



HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
FOLYÓIRATA

XL. évfolyam

BUDAPEST

1989

9

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA

XL. évfolyam, 1989. 9. szám

BHG ORION TERTA MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXXV. évfolyam, 1989. 9. szám

MEV REMIX TKI MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

VII. évfolyam, 1989. 9. szám

Felelős szerkesztő:
DR. TÓFALVI GYULA

Szerkeszti a szerkesztőbizottság

A szerkesztőbizottság elnöke:
HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:
ANGYAL LÁSZLÓ
MÉREY IMRÉNÉ
SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

HTE
Rovatvezető: Mérey Imréné
Dr. Flesch István
Gál Ferenc
Dr. Prónay Gábor

BHG
Rovatvezető: Angyal László
Tudományos szerkesztő: dr. Frajka Béla,
Bernhardt Richard, dr. Eisler Péter,
Fazekas László, dr. Gosztony Géza,
dr. Kerpán István, Klug Miklós,
Laczkó Endre, Szaics Ákos

MEV
Rovatvezető: Kászonyi László
Tudományos szerkesztő: dr. Kormány Teréz,
Balogh Albert, Csornai László,
Czermann Mihály, Hidas György,
Huszka Zoltán, dr. Ligeti Róbertné,
dr. Mátrai Géza, dr. Motál György,
Schödl Ervin

ORION
Rovatvezető: dr. Somogyi András
Tudományos szerkesztő: dr. Frigyes István,
Denk Attila, Froemel Károly,
Nóvik Lajos, Szász Gerő

REMIX
Rovatvezető: Rippel Géza
Tudományos szerkesztő: dr. Kormány Teréz,
Balanyi Szilveszter, Bodnár László,
Kovács Gyula, Mészáros Sándor,
Moinár László

TKI
Rovatvezető: dr. Baranyi András
Tudományos szerkesztő: dr. Lajtha György,
dr. Henk Tamás, dr. Kása István,
Megyesi Csaba, dr. Sárkány Tamás,
dr. Simonyi Ernő

TERTA
Rovatvezető: Szalay Tibor
Tudományos szerkesztő: dr. Gordos Géza,
Keller János, Márk Zoltán,
Porpáczy Elemér, Schnürmacher Tamás,
Török László, Veress Péter

Szerkesztőségi ügyekben és kéziratok-
kal kapcsolatban felvilágosítást ad:
Szöllősi Györgyné.
Telefon: 495—098

ROVATOK

Egyesületi élet
Rendszerteknika
Kapcsolástechnika
Vezetékes technika
Fénytvázközlés
Vezeték nélküli technika
Adástechnika
Vételtechnika
Mikroelektronika
Alkatrészteltechnika
Hálózatelmélet
Elektromágneses problémák

ROVATGAZDÁK ROVATTÁRSÁK

HTE	(H)	BEAG	HTV
TKI	(□)	BME	KONTAKTA
BHG	(#)	BRG	KŐPORC
TERTA	(↔)	EMO	KFKI
ORION	(*)	El. Szöv.	M. Posta
MEV	(↑)	FMV	ML
REMIX	(△)	GAMMA	MM
		HTSZ	MFKI
		HAGY	TUNGSRAM

TARTALOM

BÁRÁNYNÉ SÜLLE GABRIELLA - BERCELI TIBOR - FRIGYES ISTVÁN - GORDOS GÉ- ZA - KROÓ NORBERT - LAJTHA GYÖRGY - LENDVAY ÖDÖN: A fotonika fejlődé- si irányai	257
DR. FÖLDVÁRI RUDOLF: Általánosított mintavételi tétel és alkalmazása kváziperio- dikus jelek leírására	263
DR. DARABOS ZOLTÁN: A szolgáltatások szerepe a BHG kiskapacitású EPM alköz- pontjainak programfejlesztésében	271
RÓNA PÉTER	276
GÖBLÖS JÁNOS: Elektronizáció a gépjárműiparban	277
Tartalmi összefoglalások	287

A FOTONIKA fejlődési irányai*

BÁRÁNYNÉ SÜLLE GABRIELLA

BME Híradástechnikai Elektronika Intézet

BERCELI TIBOR

Távközlési Kutató Intézet

FRIGYES ISTVÁN

BME Mikrohullámú Tanszék

GORDOS GÉZA

BME Híradástechnikai Elektronika Intézet

KROÓ NORBERT

Központi Fizikai Kutató Intézet

LAJTHA GYÖRGY

Magyar Posta Központja

LENDVAY ÖDÖN

Műszaki Fizikai Kutató Intézet

ÖSSZEFOGLALÁS

A fénytechnika a terjedését a fényvezetők bevezetésével kezdte meg. Ebben az évtizedben mind a nagytávolságú, mind a helyi távközlésben az általános sikert aratott. A rendszerek gazdaságossága tovább növelhető, ha nemcsak az átvitel, hanem a jelkezelés egyéb feladatai is fénytechnikai elemekkel oldhatók meg. A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományos Osztályának Távközlési Rendszerek Bizottsága megvizsgálta, hogy mely területeken várható fejlődés és a hazai kutatók hol csatlakozhatnak ezekhez a munkákhoz.

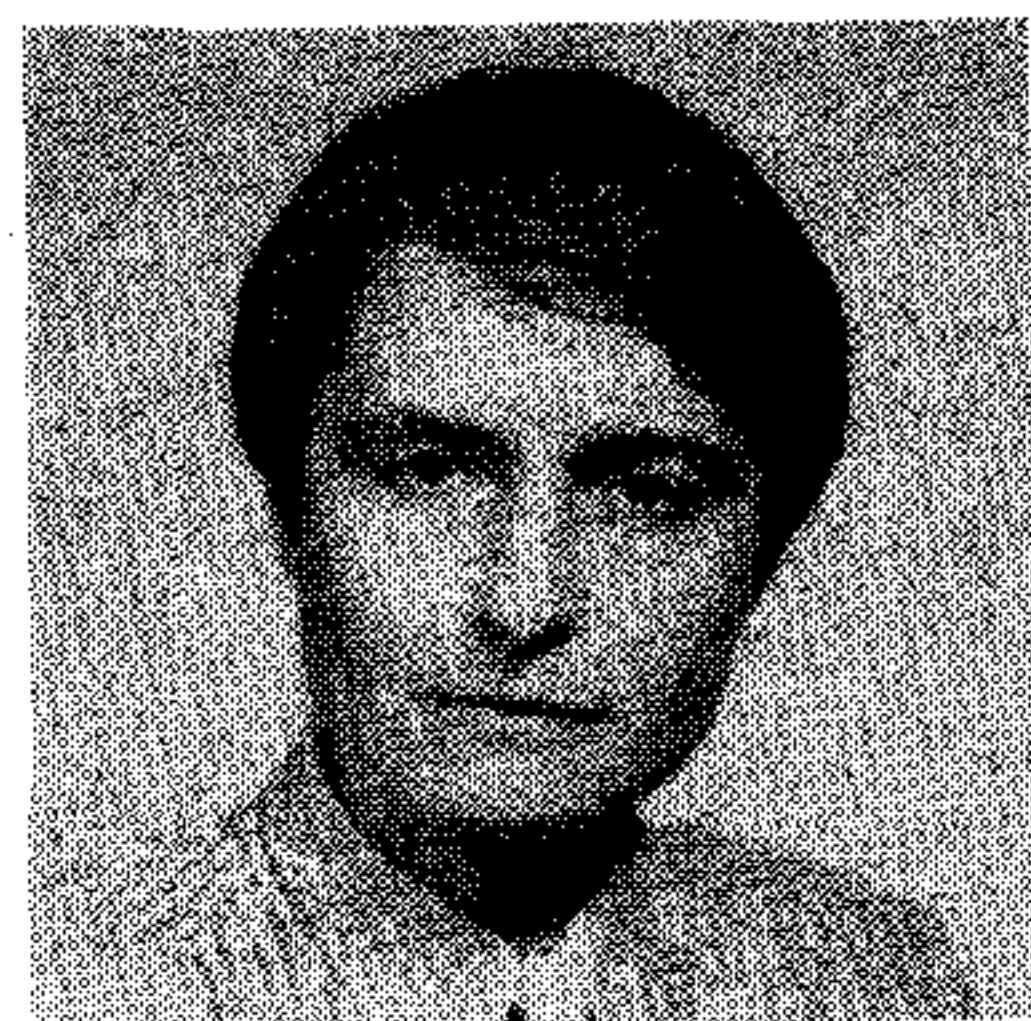
1. Bevezetés

Ma fotonikának azt az új technikát nevezzük, amely a fény fotonjai által hordozott jeleket kezeli: jelkeltés, továbbítás, vétel, feldolgozás céljára. Valamennyi fejlett ipari ország kiemelt jelentőséget tulajdonít a fotonika fejlesztésének. Felfigyeltek és nekünk is fel kell ismernünk, hogy a jelen és a jövő távközlési és számítástechnikai feladatai nem oldhatók meg a fényvezetésen alapuló jelátvitel és jelkezelés alkalmazása nélkül. A távbeszélő, az adatátvitel, a számítógépek közötti átvitel, a műhold-műhold átvitel, a kábeltelevíziózás és a jelfeldolgozás sok esetben perspektívikusan és gazdaságosan a fénytechnika alkalmazásával valósítható meg.

A fénytechnika szolgáltatásaiban az elektronika eddigi területén nyert elsősorban teret. Az elektronikus megoldások korlátait ugyanis át tudják lépni. Az elektronikus megoldásokban az erős elektron-elektron kölcsönhatás korlátozza az elektronikus áramköri elemekből kialakítható struktúrák architektúráját, az adattovábbítás-adatfeldolgozás megszervezését. Szilíciumban kialakított p-n-átmenet 1 ns-100 ps időállandóval kapcsolható, a működési sebesség a geometriai méretekkel és a

BÁRÁNYNÉ DR. SÜLLE
GABRIELLA

Villamosmérnöki oklevelét
a BME Híradástechnikai
Szakán 1972-ben, egyete-
mi doktori címét ugyanitt



1981-ben szerezte. 1973 óta a BME Híradástechnikai Elektronika Intézetében dolgozik az Átvitel- és Rendszertechnika Osztályon. Érdeklődési területe a TDM átviteli rendszerek.

DR. BERCELI TIBOR

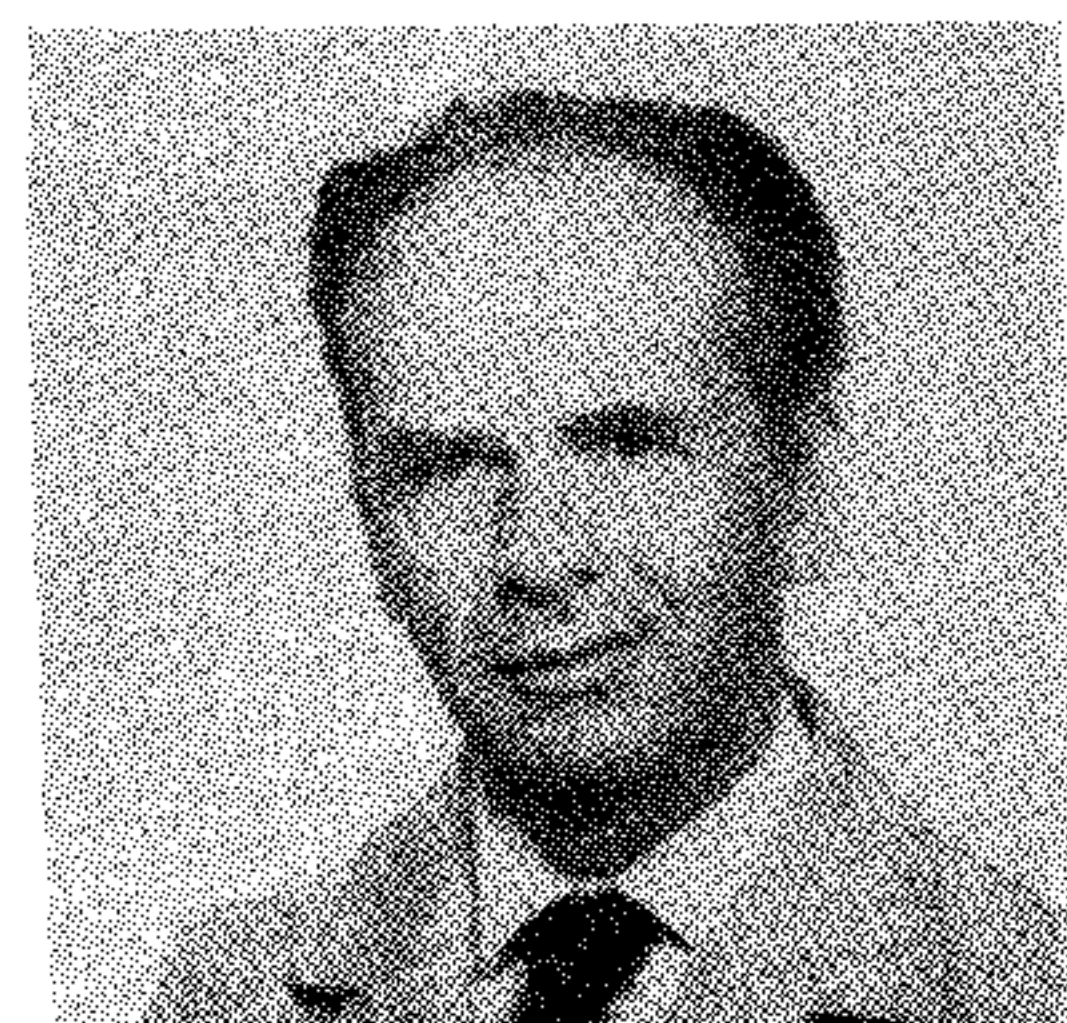
A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet. Ezután a Távközlési Kutató Intézetben előbb aspiránsként, majd kutatóként dolgozott. Jelenleg ugyanott tudományos tanácsadó. A Budapesti Műszaki Egyetemen félállású adjunktus volt,



Jelenleg címzetes egyetemi tanár. Kutatásait elsősorban a mikrohullámú technika területén végzi. E területen előbb kandidátusi, majd akadémiai doktori tudományos fokozatot szerzett. Munkájának eredményeiről 52 idegen nyelvű és 43 magyar nyelvű cikket írt. Tevékenységét Állami Díjjal ismerték el.

DR. FRIGYES ISTVÁN

1954-ben szerzett gyengeáramú villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen, a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot 1979-ben érte el. A BHG Mikrohullámú Fejlesztés osztályán volt csoportvezető majd a téma átkerülésekor az Orionban vezette ugyanezt az osztályt. 1973-83-ig a TKI-ban dolgozott mint tudományos osztályvezető, azóta a BME



Mikrohullámú Híradástechnika Tanszékén docens. Érdeklődési területe korábban a mikrohullámú antennák és áramkörök elmélete és tervezése, majd az utóbbi mintegy 15 évben digitális mikrohullámú átvitel problémái. Az utóbbi években a rendszerek modellezési és jelfeldolgozási kérdéseivel foglalkozik. Társszerzője több szakkönyvnek és számos hazai és külföldi folyóiratcikkre jelent meg.

* A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Távközlési Rendszerek Bizottsága "A fotonika fejlődési irányai" című tudományos helyzetképet 1988 június hó 14-i ülésén megvitatta, és elfogadta.

töltéshordozók mozgékonyaságától függ. A miniatürizálás kb. 100 nm vonalszélességig folytatható. A szilícium nagyobb töltéshordozó mozgékonyaságú félvezető vegyületekkel (pl. GaAs, InP, InGaAsP. stb.) helyettesíthető, illetve térvezérlésű tranzisztorszerkezetbe igen nagy mozgékonyaságú, kétdimenziós elektrongázt tartalmazó heterotárfelületek építhetők be (un. kvantumvölgyes vagy szuperrácsos szerkezetek). A gallium-arszénid alapú áramkörökben a sebesség még tovább növelhető. A gyors áramköri elemekből kialakított nagyobb egységek működési sebességét erősen korlátozzák a különböző szintű huzalozások - vezető összeköttetések egyetlen lapkán belül, tokozott lapkák összeköttetésével nyomtatott áramkörökön belül, nyomtatott áramkörök és modulok huzalos összeköttetésével - ellenállása, kapacitása és induktivitása.

Több mint két évtizede kimutatták, hogy az elektromos megoldásokkal szemben számos előnnyel bíró információtovábbító és feldolgozó rendszerek valósíthatók meg, ha az információt fény hordozza. A fény nagy rezgésszáma miatt az optikai információs csatorna sávszélessége a szokásosnál jóval nagyobb lehet, korlátot a fényvezető közeg diszperziója (anyag- és módális diszperzió) miatti impulzus-kiszélesedés, az adó- és vevőmodul frekvenciaátvittele jelent. (DC-től 40 GHz-ig átvivő modulátor kifejlesztését is bejelentették már.) A párhuzamos csatornák száma sok nagyságrenddel meghaladja az elektronikus számítógépekben jelenleg megvalósított értékeket, ami igen nagymennyiségű adat gyors kezelését teszi lehetővé. Optoelektronikai elemekből igen gyors optikai kapcsolók készíthetők. A kvantumvölgyes GaAs/GaAlAs szuperrácsokat tartalmazó PIN diódák optikai kapcsolási időállandója 1 ps-nál kisebb. A fénytechnikai feldolgozás érzékenyen a szokásos, alacsonyabb frekvenciájú, külső elektromágneses zavarokra, illetéktelen személyek bekapcsolódását jelző, beépített ellenőrzőrendszer könnyen és megbízhatóan alakítható ki.

Külön említendő az a kölcsönhatás, mely a mikrohullámú és optikai technika között az utóbbi 5-8 évben kibontakozott. A mikrohullámú tartományba a 300 MHz és 600 GHz közötti frekvenciájú elektromágneses rezgések tartoznak, de ugyancsak ideszámítjuk a 300 Mbit/s-nél gyorsabb digitális jelfolyamatokat is: másszóval a nanoszekundumos vagy méginkább a pikoszekundumos impulzustechnikát. Ezért a jelek feldolgozása elosztott paraméterű módszereket igényel, nem tekinthetünk el az áramkörök véges méretétől. Hasonló problémákkal találkozunk az optikai áramkörök-nél, ahol az eszközök mérete sokkal nagyobb a hullámhossznál.

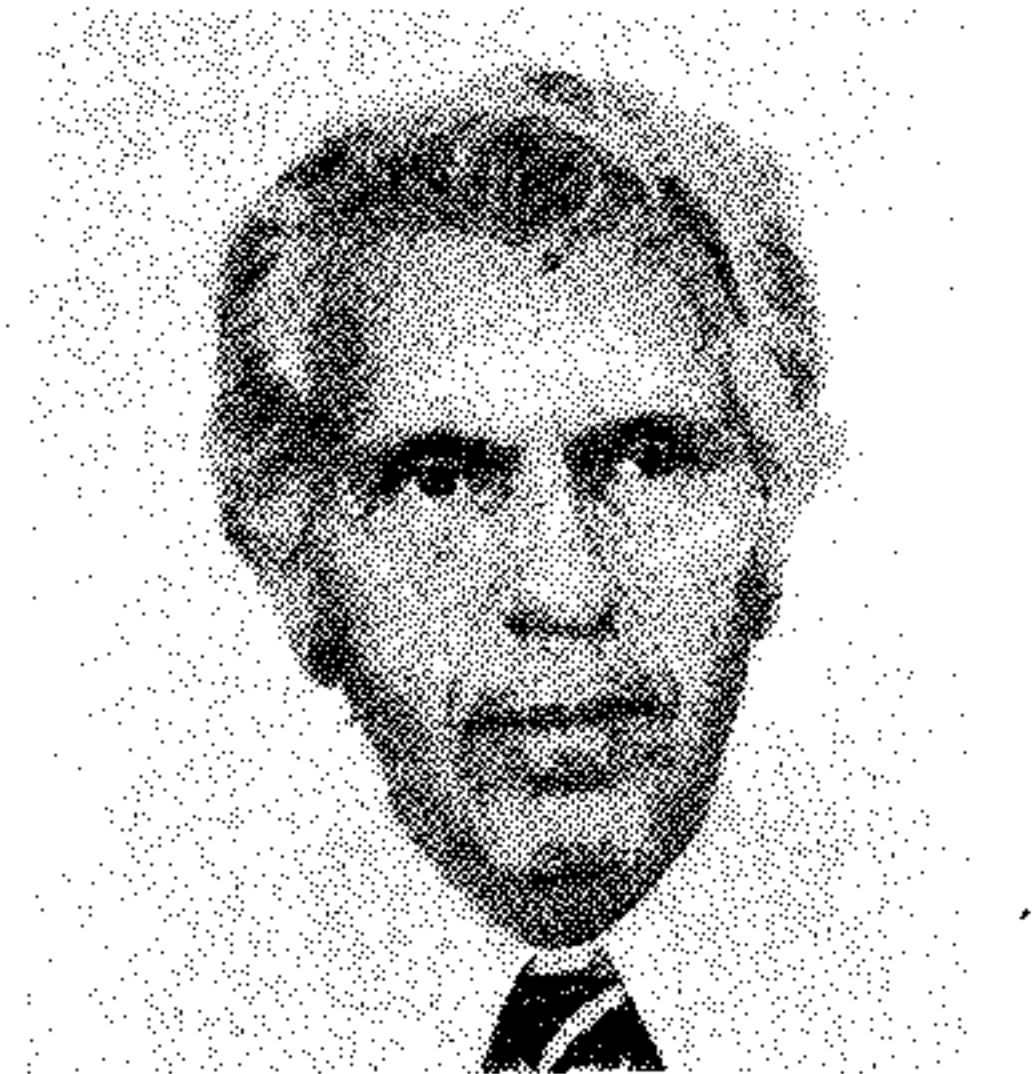
Az előzőek jól mutatják a fotonika világméretű terjedését. Először a világban végbemenő fejlődést kívánjuk érzékeltetni, majd néhány lényegesebb kutatási irányt mutatunk be, végül a hazai munkákról és javasolt további irányairól állítunk össze néhány gondolatot.



