

Tábori András: Logikai gép készül Szegeden,
Kézirat , (1958)

Pávó Imre: Kalmár László logikai gépei, Kézirat
, (2005)

Az első népszerűsítő cikk beszámol a Kalmár-
féle logikai gép építéséről.

A második cikk további logikai gépeket mutat
be, többek között az automatikus
formulaközlőt, az ekvivalencia vizsgáló gépet,
az algebrai célgépet.

Ezeket a gépeket a Kalmár emlékszobában
helyeztük el.

GONDOLKODÁS - DRÓTHUZALOKKAL

LOGIKAI GÉP KÉSZÜL SZEGEDEN

A cím nyomban kiegészítésre szorul, mielőtt bármit is mondanánk a gépről. A készülék nem gondolkodik, mint ahogyan az elektronikus számológéppel kapcsolatban gyakran ilyen utalásokat olvashatunk. A gép a bonyolult és szárnyaló emberi gondolat teremtménye és egyszersmind segítője. Ilyen készülék ez is, amelyet a szegedi egyetem Bolyai-intézetének egyik kis szobájában láthatunk.

Körülöttünk minden azt a benyomást kelti, mintha egy kisebb fajta rádiójavító-műhelyben lennénk: az asztalon szanaszéjjel szerszámok, huzalok. Csupán a fekete falitábla és az asztalon terebélyesedő gép jelzi: nem akármilyen műhely ez.

Néhány logikai alaptétel

- Kezdjük talán a logika tudományának alapelveivel – mondja Kalmár professzor. – A gép ugyanis ezeken az elveken alapul. Induljunk ki bizonyos logikai értelemben vett *alapítéletekből*. (Az *ítélet* szó logikai tudományos szakkifejezés.) Ha például, azt mondom: *esik az eső* és a *Nap süt*, ez két, úgynevezett ítélet, s mindkettő, egymástól függetlenül lehet igaz is, nem is, ezt a két ítéletet összeköthetem például a *vagy-vagy* szavakkal, s így a *vagy esik az eső, vagy süt a nap* összetett ítélethez, jutok. Az ítéletek összekötésének ezt a módját diszjunkciónak nevezzük. Ezenkívül több ilyen összekötési változatot ismer a logika tudománya. Az úgynevezett konjunkció azt jelenti, hogy az és szó fejezi ki a kapcsolatot. Például: a levegő páratartalma 5 százalék és a nedvesség ennél nagyobb. A logikai implikáció a *ha ... akkor* összekötést jelzi, tudniillik: *ha sétálni megyek, akkor kabátot veszek*. Az ekvivalencia azt fejezi ki, hogy ha a két, összekötött ítélet közül az egyik igaz, akkor a másik is igaz. Végül logikai művelet a *nem* szóval jelzett negáció, a tagadás, tehát az a művelet, amely egy ítéletből úgy hoz létre egy másikat, hogy azt állítja: az előző hamis volt.

(Megvalljuk, amikor kiszálltunk a szegedi gyorsból, úgy véltük: roppant bonyolult műszaki problémák tömkelegével találkozunk majd a *gondolkodni segítő gép* szülőházájában. S lám, ehelyett most filozófiai fogalmakkal kell megismerkednünk. Nos kérjük az olvasót, gondolkodjék velünk együtt, megéri a fáradságot, mert így juthatunk el a szinte keresztretjétnyszerűen izgalmas konstrukció megértéséhez.)

