



A BME Műszer és Méréstechnika Tanszékén  
kifejlesztett

Hibrid Számítórendszer

A Műszer és Méréstechnika Tanszéken a gyakorlati oktatás és oktatási demonstráció igényéből kiindulva 1963-ban merült fel egy oktatási célra különösen alkalmas analog számítógép fejlesztésének gondolata. Az elképzelések 1966-ig egy tranzistoros váltakozóáramú ismétlőüzemű kísérleti analog számítógépben realizálódtak. A munkák során valamint a gép alkalmazásával szerzett tapasztalatok arra ösztönözték a tanszéket, hogy a megkezdett munkát magasabb szinten, most már a Tudományos Kutatási és Fejlesztési Terv keretei között egy minden szempontból korszerűnek tekinthető analog gép fejlesztése irányában folytassa. A munkának nagy lendületet adott 1970-ben a Kandó Kálmán Műszaki Főiskola megrendelése, amelyben a számítástechnikai oktatásuk megerősítésére két különböző analog számítógép kidolgozásával bizta meg a tanszéket.

A munka kapcsán több különböző elképzelés kipróbálására is lehetőség nyílt, így a saját gép fejlesztéséhez a legkedvezőbbnek ítélt megoldásokat volt módunk kiválasztani.

Az analog számítógép fejlesztési munkáival párhuzamosan 1968-ban kezdtünk el foglalkozni a hibrid számítórendszerek rendszertechnikai, hardware és software szervezési kérdéseivel. Az ezzel kapcsolatos elméleti és kísérleti kutatómunkát az OMFB majd később a SzKI tanulmány jellegű megbízással támogatta. Mindezen munkák együttes eredményeként alakult ki az a hibrid üzemre alkalmas analog számítógép konstrukció, kísérleti hibrid csatolóegység és hibrid alapsoftware, amely lehetővé tette, hogy 1973 nyarán a tanszéken üzembe helyezhettük a saját fejlesztésű analog gépből és hibrid csatolóegységből, valamint a KFKI gyártotta TPA/i digitális számítógépből álló első teljesen hazai fejlesztésű általános hibrid számítórendszert.

A rendszer analog gépe technologiailag is korszerű kivitelben, harmadik generációs monolit analog és digitális aktiv áramköri elemekkel, speciális vékonyréteg létrahálózatokkal, újszerű áramköri megoldásokkal ( pl. szabadalmaztatott numerikus karaktergenerátor ) összemérhető a mai legkorszerűbb külföldi gépekkel, sőt egyes vonatkozásokban ( pl. műveleti sebesség ) felülmúlja azokat.

A szintén harmadik generációs hibrid csatolómu rendszerterve sok külföldi példából leszűrt tapasztalat alapján egyesíteni igyekszik azok előnyös tulajdonságait. Sokoldalú belső programozhatósága, az interfacenak magasfokú autonomiát biztosít, és lehetővé teszi, hogy a hibrid rendszerből kiemelve többcélúan felhasználható legyen. Így pl. a digitális géppel összekapcsolva általános célú mérő-perifériaként az analog külvilággal ( pl. analog technológiai folyamat ) való együttműködést tesz lehetővé. Az analog géphez csatolva bővíti annak hatékonyságát, és a digitális külvilággal való kapcsolatra ( pl. klaviatúra, vagy logikai rendszer ) képesíti. Belső bus-rendszerre épülő szervezése a bővítés szinte korlátlan lehetőségét teremti meg. Adatátviteli egységei között olyan egységek is szerepelnek ( interpoláló D/A, és a fejlesztés alatt álló digitálisan programozható függvénytranszformátor ) amelyek csak a legújabb fejlesztésű külföldi gépekben fordulnak elő.

A hibrid rendszer hatékonyságát biztosító software élesztése természetesen csak a hardware munkák befejezése után, 1973 tavaszán kezdődhetet. Az alapvető kezelői szibrutinok kidolgozása után első lépésként egy HEX megnevezésű hybrid executive programcsomag készült el, amely az interface és az analog gép minden programozható funkciójának a digitális gépen keresztül való kezelését biztosítja. A hibrid rendszer sokrétű alkalmazói programkészletéből elkészült az OPT jelű optimalizációs kezelői program, amely a hibrid konfiguráció paraméteridentifikációs, és függvényoptimalizációs feladatokra való felhasználását teszi lehetővé. Az OPT struktúrája több optimalizációs stratégia szimultán felhasználását, és az egész rendszer interaktív kezelését is biztosítja. A programrendszer hatékonyságát a gépen futtatott négyparaméteres paraméteridentifikációs program eredményei igazolták.

A hibrid számítórendszer fejlesztése természetesen még nem zárult le. Első sorban a hybrid software bővítése, felhasználói programcsomagok, hibrid rutinok készítése és a hibrid utasításkészlet Fortran nyelvbe való beépítése szerepelnek a terveink között.

Hardware vonalon az interface műveleti készletének és szolgáltatásainak bővítése képezi a fejlesztés feladatait.