DR. GORDOS GÉZA

1960-ban villamosmérnök, 1966-ban egyetemi doktor, 1977-ben kandidátusi oklevelet szerzett. Fő munkahelye 1960-tól a BME Híradástechnikai Elektronika Intézete ill. annak jogelődje, ahol jelenleg az átvitel- és rendszertechnika osztályt

vezeti. 1964 és 1972 között a Posta Kísérleti Intézetben, 1972-ben UNESCO- szakértőként Görögországban 1974/75-ben vendégprofesszorként Angliában dolgozott. Fő érdeklődési területe a fém- és fényvezetős digitális átvitel, adatátvitel, valamint a gépi beszéd-szintézis és beszédfelismerés.



DR. LAJTHA GYÖRGY

1952-ben került a Posta Kísérleti Intézetbe, ahol átviteltechnikai és hálózattervezési témákkal foglalkozott. 1974 óta az Intézet igazgatóhelyettese volt majd a Magyar Posta Köz-

pontjának munkatársa. Címzetes egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora. A C.C.I.T.T.-ben 1976 óta a Tanulmányi Bizottság alelnöke. A Jáky, Puskás, Eötvös és Békésy díjak birtokosa.



LENDVAY ÖDÖN

Az ELTE TTK vegyész szakán, 1958-ban végzett Vörös Diplomával.

1958 óta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében dolgozik, jelenleg igazgatóhelyettesi beosztásban.

1961-ben és 1968-ban kutatásáért MTA elnöki jutalomban, kristályfizikai kutatásaiért 1962-ben az Eötvös Lóránd Fizikai Társaság Schmidt Rezső díjban részesült. Kutatói és tudományos szervezői tevékenysége elismeréseként 1972-ben a Munkaérendrend ezüst-fokozatát, 1975-ben Akadémiai Emlékérmét,

1983-ban a Munkaérendrend arany-fokozatát kapta.

Kandidátusi disszertációját 1977-ben védte meg.

A nemzetközi tudományos testületek közül az UNILCO-COSTED szakértője és több, periodikus tudományos rendezvény, pl. a kristálynövesztés legnagyobb nemzetközi rendezvényének az ICCG/International Conference on Crystal Growth/ tanácsadó testületének, a szocialista országok Akadémiái lézer /SELCO/ és vegyületfélvezető konferenciája /Conf. on Physics and Technology of FaAs and other III-V Semiconductors/ szervezőbizottságának a tagja.

2. VILÁGHELYZET

A korai fejlesztések, elsősorban technológiák hiánya miatt, eleinte még nem váltották be az előzetes várakozásokat, ezért a hetvenes évek második felében a fényvezetős átviteltechnika kivételével a kutatások intenzitása visszaesett. A jelenlegi megnövekedett érdeklődést mutatja, hogy az utóbbi három évben és az idén összesen több mint tíz speciális folyóiratszám anyaga gyűlt össze e szűk szakmai területen [1 - 8]. A felsorolt publikációk és [9] alapján előre jelezhető, hogy az optoelektronikai és a nemlineáris optikai eszközök területén a fejlődés hatása rendkívül fontos lesz mind a hírközlésre, mind a számítástechnikára. Az optikai technológia valóban egynemű és transzparens, ezáltal gazdaságos kommunikációs rendszert ígér a számítástechnika és a különféle szélessávú szolgálatok (BISDN, HDTV, INTERPBX) számára is.

3. KUTATÁSI TERÜLETEK

A fotonika terén kifejtett kutatási tevékenység az alábbi főcsoportokra bontható:

- a./ fénytávközlés,
- b./ optikai jelfeldolgozás,
- c./ analóg és digitális optikai számítógép (processzorarchitektúrák, új algoritmusok, alakfelismerés, robot),
- d./ optikai mérés technikák (optikai szenzorok),
- e./ optikai információ tárolás (optikai memóriák),
- f./ integrált optika,
- g./ anyagtudomány.

A következőkben soravesszük ezeket a területeket.

3.1. Fénytávközlés

A kutatás célja az optikai technológia minél szélesebb körű alkalmazása a megvalósítható órási jeltovábbítási sebesség kihasználására.

Jelentős, iparilag hasznosított kutatási eredmények vannak az igen tiszta optikai anyagok és szálak előállítása, az egymódusú fényvezetők húzása, kábelezése, LED- és félvezető lézeres adómodulok; pin-szerkezetű vagy lavina-fotodiodás detektorokat tartalmazó vevőmodulok; a hullámhosszmultiplexelt átvitel eszközei és az optikailag koherens átvitel területén. Ez utóbbi kiemelt figyelmet érdemel. A koherens optikai hálózatok ugyanis kizárólag optikai eszközöket használnak a részhálózatok - közbenső konverziók nélkül - egyesítésére, a fényjelek multiplexelésére, leágasztására, átkapcsolására. Elsősorban az aktív optikai jelfeldolgozás (erősítés, regenerálás, hullámhossz-áttevés, stb.) és a fényjelnek fényjellel történő vezérlése a nagyobb távlatú feladatok. Alapvető változást hozott ezen a területen az egyfrekvenciás lézerek megjelenése, mivel ezek spektrumszélessége már csak kilohertzekben

mérhető, így a koherens jeldetektálás spektrális érzékenysége gyakorlatilag is használhatóvá teszi a sokcsatornás hullámhosszmultiplex (WDM) átviteli - kapcsolási technológiát. A koherens optikai hálózatok azért is keltenek komoly érdeklődést, mert igazán verzetilisek: mind az információcsere, mind az információszétosztó szolgálatok számára konfigurálhatók és átkonfigurálhatók.

Megkezdődött a fluorid alapú szálak technológiájának kidolgozása és elkészültek az első kísérleti szakaszok. A kutatási előrejelzések szerint a fluoridüvegek csillapításminimума 3500 nm közelében 0,01-0,001 dB/km. Ma a legjobb publikált eredmény 0,8 dB/km 1550 nm-en, ami a csillapításminimimum helyére átszámítva 0,016 dB/km. A 3500-4500 nm tartomány optikai átviteli eszközeit azonban csak a további intenzív kutatások fogják létrehozni.

Afénytávközlés jelenleg főként jeltovábbítási technika, amelynek néhány jellemző adata a következő:

- a ma használatban lévő (egymódusú) fényvezetők csillapításállandója 1300 nm-en 0,4 dB/km, 1550 nm-en 0,2 dB/km;
- az 1550 nm hullámhosszú rendszerekkel elért legnagyobb ismétlőtávolság üzemi körülmények között 147 km 3 Mbit/s átviteli sebesség mellett; tipikusan 40-50 km ismétlőtávolság mellett 1-2 Gbit/s sebességű rendszereket helyeztek eddig üzembe.
- az egymódusú fényvezetőkábelrel helyközi, nemzetközi telefonközpontok közötti hálózatban a legolcsóbban létesíthető kapcsolat. A fény a műholdas távközlésnek is versenytársa, pillanatnyilag 800-1000 km-es körzetben a fényátvitel az olcsóbb megoldás. Kilátás van arra, hogy az elektronikában végbement fejlődési út követésével a fénysávú rendszerek a jelkezelés és a hálózatképzés ugyanolyan teljesítőképességű realizációt lesznek a pikoszekundumos tartományban, mint napjaink elektronikus informatikája a nanoszekundumos tartományban.

3.2. Optikai jelfeldolgozás

Az optikai tartományban negyfrekvenciás, illetve nagysebességű jelfeldolgozásra van lehetőség, mivel a nagy vivőfrekvenciák (10^2 THz) miatt a viszonylag keskenysávú áramkörök abszolút sávzélessége igen nagy (10^2 GHz). A problémák jelentős részét az átalakítók okozzák. Ugyanis az átalakítók kisebb működési sebessége korlátozza az optikai megoldásokban rejlő lehetőségek kihasználását. Ezért a kutatások egyik fő célja az átalakítók továbbfejlesztése.

A mikrohullámú jelek optikai feldolgozásának alapja, hogy a mikrohullámú áramkörök részét képező félvezetőket megvilágítva, az anyag paraméterrel és ezzel együtt az áramköri paraméterek is megváltoznak; másfelől fényjelet modulálhatunk mikrohullámú jellel, a modulált optikai jelen

különböző műveleteket hajthatunk végre (elektromos vagy további optikai vezérlő jelek hatására), majd visszatérhetünk a mikrohullámú sávba.

Ilyen jelfeldolgozási műveleteket számtalan célra használhatunk fel. Néhány ezek közül: passzív áramkörök szabályozása; oszcillátorok hangolása, erősítők szabályozása, mikrohullámú teljesítmény generálása; antennák nyalábjának alakítása, stb. Az optikai feldolgozásnak e célokra az alábbi fő, csaknem általánosan jelentkező előnyük van:

- a vázolt fizikai folyamatok megfelelő körülmények között rendkívül gyorsan zajlanak le, így sokkal nagyobb sebesség érhető el, mint elektromos szabályozás alkalmazásával;
- Ha a szabályozást megvilágítás útján végezzük, az egyenáramú leválasztás automatikusan, külön áramkör nélkül létrejön;
- mikrohullámú helyett optikai jelek vezetése, szétosztása többszörös méret- és súlycsökkenést enged meg;
- az a tény, hogy a mikrohullámú félvezető anyagok általában elektrooptikai tulajdonsággal is rendelkeznek, lehetővé teszi negymértékben integrált mikrohullámú - optikai áramkörök, rendszerek létrehozását.

Ezen általánosan jelentkező előnyökön kívül számos olyan eszközt, áramkört, alrendszert ismertettek, melyek más módszerekkel nem volna elkészíthetők, kivitelezhetők.

Ugyancsak megemlítendő kisebb-frekvenciás jelek analóg feldolgozása. Nagy felhasználási terület a jelek akusztóoptikai feldolgozása, többek között a Bragg-effektus felhasználásával. Ennek egyik "klasszikus" területe a valós idejű spektrumanalízis, mely ezelőtt 20 évvel a rádió csillagászatban jelent meg és ma kiterjedten alkalmazák polgári és katonai elektronikai célokra. Ugyanennek kissé módosított megvalósításában frekvenciaosztós multiplexer-demultiplexer rendszereket lehet létrehozni.

Földi és műholdas átvitel rendszerekben elsősorban a jelek elosztása, vezetése történhet optikai eszközökkel: a fényjelet mikrohullámú (vagy középfrekvenciás) jellel modulálják - vagyis: analógjellel - és fénykábelben szállítják a megfelelő helyre, gyakorlatilag csillapítás nélkül. Így a földi állomások elhelyezése válhat kedvezőbbé: az antennától akár több kilométerre is kerülhet.

Nagy jövő vár a mikrohullámú jelet modulációként tartalmazó optikai jelek alkalmazására távközlési műholdak fedélzetén, pl. a SS-TDMA rendszerek kapcsolómátrixai készülhetnek optikai kapcsolómátrix alakjában. Egy másik lehetséges alkalmazás a fázisvezérelt antennarácsok vagy több-nyalábú antennák nyaláb-átalakító hálózata, ahol a méretek és a súly jelentősen csökkenthető, ha (mikrohullámmal modulált) fényvezetőket alkalmazunk.

Az igen nagysebességű moduláció megvalósítása elektromos úton nem lehetséges. Az optikai megoldás meglehetősen bonyolult, de igen gyors működést ad. Először is igen rövid idejű impulzu-

sokat kell előállítani. Erre szolgál az ütközéses impulzus-üzemmódú lézer. Ebben két ellenkező irányban haladó töltéshordozó találkozik, melyek ütközésekor felszabaduló energia pikoszekundumos időtartamú fényimpulzust hoz létre. Az ismétlési idő néhány ezer pikoszekundum. A pikoszekundumos fényimpulzusok sorozatát optikai teljesítményosztóra vezetik, melyhez megfelelő időkésleltetést adó fényvezetőszálak csatlakoznak. Ezzel a pikoszekundumos jelek párhuzamosan elágaztatva, az ismétlődő időn belül kellő időközlel rendelkező jelsorozattá alakítják. Minden párhuzamos ágban optikai kapcsolót helyeznek el, melyet az eredeti ismétlődési időnek megfelelő sebességgel működtetnek, vagyis kb. ezerszer kisebb sebességű elektromos impulzusokkal vezérelnek.

3.3. Analóg és digitális optikai számítógép

A számítástechnikában néhány alapvető, igen nagysebességű feldolgozást igénylő területen várhatóan egy-két évtizedes kutatási periódus után optikai számítógépek alkotják majd a számítógépek következő generációját, felváltva a jelenleg használatos elektronikus számítógépeket.

Az optikai jelfeldolgozással a számítások sebessége két nagyságrenddel is nagyobb lehet az elektronikus jelfeldolgozással gyakorlati határánál. /Elérhetőnek tűnik a 100ps/művelet és 10 GHz-es átvitel./

Még ennél is nagyobb jelentőségű, hogy az optikai frekvenciák lehetőséget biztosítanak a párhuzamos feldolgozásra. Az elektronikus számítógépeknél nagy számú kutatócsoport foglalkozik párhuzamos architektúrájú gépek fejlesztésével, amelyek képesek egyidejűleg párhuzamosan több operáció elvégzésére is. Az egyik kutatási irány az optikai jelek és eljárások alkalmazása.

Az optikai számítógépek felépítése jelentős mértékben eltér a hagyományos számítógépektől. A legtöbb megoldás akusztóoptikai eszközöket, Bragg-cellákat használ a fény modulálására. Ezekben az egydimenziós eszközökben egy piezoelektromos átalakító mozgat egy kristálystruktúrát, amely változtatja reakciós indexét és így modulálja a rajta áthaladó fényt. Alkalmazsukkal történik a jelek konvolúciója, korrelációja és analízise.

Az analóg optikai számítógépekben alkalmazott optikai elemek egyik tulajdonsága, hogy felhasználhatók Fourier-transzformációra és konvolúcióra. E matematikai módszerek lineáris algebrai egyenletek (pl. mátrixvektor és mátrix-mátrixszorzás), differenciálegyenletek és más komplex matematikai feladatok megoldására használhatók.

Az optical array processzorok (systolic array rendszerek) összekapcsolt processzor egységeket használnak mátrix-algebrai műveletek elvégzéséhez. A számítási pontosság növelése érdekében az új-generációs array processzorok digitá-

zált adatokat használnak, digitális szorzást végeznek analóg konvolúciós algoritmus segítségével.

A digitális optikai számítógépekben a jelfeldolgozási folyamat bizonyos mértékig hasonló az elektronikus számítógépekhez. Az optikai bistabil eszközök a tranzistor analóg megfelelői. Felhasználva az optikai anyagok nemlineáris karakterisztikáját bináris logikai műveletek végezhetők.

A bistabilitás elméletét 1969-ben dolgozták ki a MIT-en (Massachusetts Institute of Technology - USA) és 1976-ban figyelték meg először a Bell Laboratories-ben és a Heriot-Watt University-n Angliában. Több mint 20 anyagnál tapasztalták az optikai bistabilitás jelenségét.

3.4. Optikai mérés technika

Cél a különböző jellegű fizikai mennyiségek (mechanikai mennyiségek, hőmérséklet, elektromos paraméterek, stb.) vagy kémiai összetétel, biológiai állapot elemzése optikai effektus méréssel. A terület gyors fejlődése elsősorban a fényvezetősíkok tömeggyártásának köszönhető. Az ún. "zárt" típusú szenzorokban a fény zárt fényvezetőkön terjed, amérendő fizikai mennyiség változása módosítja a fényvezető optikai tulajdonságait vagy a terjedés feltételeit (l. relativitás elmélet), ami a rendszer kimenetén optikailag érzékelhető. Az ún. "nyitott" típusú szenzorokban szál csak a mérőfény vezetésére szolgál, a szenzor lényeges eleme az optikai csatolás erősségét a mérendő mennyiség változásának mértékétől függően módosító alkatrész (az adó- és vevőszál azonos is lehet). Az optikai elemek felhasználásának gazdaságos megoldása az, ha az érzékelés, az átvitel és a jelfeldolgozás is fénnel történik. Ezért a fotonika fejlődésének egyik kulcskérdése a szenzorok fejlesztése.

Fejlesztési eredmények: elmozdulás- és elfordulásérzékelők; gyorsulásérzékelők; optikai szál-as gloszkópok és teljes műhorizontok, nyomásérzékelők; robotok tapintásérzékelők; hőmérsékletérzékelők, elektromos és mágneses térerősség mérése; fényvezetősíkos interferométerek; fénynyaláb polarizációs állapotát megőrző szálak előállítása; sokszenzoros érzékelőhálózatok (repülőgépek fedélzeti mérőrendszerrel; olajfúró platformok az Északi-tengeren); gyógyászati optikai szenzorok; robbanásveszélyes környezetben használható szenzorok (bányák, sztatikus elektromos feltöltődésveszély).

3.5. Optikai információ tárolás

A cél dinamikus vagy archív optikai információ tárolás megvalósítása fénysugaras beírással és kiolvasással. Egyetlen bitnyi információ mennyiség optikai tárolásának helyigénye csupán néhány μm^2 . A jelenleg létező legnagyobb tárkapacitású memóriák optikai elven alapulnak.

Kutatási területek: lézersugaras optikai beírás alapjelenségei (kráterképződés, hólyagosodás,

amorfkristályos átalakulás, abláció, felületérdesedés); optikai beírásra használható anyagok és bevonatok előállítási technológiái; reverzibilisen beírható (törölhető) közegek anyagai: nagy bitsűrűségű beírás és kiolvasás technikája; kompakt audio- és videolemezek; holografikus információ tárolás; dinamikus hologramok rögzítése fotorefraktív kristályokban (pl. $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$); igen nagy bitsűrűségű tárolás ún. spektrális lyukégetéssel (spectral hole burning); információ-tárolás bistabil optikai rendszerek, magneto-optikai jelenségek hasznosítása.

3.6. Integrált optika

A monolitikus integrált optika célja makroszkopikus optikai rendszerrel azonos optikai funkció megvalósítása planártechnológiákkal egyetlen hordozólapkán. A hordozólapka a hagyományos kísérleti optikában használt sínek vagy optikai asztal szerepét veszik át.

A nemlineáris optika egyszerű és általános módszert kínál a fáziskorrekcióra. Nemlineáris közegekben létre lehet hozni olyan tükrözést, melynek során a hullámfront teljes egészében visszafordul.

Kutatott területek: hordozólapkák (LiNbO_3 , LiTaO_3 , GaAs, InP, stb.) előállítása; hullámvezető szerkezetek kialakítása; felületi diffrakciós rácsok; elektrooptikai hatásokon alapuló irány- és intenzitásmodulátorok; fényforrás, fényérzékelők; meghajtó áramkörök integrálása optikai processzorral; optikai szálak csatlakozása hullámvezető csatornákhöz; integrált optikai interferométerek (Mach-Zehnder Interferométer); polarizátorok; integrált optikai rezonátorok; nemlineáris optikai integrált eszközök (frekvencia-kétszerezés, paraméteres oszcillátor).

A kutatási eredmények lehetővé tették egy lapkán nagyon rövididejű impulzusok (ps technikák) előállítását és kezelését. Ennek alkalmazásai: nagyfrekvenciás elektromos jelek gyors Fourier-analizátorai; heterodin optikai erősítők; fázistolók; móduskonverterek; frekvenciaösszegezők; mátrixvektor multiplikátorok; jelek előfeldolgozása optikai szenzorokban; integrált optikai gloszkóp integrált optikai hullámhosszmultiplexer/demultiplexer; nagyfrekvenciás integrált áramkörök részeként.

3.7. Anyag és alkatrész tudomány

A nemlineáris optikai jelenségek fizikai alapja az, hogy bizonyos körülmények mellett az anyag "válasza" a benne terjedő fényre már nem lesz lineáris; az anyagban lévő elektromos töltések szétválása már nem lesz arányos a beeső mágneses tér erősségével, a periodikusan váltakozó elektromágneses tér hatására az elektronok nem "harmonikus" rezgőmozgást végeznek, hanem a rezgés eltorzul, anharmonikussá válik. A nemlinearitás tipikusan a 10^6 W/cm^2 teljesítménysűrűség fe-

lett jelentkezik, különösen jelentőssé pedig a $10^8 - 10^{10} \text{ W/cm}^2$ -os tartományban válik, ilyenkor a fénytér erőssége már összemérhető az elektront az anyagban megkötő elektromos tér erősségével. Hozzá kell azonban tennünk, hogy a különböző anyagoknál, illetve ezek különféle paramétereiben megjelenő nemlineáris fényintenzitás-függése igen jelentős eltéréseket mutathat.

