és így a gép következő lépését.

A 89. ábrán megadjuk a gép ajánlott elrendezését is. A szerelőlapon kívül mindössze a következő anyagok szükségesek hozzá: 3 db miniatűr jelfogó, 1 db főkapcsoló (ezt a kapcsolási rajzra nem vettük föl), 3 db kétutas, kétállású kapcsoló, 9 db normál kapcsoló, 13 db 4 V-os, 0,1 A-es égő és áramforrásul 3 V-os jelfogók esetén egy vagy két párhuzamosan kapcsolt zseblámpatelep.

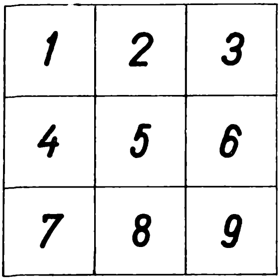
BONYOLULTABB JÁTÉKGÉPEK

Célkitűzésünk az előzőkben az volt, hogy olyan kibernetikai játékgépeket mutassunk be, amelyek kevés alkatrészből, tehát olcsón és bárki által megépíthetők. Így egyesek talán kissé csalódtak, és a bemutatott gépeket túlságosan is egyszerűeknek találták. Az egyszerűség azonban célkitűzésünk természetes következménye volt. Arra mindenesetre alkalmasak voltak ezek az egyszerű berendezések is, hogy meggyőzzenek bennünket arról, hogy a logikusan gondolkodó ember a játékban és még sok más helyen is helyettesíthető megfelelő kibernetikai berendezésekkel. Akiknek anyagi, illetve alkatrész beszerzési lehetőségei nagyobbak, azok számára megemlítünk részben elkészítés, részben látókör-szélesítés céljából néhány bonyolultabb és így érdekesebb játékgépet is.

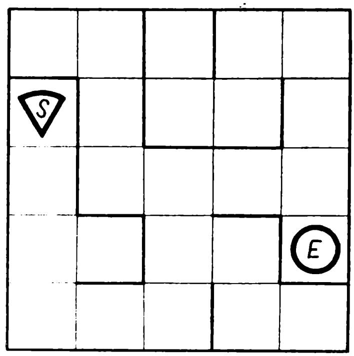
Elsőnek a „*Logi*” elnevezésű kártyázógépet említjük meg. Ez a „zsírozás” néven ismert, egyszerű magyar kártyajátékot játssza élő ellenféllel. A gép a „kezében" levő négy lap ismeretében mindig a leglogikusabban jár el. A kártyajáték szerencsejáték is, így ha a játékos nem jó lapokat kap, akkor természetesen elveszíti a játékot, a közepesen jó lapok birtokában azonban nyer. (Talán a legnagyobb érdekessége a gépnek, hogy egy harmadikos gimnazista egyéni elgondolásával és munkájával épült középiskolai kibernetikai szakkörben, még 1960-ban. Tehát azokban az időkben, amikor még külföldön is szenzációszámba mentek a hasonló nagyságrendű kibernetikai játékgépek. Tervezője később, már mint végzett fizikus, közölte a gép részletes leírását és rajzait is a Rádiótechnika c. folyóirat 1966. évi 9—12. számaiban.) Mintegy 40 jelfogó, és sok gondos munka szükséges a gép megépítéséhez.

A „*Csodamalom*" elnevezésű játékgépet egy harmadikos és egy negyedikes gimnazista tervezte és építette. A gép a malmozáshoz hasonló, de annál valamivel egyszerűbb játékot játssza élő ellenféllel. A játékmező kilenc kockából áll (90. ábra). Az élő játékos és a gép fölváltva foglalnak el egy-egy kockát. A cél: három egy egyenesbe eső kocka elfoglalása akár vízszintes, akár függőleges, akár átlós irányban és az ellenfél hasonló törekvéseinek megakadályozása. Mivel a játék logikája olyan, hogy helyesen játszva mindig győzelemre vagy legalább is döntetlenre lehet vinni, a gép sohasem veszít. Ha egy beépített kapcsolót átkapcsolunk, akkor a gép valahol téved, és így esetleg az élő játékos is győzhet, ha ügyesen játszik. (A gép részletes leírása és kapcsolási rajza megjelent a Rádiótechnika c. folyóirat 1965. évi 10—12., és az 1966. évi 1—2. számaiban.) Megépítéséhez 35 db jelfogó és 3 db, a telefontechnikában használatos kis keresőgép szükséges. Elrendezés, működés és áttekinthetőség szempontjából olyan, hogy kezdő és középfokú szinten talán a legalkalmasabb a „gondolkodó gépek" működésének bemutatására és tanulmányozására.