A továbbiakban kissé részletesebben ismertetjük a megvalósított hibrid számítórendszer műszaki tulajdonságait, és a továbbfejlesztésre vonatkozó elképzeléseinket.

Hibrid Számítórendszer

- A. analog számítógép
- B. hibrid csatolóegység
- C. hibrid executive és operációs  
programrendszer

A Budapesti Műszaki Egyetem Műszer és Méréstechnika Tanszékén kidolgozott AC-04 jelű analog számítógép műszaki modellezési és számítási, valamint oktatási célra készült. Tervezésekor a felhasználási célkitűzésből adódó követelmények maradéktalan teljesítése mellett az igényesség és gazdaságosság ésszerű kompromisszumára törekedtünk.

### Általános jellemzők

A felhasználási terület igényeinek megfelelően közepes statikus pontossággal is megelégszünk, így műveleti egységeinket a még normál kereskedelmi forgalomban beszerezhető 0,1%-os passzív alkatelmekekkel és általános célú analog integrált áramköri kapcsolási elemekkel építettük fel.

Új áramköri és technológiai megoldásokkal a hagyományos gépekhez képest megnöveltük a műveleti sebességet és csökkentettük a dinamikus hibátényezőket, így rövid műveleti időt (10 ms - 100 ms) alkalmazhattunk.

Különösen az oktatási alkalmazás, de a műszaki számítások szemléletessége érdekében is, a gép alapvető üzemmódja az ismétlő üzem. Ez azt jelenti, hogy külön beavatkozás nélkül a gép a programozott feladat megoldását periodikusan ismétli. A rövid műveleti idő miatt a megoldást leíró függvénykapcsolat a gép képernyőjén gyakorlatilag álló kép formájában jelenik meg, ami a szemléletességet, gyors egyszerű kiértékelhetőséget nagymértékben megkönnyíti.

A gép kezelésére szolgáló vezérlő-megjelenítő-mérő egység felépítésénél a korszerű gépeknél megszokott maximális kezelési komfortot igyekeztünk biztosítani.

Külön kiemeljük újszerűsége miatt:

a minta-vevő kétcsatornás szint és időmérőt, ami lehetővé teszi a megoldás előírt időpillanathoz tartozó értékének digitális mérését a művelet leállítása nélkül,

a beépített analog-digitális display-t, melynek képernyőjén a megjelenített analog megoldás mellett a numerikusan mért értékek is leolvashatók,

a számjegyesen állítható három dekádos "potenciométereket", amelyekkel az együttműködők közvetlenül állíthatók.

A gép szervezése és felépítése olyan, hogy egy hibrid interface közbeiktatásával ( ill. beépítésével ), folyamatirányító digitális számítógéppel kiegyenlített hibrid rendszerben együttműködni képes. Az analog gép hibrid rendszerben való alkalmazásakor teljesíti mind azokat a szolgáltatásokat amelyeket ma a korszerű hibrid gépektől elvárunk, sőt ezeken felül néhány teljesen új szerű lehetőséget is kínál:

a megnövelt műveleti sebesség következtében iterációs és rekurziós számításoknál ( optimalizációs, identifikációs és határérték feladatok ) a vizsgálati idő jelentősen csökkenthető

a vezérlő egységben alkalmazott megoldások ( mintavevő jel és műveleti idő átkapcsolás ) a hibrid rendszernek az analog konzolról történő hatékony interaktív kezelését biztosítják

a mintavételező jel időpontjának programozott előtolásával tetszőleges automatikus időlépték-transzformáció valósítható meg pl. real-time szimuláció feladatoknál ( lásd analog plotter. )

### Részletes műszaki jellemzők

#### Pontosság és sebesség

A gép műveleti egységei korszerű nagysebességű analog integrált áramköri elemekre épülnek. A statikus pontosságot meghatározó passzív elemek ( ellenállások, kondenzátorok feszültségosztók ) 0,1%-os hibaosztályúak, így a lineáris műveleti egységek tartás üzemi pontossága az összes hibátényezőt figyelembe véve a 0,5%-on belül van. A szorzó egységek, a jelenleg beépített monolit integrált áramköri szorzóval, 2%-nál jobb műveleti pontosságot biztosítanak, de hibahatárunk a monolit szorzó elem

drágább és precízebb típusra való cseréjével 0,5%-ra csökkenthető.

A gép áramköri egységeiben alkalmazott új kapcsolás technikai megoldással a műveleti egységek dinamikus tulajdonságait a hagyományos analog gépekhez képest jelentősen javítottuk. A megoldások nagyfrekvenciás komponenseiben jelentkező dinamikus számítási hiba döntő módon a műveleti egységek frekvenciafüggő fázistolásának a következménye. A fázismentes lineáris komponensének kompenzációjára alkalmazott megoldással a műveleti egységek műveleti hibát meghatározó határfrekvenciáját a hagyományos gépekhez képest kb. két nagyságrenddel növeltük meg. A műveleti egységek sebességének növelése tette lehetővé a műveleti idő (a számítási ciklus idejének) 10 ms - 100 ms-ra való csökkentését.