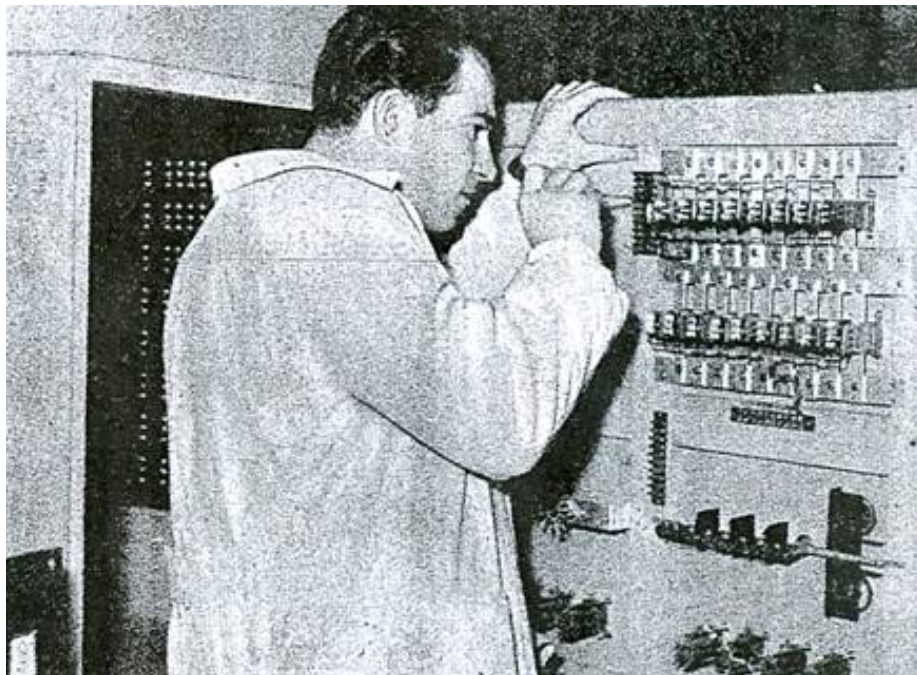
Kalmár professzor mosolyogva folytatja.

- Ezekkel az összeköttetési módozatokkal – többször egymásután alkalmazva azokat -, bizonyos alapítéletekből *újabbakat* hozhatunk létre. De mi történik akkor, ha a bonyolult ítéletsor végén kapott összetett-ítéletéről tudni akarom: *igaz-e vagy hamis*? Ez egyszerű esetekben fejben is eldönthető, de bonyolultabb példánál, esetleg egy tudományos következtetés helyességének ellenőrzésekor már *segédeszközökre* van szükség. Így jutunk el a logikai géphez...

A gép titka

A kis műhelyszoba asztalához lépünk. Itt van előttünk – bár egyenlőre még félkész – a gép. Egyszerű 70x70 centiméteres fadoboz. Elöl két sor kis jelzőlámpa, alatta egy piros és egy zöld lámpácska, a doboz oldalán pedig nyolc sorban, sűrűn egymás mellett hüvelyek, amelyekbe háromágú villás dugók illeszthetők.

Őszintén szólva, kissé meglepődünk, hiszen a kapcsolók, műszerek, alkatrészek óriási halmazát vártuk – s helyette ez a kis doboz!... Ám hamarosan rájövünk: ezúttal éppen az egyszerű jelenti a nagyszerűt!



Szerelik a logikai gép vezérlőművét

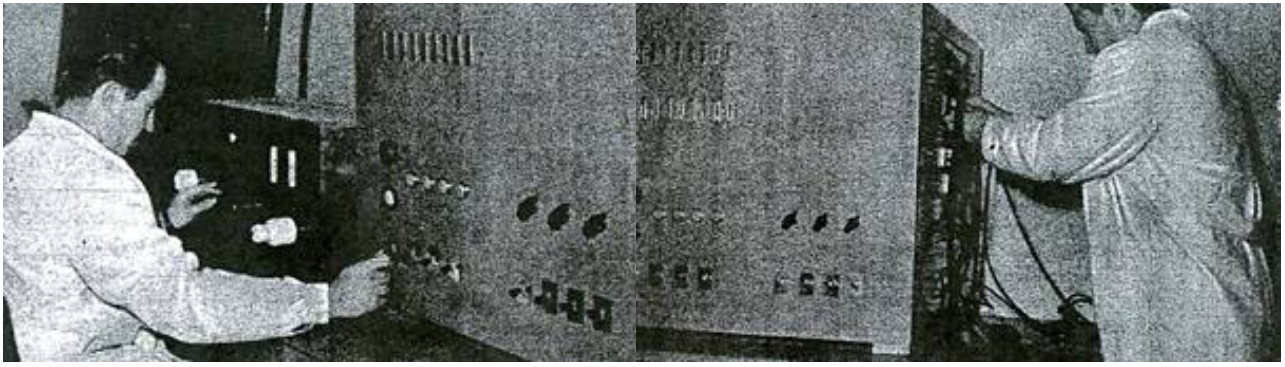
Kalmár professzor az asztalhoz lép és felnyalából néhány huzalt, amelyek a kis dobozkába torkollanak.