A „*Halom*" elnevezésű játékgép a már megismert „*Nim*"-játékot játssza élő ellenféllel, csak bonyolultabb és így érdekesebb formában. Az égők több csoportban is elhelyezhetők. Egy csoportban akárhány égő lehet. Kezdhet a gép is. A játék logikája szerint vannak nyerő és vesztő helyzetek. Tehát a kezdeti állás, továbbá, hogy ki kezd, és hogy az utolsót lépő nyer vagy veszít: mindezek már eldöntik, hogy logikus játékkal ki nyer. A játék logikája azonban bonyolult és kevesen ismerik. A gép logikusan játszik, de ha az élő játékos csak egyszer is hibázott,



90. ábra.
Játékmező
a „*Csodamalom*”-hoz



91. ábra.
Labirintus a „*Műegér*”-hez

már a gép nyer még akkor is, ha vesztő helyzetből indult. A gép egy negyedikes gimnazista elgondolásai szerint épült, és eléggé bonyolult: 68 db jelfogó és 13 db vonalkereső van benne. Építője később áttervezte csak jelfogós kivitelre. Ezt „*Andax*” néven 16 éves fiúk építették meg.

A „*Műegér*” volt talán a középiskolások által áttekinthető és megépíthető kibernetikai játékgépek csúcsteljesítménye. A 25 kockából álló játékasztalon a falak változtatásával tetszésszerinti útvesztő, „labirintus” építhető föl (91. ábra). Az „egeret” és a „sajtot” akárhová betehetjük a labirintusba. A gépet megindítva, az „egér” keresni kezdi a sajtot, és hosszas próbálkozások után megtalálja, ha nincs falakkal teljesen körülzárva. Újból betéve az egeret olyan helyre, ahol már járt, most már próbálkozások nélkül, a legrövidebb úton eljut a sajthoz, „megjegyezte” a helyes utat.

A gép a hasonló külföldi berendezésekről szóló rövid hírek hatására egyéni tervezéssel készült. Mintegy 110 db jelfogó, 3 db vonalkereső és 2 db egyenáramú motor a lényegesebb alkatrészei. Ilyen nagy berendezés már hibátlan alkatrészeket és nagy teljesítményű stabilizált áramforrást igényel. Előállítása részben már túlhaladja az amatőr modellezés kereteit.

A kibernetikai játékgépek egy másik csoportjához tartozik a *„8-as kombinett”*. Itt az élő játékos nem lépésről lépésre fölváltva küzd a géppel, hanem kigondol egy problémát, és azt adja föl megoldásra a gépnek. Ezért az ilyen típusú gépeket *feladat- vagy problémamegoldó gépeknek* neveztük. A 90. ábrához hasonló $3 \times 3 = 9$ négyzetből álló mezőbe tetszés szerinti sorrendben elhelyezzük az első nyolc számot úgy, hogy a jobb alsó négyzet szabadon maradjon. A gép feladata az, hogy a számokat tologatással, tehát felemelés nélkül a természetes sorrendbe rakja.

Szinte hihetetlen, hogy a problémafeladásnak $8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot \cdot 2 \cdot 1 = 40\,320$ esete lehetséges! Az esetek felében a probléma megoldható, a másik felében pedig csak az első hat szám rendezhető, míg az utolsó kettő (a 7-es és a 8-as) felcserélve marad. A gép a számok „tologatását” úgy oldja meg, hogy a rejtett számok alatt lámpát gyújt meg az üres kockában, majd a másik kockában a megfelelő számot lámpa eloltásával „törli”. Ha a feladatot megoldotta, kigyújtja a *„Megoldottam”* feliratot, és megáll. Ha a feladat megoldhatatlan, a gép az első hat számot sorrendbe rakja, majd kigyújtja a *„Megoldhatatlan”* feliratot, és megáll.

A gép mintegy 70 db jelfogóból és 2 db vonalkeresőből áll. A megoldás programja a két vonalkeresőre van ráépítve. A jelfogók a játék állásának rögzítésére („memória”) és a szükséges segédfeladatok ellátására szolgálnak. Egy 16 éves fiú tervezte, és építette a könyvünkben is lefektetett kibernetikai alapfogalmak megismerése után.