#### Sokoldalú vezérlési lehetőség

Az analog gépben alkalmazott integrátorok a korszerű analog gépeknek megfelelően TTL logikai szintekkel a számítási idő alatt egyénileg is vezérelhetők.

Az autonóm iterációs üzem, illetőleg a hibrid rendszerben való együttműködés érdekében a műveleti készlet hibrid működésű egységeket is tartalmaz. Ilyenek:

TTL kimenetű analog komparátorok

TTL szintekkel vezérelhető analog kapcsoló erősítők

TTL vezérlésű BCD kódban változtatható áttételű erősítők (léptékváltó erősítő)

TTL vezérlésű BCD kódban címezhető multiplexer erősítők.

A hibrid műveleti egységek vezérlése, valamint a hibrid interfaceval való vezérlési kapcsolat megteremtéséhez szabadon programozható logikai műveleti készlet egységei:

( TTL logikai szinten )

inverterek

NAND-NOR kapuk

D flip-flop-ok

előre-hátra léptethető decimális számlálók.



A sok-oldalu vezérlés megvalósításához szükséges időzítéseket a gépbe épített kristályvezérelt digitális óra biztosítja. Számjegyesen állítható a műveleti idő, hat különböző időtartam a műveleti időn belül, valamint a digitális szintmérő mintavételi időpontja. Az órajelek, az időzítő és kapuzó jelek TTL szinten szabad programozásra ki vannak vezetve a logikai programmezőre.

### Kezelési Komfort

A számítógép szervezésében, a kezelésre szolgáló vezérlő és megjelenítő egység kialakításában arra törekedtünk, hogy az minél hatékonyabb interaktív ember-gép kapcsolatot tegyen lehetővé.

### Egyszerű, kényelmes programozás

A cserélhető, motorikusan mozgatott programtáblán feltűnően színezett könnyen azonosítható programmezők könnyítik meg a program összedugaszolását. A programtáblán az analog műveleti elemek kivezetésein kívül megtalálhatók a hibrid csatolómű A/D és D/A jelcsatornáinak a csatlakozásai is. A programtábla egy elkülönített mezőjén programozhatók a hibrid műveleti egységek és integrátorok vezérlései, a logikai műveleti készlet és a hibrid csatolómű érzékelő (sense) valamint vezérlő (control) vonalai a digitális óra időzítő jeleivel.

Az alapműveleteket realizáló műveleti egységek (összegezés, integrálás, szorzás, osztás) készre huzalozottan rutin kapcsolásokként állanak rendelkezésre. Minden műveleti egység illesztési megfontolások ill. kiegészítő műveleti elemek nélkül egymással összekapcsolható.

Az együtthetőket realizáló "potenciométerek" hitelesítetten, három számjegy pontossággal, homlokkeres számjegyes kapcsolókkal állíthatók. A potenciométerekkel egybeépített műveleti erősítők a nagy sávzélességen tulmenően a beállított értéknek a külső terheléstől való függetlenségét is biztosítják. A műveleti készlet kettős és hármas együttfutó potenciométereket is tartalmaz.

A programozás egyszerűsítését szolgálja a vezérlő egység kialakítása, ami az alapvető repetíciós üzemmódot rutin szerűen biztosítja. Vezérlő programot tehát csak különleges számítási feladatok esetében és csak az egyedi vezérlésekre kell készíteni.

### Gyors, szemléletes eredménykiértékelés, hatékony tulcsordulásvédelem

Ha a helytelen léptékezés miatt a számított érték valamelyik műveleti egység kimenetén a gépi egységet túllépi, egy piros lámpa tulcsordulást jelez. A tulcsordulás bekövetkezése egyben automatikusan leállítja a további számítást, a gép kezdeti érték állapotba kapcsol és a normál szünet-idő elteltével a számítás újra indul. A tulcsordulás védelem tehát gyakorlatilag feléledési időkorlátozás nélküli számítást tesz lehetővé. A tulvezérelt műveleti egység azonosítása érdekében a gép számjegyesen kijelzi a kérdéses egység címét.

A számítási eredmények megjelenítését és mérését nagymértékben megkönnyíti a műveleti egységek címszerű megközelíthetősége.

A műveleti egységek kimenetei egy 2x100 csatornás elektromechanikus címválasztó segítségével közvetlenül a megjelenítő és mérő perifériákra csatlakoztathatók. Egyidejűleg két tetszőleges cím kimenő jelét vizsgálhatjuk az alábbi egységek segítségével:

digitális szint és időmérő

analog display

analog plotter.

A kétcsatornás mintavévi digitális szint és időmérő a kiválasztott két cím kimeneti jeléből a műveleti idő alatt az általunk kijelölt időpillanatban mintát vesz, és azt a következő mintavételig tárolja. A tárolt analóg jeleket a műveleti szünet időben egy dual-slope voltmérő alakítja át digitális értéké. A vezérlő egység egy numerikus karaktergenerátor segítségével a műveleti szünetidőben az analog display-el közös képernyőn számjegyesen kiírja:

a mintavételi időpontot

a két kiválasztott csatorna címét

a kiválasztott csatornákon a mintavétel időpontjában mért szintet

az esetleges tulvezérelt műveleti egység címét.