A teljesítmény limitáló elem által átbocsátott fényt teljesítmény nagyobb bemenő fényt teljesítmények esetén ellaposodik, amit egyrészt a lézer teljesítmény bizonyos szint alatt tartására, másrészt stabilizálására lehet felhasználni.

Az optikai tranzistor optikai jelek erősítésére használható, mivel kis bemeneti intenzitás változáshoz nagy kimeneti intenzitásváltozás tartozik.

Az egyik fajta optikai kapcsoló az optikai bistabilitás jelenségét használja fel. Van olyan bemenő fényt teljesítmény tartomány, amelyben a minta előéletétől függő két stabil kimenő teljesítmény létezik. A rendszer egyik állapotából a másikba például külső fényimpulzussal kapcsolható.

Ezekben különböző bemenő fényintenzitásokhoz a lépcsős szerkezet miatt a kimenő intenzitásoknak egy diszkrét sorozata tartozik, ami lehetőséget teremthet a klasszikus számítógépek bináris logikája helyett egy többszintű logika megvalósítására.

4. Hazai tevékenység és hasznosítása

A következő évtized fő hazai feladata lehetne: reálisan átgondolt és gazdaságilag megalapozott optikai-optoelektronikai ipari tevékenység létrehozása, erős K+F háttérrel.

Ebben a K+F bázis feladata lenne:

A kutatás-fejlesztés és gyártás-felhasználás folyamatban a fénytechnika számos új eszköz és szolgáltatás megvalósításához vezethet el. Ebben a folyamatban az alábbi öt cél kitűzése látszik reálisnak.

- új optikai, optoelektronikai, finommechanikai anyagok elemek és részegységek kifejlesztése;
- hazai szempontból kritikus és korai kidolgozása a körülmények reális figyelembevételével;
- az optikai felfeldolgozás hazai műveléséhez eszközök és módszerek kidolgozása, figyelembe véve a hazai eszközkészleteket;
- új optikai, optoelektronikai elvű műszerek, illetve mérőrendszerek és mérési módszerek kifejlesztése;
- technológiák kidolgozása, a kutatási eredmények gyártásba való bevezetése érdekében.

Bár a jelen helyzetben rövid távon csak olyan kutatás-fejlesztés kívánatos, melynek konkrét célja termék vagy szolgáltatás, de szükség van olyan alap kutatásokra is, melyek lehetővé teszik a világ haladásának megértését és fogadását. Ugyancsak hangsúlyozni kívánjuk, hogy az elkövetkezendő évek műszaki fejlesztésének fő irányában mindenütt jelen van a modern optoelektronika. Ezért a hazai műszaki fejlesztés eredményességét jelentősen befolyásolja majd a megfelelő optoelektronikai háttér léte és fejlettségi foka.

A kitűzött feladatok megvalósítására a jelenlegi ipari háttér nehézkesnek látszik. Ezért kis, mozgékony vállalat létrehozása lenne indokolt a következő célokkal:

- mérnöki-műszaki kollektívák egy-egy új termék gyártásbavitelének megvalósítására és egyedileg gyártására;
- kisvállalatok egy-egy részegység vagy műszer (főként a nagy gyárak által nem gyártott vagy speciális technológiát igénylő, nagy szellemi értékű és kis anyagigényű alkatrészek, részegységek, illetve ezekből összeállítható berendezések) kis példányszámú gyártására.

5. Összefoglalás

A fénytechnika terjedése bizonyosnak tekinthető. Jelenleg a fényvezető és a fényátvitel egyes berendezései külföldön már ipari termékek. Számos szenzor is kapható a kereskedelemben. A kapcsolás és a moduláció területén azonban még a hazai kutatóknak is van reális esélyük korszerű termékeket alkotni.

6. Irodalom

- [1] Special Issue on microwave aspects and application of GHz/Gbit technology; Journal of Lightwave Technology /1987. No 4./
- [2] Special Issue on coherent communication in lightwave transmission; Journal of Lightwave Tehnology /1987. No 6./
- [3] Special Issue on lasers; Journal of Quantum Electronics /1987. No 6./
- [4] Special Issue on Integrated Optics; Journal of Lightwave Technology /1988. No 3./
- [5] High-Speed Technology for Lightwave Applications; Journal of Lightwave Technology /1988. No 10./
- [6] Wide Band Optical Transmission Technology and Systems; Journal of Lightwave Technology /1988. No 12./
- [7] Fiber Optic Local and Metropolitan Area Networks; Selected Areas in Communications(1988. No 7.)
- [8] Photonic Switching; Selected Areas in Communications (1988. No. 8.)
- [9] Review of Radio Science 1984-1986.; International Union of Radio Science.(1987.).

Általánosított mintavételi tétel és alkalmazása kváziperiodikus jelek leírására

Dr. Földvári Rudolf
BME Híradástechnikai Elektronika Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

Az általánosított mintavétel különböző esteinek bemutatása után periodikus jel nem egyenközű mintavételezését ismertetjük. Ha egy periodikus jel spektruma egy oktávnál keskenyebb, akkor a helyi szélsőértékeknél vett minták és időpontjaik egyértelműen meghatározzák a jelet. Az így értelmezett illesztett mintavételezés bemutatása után a mintavételezés alapvető tulajdonságaival foglalkozunk. Ezek a tulajdonságok kedvezőek és sok hasonlóságot mutatnak az emberi hallásról szerzett eddigi ismeretekkel.

DR. FÖLDVÁRI RUDOLF

A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett diplomát 1962-ben. A BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszékén helyezkedett el és a lineáris hálózatok, valamint a vezetékes távközlő be-

rendezések című tárgyak oktatásában vett részt. 1975-1978-ig a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben dolgozott, majd a BME Híradástechnikai Elektronika Intézetében a konstrukció tárgy oktatásába kapcsolódott be.

1. Bevezetés

Az egyenközű ill. ekvidisztáns mintavételezés a legáltalánosabban elterjedt módja egy jel időtartományban történő előállításának. Kevésbé ismert a mintavételi tétel általánosítása, a nem egyenközű mintavételezés, melynek elméletét az [1] irodalom tárgyalja. Számos cikk, például a [2], [3] és [4], digitális szűrők analíziséhez és tervezéséhez felhasználja ezt az általánosabb érvényű mintavételi tételt.

A következőkben részletesen tárgyalt periodikus, nem egyenközi mintavételezés esetre megmutatjuk, hogy a minták milyen feltétel mellett határozzák meg egyértelműen a jelet. A visszaállításhoz szükséges interpoláló függvényeket az [1] irodalom ismerteti. Ezenkívül foglalkozunk egy speciális esettel, nevezetesen periodikus, sávszűrt jelek mintavételezésével, és a mintavételezés néhány alapvető tulajdonságával.

2. Ekvidisztáns mintavételezés

Ekvidisztánsnak nevezzük a mintavételezést, ha az $x(t)$ jelből egyenlő időközönként veszünk mintát. Ha az $x(t)$ jel sávkorlátos akkor érvényes a Shannon-féle mintavételi tétel [1].

2.1. Mintavételi tétel

Legyen $x(t)$ sávkorlátos, a következő alakban felírható időfüggvény

$$x(t) = \int_{-B}^B e^{j\omega t} d\beta(\omega), \quad (1)$$

azaz létezzon spektrális előállítása.

Minden, a fentiek szerinti $x(t)$ előállítható a következő alakban

Beérkezett: 1988. XI. 22. (H)

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(t_k) \frac{\sin\left(\frac{\omega_0}{2}(t-t_k)\right)}{\frac{\omega_0}{2}(t-t_k)}, \quad (2)$$

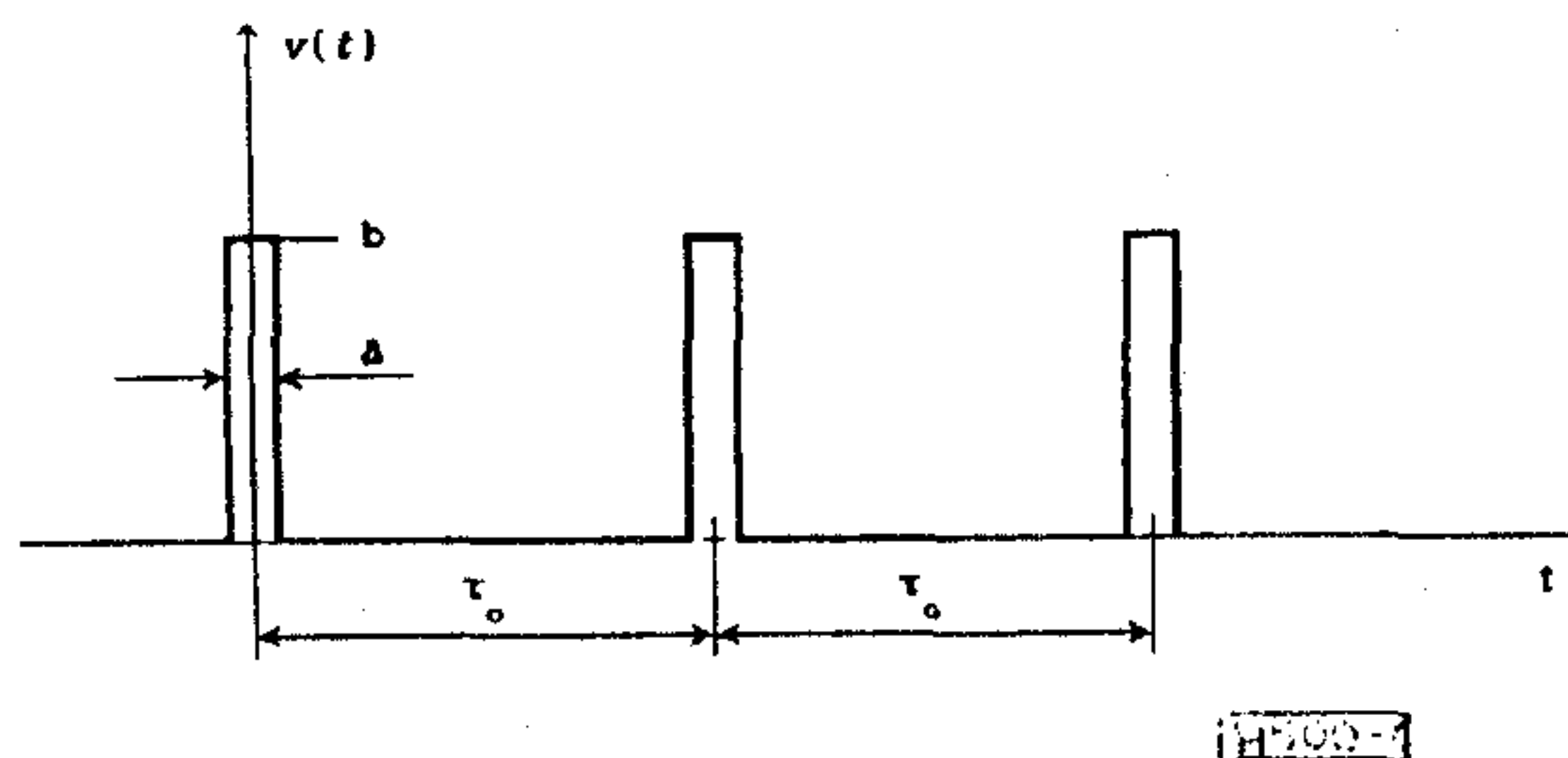
ahol

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{\tau_0}, t_k = k\tau_0 \text{ és } 2\pi B < \frac{\omega_0}{2}.$$

A mintavételi tétel értelmében $x(t)$ -t $\forall t$ -re egyértelműen meghatározzák a t_k időpontokban felvett értékek.

2.2. Mintavételezett jel spektrális előállítása

A mintavételezés felfogható, mint az $x(t)$ és a $v(t)$ mintavételező függvény szorzata [5]. (1. ábra) A



1. ábra. Ekvidisztáns mintavételező függvény

mintavételező $v(t)$ függvény előállítható Fourier sorával, azaz

$$v(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{jk\omega_0 t} \quad (3)$$

ahol

$$c_k = \bar{c}_k = \frac{b\Delta}{\tau_0} \frac{\sin(k\pi\Delta/\tau_0)}{k\pi\Delta/\tau_0},$$

továbbá válasszuk értékét úgy, hogy $b\Delta/\tau_0 = 1$ legyen. A mintavételezett jelet $y(t)$ -vel jelölve írható, hogy

$$y(t) = x(t) \cdot v(t), \quad (4)$$

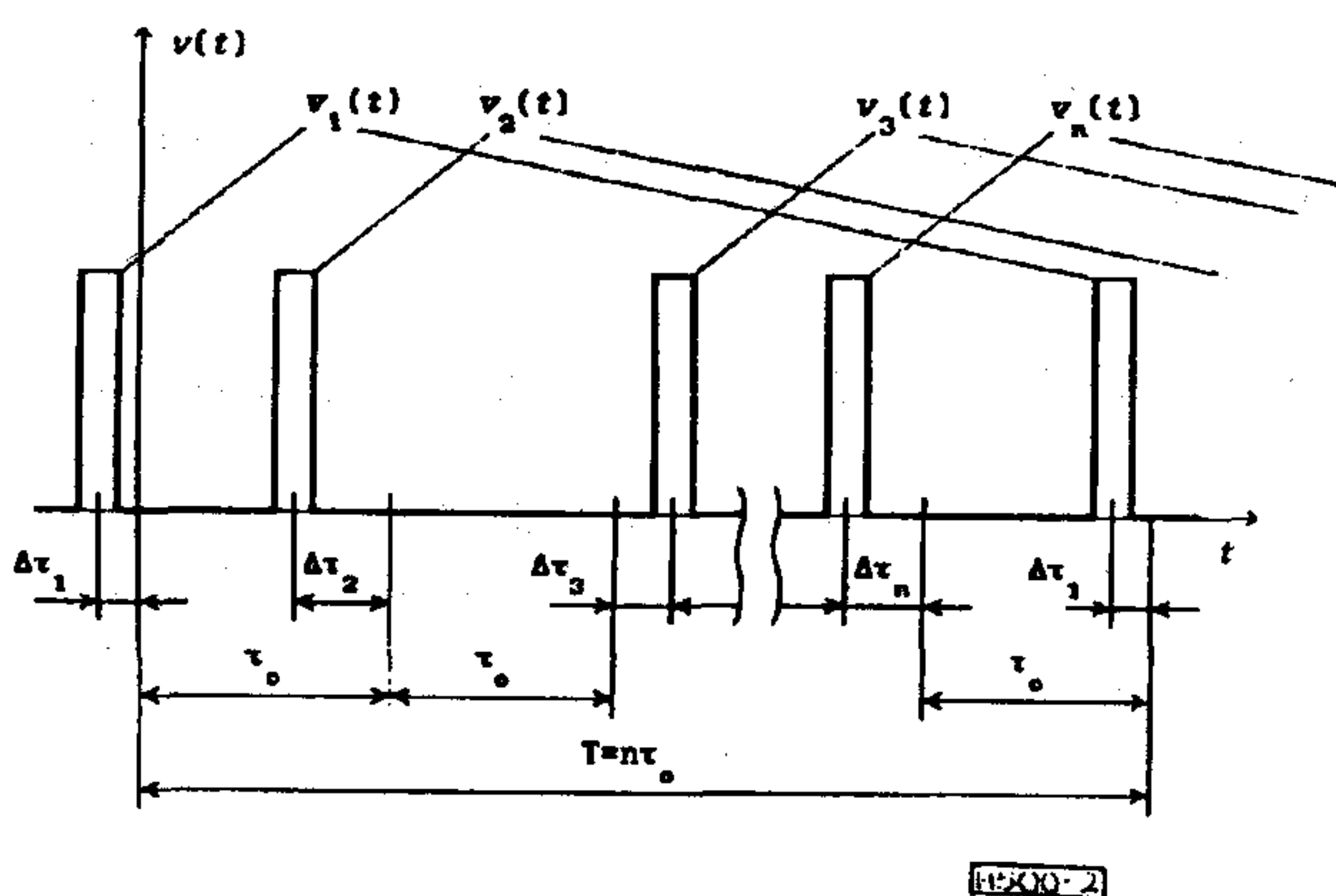
továbbá (1) és (3) felhasználásával

$$y(t) = \left[\int_{-B}^B e^{j\omega t} d\beta(\omega) \right] \cdot \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{j k \omega_0 t} \right] \quad (5)$$

Az (5) egyenletből jól látszik, hogy az $y(t)$ jelet egy ideális $\omega_0/2$ sávhatáru aluláteresztővel szűrve, $c_0 x(t)$ -t kapunk, továbbá ha $\Delta \ll \tau_0$, akkor $c_k \approx 1 \forall k$ -ra, és visszanyerjük a mintavételi tételt. Ha nem ekvidisztáns mintákat veszünk $x(t)$ -ből, de biztosítani tudjuk, hogy a mintavételezett jel spektrális előállítása $\omega_0/2$ -lg megegyezzen $y(t)$ spektrális előállításával, akkor a nem ekvidisztáns minták szintén egyértelműen meghatározzák az $x(t)$ jelet. A következőkben vizsgáljuk meg részletesen ezt az általános esetet.

3. Nem ekvidisztáns mintavételezés

Legyenek a minták egymástól különböző távolságra, és az egyszerűség kedvéért ezek a sorozatok ismétlődjenek periodikusan, azaz a mintavevő jel legyen a 2. ábrának megfelelő. Ha az $x(t)$ jelből a 2. ábrán látható $v(t)$ jellel veszünk mintát, és a

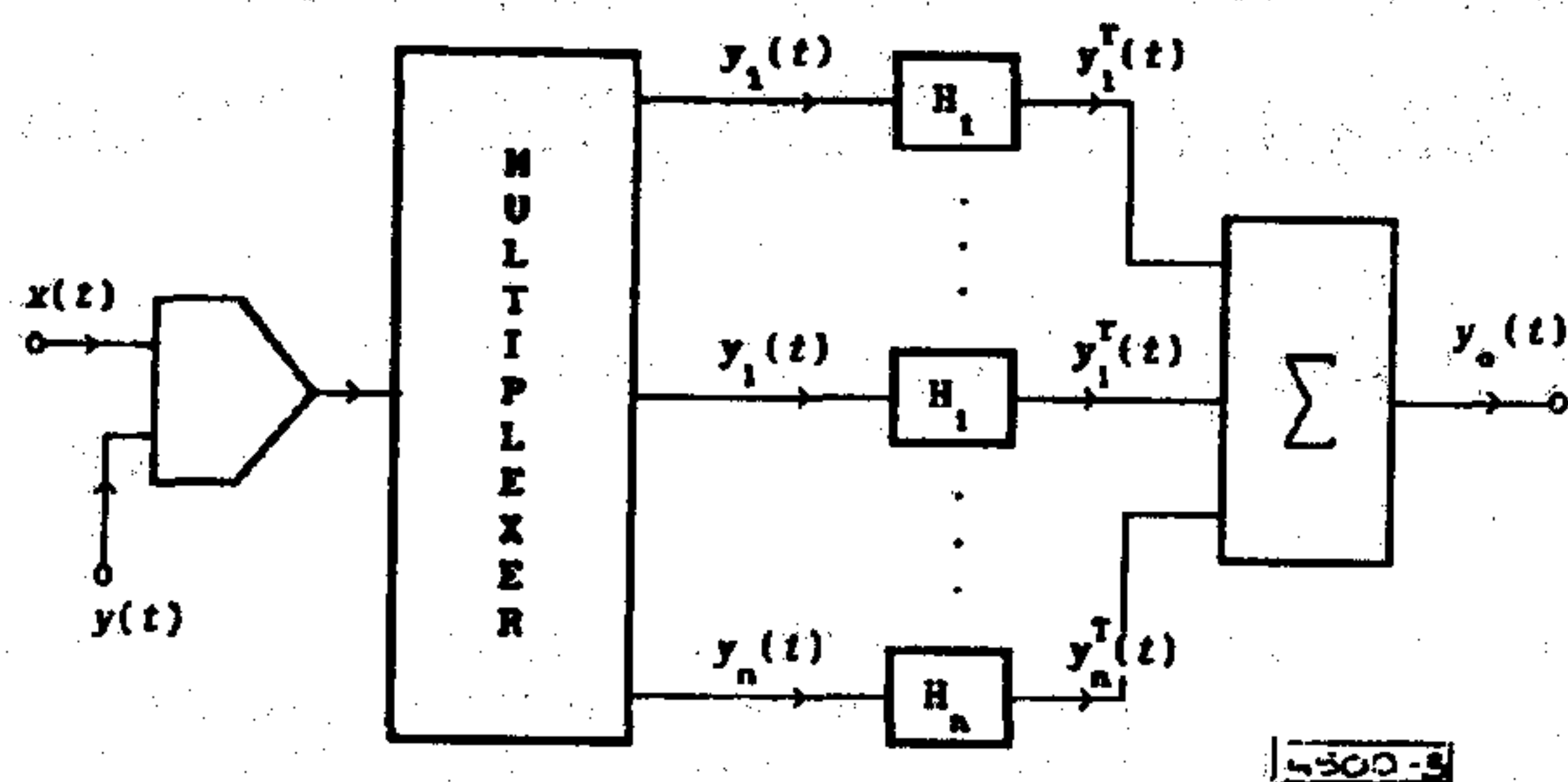


2. ábra. Periodikus, nem ekvidisztáns mintavételező függvény

$[0, T)$ intervallumban minden minta különböző időpontra esik, akkor a minták egyértelműen meghatározzák az $x(t)$ jelet.