- Ez a gép titka – mutat a huzalokra. – A logikai összefüggésekből adódó kérdéseket elsősorban ezekkel az egyszerű drótokkal oldjuk meg. Nos, nézzük közelebbről...

- A drótok végén levő kis dobozkák egy-egy logikai kapcsolatnak felelnek meg. Van és továbbá *vagy-vagy*, s több más rendeltetésű műveleti doboz. A nyolcsoros hüvelymező azt jelenti, hogy a gép nyolc alapítélet további *feldolgozására* – tehát a belőlük adódó összetett ítéletek igaz vagy hamis voltának megállapítására – alkalmas.

- A gépet természetesen programozni kell, tehát *beadagolni* a feladatot. Hogyan történik ez? A kezemből van egy huzal, a végén a műveleti dobozzal. Ezt olyan módon csatlakoztatom a gépbe, amilyen feladatot kell végrehajtani. A bekapcsolás úgy értendő, hogy a drót végén levő villásdugót a gép megfelelő hüvelyébe illesztetem. A villák azért *háromágúak*, mert ha a dugó *fordítva* kerül a gépbe, az is egy logikai műveletnek a *negációnak*, a *tagadásnak* megfelelő helyzetet hoz létre. S ezzel a kezelő tevékenysége lényegében *befejeződött*. Belül a gépben a hüvelyek megfelelő kapcsolási sorrendben vannak összekötve, s az úgynevezett vezérlőművel végigpróbálják a *beadagolt* feladaton az összes lehetséges variációt. Ezután a gép jelzi, hogy az eredő ítélet igaz-e vagy sem. A vezérlőmű telefonközpontokból ismeretes egyszerű jelfogókból és számjegy-gépből áll.





A gép homlokzata a jelzőlámpa-sorokkal. Mellette az egyenirányító látható. Beprogramozzák a logikai gépet. Az oldalán levő hüvelymezőbe illesztik a műveleti dobozokkal ellátott huzalokat. Az elvégzendő feladatok ily módon való beadagolása roppant egyszerű, s igen gyorsan elvégezhető

- A végeredmény a gép homlokzatán elhelyezett lámpasorokról leolvasható. A kis piros lámpa azt jelzi, hogy a megfelelő alapítélet hamis, míg a zöld azt, hogy igaz. A nagy piros és zöld lámpa a végeredményről, tehát az összetett ítéletről mondja meg ugyanezt. A másik, fehér lámpasor azt mutatja: szám szerint *hány alapítélet volt igaz és hány hamis, a nyolc közül* – mert a gép ennyit fogad be. A készüléket hálózati áram táplálja, amelyet egyenirányítóval 48 Volt egyenáramú feszültségre alakítunk át.

Automatizálás, atomtelep, vasútbiztosítás ...