Az analog display lényegében egy kalibrált többcélú oszcilloszkóp, melynek vezérlése és időalapja automatikusan szinkron fut az analog géppel. Feladata, hogy a kiválasztott címeken jelentkező megoldásokat analog görbék formájában megjelenítse a képernyőn. A mintavételi időpontban fénykioltással képezett marker jel látható a görbén, ami megkönnyíti a mért analog és digitális értékek azonosítását.

#### Az analog display üzemmódjai:

- 1./ Egy sugaras idő függvény megjelenítés, a kiválasztott egyik, v. másik címen.
- 2./ X - Y függvény megjelenítés, a két kiválasztott cím között.
- 3./ Két sugaras idő függvény megjelenítés a mintavételezett szakasz időbeli ki-nagyításával ( idő-lupe ), a kiválasztott egyik v. másik címen.
- 4./ Két sugaras idő függvény megjelenítés, mindkét kiválasztott cím jelének egy-idejű megjelenítése.

Az analog plotter csatlakozás lehetővé teszi, hogy az analog display-en megjelenített ábrát, a hagyományos analog gépeknél megszokott módon regisztráljuk. A géphez kábellel X - Y-t kettős koordinátairó csatlakoztatható, melynek időalap beállítását, indítását, tollemelését egy gomb vezérléssel az analog gép végzi. A regisztrálandó jelet a koordináta író a mintavevő áramkör tárolójáról kapja, így a mintavételi időpont folyamatos előtolásával az írás-sebesség beállítható. Az analog gép a plotter csatlakozók-ról a külvilág felé a hagyományos, lassu működésű egyszeres lefutásu analog gépek tulajdonságait mutatja.

#### Kapacitás, bővíthetőség

Az analog gép műveleti készlete a cserélhető programtábla mögött elhelyezkedő fiók-ba dugaszolt kártyákra van felépítve. Egy-egy kártyán legalább két műveleti egység foglal helyet. A fiókban 64 kártya helyezhető el, tetszőlegesen variálható választékban. Egy gép kapacitása tehát kb. 120 erősítő alakiépítést tesz lehetővé. A konstrukció több gép együttműködését is biztosítja.

## B., Hibrid csatolóegység

A Budapesti Műszaki Egyetem Műszer és Méréstechnika Tanszékén kialakított hibrid rendszerben az AC-04-es analog gép és a TPA/i digitális gép közötti kapcsolatot a tanszéken kifejlesztett hibrid csatolómu biztosítja.

### Tervezési szempontok

A hibrid csatolómu kialakítása az alábbi főbb tervezési szempontok szerint történt:

- a./ A csatolómu a tanszék széleskörű mérés-technikai profiljának megfelelően legyen lehetőleg általános célú, azaz tegye lehetővé általánosságban a digitális gép és az analog világ közötti kapcsolat megteremtését, Az analog oldalon a dinamikus tartomány:  $\pm 10V$ .
- b./ A csatolómu egyes egységei a széleskörű alkalmazhatóság igényeinek megfelelően legyenek képesek összetettebb funkciók ellátására is, emellett programozhatóságuk legyen egyszerű és hatékony.
- c./ Adottságainknak megfelelően digitális oldalon a csatolómu közvetlenül TPA/i-hez illeszkedjék.
- d./ A csatolómu álljon kevészámú, nagyobb egységből, amelyek bizonyos autonóm tulajdonságokkal rendelkeznek és önálló perifériaként vesznek részt a rendszerben.

### Programozási rendszer

A fő egységek működését a TPA/i szokványos input/output utasításai irányítják, a fő egységek külön perifériális kódot kaptak. A fő egységen belüli alegységek címzése az akkumulátoron keresztül u.n. paraméter szóval történik.

A TPA/i input/output utasítása 8 perifériális utasítás megkülönböztetését teszi lehetővé. Az egységek legtöbbjénél az árnyaltabb működtetés ennél több utasítást igényel. Mivel ugyanakkor a 12 bites szó kihasználhatatlanul sok alegység címzését biztosítaná, paraméter-szó utolsó 6 bitje szolgál csupán az alegységek címzésére, az első 6 bittel az utasítás készlet bővíthető.

#### A fő egységek részei és jellemzői:

1. Analóg-digitál átalakító rendszer
2. Digitál-analóg átalakító rendszer
3. Vezérlésátadó rendszer
4. Programozott digitális óra
5. Digitálisan programozható függvénygenerátorok.

#### 1. Analóg-digitál átalakító rendszer

A rendszer A/D átalakítója szukcessziv approximációs elven működik.  $\pm 10$  V-os bemenő feszültség átalakítására alkalmas, a kimeneti számjegyes érték 11 bites, kettes komplementes ábrázolásban. Átalakítási sebessége:  $60 \mu\text{s}$ , pontossága:  $1/2$  LSB.