A játékgépek problémáinak bogozgatására, sőt a játékgépek építésére fordított idő, pénz és munka nem haszontalan. Pl. a hollandiai Philips nagyvállalat az ötvenes évek közepén mérnökeit úgy gyakoroltatta be az akkor meginduló logikai áramkörök építésébe és tervezésébe, hogy a *„Csodamalom”* játékgépünknél ismertetett egyszerű malomjáték problémáit oldatta meg velük elektroncsöves áramkörökkel. Hang- és fényjelekkel vezérelhető „elektromos kutyát" is építtetett velük.

Amikor az iskolai oktatás eredményesebbé tételére egy feleletellenőrző és regisztráló berendezést akartunk építeni, csak elsoroltuk a játékgépeket már ismerő 16—17 éves diákjainknak, hogy miket kellene „tudnia" a berendezésnek, és napokon belül megtervezték, majd heteken belül meg is építették az elég bonyolult „feleltető gépet", a „*Didaktomatot*". Egyévi tapasztalatok után ebből leegyszerűsítve fejlesztettük ki a „*Didaktomat II.*" elnevezésű berendezést, mely most van elterjedőben iskoláinkban. Ugyancsak iskolás „gyerekek" fejlesztették ki a „*Mikromat*" nevű kibernetikai építőkészlet „őspéldányát" is (lásd a 44. ábrát).

BEFEJEZÉS

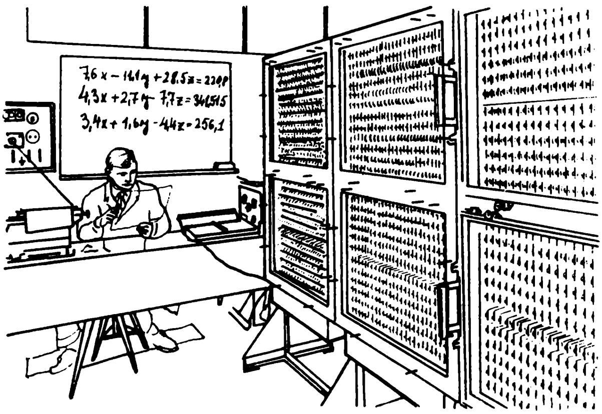
Vessünk egy pillantást befejezésül az életben használt nagy számítógépekre, és beszéljük meg, hogyan vezet az út a számítógépekhez, a kibernetikához.

Könyvünk második, nagyobbik felében a digitális számológépekkel és azok felhasználásával foglalkoztunk. A való életben is a digitális számítógépek vannak többségben, és talán ezek is a fontosabbak. Az Izvesztyija egyik cikke szerint egyedül az Egyesült Államokban ma már 400 millió ember munkáját végzik számítógépek, holnap pedig az egész világon beláthatatlan távlatok nyílnak meg ezen a téren.

Ma mintegy 50 000-re becsülik az egész világon dolgozó, jórészt digitális gépek számát. Lássunk közülük egyet-kettőt, amelyek általunk is hozzáférhetők. A 92. ábrán a Budapesti Műszaki Egyetem magyar tervezésű és építésű jelfogós számítógépét látjuk. Még 1958-ban épült mintegy 2000 jelfogóval, főleg oktatási célokra. Később 2700 jelfogóra bővítették. Az adatokat a kezelőasztal nyomógombjaival, az utasításokat pedig jórészt lyukasztott lapokkal, sablonokkal adják be a gépbe. A gép a számítások eredményét villamos írógépen írja le, és így közli kezelőjével.

A 93. ábrán a nálunk több példányban is használt „*Ural—2*" elnevezésű elektroncsöves digitális számítógép egy részét és kezelőasztalát látjuk. A gép az ún. közepes teljesítményű számítógépek csoportjába tartozik. Több ezer elektroncső és kristálydióda van benne, fogyasztása 25 kW. A gép bevitele lyukszalagos olvasóberendezéssel működik. Különleges kiírója 20 sort nyomtat másodpercenként, vagy lyukszalagra lyukasztja eredményeit. Legnagyobb műveleti sebessége 12 000 összeadás másodpercenként.

