

DR. ÁLLÓ GÉZA  
INFELOR  
Rendszertechnikai Vállalat

## Az ESZTER programrendszer

ETO 681.32.06 ESZTER

A szellemi munka számítógépesítésének két fő területe az *adatfeldolgozás* és a *tervezői tevékenység* automatizált (emberi beavatkozással szervezett, gépesített lépésekből álló), illetve automatikus (teljesen gépesített) elvégzése. Ilyen óriási szakterület áttekintésére természetesen nem vállalkozhattunk, ezért vizsgálódásainkat a villamosmérnöki tervezés egyik ágára, a *digitális készülékek* tervezésére korlátoztuk. Ezen folyamat durva tömbvázlatát az 1. ábrán adjuk meg.

- külön költség nélkül lehetővé válik a különféle gyártóautomaták vezérlőszalagának előállítására;
- hibátlan dokumentáció készül.

Ugyanakkor gazdaságosság tekintetében a helyzet fordított, és az automatizáltság fokának növelése jelentősen megnövelheti a rendszer kidolgozásához szükséges időt is.

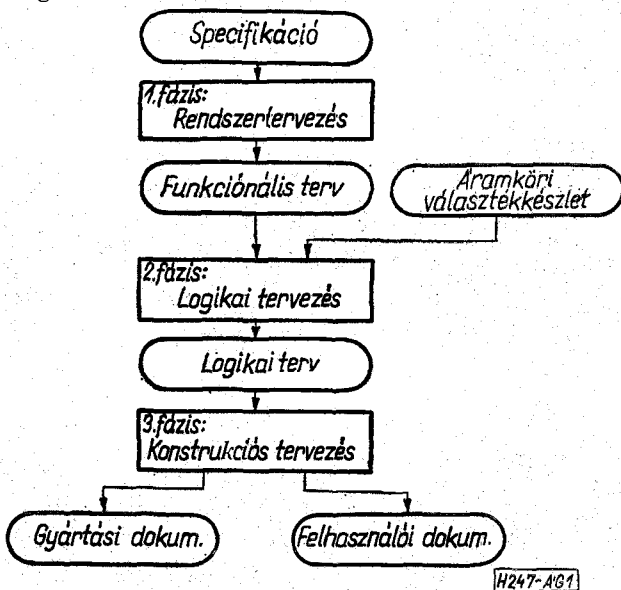
Ehhez járul még, hogy az 1. és a 2. fázis esetében a megoldás sok intuíciót kíván és nehezen algoritmizálható. Ezen a területen a szakirodalom is elég szűkös, ami azt látszik igazolni, hogy világviszonylatban is kevés (rész-)megoldás született.

A hazai szellemi és anyagi erőforrások ismeretében – a siker reményével – csak a 3. fázis, a *konstrukciós tervezés* automatizálására lehetett gondolni. Cikk-sorozatunkban ezen a területen elért eredményeinkről kívánunk beszámolni.

A munkát az INFELOR-ban 1969 második felében kezdtük meg, s 1972 végére készült el az ESZTER programrendszer. (Az akronim eredetileg az *Egységes Számítógépes Tervezési Rendszer* elnevezésből keletkezett, s bár a pontosabb tartalomra nem utal, kényelmi okokból megtartottuk.)

A rendszer hozzávetőlegesen 10 000 FORTRAN –IV és 2000 szimbólikus gépi kódú (USERCODE) utasításból áll. Kidolgozása mintegy 30 emberévet és 350 gépórát vett igénybe, az utóbbit az ICL System 4/50 típusú számítógépen. Futtatásához legalább 128K szótagos (byte) központi tár, 2(3) mágneseslemez és lyukkártya-olvasó és lyukszalag lyukasztó szükséges. (A futtatás az IBM 360/40, ill. Siemens 4004/45, vagy nagyobb számítógépeken is lehetséges.)

A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy nagyszámú hazai és külföldi program készült az áramkör-tervezés automatizálására, optimális áramkörök kialakításának elősegítésére is. A továbbiakban ezekkel a kérdésekkel nem foglalkozunk, hanem feltesszük, hogy a gyártandó készülék (szekrény, fiók, kártya stb.) logikai tervének (LT) nevezett elvi, logikai-elektromos kapcsolási rajza valamilyen módszerrel elkészült, s ezt tekintjük kiindulási adatnak.