Az A/D átalakító multiplexer kimenetére kapcsolódik, ami jelenleg 16 analóg csatorna kapcsolását teszi lehetővé, ezek száma az igények szerint bővíthető (maximálisan 64).

A multiplex csatornák bemenetei követő-tároló erősítőkkel egészíthetők ki, ami lehetővé teszi időben változó analóg jelek mintavételes szimultán mérését. A jelenlegi kiépítésben 4, -1973 végéig 8 követő-tartó erősítő szerepel, - számuk az igényeknek megfelelően növelhető.

Az átalakítás a digitális oldalról utasítással, vagy az analog oldalról logikai jellel kezdeményezhető, az adatátvitel vagy programozottan, vagy program megszakítással történhet. Az utasítás rendszer lehetővé teszi a tulcsordulás vizsgálatát vagy tulcsordulás esetén a program megszakítást, lehetőség van automatikus címnövelésre és automatikus alternáló címkiadásra, valamint számos utasítás kombinált, a programozást egyszerűsítő kiadására.

## 2. Digitál - analóg átalakító rendszer

A digitál-analóg átalakító rendszerbe 3 átalakító típus tartozik:

- a./ Digitál-analóg átalakítók
- b./ Interpláló digitál-analóg átalakítók
- c./ Digitális potenciométerek

### a./ Digitál-analóg átalakítók

A digitál-analóg átalakítók 11 bites, kettes komplementes ábrázolásban adott számjegyes információt alakítanak át  $\pm 10$  V-os tartományban feszültséggé. Átalakítási sebességük:  $10 \mu\text{s}$ , pontosság:  $1/2$  LSB. A jelenlegi kiépítésben 4 D/A átalakító van.

A D/A átalakítók kettős bemeneti regiszterrel készültek. Ez lehetővé teszi több D/A átalakító első regiszterébe az információ betöltését, majd egyetlen utasítással a második regiszterbe való áttöltést és valamennyi átalakítón az átalakítás szimultán indítását. Az átalakítás mind digitális - mind analóg oldalról kezdeményezhető.

A D/A átalakító fő funkcióinak vezérlésén kívül lehetőség van ismételt működtetésre (ujabb cím kiadása nélkül), automatikus cím növelésre, alternáló címkiadásra, valamint számos utasítás kombinálására.

### b./ Interpláló digitál-analóg átalakítók

Az interpláló digitál-analóg átalakítók számjegyesen adott időfüggvények hűbb megjelenítését teszik lehetővé azáltal, hogy az egyes pontok között a pontokat összekötő lineárisan változó feszültséget generálnak. A pontok közötti egyenes szakaszok meredekségét a függvény tárolt pontjai alapján a digitális gép számítja. Ha a pontok előre nem ismertek, extrapoláló üzemre van lehetőség.

Konverziós adataik egyezők a D/A átalakítókéval, a jelenlegi kiépítésben 1 interpláló D/A átalakító van.

### c./ Digitális potenciométerek

A digitális potenciométerek számjegyesen vezérelhető osztók, amik  $\pm 10$  V-os feszültség 11 bites leosztását teszik lehetővé, konverziós adataik a D/A átalakítókéval megegyezők.

A digitális potenciométerek együtttható potenciométerként vagy digitál/analóg szorzóként használhatók.

Az első 4 db. digitális potenciométer fejlesztése 1973 végére fejeződik be.

### 3. Vezérlő rendszer

A vezérlő rendszer a digitális és az analóg gép közötti alábbi vezérlési lehetőségeket biztosítja:

#### a./ Control vonalak

A digitális gép akkumulátorán keresztül kiadott u.n. Control-szó hatására a biteknek megfelelő vonalakon logikai szintek jelennek meg, amik az analóg gép vezérlésére használhatók (pl. integrátorok egyedi vezérlése).

#### b./ Sense vonalak

Az analóg gép felől érkező logikai szintek az u.n. Sense vonalakra adhatók, ezek a digitális gép akkumulátorába olvastathatók. Az így kialakított szó tájékoztatást ad az analóg program állapotáról, illetve lehetővé teszi az analóg és a digitális gép időzítését.

#### c./ Interrupt vonalak

Különleges sense vonalak, amik az analóg oldalon megjelenő logikai szintek hatására program megszakítást kezdeményeznek. A program megszakítás az egyes vonalakra külön-külön engedélyezhető.

#### d./ Üzem mód vezérlés

Az analóg gép fő üzemmódjai e célra szolgáló külön utasításokkal vezérelhetők.

#### e./ Mintavételezés vezérlés

Az analóg gép mintavételező jele az idő engelyen programozott sebességgel mozgatható. A repetíciós analóg gép így gyakorlatilag tetszőleges műveleti idővel rendelkező

egyenáramu gép szimulálására alkalmas.

#### f. Cim rendszer vezérlés

Az analog gép elektromechanikus cim rendszere digitálisan vezérelhető. Ez lehetővé teszi a digitális program által meghívott bármelyik analog műveleti egység lekérdezését.