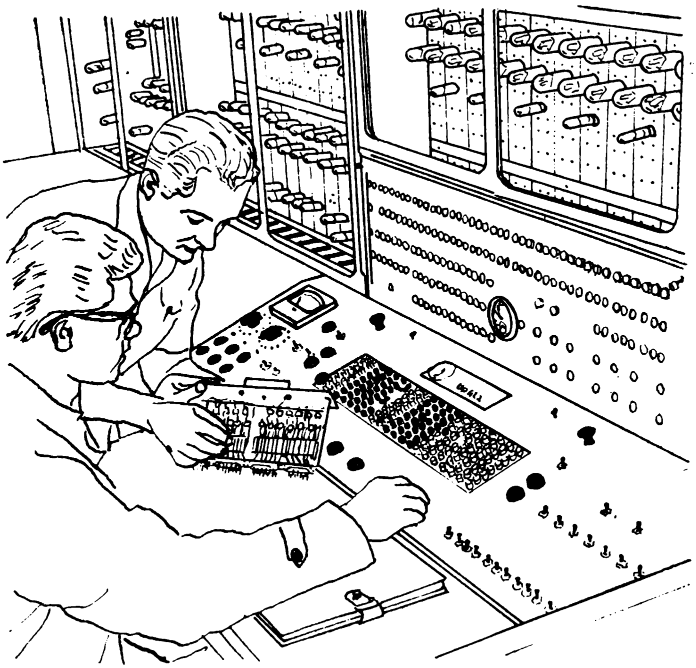
Ma már egy tucatnál is több komoly számítógép dolgozik hazánkban, és számuk rohamosan nő. Bizonyára fölmerül



92. ábra.
A Budapesti Műszaki Egyetem jelfogós számítógépe

olvasóinkban a kérdés, hogy milyen munkaköröket töltenek be a számítógépek kezelői és ezeknek milyen műszaki tudással kell rendelkezniök.

A munkaköröket két nagy csoportra oszthatjuk. Az egyik műszaki, a másik pedig inkább matematikai természetű. Az előbbi csoport feladata a gépek karbantartása, javítása, tervezése és építése. Ezek a feladatok a különleges képzettségű műszerésztől a villamosmérnökig több fokozatban igényelnek szakembereket. A gépeket üzemeltető vállalatok eddig különleges tanfolyamokon képezték ki a szakembereket, de ma már lassan megindul a tervszerű, folyamatos képzés és utánpótlás is. Természetesen a megfelelő iskolai végzettség alapvető követelmény. A műszerészektől is már középiskolai érettségit követelnek meg ezen a téren, magasabb fokon pedig mérnöki diplomát.



93. ábra.
Az „*Ural—2*” számítógép kezelőasztala

A gépek munkával való táplálása az a munkaterület, amely még több embert kíván. Ezt a munkát összefoglalóan *programozásnak* nevezik. Erre eddig érettségi után különleges tanfolyamokon képezték ki a magasabb matematika iránt különösebb hajlamot érző jelölteket. Ma már, főleg magasabb fokon, Közgazdasági Egyetem-i végzettség, vagy a Tudományegyetemek Természettudományi Karán megszerzett alkalmazott matematikusi diploma szükséges hozzá.

A két szélső munkaterületet kapcsolják össze azok a szakemberek, akik a kidolgozott programokat a gépeken „futtatják", vagyis a gyakorlatban végzik a gépekkel a számításokat. Végül azoknak, akik az ilyen gépeket tervezik, mindkét területen a legalaposabb jártassággal és a legmagasabb fokú képzettséggel kell rendelkezniök.

Hogyan készüljenek a fiatalok az említett pályák valamelyikére? Röviden így foglalhatjuk össze: tanulással, olvasással és önképzéssel. A bevezetőben példának fölhozott rádiótechnika és elektronika még ma is az a „szakma", ahol nem az a döntő, hogy kinek milyen papírjai vannak, hanem az, hogy mennyit tud.

Ez fokozott mértékben áll a számítógépek technikájára. Nem befejezett, megállapodott tudományról, technikáról van itt szó, amit valamilyen iskolatípusban jól meg lehet tanulni, hanem egy nem is olyan régen született, rohamosan fejlődő és beláthatatlan jövő előtt álló, igen komplex technikai tudományról. Itt csak az állja meg a helyét, aki kedvét leli a folytonos tanulásban, önképzésben, örül a változatosnak, és nem ijed meg a merész fordulatoktól. E könyv szerzője például tizedik éve vezet fiataloknak kibernetikai szakkört, de még egyik évben sem haladt teljesen az előzőleg kitaposott nyomokon. Akárhány évben szinte kézzelfoghatóan érezte, hogy ahogyan előzőleg haladt, az már elavult, és teljesen új irányban kell indulnia.