H247-A/G1

1. ábra. Digitális készülékek tervezési folyamata

A számítógép bevonása a tervezési eljárásba elvileg annál előnyösebb, minél magasabb szinten történik. Ezáltal

- csökken a kézi módszerekkel előállítandó kiindulási adatok száma;
- csökken a hibás adatok előfordulási valószínűsége;
- csökken a tervezési idő;
- növekszik az eredmények pontossága és megbízhatósága;

1. Alapfogalmak

1.1 Építőelemek

A logikai terv logikai és/vagy kapcsolási funkciót betöltő ún. egységelemekből épül fel, s ezek összeköttetéseit, valamint a külvilággal kapcsolódó (ún. elsődleges) be/kimeneti csatlakozópontokat tartalmazza. Az egységelemeket 2 osztályba soroljuk:

1. A logikai funkciót is megvalósítókat *logikai elemeknek* nevezzük, ezek az ESZTER programrendszerben 3, egymás fölé rendelt (hierarchikus) szinthez tartozhatnak:

– A felhasznált áramköri választékkészlet legkisebb, önálló logikai funkciót betöltő és önálló be/kimeneti pontokkal rendelkező logikai elemei az ún. *alapelemek* (AEL).

(Ha a TEXAS SN74 integrált áramköri sorozatot vesszük alapul, akkor alapelem pl. a 2. ábrán látható 2 bemenetű ÉS-, ill. SEM-(NOR) kapu, valamint az RS tárcella.) Az alapelemeket általában fokozzák, de egy tokban több, rendszerint azonos típusú alapelem is lehet.

– A következő, eggyel magasabb szintet a *funkcionális elemek* (FEL) alkotják, amelyek egy vagy több alapelemből és/vagy ún. *diszkrét elemekből* (DEL; ilyenek az ellenállás, a kondenzátor, a dióda, a tranzisztor stb.) állhatnak [pl. 2a ábra: ANT(antivalencia)-kapu].

– Végül a legmagasabb szinten a *funkcionális egység* (FE) áll, amely alap- és/vagy funkcionális elemekből hozható létre. (Pl. 2b ábra.)

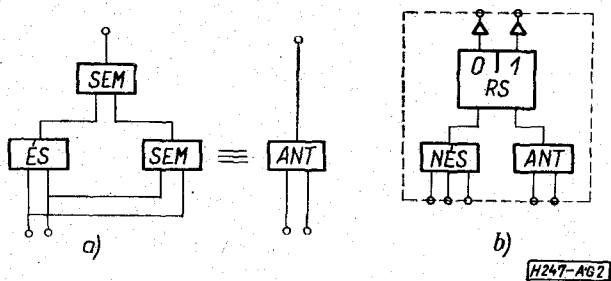
2. A csak áramvezetési vagy analóg jelformáló (pl. erősítő) céllal alkalmazott – általában diszkrét – egységelemeket *kapcsolási elemek* nevezzük. Bár ezeknek logikai funkciójuk nincs, a készülék működése szempontjából fontosak és a konstrukciós tervezésben figyelembe veendőek.

Itt jegyezzük meg, hogy az ESZTER elsősorban integrált áramkörökkel (IC) történő tervezéshez készült, ezért automatikusan csak azokat az egységelemeket tudja kezelni, amelyek IC tokban helyezkednek el. A diszkrét elemek használatának vannak ugyan bizonyos korlátozott lehetőségei (pl. fiktív tokok adhatók meg, amelyek diszkrét elemeket tartalmaznak), alkalmazásuk esetén azonban egyes tervezési lépéseket kézi módszerekkel kell elvégezni. Ezekre a későbbiekben kitérünk.

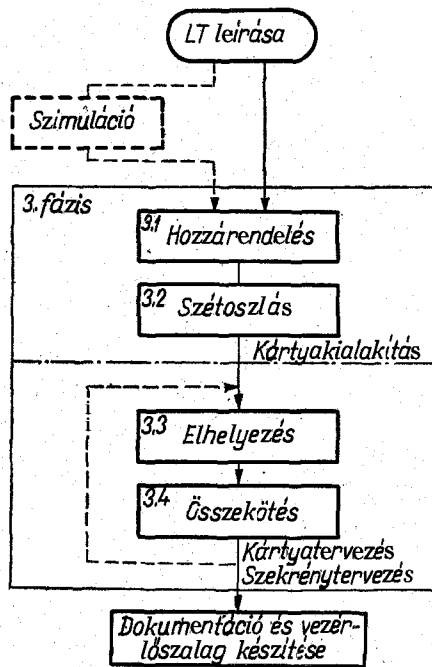
1.2. A számítógépes konstrukciós tervezés lépései