#### 4. Programozott digitális óra

A programozott digitális óra hármas funkciót teljesít:

- a./ Időzítési célokra programozható impulzus sorozatot szolgáltat ( pl., mintavételes mérések, interpoláló D/A átalakító időzítése, stb. )
- b./ Start és stop jelek között méri a valós időt, a valós időt reprezentáló szám a digitális gép akkumulátorába olvasható.
- c./ Előre beállítható valós idő leteltével jelzést ad ( flaggal vagy program megszakítással ).

Az óra kiépítése 1973 végére fejeződik be.

#### 5. Digitálisan programozható függvénygenerátorok

A digitálisan programozható függvénygenerátor első példányának kiépítése 1974 második negyedévére fejeződik be.



### C. Hibrid software.

Az AC-04-es analóg gép és a TPA/i digitális gép összekapcsolásával létrehozott hibrid számítórendszer kezelésére valamint felhasználói programok írásának megkönnyítésére hibrid alapsoftware fejlesztése van folyamatban.

#### Tervezési szempontok.

A hibrid alapsoftware fejlesztése az alábbi főbb szempontok szerint történik:

a./ A hibrid alapsoftware szervesen beleépül a TPA/i alapsoftware rendszerébe, lehetővé teszi a rendelkezésre álló szubrutin könyvtár valamint közhasznú programok közvetlen alkalmazását.

b./ Magasabb szintű, probléma-orientált nyelvbe építve a hibrid alapsoftware lehetővé teszi a rendszer-programozásban nem járatos felhasználó számára hatékony hibrid programok írását.

c./ A hibrid alapsoftware lehetővé teszi a hibrid rendszer interaktív üzemeltetését, a csatolóegység elemeinek valamint az analóg gép számos funkciójának a digitális gép felől való közvetlen kezelését, a futó programba való beavatkozást és a kísérletezést.

d./ Az alapsoftware biztosítja külső fizikai rendszerrel való on-line vagy off-line kapcsolat felvételét a hibrid csatolóegység elemein keresztül.

e./ Az alapsoftware rendszerébe épülnek olyan speciális célprogramok, amelyek a felhasználás során várhatóan gyakran előfordulnak, Minthogy magasabb szintű programozási rendszerben szubrutin-ként hívhatók, a felhasználó munkáját jelentősen könnyíthetik.

#### A hibrid alapsoftware részei.

1. Szubrutinok
2. Hibrid executive
3. Beépítés probléma-orientált nyelvbe
4. Célprogramok
5. Hibakereső és teszt-programok.

## 1. Szubrutinok.

A hibrid alapsoftware-be épülő új szubrutinok a következő feladatokat látják el:

### a./ Hibrid csatolóegység kezelése.

A szubrutinok biztosítják a hibrid csatolómu valamennyi egységének kezelését. Az alegységek címzése, valamint a fő funkciók paraméter szóval való módosítása argumentumok bevitelével hajtható végre.

### b./ Az analóg gép kezelése.

Ezek a szubrutinok az analóg gép digitális oldalról vezérelhető részeinek egyszerű programozhatóságát biztosítják. A jövőben az analóg gép digitálisan vezérelhető elemeinek száma növekszik, ennek megfelelően bővülnek az ilyen jellegű szubrutinok is.

### c./ Programmegszakítások kezelése.

Ezek a programok az analóg gép jellegzetes program-megszakítási forrásainak kiszolgálására szolgálnak, biztosítják az azonosítást és prioritás kialakítását.

### d./ Interaktív rutinok.

Ezek a rutinok lehetővé teszik paraméterek interaktív bevitelét, számítási részeredmények vagy végeredmények hívójellel való lekérdezését, paraméterek menetközbeni cseréjét, hívókarakterrel különféle részprogramok hívását, algoritmusok menetközbeni átváltását.

### e./ Adat-konverziós szubrutinok.

Az analóg gép pontossági igényeihez igazodva ezek a szubrutinok 3 decimális számjeggyel adott előjeles tizedestörtek és az őket reprezentáló bináris szavak közötti kétirányú konverziót biztosítják. Az oktális/bináris konverziót végző szubrutinok csatornák címzésére, kontrol-szó kiadására és az érzékelő vonalak beolvasatására szolgálnak.

### f./ Input/output rutinok.

Ezek a szubrutinok a hibrid programcsomag adatmezőinek az alap-perifériákon keresztül történő kényelmes elérését biztosítják adat blokkok ki vagy bevitele céljából.

g./ Speciális célu szubrutinok.

Ide olyan összetettebb szubrutinok tartoznak, amik elsősorban a külső rendszerrel való kapcsolat megteremtésére szolgálnak (pl. a programozott mintavételes mérést irányító program).

Ezek a szubrutinok elkészültek. Első lépcsőben SLANG-1 assembly nyelven írtuk, ami magasabb szintű nyelvre való közvetlen beépítésüket nem teszi lehetővé. FORTRAN kompatibilis átdolgozásuk és az eddigi tapasztalatok alapján való kisebb módosításuk jelenleg van folyamatban.