- *Kérjük, beszéljen Kalmár elvtárs arról is: milyen gyakorlati feladatokat oldhat meg majd a gép?*

- Felhasználási lehetősége rendkívül széles. Egy telefonközpont bonyolult kapcsolása, vagy egy üzem áramellátásának hálózati terve nehéz villamosmérnöki tervező feladat. Nem is szólva például az automatizálásról, amikor egy üzem gépsorát kell önműködő sorrendbe kapcsolni. Az atomtelepek ugyancsak távirányításúak, hiszen a sugárzásveszély miatt másként lehetetlen lenne dolgozni ott, s a távirányítás szerkezeti terve szintén pontos összműködést követel. De beszéljünk látszólag egyszerűbb feladatokról, például a vasútbiztosításról. Roppant nehéz egy állomás sínhálózatának megfelelő, önműködő biztosító áramkör megtervezése, hiszen sok-sok olyan logikai *ha* van, amivel számolni kell. Például: ha X helyen vonat áll, a másik hogyan kerülheti ki? Ilyen esetekben mindig arról van szó, hogy olyan áramkört kell tervezni, amely az imént említett logikai kapcsolatokkal kifejezhető feltételeknek felel meg.

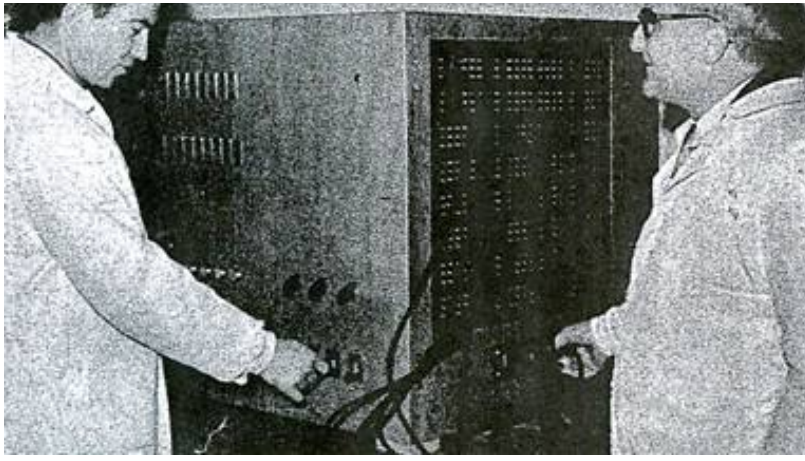
- Nos, a mérnök elkészíti egy ilyen áramkör tervét, ezután a szakértők megvitatják. Itt-ott módosítanak rajta, de a sok száz hibalehetőség közül egyszerűen képtelenség valamennyit sorra venni. S mi történik akkor, ha kétszáz hiba-variánssal számoltak ugyan, ám egyszer éppen a kétszázegyedik adódik? Kiszámíthatatlan vasúti szerencsétlenség! A logikai gép arra nem alkalmas, hogy például egy ilyen áramkört megtervezzen, de arra igen, hogy – az összes hibalehetőségeket végigpróbálva – csálthatatlan biztonsággal megmondja: *a terv jó-e vagy sem.*

Minden nagyüzemben házilag is előállítható

- *Milyen hasonló gépek vannak külföldön?*

- A mi gépünk talán a londoni Ferranti-cég konstrukciójához hasonlít a legjobban. De nagy előnye azzal szemben, hogy sokkal egyszerűbb. Ez a gép – mint mondtam – a logikai feladatokat *egyszerű huzalokkal* oldja meg, míg a Ferranti-féle gépnél tömérdek jelfogó és egyéb bonyolult alkatrész végzi ugyanezt. Minden nagy üzemben megvan a technikai lehetősége annak, hogy házilag, saját használatra a gépet előállítsák!





A gép tervezője, Kalmár László egyetemi tanár (jobbról) és Muszka Dániel tudományos munkatárs. (Liebmann Béla felvételei)

- *Mikor lesz készen a gép?*

- Hozzávetőleg egy hónap múlva. Munkatársaim, különösen Muszka Dániel, már a gép összeszerelését végzik, s eddig is csak anyagbeszerzési nehézségek hátráltatták a munkát. Egyébként már kaptunk megbízást is: vasút-biztosítási tervrajzok gépi ellenőrzésének módszereit dolgozzuk ki.