Mint említettük, a konstrukciós tervezésnél a logikai tervből indulunk ki, eredményül pedig a készülék gyártási és felhasználói dokumentációját kapjuk. A számítógéppel segített – röviden: számítógépes – tervezési eljárás 4 fő lépésre bontható, ezeket követi a dokumentáció automatikus elkészítése (3. ábra). Az egyes lépések tartalma a következő:

1. A *hozzárendelés* során – a leírás szintaktikus ellenőrzésével egyidejűleg – a logikai elemek alap-

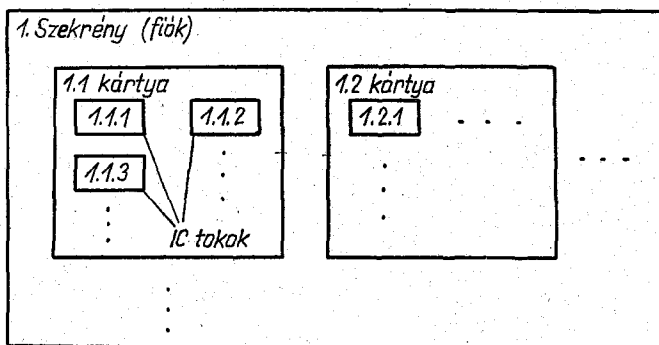


2. ábra. Logikai egységelemek



H247-A63

3. ábra. A számítógépes konstrukciós tervezés lépései



H247-A64

4. ábra. A konstrukciós egységek hierarchiája

ill. diszkrét elemekkel történő behelyettesítését, vagyis a funkcionális elemek és egységek felbontását végezzük el. Itt kerül sor a be/kimeneti terhelési korlátozások (fan-in, fan-out) ellenőrzésére is.

2. Ezután az ún. *konstrukciós egységeket* — a legalacsonyabb szintről indulva — rendre az eggyel magasabb szintű konstrukciós egységekben elhelyezhető halmazokba kell *szétosztani*.

Az ESZTER-ben három konstrukciós egységgel dolgozunk, ezek csökkenő szint szerinti sorrendben: szekrény (vagy fiók) — kártya — IC tok (4. ábra). Feltesszük ezenkívül, hogy az adott készülék egy szekrényben (vagy egy fiókban) elhelyezhető. Ennek megfelelően csak a készüléket alkotó IC tokok kártyákra történő szétosztását kell elvégeznünk. Mivel a logikai terv főleg alapelemekből épül fel, a szétosztás érdekében ezeket átmenetileg tokokhoz kell hozzárendelni.

A nem fiktív tokként megadott diszkrét elemek az automatikus szétosztásban nem vesznek részt, hanem — kézi módszerrel — utólag rendelhetők az egyes kártyákhoz.

Az első két lépést együttesen *kártyakialakításnak* nevezzük.

3. Az *elhelyezési* lépésben egy adott szintű konstrukciós egységet alkotó, eggyel alacsonyabb szintű konstrukciós egységek geometriai helyét keressük meg az adott szinten belül. Első közelítésben itt történik a szétosztáskor elvágott összekötések hozzárendelése is a csatlakozókhoz.

4. Végül egy adott szintű konstrukciós egységen belül megtervezzük az eggyel alacsonyabb szintű konstrukciós egységek közötti *összekötő vezetékek nyomvonalát*. Ebben a lépésben általában nagyszámú technológiai korlátozást kell betartani.