2. Hybrid Executive (HEX).

A Hybrid Executive a teljes hibrid rendszer Teletype-ról vagy display-ról való egyszerű és közvetlen kezelését teszi lehetővé. Kialakítása az alábbi fő szempontok szerint történt:

a./ Interaktív üzem.

A kezelő a programrész nevére emlékeztető hívókarakterrel hívja az egyes részeket. A program bejelentkezik, majd a kezelés kérdezz-felelek alapon történik.

b./ Bárhonnan hívható.

A HEX a fő-program mellett rendelkezésre áll, a fő program futása közben bárhonnan, bármikor hívható, ha a kezelő a programba vagy valamelyik egység működésbe be akar avatkozni.

c./ Hibázás kizárása.

A program a kezelőre mintegy rákényszeríti a szintaktikailag helyes válaszokat (pl. adat bevitelnél kizárólag előjeles, 3 decimális számjegyből álló tizedestörtöt, cím megadásánál kizárólag oktális számjegyeket, stb. fogad el).

d./ Kényelmes kezelés.

Az Executive kezelése kényelmes, a kezelőnek kizárólag néhány alapvető hívó és irányító karakter értelmét kell megtanulnia (pl. R = Return - visszalép a szubprogram elejére, 0 = Out-kilépés a szubprogramból stb.)

e./ Bővíthető.

Az Executive szerkezete eleve biztosítja a bővíthetőséget, a későbbiekben felmerülő igények alapján más programrészekkel való kiegészítést.

A Hybrid Executive alapvető változatának kidolgozása befejeződött. A program elsősorban az 1. pontban felsorolt szubrutinokat használja fel. A HEX a következő fő részekből áll:

a./ A/D - Executive ( A/D-EX ).

Az analóg-digitál átalakító rendszer kezelésére szolgál. Cim vagy paraméter-szó bekérése után start parancsra megtörténik az átalakítás, az eredményt kiírja. Tulcsordulás esetén jelzést ad.

b./ D/A-Executive ( D/A-EX ).

A digitál-analóg átalakító rendszer kezelésére szolgál. Kéri a címet vagy paraméter-szót és az adatot. Valamennyi üzemmód kezelése lehetséges ( D = Direct, L = Load, U = Update, A = Again ).

c./ Interpoláló D/A-Executive ( IDA-EX ).

Az interpoláló digitál-analóg átalakító közvetlen kezelését teszi lehetővé. Kéri a pontok számát ( maximálisan 100 ) az időalapot, amire az időfüggvény felrajzolása történik, majd az átalakító címét. Ezek után sorra kéri a pontokat, a sorrendiség megszakítására vagy bármely közbenső pont bevitelére lehetőség van. A program számítja a pontok közötti meredekséget, és időzítve az interpoláló D/A átlalkító működését irányítja az időfüggvény ciklikus felrajzoltatását.

d./ Control ( Sense-Executive ) C/S-EX. )

Lehetővé teszi 4 oktális számjeggyel kontrol szó kiadását, valamint start parancsra az érzékelő vonalak beolvasását és oktális kigépelését.

e./ Sample Data Executive ( SD-EX ).

A program külső rendszerből származó normalizált (+ 10 V-os) jelek mintavételes mérését teszi lehetővé. A program kéri az u.n. relatív időt ( RT ), ahol:

$$RT = \frac{\text{Mintavételezési ismétlődési idő}}{\text{Órajel ismétlődési idő}}$$

Az egyik kijelölt érzékelő vonalra adott órajel ismétlődési idejének változtatásával valamint az 1-től 999-ig megadható relatív idővel a mintavételezési ismétlődési idő rendkívül tág határok között változtatható.

A program kéri az A/D csatorna címét, amelyiken a mérés történik, majd start parancsra elindítja a méréssorozatot. 100 pont felvétele után automatikusan áttér az interpoláló D/A átalakító vezérlő programra és a mintavételezett görbét ciklikusan felrajzoltatja.

f./ Punch/Type-Executive ( P/T-EX ).

Az adatmezőről ( pl. az előbbi mintavételes mérés eredményeiről ) vagy a memória tetszőleges tartományáról bináris szalagot vagy táblázatos listát készít, - az utóbbiakban az adatot decimális törtként értelmezi.

g./ Load-Data Executive ( LD-EX ).

Lehetővé teszi az adatmezőbe vagy a memória tetszőleges helyére decimális törtként értelmezett adatok bevitelét vagy bináris szalag beolvasását.

3. Beépítés probléma-orientált nyelvbe.

Az átlag felhasználótól nem várható el, hogy programjait assembly szinten írja, a rendszer akkor válhat közhasznúvá, ha lehetővé válik valamely magasabb szintű, probléma-orientált nyelven való programozás.