A gép egyelőre hallgatagon áll a kis műhelyszoba asztalán. Nos, megszólalni ezután se fog, de a huzalok idegszálain végigfutó elektromos áram mégis sokat segít majd gyáraink, tervezőinknek – az emberi gondolat, találékonyság újabb diadalára.

TÁBORI ANDRÁS

Pávó Imre: Logikai gépek

Automatikus formulaközlő

A 60-as években érvényben lévő KGST megállapodás miatt hazánkban sem számítógép tervezésével sem annak fejlesztésével nem volt szabad foglalkozni. Ezt a tilalmat Kalmár professzor úgy játszotta ki, hogy logikai gép tervezésére kért és kapott lehetőséget a hozzá nem értő kormányhivataloktól. Az engedély birtokában valójában formulavezérléses logikai gép, azaz a formulavezérléses számítógép logikai egységének tervezésével foglalkozott. Így került sor a már korábban megépített szegedi logikai géphez kapcsolható *automatikus formulaközlő* tervezésére és építésére.

A formulaközlő huzalos formában realizálja a változókból, a negáció és 10-féle kétváltozós logikai műveletből előállítható formulákat. A hálózat realizáltját matematikai felírás sorrendjében automatikusan állítja elő.

Az előállításához a formula Lukasiewicz-féle teljes zárójeles alakját használja, a redundáns bezáró zárójelek elhagyásával.

A Lukasiewicz alakú formula véges hosszú karaktersorozatának ábécéje a változók betűjeléből, a negáció és 10 kéttagú műveleti jelből, valamint kezdőzárójelből áll. Belőle a formula felépítése balról-jobbra haladó elemzéssel a *szintaxis gráfja* alapján lehetséges. A szintaxis gráf mindig olyan irányított fa, amelynek a levelek kivételével minden pontja ki-foka 3 (trináris fa). A fa gyökere változó, vagy negált változó, zárójel, vagy negált zárójel, pontjai kétváltozós műveletek és operandusaik, amelyek változók vagy negált változók, illetve zárójelek vagy negált zárójelek; levelei változó vagy negált változó operandusokkal lezárt kétváltozós műveletek. A szintaxisgráf elemzése a gyökéren kezdődik, zárójel esetén alacsonyabb szinten folytatódik, változó jobbooperandus után egy vagy több szinttel feljebb hajtódik végre egészen addig, amíg az elemzés a szintaxis gráf gyökeréhez vissza nem

Jul.

A Lukasiewicz-féle formula szintaxis gráfjának elemzéséből adódnak a karaktersorozat szintaxis szabályai:

Nevezzük elsőrendű karakternek a változók nevét, a negációjelet és a zárójelet másodrendű karakternek az összes kétváltozós műveleti jelet. Akkor

- egy formula mindig elsőrendű karakterrel kezdődik;
- negáció jel vagy zárójel után mindig elsőrendű karakter következik;
- változó karakter után csak másodrendű karakter jöhet;
- másodrendű karakter után mindig elsőrendű karakter következik;
- a formulában a zárójelek száma megegyezik a kétváltozós műveleti jelek számával;
- a formula utolsó karaktere mindig változó karakter.

Az automatikus formulaközlő a logikai formula teljes *szintaxis* gráfja „vázának” a szegedi logikai géphez szabott elektromechanikus realizációja. A logikai géppel összekötő kábel a változó hüvelyhármassokat és a formula hüvelyhármast csatlakoztatja a formulaközlőhöz. A formulaközlőben huzalos műveleti dobozok szerepét változó műveleti dobozok veszik át. Ezek alkalmas emelet és ívpont számmal rendelkező választógépek (szelektor, marker), amelyeket a korabeli távbeszélő és hírközlő technikában alkalmaztak. (Arra is volt példa, hogy némely szelektort a gyárral közvetlenül kellett legyártatni.) E gépek kosarának forrasztásaiból rá lehet ismerni a kétváltozós műveletek huzalos realizációira. A művelet realizáló gép bal és jobb operadusz kapcsolói, valamint a szintek kapcsolói úgyszintén elektromechanikus szelektorok illetve relék. Ezeknek az eszközöknek működési sorrendjét megszabó vezérlő a jeleket a formulaközlő klaviatúrájából kapja, amely lényegében 10 shift-üzemű kapcsolóbillentyűből áll, egy-egy nyomógomb vagy elsőrendű, vagy másodrendű karaktervezérlő jelet vált ki attól függően, hogy a formula bebillentyűzése melyik szintaktikus szabályt érinti. Úgyszintén a szintaktikus szabályokból következik a „formula vége” állapot detektálása is, azaz a vezérlés lezárása.