3.1. Mintavételezés n nem ekvidisztáns mintából álló periodikus sorozattal

Állítsuk elő az $x(t)$ és a nem ekvidisztáns mintavételezést reprezentáló $v(t)$ szorzatát, majd válaszszuk szét a $v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)$ -hez tartozó mintákat. (A jelölések a 2. ábrán láthatók.) Legyen $y(t) = x(t) \cdot v(t)$, $i = 1, 2, \dots, n$ és az $y(t)$ jelen végezzük el a H_i átviteli függvénnyel jellemzett lineáris invariáns transzformációt a 3. ábrán látható módon. Az összegző kimenetén megjelenő jel legyen $y_0(t)$. A H_i transzformációt úgy kell megválasztani, hogy $y_0(t)$ spektrális előállítása $(-\omega_0/2, \omega_0/2)$ intervallumban megegyezzen $y(t)$ spektrális előállításával. Ebben



3. ábra. Blokkvázlat a nem egyenközű mintavételezés értelmezéséhez

az esetben ugyanis $\omega_0/2$ sávhatáru aluláteresztő szűrővel $x(t)$ egyértelműen visszaállítható.

A 2. ábra alapján látható hogy $v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)$ a $T = n\tau_0$ idővel periodikus, Fourier soralk csak fázisban különböznek. Az i -edik mintavevő jel Fourier transzformáltja

$$v_i(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k e^{j \left(\frac{k \omega_0}{n} t + k \Delta \Phi_i \right)} \quad (6)$$

ahol

$$\Delta \Phi_i = -\frac{2\pi}{n} \left[(i-1) + \frac{\Delta \tau_i}{\tau_0} \right] \quad (7)$$

A tömörebb írásmód kedvéért vezessük be a következő jelölést

$$A_i = e^{j \Delta \Phi_i}$$

és ezzel

$$v_i(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_i^k e^{j \frac{k \omega_0}{n} t} \quad (8)$$

Az (1) és (8) egyenletek felhasználásával

$$y_1(t) = \left[\int_{-B}^B e^{j\omega t} d\beta(\omega) \right] \cdot \left[\frac{1}{n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_1^k e^{j \frac{k \omega_0}{n} t} \right]$$

$$y_i(t) = \left[\int_{-B}^B e^{j\omega t} d\beta(\omega) \right] \cdot \left[\frac{1}{n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_i^k e^{j \frac{k \omega_0}{n} t} \right] \quad (9)$$

$$y_n(t) = \left[\int_{-B}^B e^{j\omega t} d\beta(\omega) \right] \cdot \left[\frac{1}{n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_n^k e^{j \frac{k \omega_0}{n} t} \right]$$

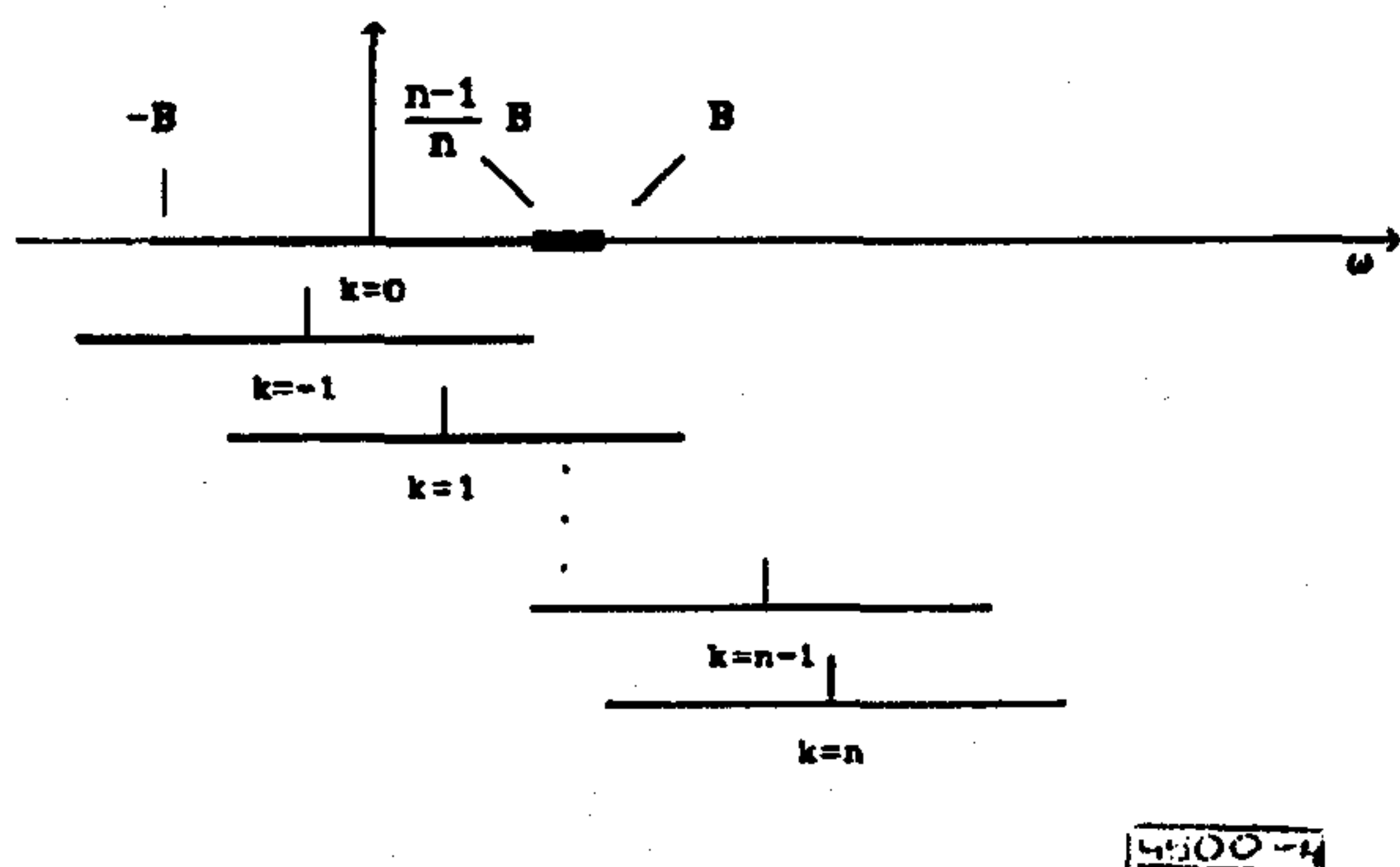
Az $y_1(t)$ spektrális előállítását a $H_1(j\omega)$ átviteli függvénnyel szorozva, és így tovább $y_n(t)$ -t $H_n(j\omega)$ -val transzformálva azt kívánjuk elérni, hogy a $k = 0$ -hoz tartozó tagok összeadódjanak, a $k = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm (n-1)$ -hez tartozók pedig kiessenek a szummázás után.

A (9) egyenletrendszer i -edik egyenletét átalakítva kapjuk, hogy

$$y_l(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \int_{-B}^B c_k A_l^k e^{j\left(\frac{k\omega_0}{n} + \omega\right)t} d\beta(\omega) \quad (10)$$

Fenti egyenletből jól látható, hogy a H_l transzformációt a $\frac{k\omega_0}{n} \pm B$ tartományokon kell meghatározni.

Ahhoz, hogy a szummázó kimenetén megjelenő $y_o(t)$ jel spektrális előállítása $\omega_0/2$ -lg megegyezzen az ekvidisztáns mintavételezéshez tartozó $y(t)$ előállításával, a $k = n-1$ frekvenciákhoz tartozó tartományt még figyelembe kell venni, de a $k = n, n+1 \dots$ már érdektelen. A 4. ábra a pozitív k



4. ábra. Az $y_l(t)$ jel spektrumának tartományai

értékek körüli tartományokat szemlélteti. A 4. ábrán a vastag vonallal jelölt résztartományt vizsgálva látható, hogy ebbe a tartományba csak a $k=0, k=1, \dots, k=n-1$ körüli tartományokból kerülhetnek komponensek. Ezért a $H_1, \dots, H_n$ transzformációt úgy kell megválasztani, hogy a $k=0, 1, \dots, n-1$ összesen n feltételt kielégítsék. A $k=0$ -hoz tartozó követelményt a 4. ábrán jelölt $(\frac{n-1}{n}B, B)$ tartományra fel-

írva, és a tartomány széleire bevezetve az (ω_1, ω_2) egyszerűbb jelölést, kapjuk, hogy

írva, és a tartomány széleire bevezetve az (ω_1, ω_2) egyszerűbb jelölést, kapjuk, hogy

$$\sum_{l=1}^n y_l(t) \Big|_{k=0} = \sum_{l=1}^n \frac{1}{n} \int_{\omega_1}^{\omega_2} c_0 A_l^0 H_l e^{j\omega t} d\beta(\omega) = \int_{\omega_1}^{\omega_2} e^{j\omega t} d\beta(\omega). \quad (12)$$

A (12) egyenletben az egyszerűsítést elvégezve, valamint a szummát kifejtve írható, hogy

$$c_0 A^0_1 H_1 + c_0 A^0_2 H_2 + \dots + c_0 A^0_n H_n = n \quad (13)$$

A többi értékhez tartozó spektrális összetevőtől pedig azt követeljük, hogy az összegzés során eszenek ki. Az előzőekhez hasonló átalakítások után pl. a $k=n-1$ -edikre írható, hogy

$$c_{n-1} A_1^{n-1} H_1 + c_{n-1} A_2^{n-1} H_2 + \dots + c_{n-1} A_n^{n-1} H_n = 0. \quad (14)$$

Az összesen n követelményhez tartozó n egyenlet mátrix alakban írva

$$\underline{B} \underline{H} = \underline{N} \quad (15)$$

ahol

$$\underline{B} = \begin{bmatrix} c_0 A_1^0 & c_0 A_2^0 & \dots & c_0 A_n^0 \\ c_1 A_1^1 & c_1 A_2^1 & \dots & c_1 A_n^1 \\ c_2 A_1^2 & c_2 A_2^2 & \dots & c_2 A_n^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n-1} A_1^{n-1} & c_{n-1} A_2^{n-1} & \dots & c_{n-1} A_n^{n-1} \end{bmatrix},$$

$$\underline{H} = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ \vdots \\ H_n \end{bmatrix}, \quad \underline{N} = \begin{bmatrix} n \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

A (15) mátrix alakban felírt egyenletrendszerből c_0 -t kiemelve majd $c_1/c_0, c_2/c_0, \dots, c_n/c_0$ értékekkel egyszerűsítve írható

$$c_0 \underline{A} \underline{H} = \underline{N}, \quad (16)$$

ahol

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} A_1^0 & A_2^0 & \dots & A_n^0 \\ A_1^1 & A_2^1 & \dots & A_n^1 \\ A_1^2 & A_2^2 & \dots & A_n^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_1^{n-1} & A_2^{n-1} & \dots & A_n^{n-1} \end{bmatrix}.$$

A (16) egyenletet formálisan megoldva

$$\underline{H} = \frac{1}{c_0} \underline{A}^{-1} \underline{N} \quad (17)$$

Ha az $A_1, A_2, \dots, A_n$ mind különböző, akkor a Vandermonde-féle determináns nem tűnik el. Belátható, hogy ennek az a feltétele, hogy a minták mindegyike különböző időpontokra essen. A (7) egyenlettel meghatározott $\Delta\Phi_l$ minden $l=1, 2, \dots, n$ értékre különböző a $[0, 2\pi]$ intervallumban, ha a minták különböző időpontokra esnek. Mivel a minták T -vel periodikusak, $\Delta\Phi_{n+1} = \Delta\Phi_1 + 2\pi$. Ebből következik, hogy az $A_1, A_2, \dots, A_n$ értékek is különbözők, továbbá $A_l \neq 0$, mert $|A_l| = 1 \forall l$ -re. A (17) egyenlet megoldása tehát létezik, és mivel $\underline{A}$ nem tartalmazza az ω -t, $\underline{H}$ is független ω -tól az $(\frac{n-1}{n}B, B)$

tartományban. Felhasználva, hogy $v_l(t)$ valós $\forall l$ -re, azaz $A_l = A_l^*$, valamint $|A_l^k| = 1 \forall l$ -re és k -ra, továbbá, hogy $x(t)$ szintén valós, tehát

$$e^{j\omega t} \Delta \beta(\omega) = e^{-j\omega t} \Delta \beta(-\omega),$$

könnyen belátható, hogy negatív frekvenciákon, azaz a $(-\frac{n-1}{n} B, -B)$ tartományon $H_l^- = \bar{H}_l^+$, ahol

H_l^- -vel a negatív, H_l^+ -vel pedig a pozitív tartományokhoz tartozó megoldást jelöltük. Még egyszer

utalva a 4. ábrán látható, hogy a $(\frac{n-2}{n} B, \frac{n-1}{n} B)$

tartományon a $k = -1, 0, 1, \dots, n-2$ értékekre kell a követelményeinket felírni. Így a (15) mátrixegyenlethez teljesen hasonló egyenletrendszert kapunk. Általában, $k = l+1, l+2, \dots, l+n$ esetén tetszőleges l érték mellett felírható n egyenlet, továbbá minden egyenletben

$$A_l^{l+1} H_l = A_l^0 (A_l^{l+1} H_l), \\ A_l^{l+2} H_l = A_l^1 (A_l^{l+1} H_l), \dots, A_l^{l+n} H_l = A_l^{n-1} (A_l^{l+1} H_l)$$

átírással A -ra újból Vandermode determinánst kapunk, tehát minden tartományra létezik megoldás. Fentiekből az is látható, hogy a (16) mátrixegyenletet elegendő egyszer megoldani, a többi tartományhoz tartozó megoldás ebből származtatható. Természetesen nemcsak a $k=0$ -hoz tartozó $(-B, B)$ sávban állítható vissza az eredeti $x(t)$ jel, bármely k -hoz tartozó transzportált jel is előállítható, csupán más résztartományokra kell a követelményeket felírni, és (16) mátrixegyenletet megoldani.

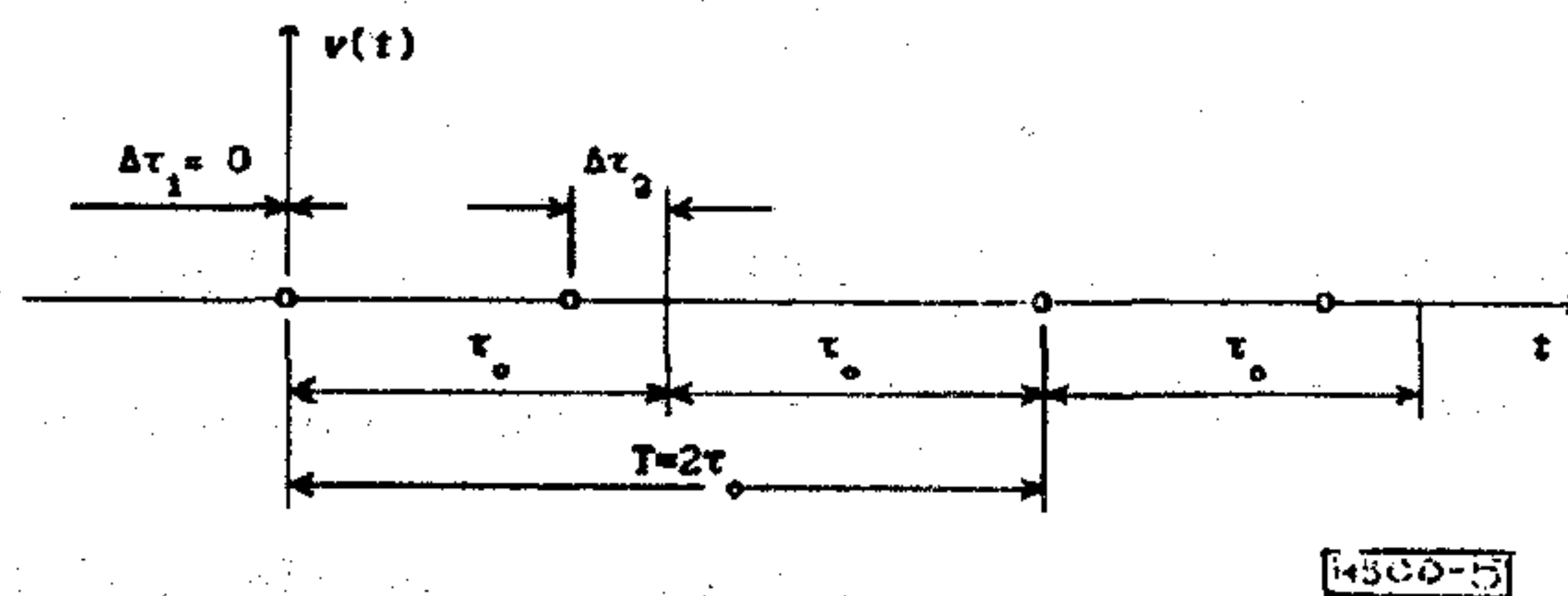
Részletes vizsgálattal belátható, hogy n mintából álló sorozat esetén, ha n páros akkor $\frac{n}{2}$, ha páratlan, akkor pedig $\frac{n-1}{2}$ különböző tartomány létezik.

Ha n páratlan, akkor még az is igaz, hogy a $(-\frac{1}{n} B, \frac{1}{n} B)$ tartományban H_l valós $\forall l$ -re. Ha azt kívánjuk elérni, hogy H_l minden résztartományban azonos legyen, akkor a $T = n\tau_0$ periódusidő alatt $z = n + [\frac{n-1}{2}]$ mintát kell venni, ahol $[\]$ egész részt jelöl.

Ezzel a jelentős, közel másfélszeres túlmintavételezéssel elérhető, hogy H_l ω -tól függetlenül konstans legyen a $(0, B)$ intervallumban. Így H_l ($l = 1, 2, \dots, z$) értéket szükséges meghatározni, azaz egy $n \times n$ -es mátrix helyett egy $z \times z$ méretű mátrixot kell invertálni.

3.2. Egyszerű példa nem ekvidisztáns mintavételezésre

Legyen $n=2$, és az $x(t)$ jelből az 5. ábrának megfelelően vegyünk mintát. (Az ábrán csak a mintavételi időpontok kerültek jelölésre.) Legyen továbbá



5. ábra. A mintavételezés időpontjai $n=2$ esetén

$\Delta \ll \tau_0$, így a (3) egyenlet c_k együtthatóira jó közelítéssel írható, hogy $c_k \approx 1 \forall k$ -ra. Ezzel a (17) egyenlet tovább egyszerűsödik, azaz

$$H = \underline{A}^{-1} \underline{N} \quad (18)$$

A (7) egyenlet felhasználásával

$$\Delta \Phi_1 = 0,$$

valamint

$$\Delta \Phi_2 = -\pi \left(1 + \frac{\Delta \tau_1}{\tau_0}\right),$$

továbbá

$$A_1 = 1 \text{ és } A_2 = e^{j\Delta \Phi_2}.$$

Az A mátrix, H és N vektor pedig a következő alakú

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & A_2 \end{bmatrix}, \quad \underline{H} = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix}, \quad \underline{N} = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

A (18) egyenletet H -ra megoldva kapjuk, hogy

$$H_1 = \left(\sin \frac{\Delta \Phi_2}{2}\right)^{-1} \cdot \exp\left(j \frac{-\pi + \Delta \Phi_2}{2}\right), \text{ és} \\ H_2 = \left(\sin \frac{\Delta \Phi_2}{2}\right)^{-1} \cdot \exp\left(j \frac{-\pi - \Delta \Phi_2}{2}\right). \quad (19)$$

A (19) megoldás mindig létezik, ha $\Delta \Phi_2 \neq \pm m 2\pi$, $m = 0, 1, 2, \dots$ ez a feltétel pedig teljesül, ha $\Delta \tau_2 \neq \pm (2m+1)\tau_0$. Jelen egyszerű esetben csak egy tartomány létezik, továbbá az előző fejezet alapján $H_l^- = \bar{H}_l^+$, azaz a H transzformáció valós jeleket állít elő. A H_1 és H_2 elemeket realizáló hálózatok nem kauzálisak, de tetszés szerinti pontossággal realizálhatók.