Folyamatban van egy FORTRAN programcsomag hibrid bővítése. A gépi reprezentáció a FORTRAN II egy változata, ami ha számos szükítést tartalmaz is az ASA FORTRAN-hoz képest, a programozási munkát jelentősen egyszerűsíti. A rendszert a hibrid szubrutin-könyvtár jelentős bővítése fogja hatékonytá tenni, ahol számos olyan szubrutin kidolgozásra is sor kerül, ami a FORTRAN-ban írt programok interaktív jellegét biztosítja. A FORTRAN nyelv tulajdonságai biztosítják, hogy szükiség esetén a programba assembly szinten írt programok is kapcsolhatók. A rendszer a rendelkezésre álló mágneslemezes háttértárat használja, és szervesen beépül az u.n. Disk Monitor System-be.

A vázolt fejlesztési munka 1974 első negyedévére fejeződik be.

#### 4. Célprogramok.

Számos külföldi rendszer példája bizonyítja, hogy egy hibrid software rendszer hatékonyságát jelentősen növelheti, ha a hibrid számítástechnikában gyakrabban előforduló feladatok megoldására kész célprogramok állnak rendelkezésre. Tervek szerint a következő főbb programcsomagok kidolgozására kerül sor:

##### a./ Mérés-adat kiértékelő programok

Ide a statisztikai analízis módszereit alkalmazó olyan programok tartoznak, amelyek valóságos fizikai rendszerekből származó folyamatos jelsorozatok értékelését teszik lehetővé, mint pl.: középérték, korreláció, auto-korreláció, lineáris regresszió, Fourier analízis, stb. számító programok.

A tanszék mérés-technikai csoportja számos mérés-adat analitikai programot dolgozott ki a TPA-ra, ezek átvétele és a hibrid rendszerbe való beépítése 1974 első negyedévében befejeződik.

##### b./ Optimalizációs programok

A hibrid alkalmazástechnika egyik jelentős tématerülete a folyamat optimalizáció, paraméter identifikáció valamint a rendszer identifikáció egyes vonatkozásai, amik különféle stratégiával dolgozó optimalizációs programokat igényelnek. Annak érdekében, hogy a tanszék által kifejlesztett hibrid rendszer tulajdonságai üzemközben konkrét példán tanulmányozhatók legyenek, az elmúlt időszakban

számos optimalizációs program kifejlesztésére került sor. Befejeződött egy igen rugalmasan használható szervező program fejlesztése, ami biztosítja a kezdeti paraméterek egyszerű bevitelét, a paraméterek menetközbeni egyszerű módosítását (három féle módszerrel), részeredmények és végeredmények egyszerű le-  
hívását, az algoritmusok közötti menetközbeni váltást és a Hybrid Executive-on keresztül a beavatkozást. Egyelőre a következő optimalizációs algoritmusok kidolgozása fejeződött be:

Gradiens módszer, állandó lépésmérettel

Gradiens módszer relaxációs közelítéssel

Newton-Raphson módszer

Véletlen keresés (Random-Search) módszer

Kombinált módszerek.

Irodalmi hivatkozásokkal egybehangzóan a leghatékonyabbnak a kombinált módszerek alkalmazása bizonyult (Newton-Raphson és Random Search), ahol a stratégiák közötti váltást a kezelő az analóg számítás eredményeinek mérlegelésével menetközben végzi.

A programcsomag fejlesztése és más, hatékonyabb optimalizációs stratégiák kidolgozása folyamatban van.

c./ Numerikus integrált rutinok.

Számos matematikai feladat (elsősorban a parciális differenciálegyenletek megoldása) és szimulációs probléma megköveteli, hogy az analóg gépen futó programmal szimultán a digitális gépen is folyékonyan differenciálegyenletek megoldása, amihez numerikus integrál rutinok kellenek. A programozást nagymértékben egyszerűsítheti, ha erre a célra különféle sebességi és pontossági igényeket kielégítő, különféle stratégiával dolgozó kész numerikus integrál programok állnak rendelkezésre.

Ezen programok kidolgozására az igények felmerülésétől függően folyamatosan kerül sor.

#### d./ Szimulációs célprogramok.

A hibrid számítástechnika egyik legjelentősebb területe a hibrid szimuláció. A szimulációs programok összeállítását jelentősen könnyítheti, ha a szimulációs problémáknál közösen előforduló jellegzetes modulok szubrutin szerűen rendelkezésre állnak. Későbbi fejlesztési terv lehet valamely magasabb szintű szimulációs nyelv honosítása, illetve kidolgozása. A szimulációs célprogramok kidolgozása egy ilyen nyelv perspektívájának szem előtt tartásával történik.

#### 5. Hibakereső és teszt-programok.

A kifejlesztendő hibakereső programok alapját a TPA alapsoftware-jében szereplő ODT képezi. A Hybrid Executive rutinjaival együttműködve a hibrid hibakereső program lehetővé teszi a komplex rendszerben a programozási hibák felkutatását és javítását.

A teszt programok a hibrid rendszer hardware-jének rutinszerű vizsgálatára szolgálnak. Lehetőséget adnak a teljes hibrid csatlóegység tesztelésére, valamint az analóg gép számos, a digitális oldal felől elérhető elemének vizsgálatára.

A teszt programok fejlesztése folyamatban van, a hibakereső programok fejlesztése 1974 második negyedévében kezdődik.