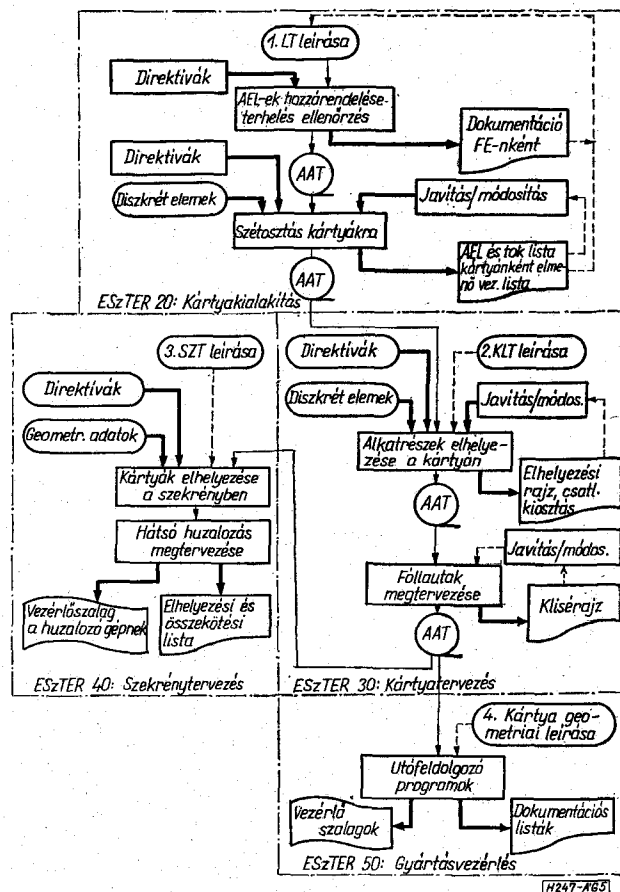
A két utóbbi lépést elvileg annyiszor kell megismételni, ahány konstrukciós egység van az összes szinten együttvéve. Esetünkben kivételt képeznek az IC tokok, mivel ezek készen adóttak, így ezeket a lépéseket minden egyes kártyára, majd a szekrényre kell elvégeznünk. Ennek megfelelően *kártyatervezésről*, ill. *szekrénytervezésről* beszélünk.

A tervezési eljárás befejeztével minden konstrukciós egységre vonatkozóan rendelkezésünkre áll minden adat, amely a legyártáshoz szükséges. (A gyártást természetesen az alacsonyabb konstrukciós szintektől a magasabbak felé haladva kell elvégezni.) Ezen adattömbök alapján különféle, ún. *utófeldolgozó* (postprocessor) programok készíthetők el a szöveges dokumentációt valamint az egyes gyártóautomaták (rajzoló-, fúró-, huzalozó automata stb.) vezérlőszalagát.

Az ismertetett eljárás képezi az ESZTER rendszertervének gerincét.

## 2. Az ESZTER működése

A programrendszer kidolgozásánál hangsúlyozottan törekedtünk a gazdaságosságra és a gyakorlati követelmények messzemenő kielégítésére. Emiatt helyenként le kellett mondanunk a matematikailag elegáns, egzakt megoldásokról, amelyek rendszerint kibirhatatlanul sok gépidőt igényelnek. Helyettük inkább jó közelítést adó, gyors, heurisztikus eljárás-



5. ábra. Az ESZTER tömbvázlata

kat választottunk, ezek részletesebb ismertetésére a következő cikkekben kerül sor. Az alábbiakban a rendszer működését tekintjük át az 5. ábrán látható tömbvázlat alapján.

### 2.1 Kártyakialakítás

A kártyakialakítást végző programcsomag az ESZTER 20 jelet viseli, míg az egyes programokat 21—29-ig számoztuk. Ezt a számozási rendszert a többi programcsomagnál is megtartottuk.

#### 2.1.1 Hozzárendelés és ellenőrzés

A rendszert az 1. sz. bemeneti pontban a logikai terv leírásának beolvasásával indíthatjuk el. A leírás funkcionális egységenként történik, vagyis a logikai tervnek legalább egy ilyen kell tartalmaznia, amelyet a tervező névvel is elláthat. Ezután kell felsorolni a funkcionális egységet alkotó funkcionális-, ill. alapelemeket a következő módon:

vonálnév||típusazonosító||bemenő vonalak

Vonalnak az egymással galvanikusan összekötött (ekvipotenciális) pontok (lábak) sorozatát nevezzük. A *vonálnévet* az ESZTER az illető egységelem kimenetére kapcsolódó vonalhoz rendeli hozzá.

A *típusazonosító* 2 szótár egyikéből történő kikérésre szolgál. Az *alapelemszótár* (AELSZO) a TEXAS SN74 sorozat katalógusára épül, pl. NOR3 a 3 bemenetű SEM kaput jelenti. Ez egyszersmind meghatá-

rozsa az elemlelak betűjelét és az alkalmazható tok-típust is. A *funkcionális elemek szótárát* (FELSZO) a tervező tetszés szerint töltheti fel.

A szótárak segítségével ellenőrizhető, hogy a *bemenő vonalak* mezőjében megfelelő számú név szerepelhet-e.

Természetesen lehetőség van ún. *elsődleges bemeneti* (BE), ill. — *kimeneti* (KI) pontok leírására is, amelyek a funkcionális egységen kívüli vonalakhoz csatlakoznak.

A leírásnak ez a módja rendkívül kényelmes a tervező számára, mert az egységelemek felsorolására épül; jól áttekinthető és megkönnyíti a hibakeresést. Emellett lehetőség van a föld- és a tápfeszültség(ek) bekötésére, az ún. *huzalozott VAGY* kapcsolatok, valamint több kimenetű elemek leírására, az üres lábak megjelölésére stb.