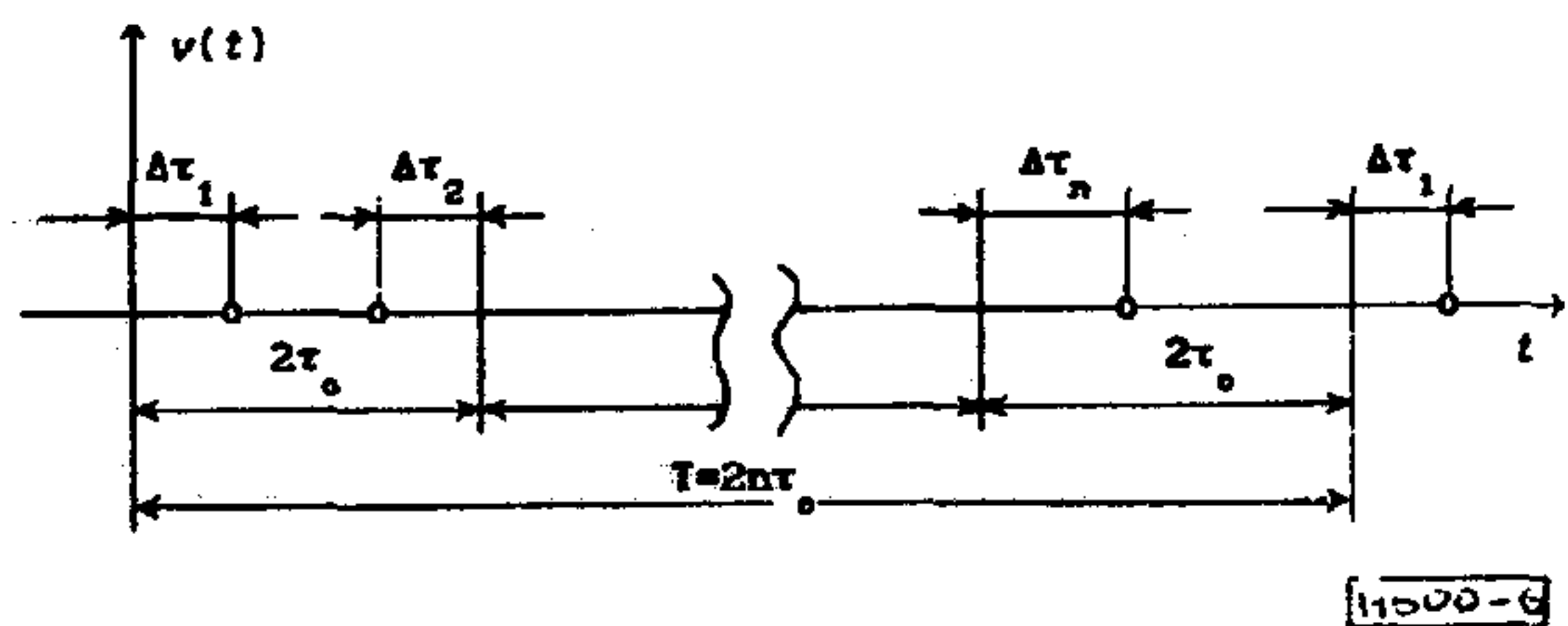
4. A jel és a jel differenciálhányadosának mintavételezése

Kézenfekvő, hogy ha nemcsak a jelből, hanem a jel differenciálhányadosából is mintát veszünk, akkor $x(t)$ egyértelmű meghatározásához elegendő ritkábban mintavételezni. Bizonyítható, hogy $T = n\tau_0$ időközönként a jelből és a jel első $(n-1)$ differenciálhányadosából vett minták egyértelműen meghatározzák $x(t)$ -t. Ez egy általános eset, rész-

letesen csak a jel és a jel első differenciálhányadosának mintavételezésével foglalkozunk.

4.1. A jel és a jel első differenciálhányadosának mintavételezése nem ekvidisztáns mintákból álló periodikus sorozattal

Legyen a mintavételezés időpontja a 6. ábra szerinti. Ezekben az időpontokban vegyünk mintát az



6. ábra. A jel és a jel első differenciálhányadosának mintavételezési időpontjai

$x(t)$ és az $x'(t)$ -ből. A $T=2n\tau_0$ idő alatt $x(t)$ -ből n mintát véve és $x'(t)$ -t is ugyanezen a helyeken mintavételezve összesen $2n$ mintát kapunk. A 3.1. pontban leírttal azonos módon válasszuk szét $v(t)$ -t $v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)$ -re, és szorozzuk $x(t)$ illetve $x'(t)$ -vel. A szorzatokat jelöljük $y_l(t)$ -vel, ahol $l = 1, 2, \dots, 2n$. Így a következő egyenletrendszert kapjuk

$$\begin{aligned} y_1(t) &= x(t) \cdot v_1(t) \\ &\vdots \\ y_n(t) &= x(t) \cdot v_n(t) \\ y_{n+1}(t) &= x'(t) \cdot v_1(t) \\ &\vdots \\ y_{2n}(t) &= x'(t) \cdot v_n(t) \end{aligned} \quad (20)$$

Tekintettel arra, hogy $v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t)$ a $T=2n\tau_0$ időre periodikus, a (8) egyenlet értelemszerű átírásával jelen esetben a mintavételező jel az alábbi

$$v_l(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_l^k e^{j \frac{k \omega_0}{2n} t} \quad (21)$$

Ezzel írható, hogy

$$y_l(t) = \left[\int_{-B}^B e^{j \omega t} d\beta(\omega) \right] \cdot \left[\frac{1}{2n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_l^k e^{j \frac{k \omega_0}{2n} t} \right], \quad (22)$$

$$y_{2l}(t) = \left[\int_{-B}^B j \omega e^{j \omega t} d\beta(\omega) \right] \cdot \left[\frac{1}{2n} \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_l^k e^{j \frac{k \omega_0}{2n} t} \right]$$

Válasszunk ki egy $\Delta\beta(\omega)$ elemi tartományt, és ebben a $\Delta\beta(\omega)$ tartományban lévő jelet jelöljük $\Delta y(t)$ -vel a (22) alapján

$$y_l(t) = \frac{1}{2n} \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k A_l^k e^{j \left(\frac{k \omega_0}{2n} t \pm \omega \right) t} \right] \Delta\beta(\omega), \quad (23)$$

$$y_{2l}(t) = \frac{1}{2n} \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} j \omega c_k A_l^k e^{j \left(\frac{k \omega_0}{2n} t \pm \omega \right) t} \right] \Delta\beta(\omega).$$

A továbbiakban tételezzük fel, hogy $c_k \equiv 1 \forall k$ -ra. (A bizonyítás természetesen e feltételezés nélkül is elvégezhető a 3.1. pont mintájára.) A következőkben a hosszadalmas átalakítások helyett csak a főbb lépések kerülnek ismertetésre. A 4. ábrán vastag vonallal jelölt tartomány jelen esetben a következő

$$\left(\frac{2n-1}{2n} B, B \right).$$

Belátható, hogy ezen tartományban $H(\omega)$ meghatározásához a pozitív különbségi frekvenciákat kell figyelembe venni. Az egyenletek felírásához célszerű bevezetni további rövidítő jelölést. Legyen

$$\Omega_k = \frac{k \omega_0}{2n} - \omega$$

ahol

$$k = 0, 1, 2, \dots, 2n-1.$$

Olyan $H_1(\omega), H_2(\omega), \dots, H_l(\omega), \dots, H_{2n}(\omega)$ lineáris transzformáció meghatározása a cél, melyet a $\Delta y_1, \dots, \Delta y_l, \dots, \Delta y_{2n}$ jeleken végrehajtva, majd az összegzést elvégezve $\Delta y_0(t)$ -t kapunk. Ez a 3.1. pontban leírtakhoz hasonlóan csak úgy lehetséges, ha a $k=0$ -hoz tartozó komponensek összeadódnak, a többi $k = 1, 2, \dots, 2n-1$ értékhez tartozó komponens pedig kiesik.

A (23) egyenletrendszer $2l$ -edik sorából csak a pozitív különbségi frekvenciákat tartalmazó részt $\Delta y^+(t)$ -vel jelölve írható, hogy

$$y_{2l}^+(t) = \frac{1}{2n} \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} j \omega A_l^k e^{j \Omega_k t} \right] \Delta\beta(\omega). \quad (25)$$

Csupán a szumma k -adik tagján végrehajtva a H_{2l} transzformációt, kapjuk

$$j \omega H_{2l}(\Omega_k) e^{j \Omega_k t}. \quad (26)$$

Mivel minden egyenletben a $H_1(\omega), H_2(\omega), \dots, H_{2n}(\omega)$ transzformációt a $\Delta\beta(\omega)$ -hoz tartozó ω frek-

venclán kell helyettesíteni, a frekvenciatranszformációt a (26)-ból formálisan betűcserével kapjuk, így

$$j\Omega_k A_l^k H_{2l}(\omega) e^{j\omega t} \quad (27)$$

A (23) egyenletrendszer minden során, és minden sor minden tagján elvégezve a fenti átírásokat, követelményünk a következő mátrix alakba írható

$$\underline{A}\underline{H} = \underline{N}, \quad (28)$$

ahol

$$\underline{A} \equiv \begin{bmatrix} A_1^0 & \dots & A_n^0 & \dots & j\omega A_1^0 & \dots & j\omega A_n^0 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_1^{n-1} & \dots & A_n^{n-1} & \dots & j\Omega_{n-1} A_1^{n-1} & \dots & j\Omega_{n-1} A_n^{n-1} \\ A_1^n & \dots & A_n^n & \dots & j\Omega_n A_1^n & \dots & j\Omega_n A_n^n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_1^{2n-1} & \dots & A_n^{2n-1} & \dots & j\Omega_{2n-1} A_1^{2n-1} & \dots & j\Omega_{2n-1} A_n^{2n-1} \end{bmatrix}$$

$$\underline{H} = \begin{bmatrix} H_1(\omega) \\ H_2(\omega) \\ \vdots \\ H_{2n}(\omega) \end{bmatrix} \quad \text{és} \quad \underline{N} = \begin{bmatrix} 2n \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

A (28) egyenlet formálisan megoldva

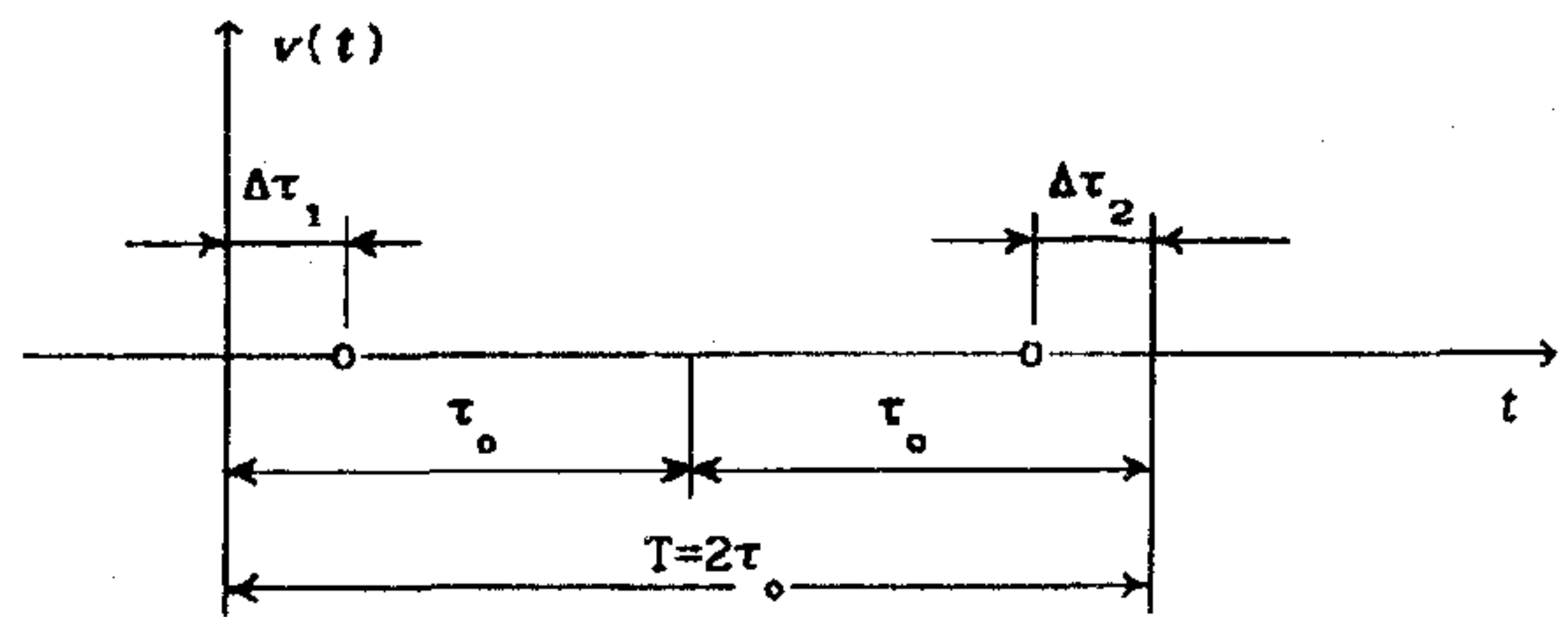
$$\underline{H} = \underline{A}^{-1} \underline{N} \quad (29)$$

A többi tartományokra a (28) egyenlethez hasonló mátrixegyenlet írható annak figyelembevételével, hogy mely komponensek eshetnek az éppen kiválasztott tartományba. Jelen esetben a $H(\omega)$ megoldás nem vezet ω -tól független konstans fázisú hálózatra, mint a 3.1. pontban. A (29) kiszámításával csak a $\left(\frac{2n-1}{2n} B, B\right)$ tartományon belül egy

rögzített pontban kapjuk meg $H(\omega)$ értékét, ezért a számítást minden ω -ra meg kell ismételni. Ha n kicsi, akkor $H(\omega)$ zárt alakban magadható.

4.2. Egyszerű példa a jel és differenciálhányadosának mintavételezésére

A 6. ábra általános esetéből kiindulva, $n=1$ esetén a mintavétel időpontjai a 7. ábrán látható módon alakulnak. Vizsgáljuk azt a legegyszerűbb esetet, amelyben $\Delta\tau_1 = \Delta\tau_2 = 0$ azaz $T = 2\tau_0$ időközönként (ekvidisztáns módon) mintát veszünk



14500-2

7. ábra. A jel és a jel első differenciálhányadosának mintavételezési időpontjai $n=1$ esetén

$x(t)$ és $x'(t)$ jelekből. Ebben a speciális esetben a (28) egyenlet a következő alakú

$$\begin{bmatrix} 1 & j\omega \\ 1 & j\left(\frac{\omega_0}{2} - \omega\right) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} H_1(\omega) \\ H_2(\omega) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (30)$$

A (30) egyenletrendszert $H_1(\omega)$ és $H_2(\omega)$ -ra megoldva kapjuk, hogy

$$H_1(\omega) = \frac{2\left(\frac{\omega_0}{2} - \omega\right)}{\frac{\omega_0}{2} - 2\omega}, \quad H_2(\omega) = \frac{2j}{\frac{\omega_0}{2} - 2\omega}. \quad (31)$$

A (31) egyenletekkel adott $H_1(\omega)$ és $H_2(\omega)$ az $\omega = \omega_0/4$ -nél szingularitással rendelkezik, és ez a $[0, \omega_0/2)$ intervallum közepére esik. Bizonyítható, hogy a visszaállítás ekkor is egyértelmű, a szummázó kimenetén a határátmenet létezik.

5. Periodikus jel mintavételezése

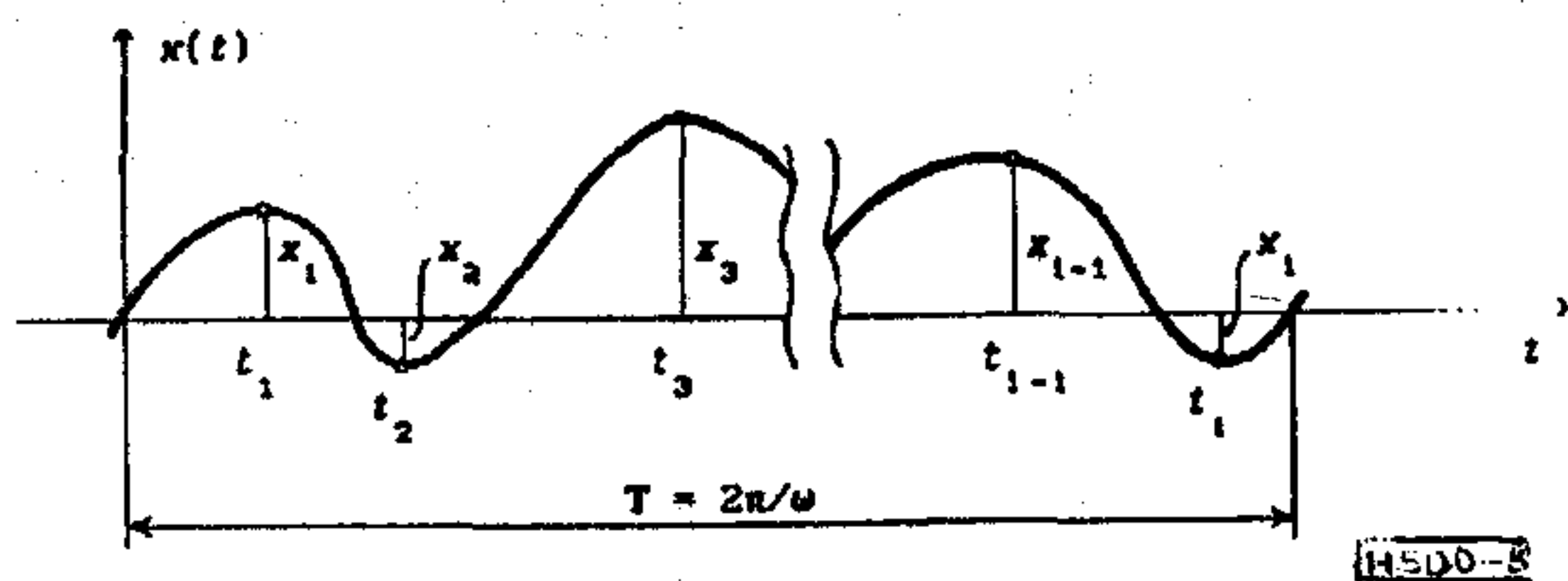
Vizsgálatainkat korlátozzuk kizárólag periodikus jelekre. Ez nem jelent különösebb megszorítást, mivel a periodikus jelekre kapott eredmények több oldalról megközelítve is állandósíthatók. A periodikus jelek jellegzetes pontjai — pl. nullahe-lyei, vagy helyi szélsőértékeknél felvett értékei — bonyolult kapcsolatban vannak a jel Fourier komponenseivel. Három komponensből álló jel nulla- helyei nem adhatók meg zárt alakban, ezért a helyi szélsőértékek és az időfüggvény közötti kapcsolatteremtés kérdését más oldalról kell megközelíteni.

5.1. Periodikus jel nullahelyeinek száma

Egy sávkorlátos periodikus jel mindig felírható a következő alakban

$$\begin{aligned} x(t) &= \sum_{n=n_L}^{n_H} (a_n \sin n\omega t + b_n \cos n\omega t) = \\ &= \sum_{n=n_L}^{n_H} c_n \sin(n\omega t + \Phi_n), \end{aligned} \quad (32)$$

ahol n pozitív egész szám, és $n_L \leq n_H$. Jelöljük $x(t)$ periodusidejét T -vel, így $T = 2\pi/\omega$. Helyezzük el a $t=0$ időpontot az $x(t)$ jel valamelyik pozitív nullátmenetnél, mint az a 8. ábrán látható. Az $x(t)$ jelnek



8. ábra. Periodikus, véges sávszélességű jel helyi szélsőértékei

a $[0, T)$ intervallumban i nullahelye van, és korlátok közé szorítható. Bizonyítható, hogy

$$h(n_L \omega) \leq i < h(n_H \omega), \quad (33)$$

ahol $h(n_L \omega)$ a legkisebb, $h(n_H \omega)$ pedig a legnagyobb frekvenciájú komponens nullahelyeinek számát jelenti ugyanezen intervallumban. Ebből következik, hogy a $x(t)$ jel nullahelyeinek száma

$$2n_L \leq i < 2n_H. \quad (34)$$

5.2. Periodikus jel nem ekvidisztáns mintavételezése és tulajdonságai

Legyen $x(t)$ a (32)-nek megfelelő alakú és a $[0, T)$ intervallumban vegyünk mintát a jel helyi szélsőértékeinél a 8. ábrának megfelelően. Vezessük be a következő egyszerűsítő jelöléseket

$$x_1 = x(t_1), x_2 = x(t_2), \dots, x_i = x(t_i),$$

valamint

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0, \Delta t_2 = t_2 - t_1, \dots, \Delta t_i = t_i - t_{i-1}.$$

Az $\{x_1, \Delta t_1, x_2, \Delta t_2, \dots, x_i, \Delta t_i\}$ halmaz egyértelműen meghatározza $x(t)$ -t, ha $\omega_H < 2\omega_L$, azaz ha $x(t)$ komponensel egy oktávnál szűkebb sávba esnek. Ugyanis, ha az $x(t)$ jelből a $[0, T)$ intervallumban $2i$ ekvidisztáns mintát veszünk, akkor $\tau_0 = T/2i$, és a mintavételi frekvencia

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{\tau_0} = 2\pi \frac{2i}{T}. \quad (35)$$

A legkedvezőtlenebb esetben $i = 2n_L$ a (34)-ből adódóan, és (35)-be helyettesítve

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} (2 \cdot 2n_L) = 4n_L \omega = 4\omega_L. \quad (36)$$

Feltételünk értelmében $\omega_H < \omega_L$, összevetve a (36)-el adódik, hogy

$$2\omega_H < \omega_0. \quad (37)$$

Tekintettel arra, hogy $i \geq 2n_L$, a (37) mindig teljesül, tehát a $2i$ ekvidisztáns minta egyértelműen meghatározza $x(t)$ -t. A 4.1. értelmében, ha $x(t)$ és $x'(t)$ jelekből $T = 2n\tau_0$ idő alatt n nem ekvidisztáns mintát veszünk, akkor a minták meghatározzák $x(t)$ -t. A periodikus $x(t)$ jelnek a $[0, T]$ intervallumban i helyi szélsőértéke van, azaz $T = 2i\tau_0$, tehát az i nem ekvidisztáns minta egyértelműen meghatározza $x(t)$ -t. (A differenciáhányadosok mind nullák, de a $t_1, t_2, \dots, t_i$ időpontok nem semmitmondók.)