Kalmár professzor eredeti terve szerint a klaviatúra egy hagyományos körtárcsás telefon lett volna, amelyen a formulát „fel lehetett volna hívni”.

A formulaközlő vezérlő nyomógombjai száma éppen azért volt 10, mert a logikai gép 8 változós formulák kezelésére volt alkalmas. A formulaközlő a gyakorlatban 4 mélységig épült fel. A mélyebb szintek építését nagymértékben bonyolítja, hogy a teljes szintaxis gráf emeletei pontszáma mindig háromszorozódik.

Ekvivalencia vizsgáló gép

A Kalmár-féle logikai gép lényegében formula végértékét állítja elő a huzalos logikai rendszerben. Gyakorlati felhasználásként kezdetben logikai fejtörők megoldására alkalmazták. Ilyen példákat szerkesztettek és mutattak be a gép korabeli kiállításán is.

Kézenfekvő gondolat egy komolyabb felhasználási terület: a kapcsoló áramkörök modellezése. Könnyen belátható, hogy a dugaszolással létrehozott formula tulajdonképpen kombinációs hálózat illetve annak negáltja. Gavrilov professzor javaslatára a gépet kiegészítették szekvenciális hálózatok vizsgálatát lehetővé tevő egységgel (többbűtemű áramkörök). Ez a kiegészítés az eredeti géppel közös házba került. Ezzel a gép most már lehetővé tette szekvenciális hálózatok tervezését, így pl. lehetővé vált akár huzalos memória elem készítése. Végső soron az így kiegészített logikai géppel lehetségessé vált véges automaták modellezése.

Az *ekvivalencia vizsgáló gép* a logikai gép egy további alkalmazását tette lehetővé immár különálló egységben. Vele két logikai formula ekvivalenciája dönthető el gépi úton. Az alapötlet a következő: F 1 és F 2 két huzalos előállítású logikai formula, amelynek bemenete a logikai gép változó sávja, a kimenetek pedig egy ekvivalencia doboz bemenetei. Akkor a változók összes lehetséges értékeinek előállítása közben az ekvivalencia doboz kimenetén vagy igaz, vagy hamis érték jön létre. F 1 akkor és csak akkor ekvivalens F 2 -vel, ha a kimenet minden esetben igaz értéket vesz fel, illetve az antivalenciához elegendő az, hogy a kimenet az automatikus működés során, azaz a változóértékek szisztematikus előállítása során legalább egyszer mutasson hamis értéket.

Az ekvivalencia vizsgáló gép több formulából kiválogatja az ekvivalens formula-párokat, mégpedig olyan módon, hogy a variáló egysége először az első formulát hasonlítja össze rendre a többivel, majd a másodikat, stb., egészen az utolsó előttiéig az utolsóval összehasonlítást teszi.

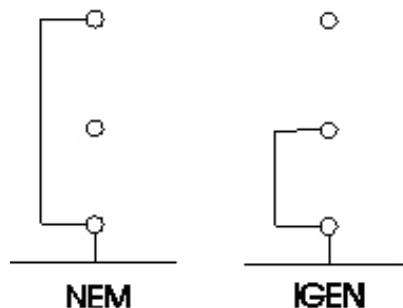
A gép előlapján hüvelyhármassokat találunk négyzetes mátrix elrendezésben. Az egyes hüvelyhármassok hamis vagy igaz állapota jelzi a megfelelő sor-oszlop formulák antivalenciáját ill. ekvivalenciáját. Mivel az ekvivalencia reláció szimmetrikus, így a kapcsoló mátrixnak csak felében látunk valódi hüvelyhármassokat. Ezen felül két formula ekvivalenciáját alkalmas kijelzés (jelzőlámpa) mutatja.