Egy funkcionális egység összes elemének beolvasása után az ESZTER sornymutatón kiírja az alapelemek típus szerint rendezett listáját, valamint a szükséges tokok típusát és darabszámát. Ezt követően az alábbi hibajelzésekre kerülhet sor:

- üresen hagyott kimenetek (azon vonalnevek felsorolása, amelyek egyetlen bemenetre sem csatlakoznak);
- túlterhelt kimenetek (fan-out korlátozás túllépése);
- bemeneti (fan-in) korlátozás túllépése;
- ismeretlen típusazonosítók.

Az eredményközlés lehetőséget nyújt a logikai terv funkcionális egységenként történő javítására és/vagy módosítására. A hibátlanak elfogadott logikai terv alapján az ESZTER mágneslemezen kialakítja a készülék alapadattömbjét (AAT), amely a későbbi feldolgozás bázisa. Ebben a kapcsolást vonalak (ekvipotenciális pontok) szerint rendezi át.

### 2.1.2 Szétosztás kártyákra

A következő munkabemenetben az alapelemeket kártyákra osztjuk szét. A szétosztás célfüggvénye:

- a kártyák száma,
- a tokok száma és
- a kártyák közötti összeköttetések száma,

ezek minimalizálására törekszünk. Emellett minden körülmények között belül maradunk a tokszámra és a csatlakozószámra megengedett felső határon. Első pillantásra is látható, hogy a követelmények között bizonyos ellentmondások vannak, amelyek feloldása csak kompromisszumokkal lehetséges. Legnagyobb problémát az alapelemek előzetes, ideiglenes tokbaválogatása jelenti. (A megoldást a következő cikkben ismertetjük.)

A szétosztás befejezése után az ESZTER kártyánként ad kijelzést a sornymutatón. Ezen feltünteti:

- a kártyához tartozó tokokat, típusjelükkel,
- az egyes tokokhoz rendelt alapelemeket a logikai tervben megadott azonosítójukkal és
- a csatlakozó(k)ra menő vonalakat.

Ugyanakkor automatikusan megtörténik az AAT kiegészítése is. Az egyes kártyákat a program azonosítóval látja el, így a következő lépésekhez az adatok kártyánként hívhatók le.

A tervező az egyes kártyákhoz ill. vonalakhoz diszkrét elemeket is hozzárendelhet, ezek ugyancsak bekerülnek az AAT-be.

Tekintve, hogy a szétosztási algoritmus heurisztikus jellegű, minden szempontot kielégítő megoldást nem tud adni. Ezért a tervező számára biztosítottuk, hogy akár a szétosztás megkezdése előtt, akár befejezése után javításokat ill. módosításokat eszközölhessen.

Így lehetőség van

- az alapelemek előzetes tokozására,
- a kártyák részbeni vagy teljes, előzetes vagy utólagos kialakítására,
- a szétosztás funkcionális egységenkénti elvégzésére.

Ezek kihasználásával a gyakorlatban jó eredményeket sikerült elérni.

### 2.2 Kártyatervezés

A programcsomag azonosítója ESZTER 30.

A kártyatervezés az AAT alapján kártyánként indítható, mód van azonban arra is, hogy a *kártya logikai tervének* (KLT) leírásával a 2. sz. belépési pontról indítsuk a rendszert. Ezen leírás alapján egy fordítóprogram építi fel az AAT-t úgy, mintha az a kártyakialakítás során készült volna. Ezt követően már nincs különbség a kétféle indítás között.

A kártyatervezéshez meg kell adni a kártya geometriai és technológiai adatait is. Ez ún. *típuskártyák* adatainak előzetes könyvtárosításával történhetik. Lehetőség van arra is, hogy a típuskártyák egyes adatait a tervező egy-egy futtatás tartamára megváltoztassa. Típuskártyán történő tervezés esetén csak a kártyatípus *azonosítóját* kell leírni.

A *kártyaszótár* (KASZO) a következő állandó adatokat tartalmazza:

- a kártya mérete;
- a tervezési felület (raszterháló) mérete;
- a raszteregység mm-ben;
- a csatlakozópontok száma és koordinátái;
- a föld- és tápfeszültség-vezetékek elhelyezése;
- a tokhelyek száma és koordinátái;
- a feliratok helye stb.;

A változtatható adatok a következők lehetnek:

- a technológiai adatok (legfeljebb 3-féle fóliaszélesség, legfeljebb 3-féle forrasztás izem-átmérő szigetelési hézag);
- tiltott (fenntartott) területek határvonalai; stb;

Egy kártya megtervezéséhez a program az alábbi listákat használja fel az AAT-ből:

- a kártyán elhelyezendő alapelemek,
- az esetleges diszkrét elemek és
- az összeköttetések (vonalak).