A helyi szélsőértékeknél történő mintavételezést a továbbiakban illesztett mintavételezésnek nevezzük. Az illesztett mintavételezés egy transzformáció, mely az $x(t)$ jelből az $\{x_1, \Delta t_1, x_2, \Delta t_2, \dots, x_i, \Delta t_i\}$ halmazt állítja elő. Jelöljük ezt a transzformációt AS szimbólummal. (Adaptive Sampling)

Mielőtt e mintavételezésének főbb tulajdonságait felsorolánk, vizsgáljuk meg, hogy a periodikus jelek összege milyen feltételek mellett lesz szintén periodikus. Ha egy $x_1(t)$ jel T_1 -re, $x_2(t)$ pedig T_2 -re periodikus, akkor $x(t) = x_1(t) + x_2(t)$ csak akkor lehet periodikus T -re, ha

$$T = n_1 T_1 = n_2 T_2, \quad (38)$$

ahol n_1 és n_2 pozitív egész számok. Ebből következik, hogy egy olyan transzformációra, mely előállítja a T_1 és T_2 periodusidőket, nem lehet érvényes a szuperpozíció.

1. Tulajdonság

Az illesztett mintavételezés a geometriai értelemben hasonló jeleket hasonló halmazokra képezi le, ugyanis

$$AS\{x(t)\} = \{x_1, \Delta t_1, x_2, \Delta t_2, \dots, x_i, \Delta t_i\},$$

$$AS\{\alpha x(t)\} = \{\alpha x_1, \beta \Delta t_1, \alpha x_2, \beta \Delta t_2, \dots, \alpha x_i, \beta \Delta t_i\}.$$

Ezzel a tulajdonsággal minden lineáris transzformáció rendelkezik. Ezenkívül az illesztett mintavételezés a τ idővel való eltolása invariáns, azaz

$$AS\{x(t-\tau)\} = \{x_1, \Delta t_1, x_2, \Delta t_2, \dots, x_i, \Delta t_i\}.$$

2. Tulajdonság

Az illesztett mintavételezés megtartja a jel periodikus tulajdonságát, azaz ha $x(t)$ periodikus, akkor a minták is periodikusak, $x_k = x_{k+i}$, valamint $\Delta t_k = \Delta t_{k+i}$. Ebből fentiek alapján következik, hogy nem érvényes a lineáris szuperpozíció, azaz

$$AS\{x_1(t) + x_2(t)\} \neq AS\{x_1(t)\} + AS\{x_2(t)\}.$$

3. Tulajdonság

Ha egy $x(t)$ jel T -vel periodikus, akkor minden rész sávja T -vel szintén periodikus, ezért különböző oktávokban kell létezni azonos T idővel azonos $x_k = x_{k+1}$ illesztett mintáknak. Másszóval a különböző oktávokban például kell létezni olyan pozitív nullátmetszéseknek, melyek között az időintervallum azonos és T hosszúságú.

4. Tulajdonság

Ha $x(t)$ periodikus, akkor minden lineáris transzformáltja is periodikus, tehát az

$$x(t) = x(t+T), x^{(1)}(t) = x^{(1)}(t+T), \dots, x^{(l-1)}(t) = x^{(l-1)}(t+T)$$

Jelek illesztett mintái is periodikusak T -vel, és a 4. pont értelmében egyértelműen meghatározzák $x(t)$ -t, ha a jel spektruma egy oktávnál szűkebb. Ebből következik, hogy egy T^H hipotézisről $T + \Delta t$ idő alatt eldönthető illesztett mintái alapján, hogy lehet-e periodusidő. (Nem szükséges $2T$ hosszúságú ablak ismerete!)

5. Tulajdonság

Ha egy $x(t)$ jelnek a $[0, T)$ intervallumban $l > 2n_L$ számú nullahelye van, akkor az illesztett minták a jelet túlhatározzák, a felesleges minták elhagyhatók.

6. Záró megjegyzés

Az illesztett mintavételezés első két tulajdonságának együttes fennállása önmagában is érdekes, és lehetőséget ad arra, hogy segítségével megkísérjük modellezni a hallásmechanizmust. Az emberi hallásról szerzett eddigi ismeretek [7], [8], [9] és [10] jól összhangban vannak az illesztett mintavételezés tulajdonságaival. Mint az a [11]-ben közölt pszichoakusztikai vizsgálatokból kiderül, az idő- és frekvenciatartománybeli felbontás szorzata lényegesen kisebb, mintsem spektrummérésen alapuló modellel magyarázható lenne [12]. Az illesztett mintavételezés kedvező tulajdonságokat mutat, ezért alkalmasnak tűnik a beszédjel feldolgozására, például a "pitch" frekvencia detektálására, különösen akkor, ha több oktávban, vagy oktáv-

nál szűkebb sávban párhuzamos feldolgozás történik. Természetesen sokféle feldolgozás képzelhető el, például a jól bevált AMDF (Average Magnitude Difference Function) módszer [10] az illesztett mintákon egyszerűen alkalmazható. Annak tisztázásához azonban, hogy az illesztett mintavételezéssel kváziperiodikus jelekre milyen tulajdonságú becslés adható, további részletes vizsgálatok szükségesek.

Köszönetnyilvánítás

Munkánk során igen sok segítséget nyújtott dr. Osváth László, valamint dr. Pap László, aki felhívta a figyelmem az általánosítás időtartományban megfogalmazható szellemes lehetőségeire. Külön köszönöm Szekeres Gábor gondos munkáját, mellyel a kézirat tévedéseit korrigálta. Továbbá szeretném megköszönni közvetlen munkatársaim dr. Farkas György és dr. Jereb László segítségét, akik tanácsaikkal és más területen végzett munkájukkal lehetővé tették e cikk megírását.

Irodalom

- [1] H. Freeman Discrete-Time Systems John Wiley & Sons, INC. New York, 1965.
- [2] H.W. Thomas, N.P. Lutte, Z-transform Analysis of Nonuniformly Sampled Digital Filters. Proc. IEE, vol. 119, No.11, 1972.
- [3] A. Wojtkiewicz, M. Tuszynski, W. Klimkiewicz, Analysis and Design of Digital. Proc. Filters Processing Nonuniformly Sampled Signals. Proc. of ECCTD'85, Prague Czechoslovakia, 1985.
- [4] A. Weinberg and B. Liu, Discrete Time Analysis of Nonuniform Sampling First- and Second-Order Digital Phase Lock Loops. IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-22, No.2. Feb. 1974.
- [5] G.A. Korn-T.M. Korn, Matematikai kézikönyv műszakiaknak. Műszaki Könyvkiadó, 1975.
- [6] Információ közlése és feldolgozása. Szerkesztő: Csibi Sándor. Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.
- [7] H. Fletcher: Speech and Hearing. Nostrand C., New York, 1950.
- [8] Tarnóczy T.: Zenel akusztika. Zeneműkiadó, Budapest. 1982.
- [9] G.V. Békésy: Experiments in Hearing, New York, 1960.
- [10] Gordos G., Takács Gy.: Digitális beszédfeldolgozás. Műszaki Kiadó Budapest, 1983.
- [11] L.M. Grobber: Apperclation of shorts tones. Seventh international congress on acoustics, Budapest, 1971 Vol. 3. 329-332.
- [12] Gabor, D.: Acoustical Quanta and the Theory of Hearing Nature, 1947. vol. 159. 591-692.

A szolgáltatások szerepe a BHG kiskapacitású EPM alközpontjainak programfejlesztésében

Dr. Darabos Zoltán
BHG Fejlesztési Intézet

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a szolgáltatások szerepével foglalkozik a BHG kiskapacitású mikroprocesszoros vezérlésű alközpontjainak programfejlesztési folyamatában. Ismerteti a központok programozható szolgáltatásainak különböző szintjeit, a fejlesztési környezetet és a programozónak a programrendszer felépítése során nyújtott szolgáltatásokat.

1. Bevezetés

Az EP típusú elektronikus, tárolt program vezérlésű alközpontok /EP128, EP512/ gyártása mintegy 10 éves múltra tekint vissza a BHG Híradástechnikai Vállalatnál. A központokban a MAT 512/2 célvezérlőt alkalmazták, mely ára miatt nem tette lehetővé a kis kapacitástartomány lefedését, ezért az EP család gazdaságos alkalmazása a 100 mellékállomás fölötti tartomány volt sokáig. 1986-ban befejeződött a mikroprocesszoros vezérlésű kiskapacitású családtagok hardver és szoftver fejlesztése és 1987-ben megindult a központok sorozatgyártása. A kiskapacitású EPM központok családtagjait az alábbi táblázat tartalmazza, a tipikus klépítések megadásával fővonal/mellékállomás jelöléssel.

név	EP8M	EP16M!	EP32M	EP64M	EP128M!
klépítés	2/8	4/16	6/30	12/64	10/100
memória	24K	24K	62K	62K	62K

A táblázatban ! jellel jelölt típusok nem kerültek Magyar Postai approbációra, így azok hazai forgalmazása nem folyik (1. ábra). A család EP32M és attól felfelé lévő tagjai 80 %-ban az EP család kártyaválasztékából állnak, így ezek gyártásbavezetése nagyobb nehézségek nélkül megoldott. A legkisebb központok /EP8M, EP16M/ viszont csak néhány kártyából épülnek fel és hordozható méretűek, így azok üzemeltetése és szervíze szintén egyszerű.

2. A szolgáltatások két oldala

Ha egy programrendszer fejlesztési folyamatában szolgáltatásokról beszélünk, meg kell különböztetni a kifejlesztett berendezés szolgáltatásait és a fejlesztéshez nyújtott szolgáltatásokon belül az alábbi részterületeket.

2.1. A fejlesztőrendszer szolgáltatásai

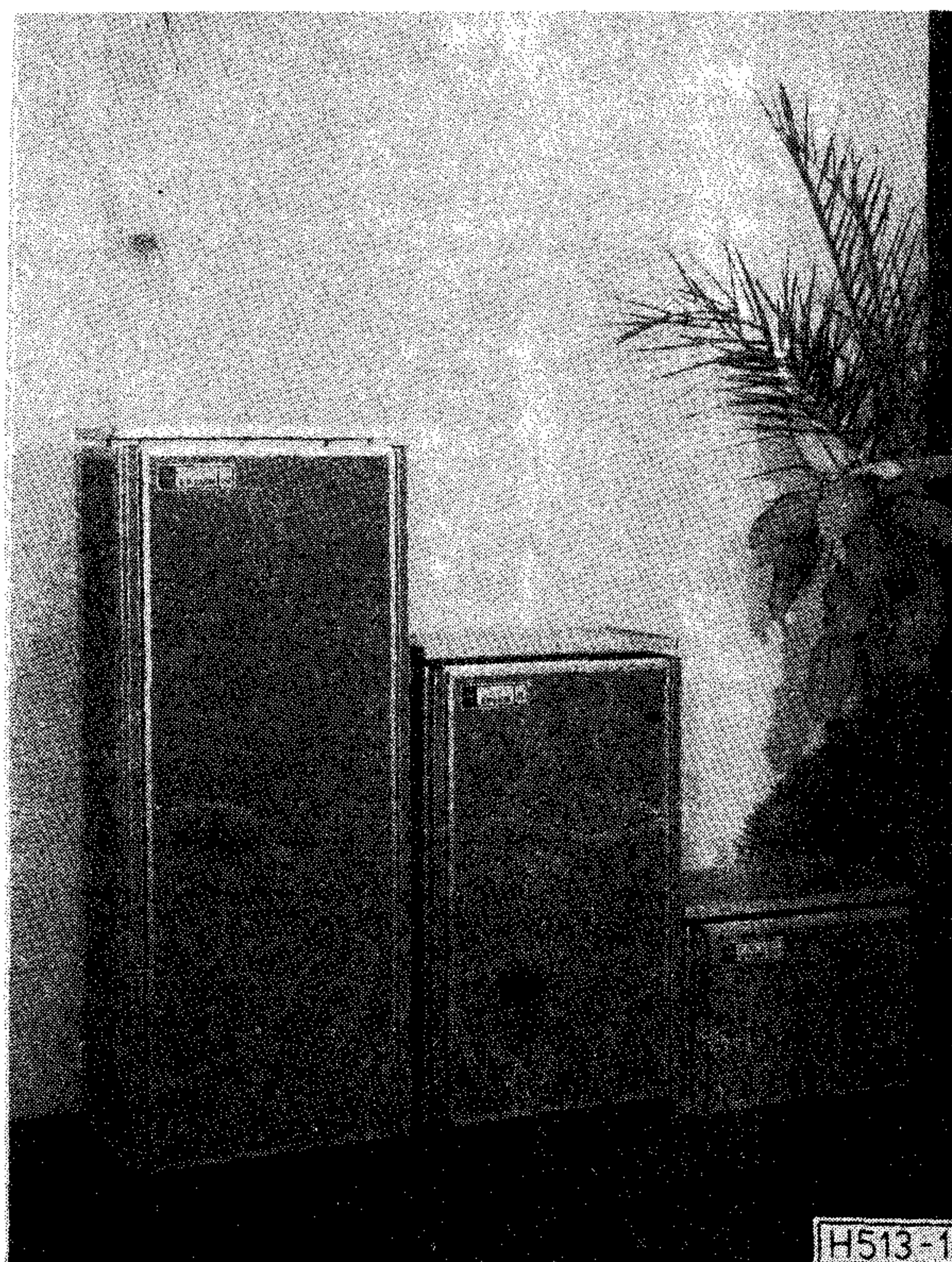
Beérkezett: 1989. I. 30. (*)



Dr. Darabos Zoltán

1977-ben végezte a BME Villamosmérnöki karát, majd a BHG ösztöndíjasaként 2 évig nappali szakmérnöki tanulmányokat folytatott. 1980-ban egyetemi doktori fokozatot szerzett az Integrált távközlés területén. A

BHG-ban az EP központok programfejlesztői környezetének kialakítása után az EPM mikroprocesszoros alközpontcsalád programfejlesztését vezette. Jelenleg a BHG Fejlesztési Intézet EP fejlesztésén működő vezérlőfejlesztési osztály vezetője.



1. ábra. A kiskapacitású mikroprocesszoros EPM család 3 legnagyobb tagja

- hardverrel biztosított szolgáltatások, melyek
 - a fejlesztendő berendezéstől függetlenül rendelkezésre álló mérő és vizsgálóeszközök, jel és jelzés generátorok, emulátorok stb,
 - a fejlesztendő berendezés labormodelje esetleges speciális átalakításokkal és a
 - környezetszimulátorok
- szoftver feltételek /elsősorban a programozónak nyújtott szolgáltatások/
 - szoftver fejlesztő programok /szerkesztők, fordítók, debuggerek/ általában nem a fejlesztés alatt álló berendezésen futnak.

— a fejlesztés alatti programrendszerbe beépített monitor programok, berendezésvizsgáló programok és a fejlesztés alatti programrendszer struktúrája, mint a programozó közvetlen környezete.

2.1.1. A fejlesztőrendszer hardver felépítése

2.1.1.1. A központ vezérlője

Az EPM központokban alkalmazott vezérlő 8085 típusú mikroprocesszort tartalmaz, mely a táblázatban szereplő maximális memóriakapacitást tudja kezelni. A vezérlőn 3 csatornás időzítő egység szolgáltatja a szükséges óramegszakításokat, periféria illesztő áramkör kezeli a régebbi EP központok kártyái által igényelt perifériaidőzítés szekvenciáját. A vezérlő 20mA áramhurkos duplex csatlakozással rendelkezik, melyre szervíz eszközök /EPROM programozható, monitor/ csatlakoztatható. A vezérlő tranzienst hibák elleni védelméről NMI megszakításra kapcsolódó újraindítható időzítés gondoskodik, a RAM memóriák pedig tápfeszültség kimaradása esetén a védett területeket megőrzik. A fejlesztés idejére a programfelügyeletet végző időzítő /watchdog/ áramkört kikapcsoljuk, hogy a tetszőleges helyen és időpontban megállítható és újraindítható legyen a program az emulációs mérések során.

2.1.1.2. Jel és jelzés generátorok

A fejlesztés során felhasználhattuk a szokásos telefontechnikai jelgenerátorokat és teszttereket, de legnagyobb segítséget a már kifejlesztett, az EP családba tartozó berendezések jelentették. Mivel ezek nagyobb kapacitásúak, mint a család ezen kisebb tagjai, nem okozott az új berendezést teljes kapacitásáig terhelni a már működő berendezésekből keltett forgalommal.

2.1.1.3. Környezetszimulátorok

A fejlesztés során nem került sor környezetszimulátor berendezés használatára, mely a reális forgalmi és szolgáltatás igénybevételi körülményeket utánozó programozott berendezést igényelt volna. Ennek fejlesztési ráfordításait nem tudtuk biztosítani, így vállaltuk a nehezebb utat, a kísérleti forgalmi periódust, melyet szakértői környezetben, a Magyar Posta Budapest Vidéki Igazgatóságának szervíz bázisán, Budaörsön végeztünk.

2.1.1.4. A programfejlesztés és tervezés eszközei

A programrendszer tervezésének beindítása 1985-re nyúlik vissza. A programrendszer kidolgozásával egyidejűleg folyt a mikroprocesszoros technika hardver feltételeinek kialakítása is. A programfejlesztést alapvetően 8085-ös in-circuit

emulátor alkalmazására építettük. Az emulátor parancsnyelve és kialakítása biztosította a vezérlő real-time emulációját oly módon, hogy közben eredeti helyén a központ berendezésében működött. Így a hardverközeli programok belövésében nem kellett szoftver szimulációt alkalmazni. Az emuláció biztosította ugyan az utasítás szintű programfejlesztést több megszakításos real-time környezetben, de nem nyújtott támogatást a magasabb szintű programfejlesztési feladatok megoldásához. Ezért bizonyos fókig indokolt a programfejlesztés eszközeihez sorolni a program olyan strukturálását, mely lehetőleg optimális módon tudja a rendelkezésre álló programozói erőforrásokat a feladat megoldására koncentrálni, és a lehető legkevesebb energiát igénylő fejlesztői támogató programok elkészítéséhez, s ugyanakkor elegendő segítséget ad a gyártható minőségű szoftver hibáinak időben történő felderítéséhez. Ebben a nehezen tervezhető, intuíción igénylő folyamatban támaszkodhattunk a távbeszélőközpontok MAT 512 bázisu programfejlesztésében elért BHG eredményekre, a már több ezer példányban eladott programcsoportokra és nem utolsósorban a MAT 512 programfejlesztés támogató rendszerének felhasználói tapasztalataira.