Az ekvivalencia vizsgáló gép egyszerűbb kivitelű is lehetett volna; megépített formájában továbbfejleszthető lenne egyéb relációk vizsgálatára is; vele pl. az ítétekalkulus következtetéseinek gépi vizsgálata lenne lehetséges.

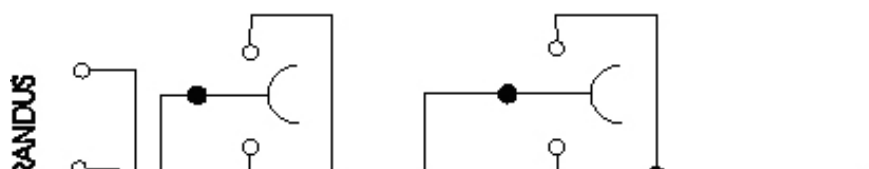
Az ekvivalencia vizsgálat gyakorlati alkalmazásaként lehetséges sorozatban gyártott nyomtatott áramköri lemezek hibátlanágának teljes és általános vizsgálata. Ez egy eredeti (ős) lemez összehasonlítását teszi a többi lemezzel oly módon, hogy összehasonlítja a mintázatok azonos lábai közötti szakadás fennállását (azaz szakadás-rövidzár ekvivalencia vizsgálat). A vizsgálat olyan értelemben teljes, hogy mindenegyes hibás lemez felfedhető, szemben a szűrőpróbaszerű vizsgálattal; általános olyan értelemben, hogy egyetlen célgéppel tetszőleges típusú lemezsorozatból kiválasztható a selejtes lemez.

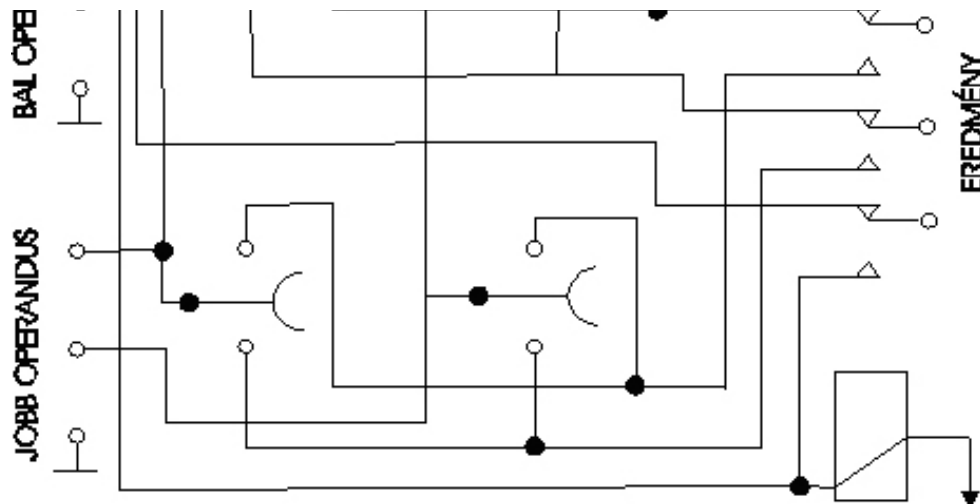
Algebrai célgép

A Kalmár-féle huzalos logika gyakorlati elterjedésének legnagyobb akadálya az operandusok duplázása, amely a formulát realizáló hálózatot általában a formula hosszától függően exponenciális méretekbén tette bonyolulttá. E körülményeken lehet segíteni, ha a logikai változókat három pont másféle huzalállapotaival reprezentáljuk, mégpedig a következőképpen:



Megállapodunk abban, hogy a ponthármasokban az egyik pont (a legalsó) legyen kitüntetett (a kapcsolás referencia pontja!). A következő kapcsolás, amely egy jelfogó kivételével csak vezetékét tartalmaz („majdnem” huzalos doboz!) a megállapodásnak megfelelő általános műveleti dobozt szemléltet és a ponthármasokon kívül négy kétállású kapcsolót tartalmaz 2x2-es mátrix elrendezésében.