A tervező ezenkívül egyedi adatokat is közölhet pl.:

- letilthat egyes tokhelyeket;
- egyes tokokat meghatározott pozícióban rögzíthet;
- letilthat ill. rögzíthet csatlakozókivezetéseket;
- megadhatja a diszkrét elemek koordinátáit;

- előre kijelölheti egyes (esetleg az összes) fólia-összekötések útvonalát;
- megadhatja a feliratok szövegét stb.

A kártyatervezés az alábbi két fő lépésből áll.

### 2.2.1 Az alkatrészek elhelyezése a kártyán

Az automatikus elhelyező program csak IC tokok elhelyezését tudja elvégezni. Kiindulásul egy kezdeti tokbaválogatást és gyors, hozzávetőleges elhelyezést hajtunk végre.

Az elhelyezés további célja az összekötő vezetékek *összes hosszának* minimalizálása. Ezt részben tokpárok, részben alapelemek tokok közötti, részben ezek tokon belüli, részben pedig az egyes alapelemek ekvivalens lábainak szisztematikus felcserélgetésével érjük el. Az ekvivalens lábak cseréjével a vezetékkereszteződések számát is minimalizáljuk.

Az elhelyezés során kerül sor a csatlakozópontok automatikus kiosztására is, a fenti minimumfeltétel alapján.

A jönnek talált elhelyezésről az ESZTER sornymotatón rajzos kijelzést ad. Ezen egyrészt a tokok jelképes jelölése és a típusszámuk, valamint a bennük levő alapelemek és ezek azonosítója látható a meghatározott geometriai pozícióban, másrészt a csatlakozópontok szerepléne a hozzájuk rendelt vonalnév feltüntetésével.

A kijelzés értékelése után a tervező az elhelyezést *javíthatja vagy módosíthatja*.

Diszkrét elemek *koordinátái* akár az elhelyezés előtt, akár utána megadhatók.

Az elhelyezés eredményei az AAT-be kerülnek a módosításokkal ill. kiegészítésekkel együtt.

### 2.2.2 Fóliautak tervezése

A jóváhagyott elhelyezés és a vonallista alapján ezután a nyomtatott összekötő vezetékek (fóliautak) megtervezése következik.

Bár a program csak ezek nyomvonalát jelöli ki, tekintettel van a valóságos geometriai viszonyokra is. E célból paraméterként meg kell adni a forrasztási szemek átmérőjét és a fóliaszélességeket, valamint a minimális szigetelési hézagot. Ezek az adatok benne lehetnek a kártyaszótárban, de vonalanként külön is előírhatók.

A tervezés *pontpárok összekötésével* (távolságuk növekvő sorrendjében), *két nyomtatási réteg* felhasználásával történik. Az alkalmazott heurisztikus algoritmust egy gyors, kisebb határfokú és egy lassúbb, hatékony eljárásból ötvöztük össze, így igen jó eredményeket sikerült elérnünk.

Ha elkészült, a program sornymotatón rajzos kijelzést ad a megtervezett összekötésekről és az esetleges sikertelen összekötéseket kilistázza.

A tervező itt ismét beavatkozhatik, fóliautakat törölhet ill. rajzolhat be. A javítóprogram kezelése egyszerű és igen sokoldalú alkalmazást tesz lehetővé. Az esetleges javítások, változtatások regisztrálása után az újabb információk ismét az AAT-be kerülnek, így — a készülék összes kártyájának megtervezése után — minden információ rendelkezésre áll a szekrény megtervezéséhez is,

### 2.3 Szekrénytervezés

Az ESZTER 40 programcsomag áramköri szekrények vagy fiókok (rack) hátsó huzalozásának megtervezését végzi. A szükséges geometriai adatokat előzőleg természetesen meg kell adni, ilyenek:

- a szekrény méretei;
- az alkalmazott csatlakozótípusok geometriai adatai és elhelyezkedése;
- a lehetséges (1, 2, 3, ill. 4 csatlakozós) kártyahelyek kijelölése;
- a huzalvezetésre kijelölt helyek (huzalcsatornák) meghatározása;
- az egyéb szerelvények megnevezése és elhelyezése; stb.