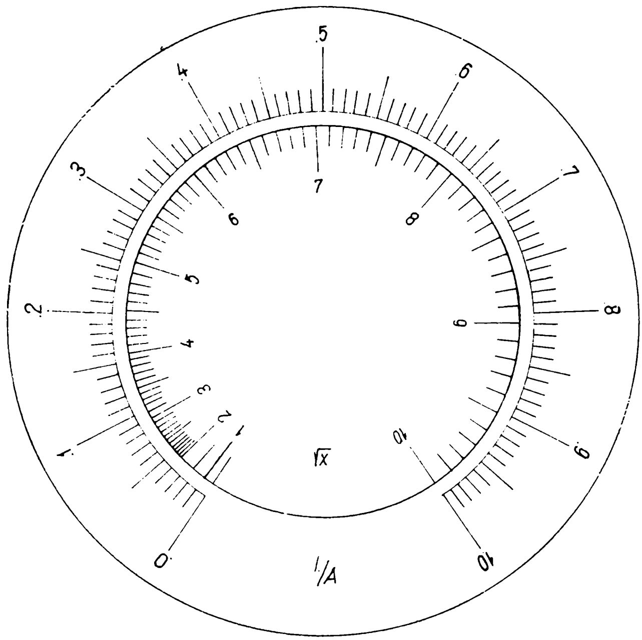
A fiataloknak tehát azt ajánljuk, hogy addig is, amíg a szükséges iskolai végzettséget elérik, törekedjenek — főleg a témához közelálló tárgyakban — kiemelkedő eredményre. Olvassanak minél többet a ma már magyar nyelven is rendelkezésre álló kibernetikai könyvekből. Építsenek, tervezzenek saját maguk által elgondolt kibernetikai és automata berendezéseket. Gondolkozzanak, és elmélkedjenek rajta, hogy milyen lehet a hétköznapi életben látott egyszerűbb és bonyolultabb automata berendezések szerkezete, vagy hogyan lehetne azokat a mainál egyszerűbb, jobb kivitelben megépíteni. Ha pedig magasabb szintű munkaterületre törekszenek, akkor legalább két idegen nyelvet sajátítsanak el, mert nem várhatjuk azt, hogy a legfrissebb információkat saját nyelvünkön is azonnal megkapjuk.

Ha sokan törekszenek e felé a rohamosan fejlődő és éppen ezért nyilván hamarosan „divatossá" is váló életpálya felé, természetesen azok részesülnek előnyben, akik a céltudatos törekvésen kívül már komoly előképzettséggel is rendelkeznek.