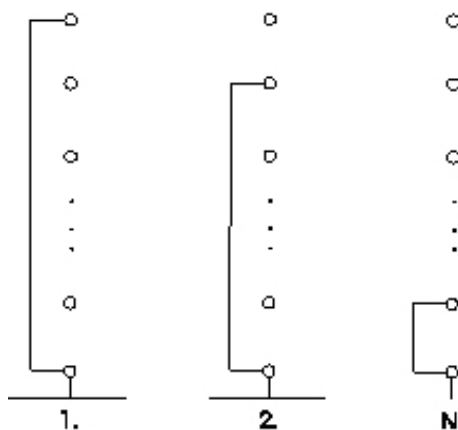




E kézi kapcsolók alkalmas beállításával előállítható nemcsak mind a 10-féle kétváltozós műveleti doboz, hanem még az „egyváltozós dobozok” is, nevezetesen a logikai konstansok, változók, változó negáltak, (a negáció művelete). A kimeneti jelfogó a kimeneti soronkénti ponthármasokat földfüggetlen egyesíti egyetlen művelet-eredmény ponthármassá.

A kapcsolás általánosítható többértékű logikára is a többállású kapcsolók kapcsolási pontjainak és számának művelésével, valamint az egyesítő jelfogók számának lineáris szaporításával. Az állítható kapcsolók tulajdonképpen Cayley tábla tiszta huzalos realizációk, az általános műveleti doboz pedig lehetőséget nyújt elvileg tetszőleges elemszámú véges algebra tetszőleges műveletének realizálására.

Most az „egyetlen operandusok” realizálása n elemszám esetén $n+1$ pont következő huzalállapotai:



Ilyen elemekből és általános műveleti dobozokból épült fel a 70-es években a Kalmár laboratóriumban az *algebrai célgép*, amely legfeljebb 10 elemszámú halmazon értelmezett tetszőleges műveleteket felhasználó véges algebrai formulát tudott realizálni „majdnem huzalos” formában. A gép elsősorban formula végérték számítás céljára készült, építéséhez felhasználva a szegedi logikai gép és az automatikus formulaközlő építési tapasztalatait (és az ott használt elektromágneses kapcsoló eszközöket). A 10 értékű logikai gép legfeljebb 6 különböző változóit lexikális sorrendben előállító variátor egysége (számlálója) a vizsgált formula változóinak értékét szolgáltatva, a pont-tizenegyesek megengedett állapotait állította elő. Elkészült néhány fix (forrasztott) műveleti doboz, és egy 10 állású kapcsolókból épített tetszőleges műveletet realizáló egység. A formula automatikus felépítésére tervezett egység (az automatikus formulaközlő megfelelője) a laboratórium megszűnése miatt már nem került megépítésre.

Az algebrai célgép műszaki kuriózumán túl alkalmas véges algebrak gyakorlati kutatására, például prím elemszámú struktúrák vizsgálatára; abban formulák kézi előállítására; oktatáshoz példák szerkesztésére; annak verifikálására, hogy az asszociativitás egyenletei egy struktúrában függetlenek stb. Célszerűen használható, ha a műveleti tábla leírt változtatása szükséges: ez azonnal interaktív úton megtehető. Ugyanilyen változtatások számítógépes támogatással jobban elfedik a vizsgált problémát.

Egyéb informatikai eszközök

Jelfogókulcsos bináris összeadó.

Hamming-féle (relés) hibajavító kód áramkör.

Elektronikus logikai gép - (második generációs elemekből).