Ezekhez az AAT-ből nyerjük az alábbi adatokat:

- az elhelyezendő kártyák típusa és száma,
- az összekötendő érintkezők listája.

Ezen utóbbi adatok kézi módszerekkel is megadhatók a szekrényterv (SZT) leírásával; beolvasatásuk a 3. sz. bemeneti pontról lehetséges.

A szekrénytervezés két fő lépése logikailag meg egyezik a kártya tervezésével. A *kártyák elhelyezése* a szekrényben lényegében ugyanazon algoritmus alapján történik, mint az alkatrészeké a kártyán (1. a következő cikket).

#### 2.3.1 A huzalozás tervezése

A huzalozást *vonalonként* tervezzük meg. A vonalhoz tartozó pontokat a jelforrástól — kézi bemenet esetén ez a vonal első pontja — mért távolságuk szerint sorba rendezzük, s a jelforrás érintkezőjére kötünk annyi (esetünkben 3) vezeték, amennyi megengedett. Az így elért pontokat ágvégeknak nevezük. A következő pontok bekötését, mindegyik ágvéghez, majd az ágvégeket megelőző pontokhoz is megkíséreljük. Ha valamelyik ág felbontásával rövidebb huzalhosszat kapunk, elvégezzük az átkötést és a lebontott ággal ismétljük az eljárást. (Ezt az eredeti helyére természetesen már nem kötjük vissza.) Az eljárás célfüggvénye a vezetékek *jelforrástól mért hossza*, ez a — vonalanként külön megadható — felső korlátnál nem lehet nagyobb. Ha ez mégis előfordulna, sornymotatón kapunk a hibáról kijelzést.

A hátsó huzalozás *csavart kötessel* (wired wrap) készül. A huzalokat *légvonalban* vagy a *huzalcsatornáknak* (derékszögű koordinátairányokban) lehet vezetni. Az előbbi esetben a tervezési eljárás befejeződött. Az utóbbiban meg kell még határozni a vezeték elhelyezkedését a huzalcsatornáknak.

Ehhez első lépésben — a számítás során *egyidejűleg* minden csatlakozó pontról — *kivezítjük a vezeték* a legközelebbi szabad huzalcsatornába. Ezután az egyik pontból kiindulva — a két összekötendő pont által meghatározott téglalapon belül — *szabad csatorna* után keresünk, mindig a *célpont irányában* haladva. Elakadás esetén szisztematikus *kereső eljárás* deríti fel a lehetséges utakat, de visszakanyarodó utak felderítésére nem képes. Ha a cél irányában haladó szabad út nincs, a program véletlenszerűen átvezeti a vezeték valamelyik telített csatornaszakaszon, s erről sornymotatón kijelzést ad. (Megjegyezzük, hogy a gyakorlati korlátozások ezt még

nem tették szükségessé, emiatt bonyolultabb algoritmus kidolgozása nem látszik célszerűnek.)

#### 2.4 Az utófeldolgozó programok

Az ESZTER 50 programcsomaghoz tartoznak a dokumentáció- és vezérlőszalag-készítő programok.

A *szöveges dokumentáció* sornyomatón jelenik meg. Legfontosabb az ún. *anyagjegyzék*, amely kártyánként, ezen belül típusonként összegyűjtve tartalmazza a szereléshez szükséges anyagok és alkatrészek listáját.

A vezérlőszalagok rajzológép, fúróautomata és huzalozó félautomata vezérlésére szolgálnak. A *rajzológép* segítségével mindkét oldali *kártyaklisé* (nyomatási kép), valamint az ún. *ültetési rajz* rajzolható meg. A *fúróautomata* vezérlőszalaga segítségével a kártyák automatikus *kijűrése* lehetséges. A fúrófej üresjáratának csökkentése végett a program itt egyszerű úthosszminimalizálást végez.

Az ESZTER 40 programcsomaghoz *közvetlenül* kapcsolódnak az utófeldolgozó programok. A sornyomatón a kártyák *elhelyezési rendje* és az ún. *összekötési lista* jelenik meg. Ez utóbbi jelforrásonként (vonalként) tartalmazza az összekötendő érintkezőláb-párokat, továbbá huzalozási előírást ad azon elemek bekötéséhez (pl. kapcsolók, lámpák stb.), amelyek a csatlakozókhoz kapcsolódnak, de a szekrény más területein (oldallap, előlap stb.) helyezkednek el.