2.1.2. A fejlesztőrendszer szoftver felépítése

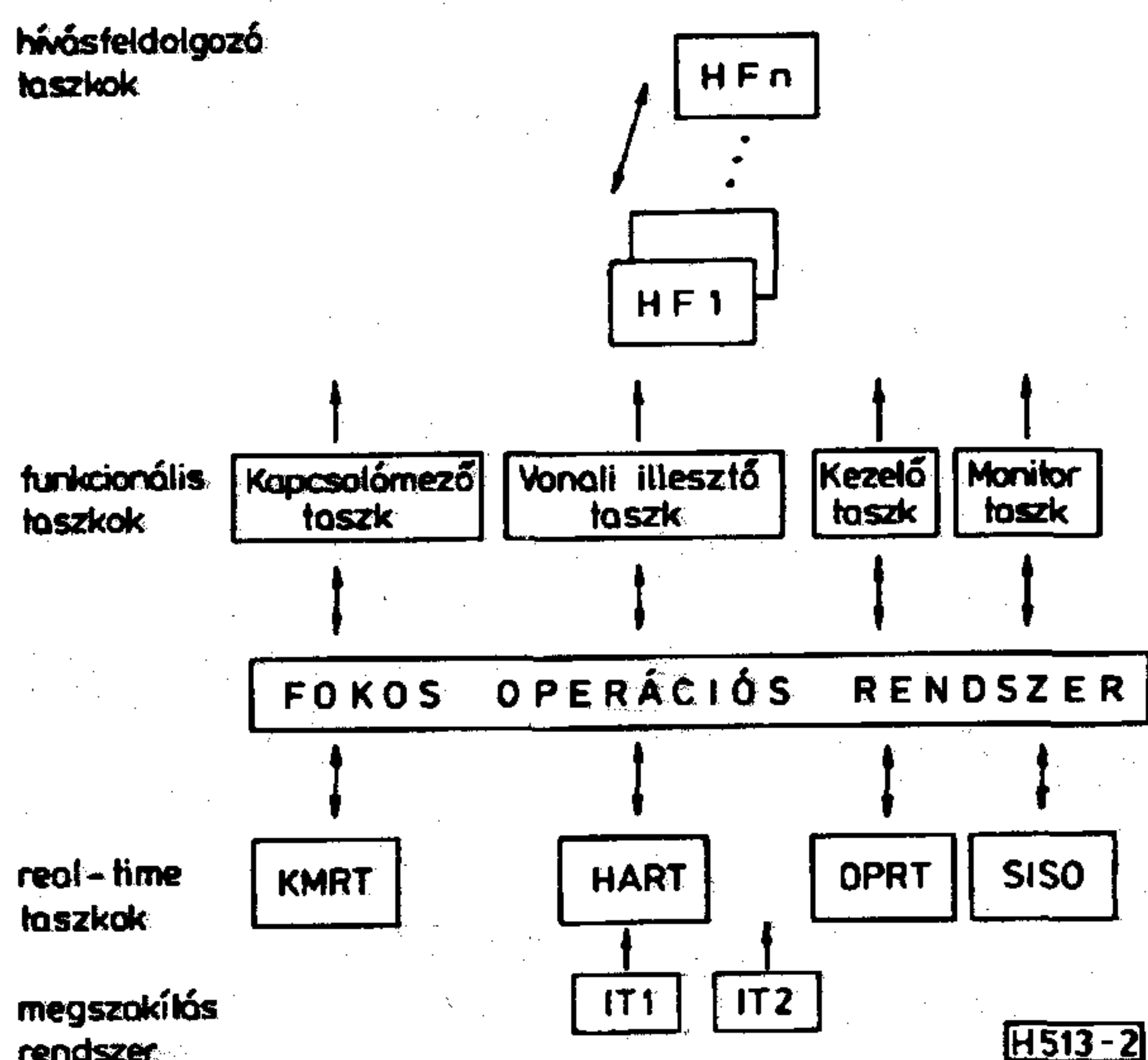
2.1.2.1. Alkalmazott nyelvek

A vezérlőprogramok írásakor mindig felmerülő kérdés az alacsony vagy magasszintű nyelvek alkalmazása. Ezt a hardver, sebességi, dokumentációs, programozói és követési kérdéssel halmaza befolyásolja. Esetünkben elsősorban hardver és sebességi kérdések döntöttek. A programrendszer így assembly nyelven íródott, biztosítva ezzel a vezérlő lehetőségeinek maximális kihasználását, de a programstruktúrát úgy alakítottuk ki, hogy a legfelső programszinten, a hívásfeldolgozó szinten egy olyan makronyelvet alkalmazzunk, mely áttekinthetővé teszi a szolgáltatások megfogalmazását, azok esetleges későbbi módosítását. A nyelvet úgy alakítottuk ki, hogy annak feldolgozására ne kelljen külön fordítóprogramot írni a fejlesztői programcsomagba és ugyanakkor a központ programrendszerében se legyen szükség interpreter programra a makronyelven írt programrészek futtatásához. A nyelvi fordítók és szerkesztők BHG gyártmányú, az in-circuit emulátort is tartalmazó VFR berendezésen futnak.

2.1.2.2. Az EPM programrendszer struktúrája

Az EPM központokban működő programrendszer multiprocesszoros működésre készült, multitaskingos felépítésű. A legtöbb programmodul valamennyi központban azonos, a szükséges módosításokat a szolgáltatások kiterjedése ill. a vezérlendő hardverben meglévő különbségek indokol-

ják. A rendszer taszkjait az alábbi ábra mutatja (2. ábra).



2. ábra. A programrendszer felépítése

A rendszert összetevő taszkok alapvetően két részre tagolhatók. A funkcionális taszkok statikusak, a rendszer indításakor keletkeznek és nem szűnnek meg a normális működés során. A hívásfeldolgozást végző taszkok dinamikusak, csak addig élnek a rendszerben, míg a hívás fennáll. A két fajtát együtt normál taszkoknak nevezzük, hogy megkülönböztethessük az általunk igénybe vehető operációs rendszer szolgáltatásokat a real-time taszkoktól.

A funkcionális taszkok követik a hardver tagolódását, külső interfészeik olyanok, hogy a feldolgozó szoftver hardverfüggetlenségét biztosítani tudják.

A hívásfeldolgozó taszkok szabványos üzenetekben cserélnek információt a funkcionális taszkokkal, ill. egymással olyan esetekben, mikor a másik hívás adataira szükségük lehet. Jó példa erre a figyelés szolgáltatás, ahol annak engedélyezése előtt meg kell győződni a figyelni szándékozó hívó magasabb jogairól a másik kapcsolatban résztvevő valamennyi partnerrel szemben.

A kezelőt, nagyobb feldolgozás igénye miatt külön funkcionális taszk tartja kézben, mely üzeneteit a vonali illesztő szűrése után kapja meg. A monitor taszk valamennyi taszkkal kapcsolatot teremthet az üzenetküldő parancsai segítségével, normális működése során azonban csak az operációs rendszer belső forgalmát figyeli.

Valamennyi funkcionális taszkhoz a szigorú /10ms nagyságrendű/, időzítéseket ellátó real-time szintű program tartozik. Ezek önnállóan végeznek jelszűrést, események üzenetek útján való jelzését a funkcionális taszkoknak és ellátják a vezérelt hardver időkritikus működtetési feladatait. Az operációs rendszerhez tartozó időzítő real-time taszk /OSRT1-2/ végzi a funkcionális megsza-

kítási rendszer ütemezését és a normál taszkok behívását.

2.1.2.3. Az operációs rendszer szolgáltatásai

- | | |
|----------|--|
| SEND | – Üzenet küldés adott számú normál taszknak. Szabványos üzenet összeállítása után hívható meg. |
| RECFROM | – Üzenet vétel felfüggesztéssel vagy anélkül, adott számú és kulcsú normál taszktól. |
| RECANY | – Üzenet vétel felfüggesztéssel vagy anélkül bármely feladótól. |
| LOOKFROM | – Üzenet vétel felfüggesztés nélkül adott számú és kulcsú normál taszktól. |
| LOOKANY | – Üzenet vétel felfüggesztés nélkül bármely feladótól. |
| READY | – Normál taszk futásának felfüggesztése azonnali újraütemezéssel. |
| YESIT | – Real-time taszk futásának letiltása normál és real-time taszk közötti kommunikációban a kölcsönös kizárás biztosítására. |
| NOIT | – Real-time taszk futásának engedélyezése normál és real-time taszk közötti kommunikációban a kölcsönös kizárás biztosítására. |
| SETPRI | – Normál taszk prioritásának beállítása |
| GETFEL | – Relatív időmérés |
| CREATE | – Normál taszk létrehozása |
| ENDTASK | – Normál taszk megszüntetése |

2.1.2.4. A monitor taszk szolgáltatásai

A fejlesztés során nélkülözhetetlennek bizonyult a rendszer magasszintű működését nyomonkövető MONITOR program. Ennek üzenetkövetési szolgáltatását használva a telefonos események real-time jellege és időbeli követhetlensége megszűnik, rögzíthetővé és elemezhetővé válik. Az üzenetküldési szolgáltatással az egyes funkcionális taszkok működése vizsgálható.

DUMP parancs

A memória tartalmának kiírása. Az adott címtől kezdődően a memória 64 byte-ját egy időszelvényben lekérdezi, majd utána megjeleníti a képernyőn. A kiírás után lehetőség van az adott terület módosítására: a megnyitott 64 byte méretű ablakban a cursor billentyűkkel lehet mozogni és bármelyik byte felülírató. A módosított byte azonnal felülíródik a memóriában is. Mivel a memóriaterületben helyezkedik el a perifériacím-tartomány is, a paranccsal perifériatárolókat is írhatunk.

INCREMENT parancs

Az előző DUMP parancsban megadott cím értékét 64 byte-tal megnöveli, és indítja a DUMP parancsot.

DECREMENT parancs

Az előző DUMP parancsban megadott cím értékét 64 byte-tal csökkenti és indítja a DUMP parancsot. Egy DUMP parancs után kiadott INCREMENT és DECREMENT parancsokkal lapozni lehet a memóriában.

SAMPLE parancs

Dinamikus DUMP. A DUMP parancs után kiadott S parancs a 64 byte-os ablak ciklikus lekérdezését és megjelenítését végzi. A megjelenítési sebesség kb. 20 kép/s.

CLEAR parancs

A DUMP parancsban kijelölt 64 byte-os terület kinullázása a memóriában és az eredmény klírása. A parancs után automatikusan DUMP parancs indul.

LOAD parancs

Memóriaterület módosítása. Az adott címtől kezdődően max 32 byte-ot egy időszelvényben a memóriába ír. Így lehet olyan kódokat is javítani, melyeken a javítás alatt is fut a program.

MESSAGE parancs

M parancssal előre összeállított üzeneteket küldhetünk el tetszőleges címzettnek a rendszerben tetszőleges taszk, mint feladó nevében. Az üzenet sikeres elküldését a monitor hangjelzéssel nyugtázza. Az üzenet többször is elküldhető az M parancs ismételtetésével. Ha az üzenetet a MONITOR taszk nevében küldjük el, melynek száma 1, a válasz is a MONITOR-hoz fog jönni ha a feladott üzenet válaszköteles volt. A monitorról feladott üzeneteket is megjeleníthetjük a P parancssal.

PRINT parancs

Rendszerüzenetek klírása. Az operációs rendszer a taszkok által átvett üzeneteket, valamint a taszkok rendszerhívásainak leidőzítési eseményeit egy 16 elemű listán gyűjti. A P parancs ezt a listát üríti ki a megjelenítés során úgy, hogy ha valaha azt találja, hogy a lista tele van, akkor egy üres sor beiktatásával jelzi, hogy túlcsoordulás történt, tehát ott lehet olyan üzenet a rendszerben, melyet nem tudott megjeleníteni. A megfigyelt üzenetfolyamatot szűrési feltételek, feladó, címzett és név szerint szelektálhatjuk, így a parancs üzem közben is alkalmas egy adott áramkör viselkedésének megfigyelésére.

2.2. A fejlesztő berendezés szolgáltatásai

A fejlesztendő berendezéssel kapcsolatos elvárásokat részben vagy egészében szoftver úton kell realizálni. Ez utóbbin belül is megkülönböztetjük az alábbiakat:

- fix, mintegy hardver jellegű megoldások, melyek egyrészt a
 - gyártáskor rögzített szolgáltatások, másrészt
 - üzembehelyezéskor, ill. a kiképzett szerviz személyzet által elvégezhető szolgáltatás módosítások, továbbá

- a berendezés folyamatos működése során a felhasználó által bármikor elvégezhető programozási szolgáltatások, úgy mint a
 - speciális készülékhez kötött programozási és a
 - mindenki rendelkezésére álló programozási szolgáltatások.

2.2.1. A fejlesztett berendezés beépített programozási szolgáltatásai

2.2.1.1. Gyártási előprogramozás

A központok programrendszere gazdagon paraméterezett. Gyakorlatilag valamennyi hardverfüggetlen adat definiált struktúrában a felhasználó rendelkezésére áll az ún. helyszíntől függő adatterületen. Ez az adatterület EPROM-ba égetett, bár egyes részlet csak alap értelmezésnek számítanak, mert a működés során végrehajtott mellékállomással és speciális készülékről végzett programozások módosíthatják őket. A EPM32M központtól felfelé a memória, tápfeszültség kimaradás esetén is megőrzi a védett adatokat. A központ hardverének kezelése a szolgáltatások adott paraméter környezetben való végrehajtása, tehát az algoritmus a rögzített szolgáltatások körébe tartozik, módosítására csak a gyártónak van joga és lehetősége.

Az EPM központok hazai forgalmazása típus helyszíntől függően történik, a gyárban előprogramozva. Ezzel végzik el a központok vizsgálatát is. A berendezés felhasználói igényekhez való illesztése az üzembehelyezéskor és az üzemeltetés során folyamatosan a helyszíntől függő adatok módosításával történik.

2.2.1.2. Szolgáltatásmódosítások a helyszínen

A helyszíni szolgáltatásmódosítások EPROM égetéssel végezhetők. A központ dokumentációjában részletes leírás szolgál a módosítások végrehajtásának és a közben szükséges ellenőrzéseknek az elvégzésére. Ezek az alábbiakra terjednek ki.

Hardver konfiguráció

A központ által kezelt mellékek és fővonalak száma és jellege. A kapcsolódó fővonalak irányok és áramköreinek száma

Számozási rendszer

A mellékek hívószámainak, a fővonalak egyéni hívószámainak a kezelőnek és szolgáltatások kódszámainak teljes köre.

Kategóriaosztályok

Maximum 15 kategóriaosztály szerkeszthető össze a helyszíni igények szerint.

Mellék kategóriák

A mellékek átsorolhatók új kategóriaosztályba.

Számkorlátozás

A fővonalakon kiadott hívószámsorozatok és azok hossza függetlenül rugalmasan korlátozható, belőlük 4 felhasználós telefonközpont

alakítható ki önállóan használt fővonalakkal, önálló korlátozásokkal és közös kezelővel igény esetén.

Forró fővonalak és mellékek, kezdeti átirányítások

PBX mellékállomási csoportok

A szolgáltatásokkal kapcsolatos valamennyi időzítés

A melléknek és fővonalnak adott jelzések időzítése

2.2.2. Felhasználói programozás szolgáltatások

2.2.2.1. Programozási szolgáltatás mellékállomásai készülékről

Az EPM központokban három különféle átirányítási szolgáltatás és készülékhez rendelt rövidített hívószám tár áll rendelkezésre. Az átirányítási szolgáltatásként lehet kérni a rendszertől az alábbiakat.

Feltétel nélkül

A hívott mellék figyelmeztető hangot kap, de az érkező hívás azonnal a beprogramozott célkészülékre megy.

Mellék nem válaszol esetén működő

A hívott mellék rövidített idejű csengetést kap. Ha a hívott nem jelentkezik, a hívás a beprogramozott célkészülékre megy.

Mellék foglalt vagy nem válaszol esetén működő

Megegyezik a fenti esettel, de rövidebb idejű csengetés után, ha a hívott mellék nem válaszol, a hívás a célállomásra megy.

Az átirányításokból láncok képezhetők. A láncokban különböző típusú átirányítással szerepelhetnek készülékek és a láncok hosszát helyszíntől függő adatokban lehet meghatározni.

A mellékállomások rövidített hívószám táraival rendelkezhetnek /általában 2 vagy 4 darab/ melyek a központ vezérlő memóriájában vannak elhelyezve. Mind az átirányítások, mind a rövidített hívószám tára speciális szám beadása után módosíthatók. A rövidített hívószámok programozása során programozható a 2. és 3. tárcsahangra való várakozás helye illetve mód van a rövidített kladott szám folytatására.

2.2.2.2. Programozás speciális készülékről

Az EPM központokban az üzem közbeni programozáshoz az OP-SET kezelői készüléket, vagy kijelölt melléket vagy mellékeket használhatunk, abban az esetben, ha azokat a programozási joggal ellátták. A kezelői készülék használatának előnye, hogy kijelzéseivel jobb visszajelzést biztosítanak, mint a normál telefon akusztikus jelzéssel, melyről ezért csak a programozási szolgáltatások korlátozott köre vehető igénybe. A speciális készülék ill. jog használatát az indokolja, hogy az innen végrehajtott programozás nemcsak a progra-

mozó készülékre vonatkozik, mint a fenti esetekben, hanem más készülékeket is érint, valamint az, hogy a távhíváskorlátozások feloldása például az üzemeltetőnek pénzébe is kerülhet.

2.2.2.2.1. Programozói jogú mellék szolgáltatásai

Új kategóriák beállítása

Három darab előprogramozott kategória közül adhat egy újat a programozó készülék bárkinek a központban azzal a feltétellel, hogy a kijelölt kategóriában lévő távhívás jogosság nem lehet nagyobb a sajátjánál. A módosított kategória természetesen visszaállítható az eredetire is.

Forró fővonalak és mellékek

A központ bármely fővonala vagy melléke forróvá tehető valamelyik másik mellékre. Az egyik felprogramozott fővonalon bejövő hívás, vagy a forró mellék híváskezdeményezése azonnal a programozáshoz kijelölt melléket csengeti. Az eredeti állapot visszaállítható.

Átirányítások

A központ tetszőleges melléke a fenti három átirányítási fajta közül tetszőleges másikkra átirányítható, és átirányított állapota meg is szüntethető függetlenül attól, hogy azt önmaga vagy más hozta létre.

2.2.2.2.2. Programozói jogú kezelői készülék /OP-SET/ szolgáltatásai

A fentiekén kívül az OP-SET további lehetőségekkel rendelkezik.

Erőszakos bontás

Veszélyhelyzetben szükség lehet arra, hogy valamennyi fővonal foglaltsága esetén a kezelő szabad kimenő vonalhoz jusson. A fővonalon hívás erőszakos bontásával az ott folyó beszélgetés megszakad és azt a kezelő lefoglalhatja.

Kizárás

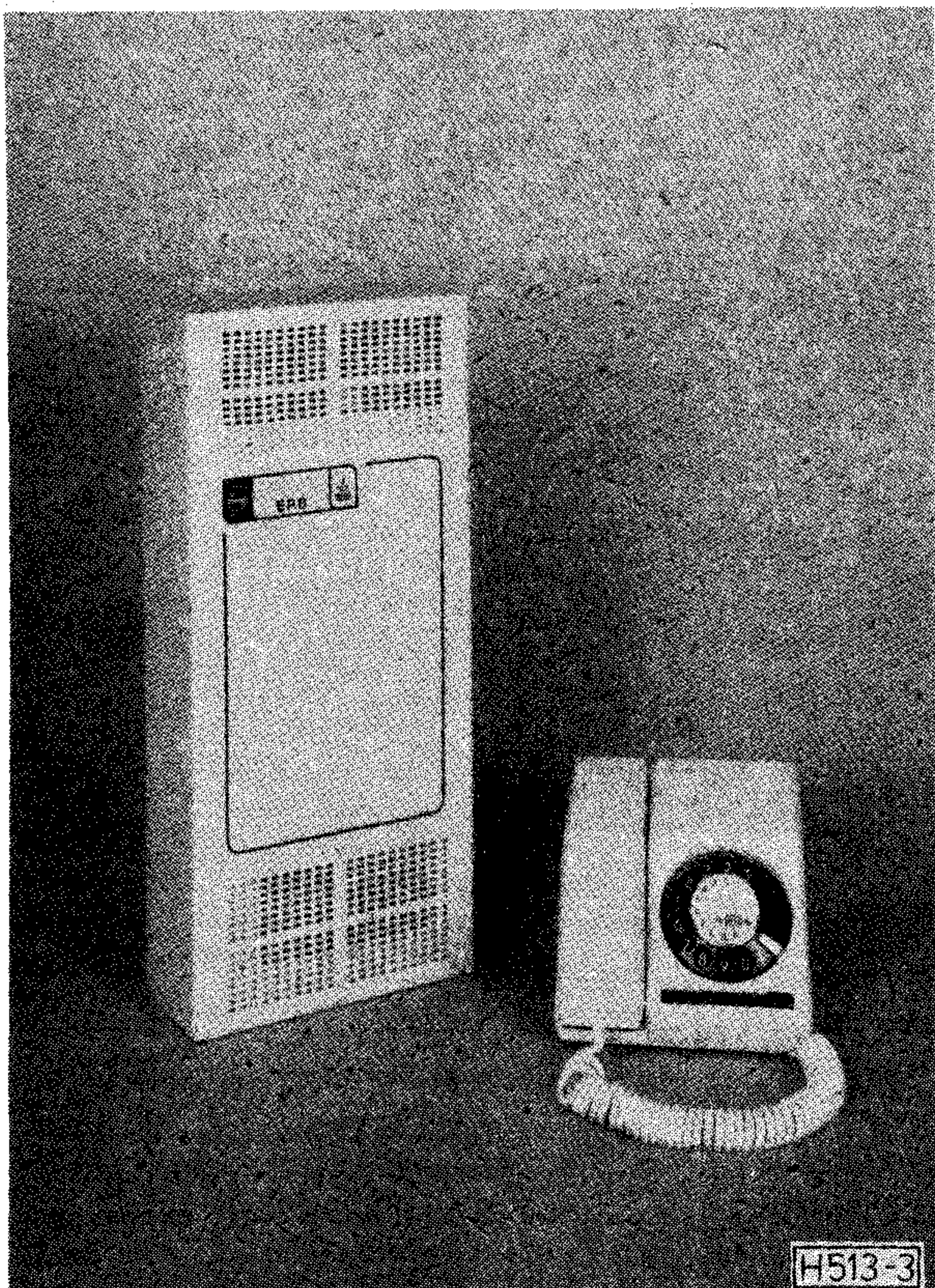
Meghibásodás vagy egyéb okból bármely fővonal vagy mellék kizárható a forgalomból. Ilyenkor a kizárt vonal semmilyen szolgáltatást nem kap. A kizárt áramkör újra felszabadítható.