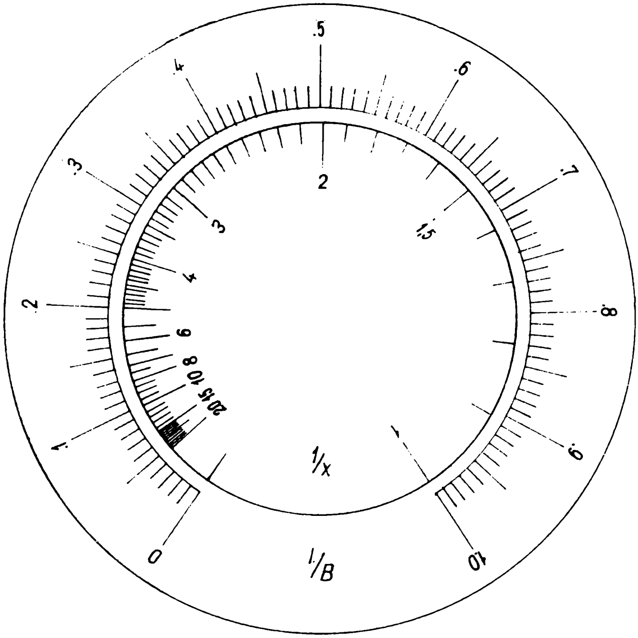
FÜGGELÉK

SKÁLÁK
AZ „ELEKTRONIKUS LOGARLÉC" C. SZÖVEGRÉSZNEZ

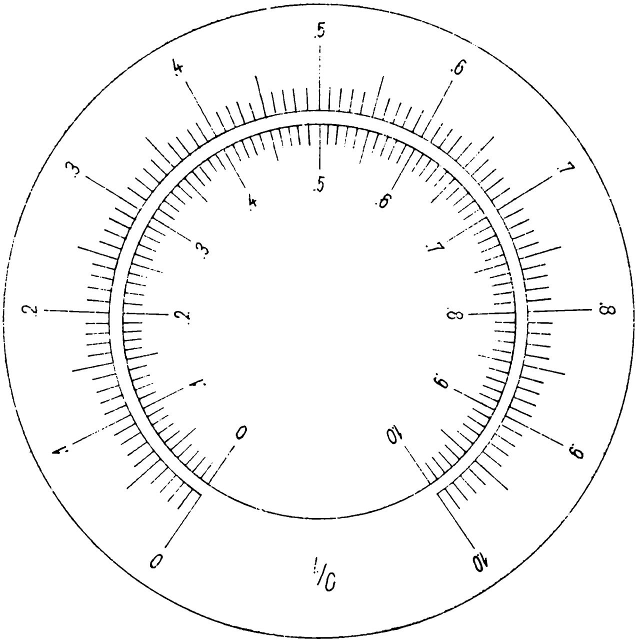
A 25/*b* ábra szerint három akkora kartonlapot vágunk ki, hogy mindegyikre három-három skála egymás mellé elférjen. A három potenciométer tengelye számára furatokat készítünk, majd óvatosan felragasztjuk a kartonlapokra a 94—102. ábrákon közreadott skálarendszereket.



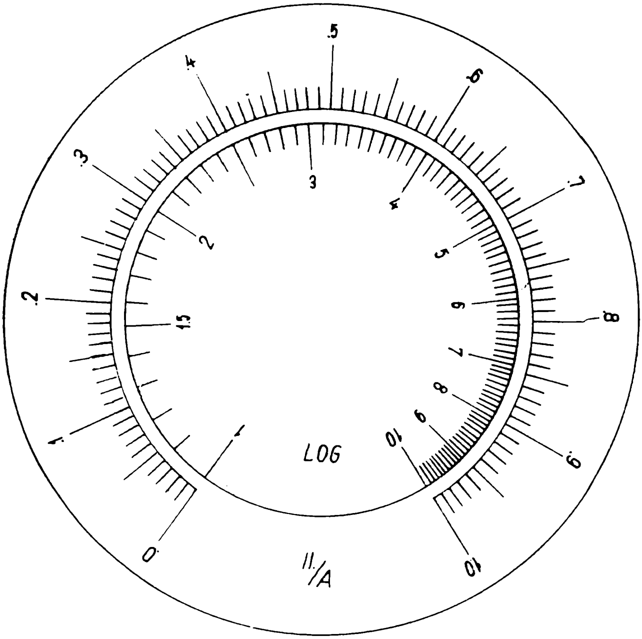
94. ábra.
Négyzetgyökös skála



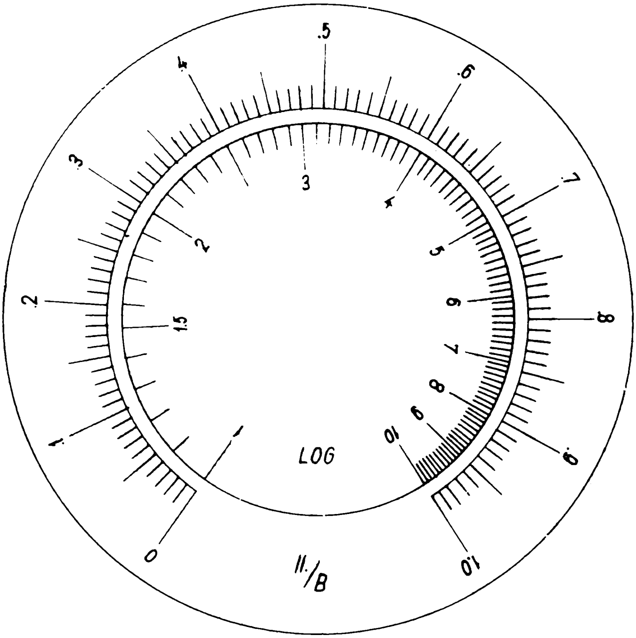
95. ábra.
Reciprok skála elektronikus logarléchez