Ezenkívül különböző *segédletek* készülnek a huzalozás félautomatikus elvégzéséhez. (Pl. táblázat a huzalok előzetes leszabásához stb.) A félautomata *vezérlőszalagát* ugyancsak a program állítja elő.

Az ESZTER 50-et *kézi módszerrel* készített adatokkal is használhatjuk, ha csak a rajzológépet, ill. a fúrógépet kívánjuk igénybevenni. Ez esetben a *teljes megtervezett* kártyaklisét kell vonalként leírni. A leírás a vonalat alkotó pontok koordinátáinak felsorolásával történik. Minden ponthoz minőségjelző információ is tartozik (pl. forrasztási szem, átgalvanizálás, töréspont stb.), amely a pontbeli rajzalakzatot határozza meg. A pontok összekötése egyenes vonalakkal történik. Az adatokat a 4. sz. belépési pontról olvashatjuk be. A kártyára vonatkozó geometriai adatok, vagy a kártyaszótárból veendő, vagy azok leírását is be kell olvasatni.

### 3. Eredmények, tervek

A *kártyakialakító* programcsomagot egy nagyobb, kb. 300 alapelemet tartalmazó és néhány kisebb készűlék leírásával próbáltuk ki. Ezek mérete ugyan messze alatta maradt a maximálisan megengedett

1800 alapelemes korlátnak, más szempontból azonban úgy igyekeztünk választani a példákat, hogy minden lehetőséget kipróbáljunk. Elmondhatjuk, hogy az eredmények kielégítették a gyakorlati követelményeket, s a programok rugalmasnak, jól használhatónak bizonyultak. A futtatási idő erősen (kb. négyzetesen) nő az elemszámmal, emiatt tanácsos a felbonthatást funkcionális egységeként végeztetni. Ésszerű csoportosítás mellett egy kártyára átlagosan 3–6 perc gépidő esik. (Ez és minden további időadat a bevezetőben említett konfigurációra vonatkozik.)

A kártyatervezést egy sereg kártyán futtattuk végig. A tapasztalat azt mutatja, hogy ha az IC tokok lábai között is megengedjük az átvezetést (ún. *finomrajzolat*; ez kb. 0,3 mm fóliaszélességet és 0,3 mm szigetelési közt jelent), a tervezés 100%-osan sikerül. Ha ez nem megengedhető, a fóliautaknak csak kb. 90–95%-át tudja a program megtervezni. Egy kb. 20 tokot tartalmazó ESZR kártya esetén az elhelyezéshez 10–12 perc, a fóliatervezéshez 13–16 perc körüli gépidő szükséges.

A dokumentáció- és vezérlőszalag-készítés kártyánként kb. 8–10 perc, kihasználva azt a lehetőséget, hogy a mágnesszalagra átírt adatokat multiprogramozással lehet lyukszalagra lyukasztani.

A szekrénytervezést 30 ill. 20 kártyás szekrényvel, ill. fiókkal futtattuk le, kb. 40 ill. kb. 15 perc alatt. Bár az időszükséglet itt sem arányos a méretekkel, megállapíthatjuk, hogy egy kártyára ebből a műveletből átlagosan 1–2 perc esik.

Mindent összevéve egy kártya megtervezéséhez rendszerünkben mintegy 35–46 perc gépidőt veszünk igénybe. Ez (8000 Ft/ó gépidőár mellett) átlagosan 5400 Ft tervezési költséget jelent kártyánként. Úgy gondoljuk, hogy — az automatizált tervezés előnyeit figyelembe véve — ez a költség igen kedvező.

Befejezésül megemlítjük, hogy programrendszerünket több tekintetben tovább kívánjuk fejleszteni.

Leglényegesebbnek tartjuk a bázisadatok, vagyis a logikai terv gépi ellenőrzését. E célból *szimulációs programcsomag* készül — ez fogja az ESZTER 10 nevet viselni —, amely logikai és időbeli ellenőrzést végez, és idejében tájékoztatja a tervezőt a hibákról, valamint a versenyfutási és hazard jelenségekről.

Ehhez kapcsolódnak azok — ESZTER 50-hez csatlakozó — programok, amelyek a szerelt *kártyák* *benérést* végző vizsgálóautomata vezérlőszalagát ill. a szükséges *optimális vizsgálójeleket* állítják elő.

A *diszkrét elemek* *kezelését* fogja jelentősen megkönnyíteni az ESZTER 30 tervezett bővítése, amellyel ezek automatikus elhelyezését oldjuk meg.

Terveinket 1974. év folyamán szeretnénk megvalósítani.