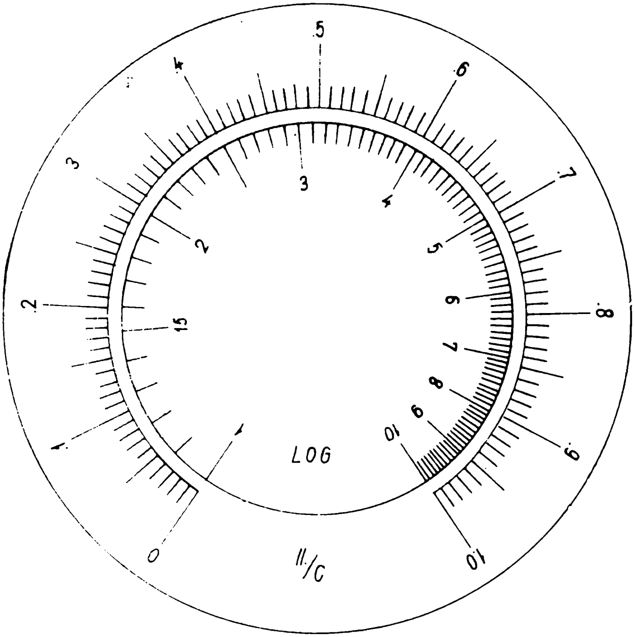
96. ábra.
Normál skála



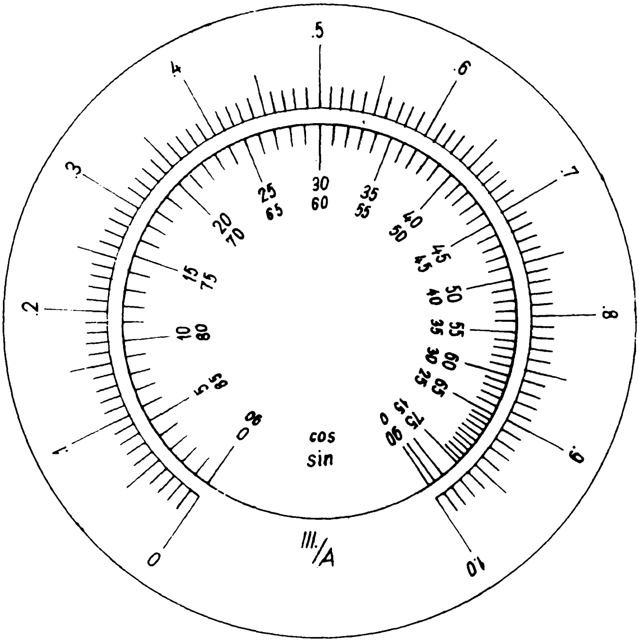
97. ábra.
Logaritmikus skála elektronikus logarléchez



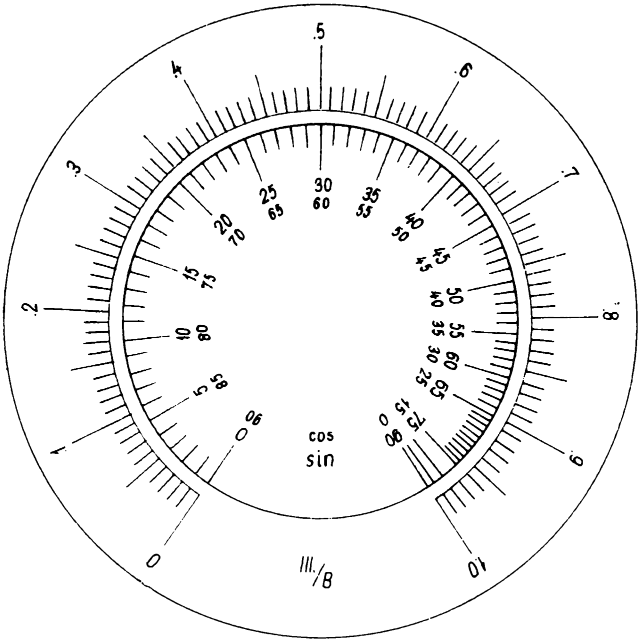
98. ábra.
Logaritmikus skála elektronikus logarléchez



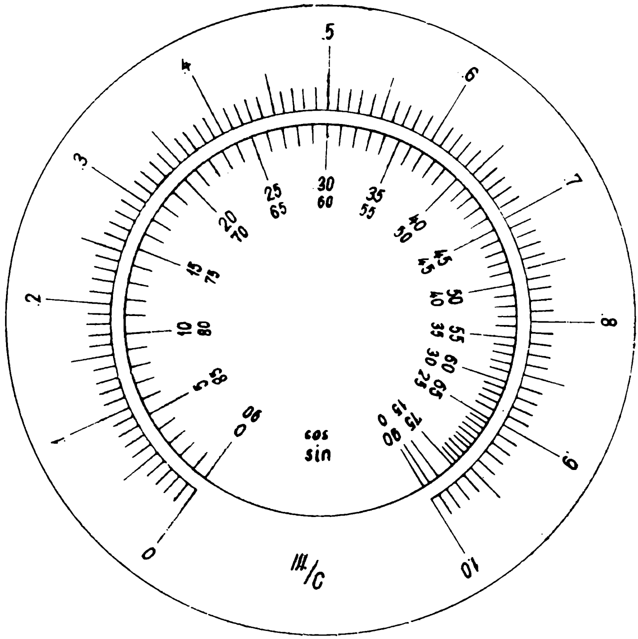
99. ábra.
Logaritmikus skála elektronikus logarléchez



100. ábra.
Szögfüggvényskála elektronikus logarléchez



101. ábra.
Szögfüggvényskála elektronikus logarléchez



102. ábra.
Szögfüggvényskála elektronikus logarléchez

FELHASZNÁLT ÉS AJÁNLOTT IRODALOM

Németh Pál: Út a kibernetikához. Táncsics, 1964.
Szmirnov: Elektronikus digitális matematikai gépek. Műszaki, 1961.
Tarján: Gondolkodó gépek. Bibliotheca, 1958.
Simon: Távbeszélőtechnika. Tankönyvkiadó, 1960.
Ritchie: Kapcsoló áramkörök tervezése. Műszaki, 1962.
Richter: Elektronika + rádió. Műszaki, 1963.
Richter: Elektronika mindenkinek. Műszaki, 1961.
Richter: Gyakorlati elektronika. Műszaki, 1959.
Varga: Matematikai logika, I—II. Tankönyvkiadó, 1966.
Tyeplov: Kibernetika, I—II. Műszaki, 1963.
Hahn: Digitális vezérléstechnika. Műszaki, 1964.
Naslin: Az automatizált számítás alapelvei. Műszaki, 1962.
Krajzmer: Elektronikus számítógépek új elemei. Műszaki, 1964.
Joachan Chu: Digitális számítógépek tervezésének alapjai. Műszaki, 1966.
Schubert: Kis digitális számítógépek. Műszaki, 1964.
A kibernetika klasszikusai. Gondolat, 1965.
Neuman: A számológép és az agy. Gondolat, 1964.
Gimesy: Kis transzformátorok készítése. Táncsics, 1960.
Sven H. Red: Elektronikus adatfeldolgozás. Közgazdasági, 1965.
Krekó: Lineáris programozás. Közgazdasági, 1962.
Szelezsán: Lineáris programozás. Műszaki, 1965.
Bevezetés a programozásba, I—II. Műszaki, 1964.
Az „Automatizálás" c. sorozat füzetei.
Ruzsa—Urbán: Matematikai logika. Tankönyvkiadó, 1966.
Wolf: Elektronengehirn und Rechenautomat. Aulis Verlag, 1958.
Prosztaja Kibernyetyika. Moszkva, 1965.
„Minivac 601." Cambridge, Massachusetts, 1961.
Analog computer. General Electric, 1961.
We built our own computers. Cambridge, 1966.

TARTALOM

TN 1054—g—6869

A kiadásért a Táncsics Könyvkiadó igazgatója f
Felelős szerkesztő: dr. Marjai Imre
Szaklektor: Németh Pál
Műszaki vezető: Faragó Imre
Műszaki szerkesztő: Mohr Gyula
A borítót Bechine Péter tervezte
Az ábrákat Mályi Jenő rajzolta
4750 példány, 10,6 (A/5) ív. Ábrák száma: 102
MSZ 5601-59. Budapest, 1968
67. 7878 Bács-Kiskun megyei Nyomda V. Kecskemét

20,— Ft