Dátum beállítás

A kezelő órájának ill. a központ naptárának beállítása.

Vizsgálóprogramok hívása

A központ három vizsgálóprogramjának belindítása a kezelői funkciók időleges felfüggesztése mellett. A programok futása idejére a hívásokat a kijelölt mellék kezeli. A kapcsolómező működésvizsgálatát, az illesztőáramkörök vizsgálatát és a MONITOR taszk szolgáltatásait biztosító három program valamelyikének futtatásakor a hívásokat kijelölt mellék kezeli.



3. ábra. Az EP8M a legkisebb mikroprocesszoros BHG alközpont

Róna Péter 1931–1989

Tragikus hirtelenséggel elhunyt Róna Péter, a műszaki tudomány kandidátusa, a Távközlési Kutató Intézet Állami-Díjas tudományos osztályvezetője, a HTE évtizedes tagja. A sors nem adta meg számára egy igazán eredményes életpálya teljes végigjárását.

Róna Péter munkássága ezer szállal kapcsolódott választott tématerületéhez, a mikrohullámú rádiótávközléshez, s ennek a Távközlési Kutató Intézetben belüli tudományos és gyakorlati műveléséhez.

A kiváló eredménnyel befejezett villamosmérnöki tanulmányait követően került az Intézetbe, s egy rövid oktatói időszakot eltekintve egész alkotói élete a TKI-hoz kötődött. A rádiótávközlő rendszerek tervezése és gyakorlati megoldások keresése iránti érdeklődése végigkísérte egész szakmai tevékenységét.

A mikrohullámú rádióátviteltechnika területén végzett tudományos megalapozottságú és az elméleti eredmények gyakorlati hasznosítására mindenkor törekvő, továbbá a hazai ipar és ezen belül a TKI fontos projektjei megoldásához a lényeges pontokon hozzájáruló munkássága és nem utolsósorban emberi adottságai révén Róna Péter már fiatalon a technika vezető kutatójává vált. Tudományos eredményeit, amelyekre a nemzetközi szakközvélemény is odafigyelt, számos rádiórelé berendezés kidolgozásához felhasználták.

Az analóg rádióátviteltechnika témakörében végzett mintegy három évtizedes munkásságát követően tudatosan felkészült arra, hogy a digitális megoldásokra való áttérés folyamatában is vezető kutatóként tudjon feladatokat vállalni.

Róna Péter iskolateremtő, a szaktechnika fejlődéséhez hozzájáruló, nagy tudású kutató egyéniség volt. Azt tartotta — és ezt

3. A szoftver megoszlása

A fejlesztés során létrejövő eljárások, módszerek hagyományos berendezéseknél is jelentős szellemi erőfeszítések eredményeként születtek, ma azonban, mivel nagyrészt programozható eszközök állnak már rendelkezésünkre ezen eredmények algoritmusai gépi úton is rögzíthető szoftverek. A teljes fejlesztési ráfordításnak tehát csak egy részét képezi a berendezésbe épített szoftver. A gyártónak mind nagyobb érdeke fűződik ahhoz, hogy a beépített szoftver racionális kialakításával a két rész arányát az eladhatóság felé tolja el, azaz a melléktermékekből minél többet használjon fel, integrálja azokat vagy egy független vizsgáló-fejlesztő rendszerbe, vagy pedig magába a berendezésbe. Mi magunk az EPM központok fejlesztésénél ez utóbbira törekedtünk.

4. Továbbfejlesztési lépések

Az EPM központokon keresztül bevezettük a mikroprocesszoros vezérlést az EP család kiskapacitású berendezéseibe. Ezen folyamatot továbbfejlesztve a közeljövőben valamennyi EP berendezés mikroprocesszoros vezérlésének lehetősége is megteremtődik. Emellett folyik az ismertetett szoftver rendszer további szolgáltatásbővítése. Ezek közül ki kell emelni a intelligens trafikációs és az integrált főnök-titkári szolgáltatást, melyek számlázó számítógépek és új, speciális billentyűs készülék csatlakoztatását teszik lehetővé.

eredményei alá is támasztották —, hogy csak a tudomány alkotó alkalmazása vezethet sikeres és magas használati értékű gyakorlati megoldásokhoz.

A rádióátviteltechnika továbbfejlődéséhez hozzájáruló önálló alkotásait 1970-ben a műszaki tudomány kandidátusa fokozattal, sok éves eredményekben gazdag vezető kutató-fejlesztői tevékenységét pedig 1980-ban Állami Díjjal ismerték el.

Elméleti és kísérleti eredményeit írásban is rendszeresen rögzítette. Számos Intézeti elemző feldolgozás és kutatói tanulmány mellett dolgozatai jelentek meg a hazai és külföldi szakfolyóiratokban, előadásai hangzottak el hazai és külföldi szakkonferenciákon. A távközléstechnikával foglalkozó hazai kézikönyvekbe mikrohullámú átviteltechnika alapkérdéseiről írt összefoglaló fejezeteket. Az analóg rádiórelé berendezés-technikáról 1983-ban a Műszaki Könyvkiadó gondozásában megjelent szakkönyve különösen értékes alkotás.

Róna Péter munkásságához tartozónak érezte a jövő műszaki generáció képzésében és a már gyakorló szakembergárda továbbképzésében való közreműködést. Oktatója volt a BME szakmérnöki tagozatának. Mint aspiránsvezető részt vállalt a post-graduális továbbképzésben is. A szakembernevelés területén végzett munkáját a BME címzetes docensi címmel ismerte el.

Róna Péter elhunytával egy sikeres és még továbbiakat ígérő kutató-fejlesztői életút szakadt meg. Életútja, és annak eredményessége, a mellette felnőtt nagyszámú tanítvány jelzi, hogy milyen sokat adott szakmájának és munkatársainak. Szakmai elkötelezettsége és tudományos igényessége a közösség alkotóképességében való hite az innovatív tevékenység iránti készsége, a gyakorlati realizációk tisztelete, a tudás közkinccsé tételére való törekvése és a szakmai közéletben való aktív részvétele példa értékű lehet a munkáját folytatóknak.

BATTISTIG GYÖRGY

Elektronizáció a gépjárműiparban

Göblös János
REMIX

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektronizációs robbanás nemcsak a hagyományos híradástechnikai és műszeripart, valamint a gépipart alakította át. Az elmúlt évtized elektronikája az elvi konstrukcióját tekintve száz éve szinte változatlan személygépkocsit is újraformálja. Az 1930-as évek autóiba került először rádió. Ez azonban kezdetben majdnem kizárólag a szórakoztatást, később a tájékoztatást is (útinform) szolgálta, de semmiféle kapcsolatban nem volt a gépkocsi működésével. Ez a cikk nem a szórakoztató elektronikára kíván kitékintést adni, hanem a műszaki fejlődés és az elektronika számára sokkal nagyobb jelentőségű funkcionális gépjárműelektronikára. Egy piac van kialakulóban, amely új távlatokat jelent az elektronikai alkatrész- és részegységgyártás számára.

1. Előzmények

Napjaink minden járműfajtája - köztük az autó is - alapvetően gépészmérnöki alkotás. Gépészmérnökök képzeltek el 100 évvel ezelőtt, és gépészeti koncepció szerint fejlesztették a legutóbbi évtizedekig az autók villamos berendezéseit is. A legmodernebb autóban is - amely nem elektronizált - a motor működéséhez szükséges gyújtás nagyfeszültségű áramimpulzusát egy szikrainduktor állítja elő. Ugyanabban a kocsi-ban jó néhány jelfogó, behúzó-mágnes, stabilizátor, több kilométer kábel szolgáltatja a biztonságos működést, néhány villanymotor és mechanikus kapcsoló társaságában. Mindezek együttese, mint rendszer, nem lebecsülendő megbízhatósággal szolgál száz éve! Gondoljuk meg: átlagos minőségű személygépkocsinál 100 ezer kilométer futásteljesítményig általában nem szokásos a fődarabcsere, ami átlagos városi-országúti igénybevétel feltételezve 3000...5000 óra üzemelt és 4...7 év élettartamot jelent. Ez alatt a jelfogók 10^5 , a kapcsolók 10^3 - 10^4 -szer, a gyújtótekerccs 10^8 - 10^9 ciklusban működött. A szélsőséges ($-40...+40^\circ\text{C}$ környezeti) hőmérsékletet (motortérben $-40...+125^\circ\text{C}$) és az egyéb klímabehatásokat tekintve, a villamos alkatrészek megbízhatósága ilyen körülmények között 10^{-7} ... 10^{-10} /óra kellett, hogy legyen. Összehasonlításképpen érdemes visszagondolni arra, hogy a közszükségleti elektronikai alkatrészek mikor érték el átlagosan ezt a megbízhatósági szintet (1. ábra). Nem nehéz az ábráról leolvasni, hogy az 1970-es évek előtt a megfelelően olcsó közszükségleti elektronikai alkatrészek megbízhatósága általában nem felelt meg erre a célra. Ezen túl is volt néhány ok:

- nemcsak a szélsőséges klímának (pl. vastagréteg áramkörös), de mechanikai rezgéseknek is ellenálló, megfelelő árfekvésű építőelemek nem voltak teljes választékban;

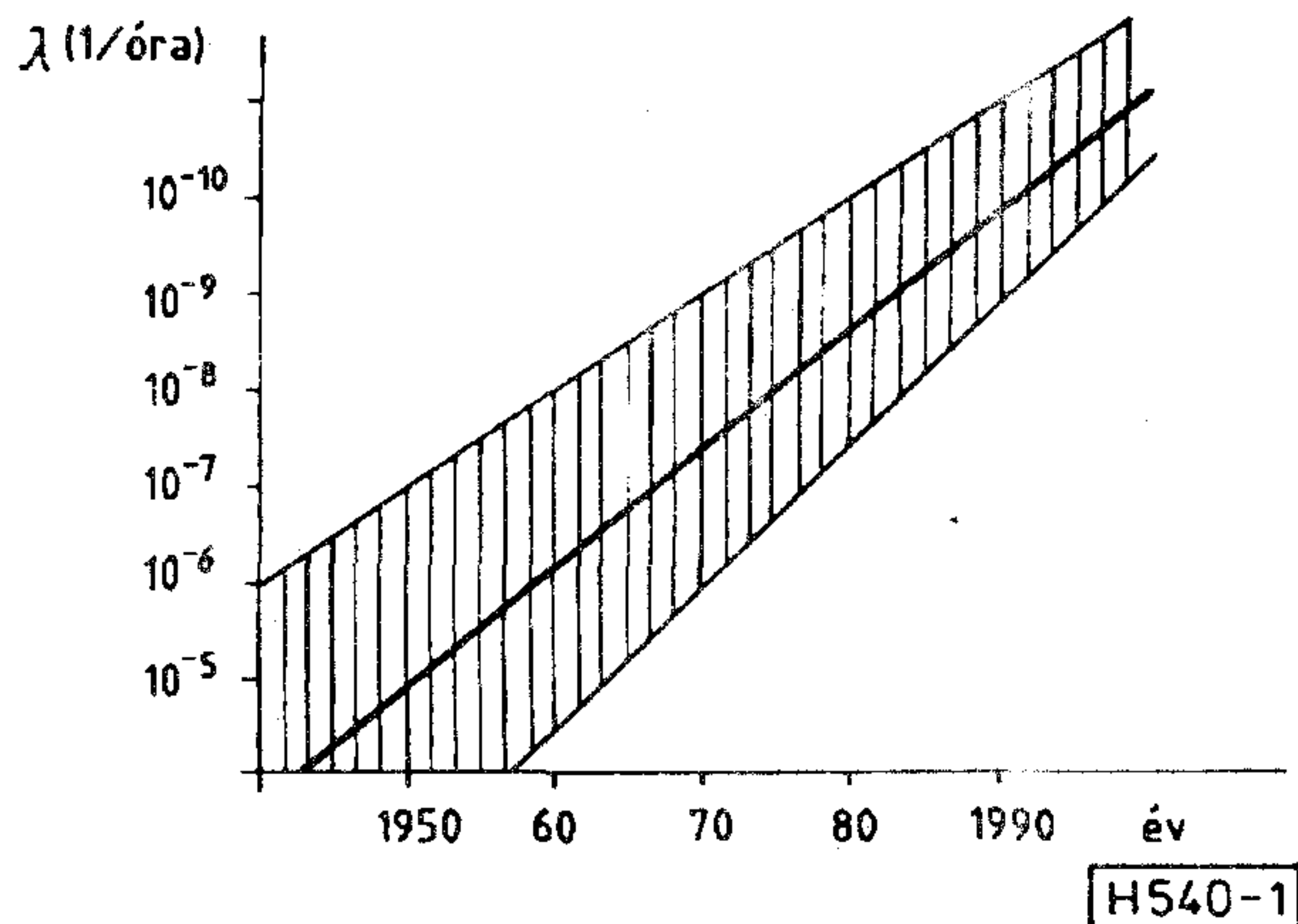
Beérkezett 1989. V. 2. (H)



GÖBLÖS JÁNOS

Göblös János okleveles villamosmérnök az egyetem elvégzése után került a REMIX-be. Üzemmérnökként kezdett a vállalatnál, majd a kondenzátorfejlesztést vezette az 1960-as évek végéig. 1970 óta fejlesztési főmérnök, 1980-tól a REMIX műszaki igazgatója. A Híradástechnikai Tudományos Egyesületben végez társadalmi munkát. 1974-ben egyik kezdeményezője volt

egy elektronikai ipari rekonstrukciós állami program elindításának. Részt vett annak az előterjesztésnek a megfogalmazásában, amely feltárta a magyar elektronikai ipar gondjait és felhívta az illetékes párt és állami vezetés figyelmének társadalmi és népgazdasági jelentőségére. Számos publikációja jelent meg prognosztikai és elektronikai alkatrész fejlesztési témakörben.



1.sz. ábra. Az elektronikai alkatrészek megbízhatóságának alakulása napjainkig. Látható, hogy az általános megbízhatóság az 1970-es évtizedre érte el azt a szintet, amely lehetővé teszi a gépjárműipari tömeges alkalmazást.

- hiányoztak azok a félvezető eszközök (pl. nagyáramú, védett, teljesítmény eszközök), amelyek az elektromechanikai vezérléseket kiszoríthatták volna (darlingtonok, teljesítmény-, MOS-eszközök);
- és nem utolsósorban maga a gépkocsiipar sem volt érdekelt abban, hogy sok évtizedes, megbízható konstrukciókat váltson ki modernebb, de kockázatosabb és esetleg drágább megoldásokkal.

A mechanikai technológiai haladás mellett tehát a gazdasági környezetnek is át kell értékelnie bizonyos dolgokat ahhoz, hogy a gépkocsik átalakulása is megkezdődhessen. Az olajárak drasztikus elmozdulása átértékelte

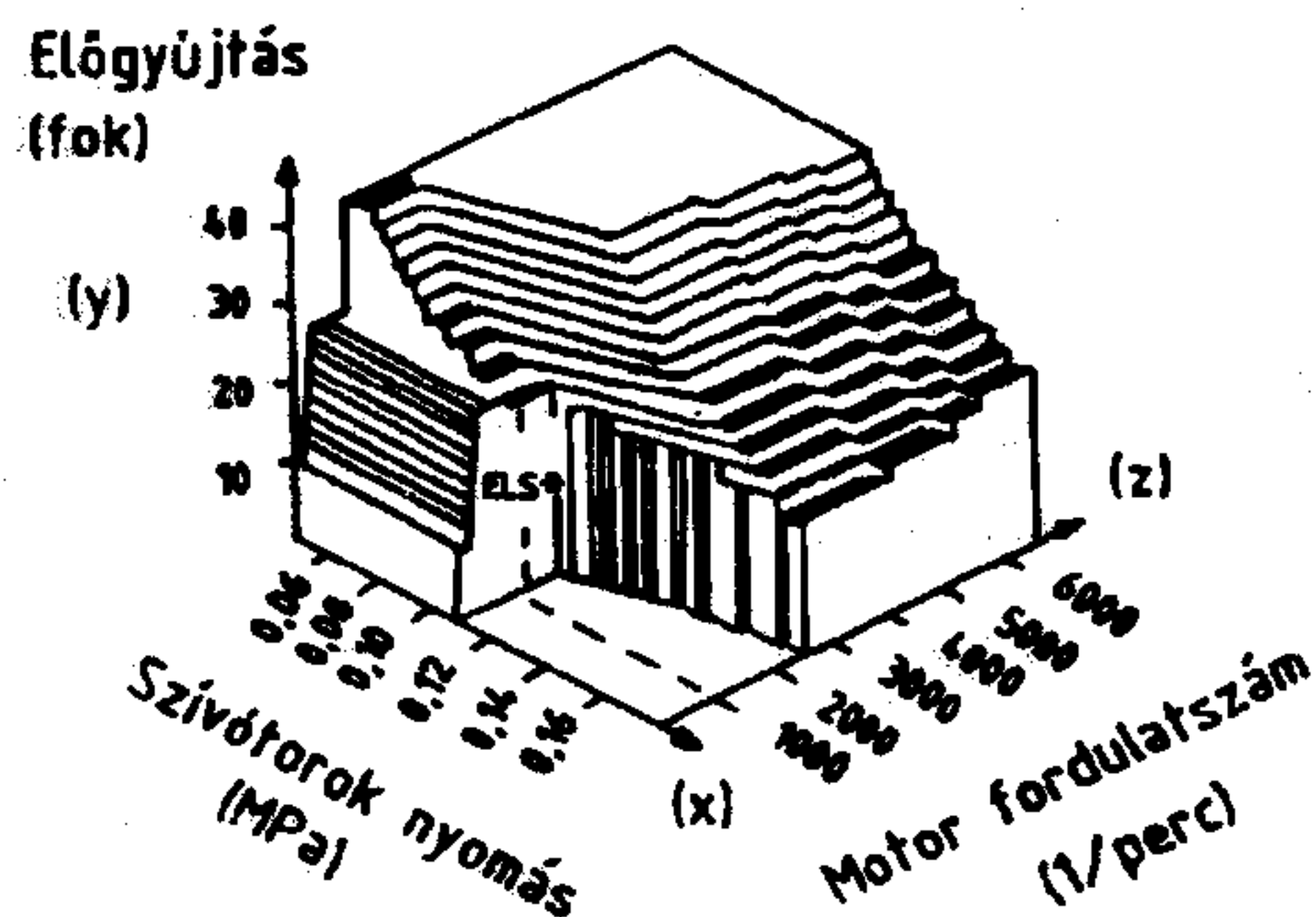
- az energiaárakat;

- az alapanyagok széles skáláját;
- a technológiai eljárások jelentős részét, és nem utolsósorban piaci-gazdasági átrendeződést indított el.

Az 1970-es évtized első olajár-robbanása után a fejlett ipari országok energia racionalizálási programjának részeként az autógyárak igen intenzíven kezdtek dolgozni olyan új négyütemű benzinmotor konstrukciókon, amelyeknél a műszaki célkitűzés a következő volt:

- azonos motorteljesítmény mellett az üzemanyagfogyasztás jelentős csökkentése;
- a környezetre káros szennyezőanyag-kibocsátás számottevő mérséklése;
- a fenti célok érdekében új szerkezeti anyagok, gyártási eljárások, valamint a motor optimális működéséhez szükséges új szabályozórendszer kidolgozása.

A fejlesztési program hamar megmutatta – a négyütemű motorok működésének számítógépes analízise nyomán (2. ábra) –, hogy a sok évtizede kialakult elektromechanikus gyújtásvezérlést fel kell adni. Az 1970-es évek közepén megszülettek az első tirisztoros gyújtásszabályzások, amelyeket azonban a tirisztorok néhány hátrányos tulajdonsága miatt felváltott az ún. tranzisztoros gyújtás. Az évtized végére megszülettek azok az első közepes bonyolultságú integrált áramkörök, amelyek alkalmasak voltak a kívánt motorfordulat tartományban bizonyos elemi gyújtásfunkciók szabályozására. Az 1980-as évtized elején elsősorban a nyugatnémet autóipar (VW, Daimler, BMW), a tengerentúlon pedig a GM hozta ki azokat az első nagysorozatban gyártott személygépkocsikat, amelyek az előzőekben vázolt műszaki célkitűzéseket megvalósították. Ugyanekkor a közép- és luxuskategóriájú kocsik számos újabb, elektroni-



* Elektronikus alapjárat szabályozási tartomány

H540-2

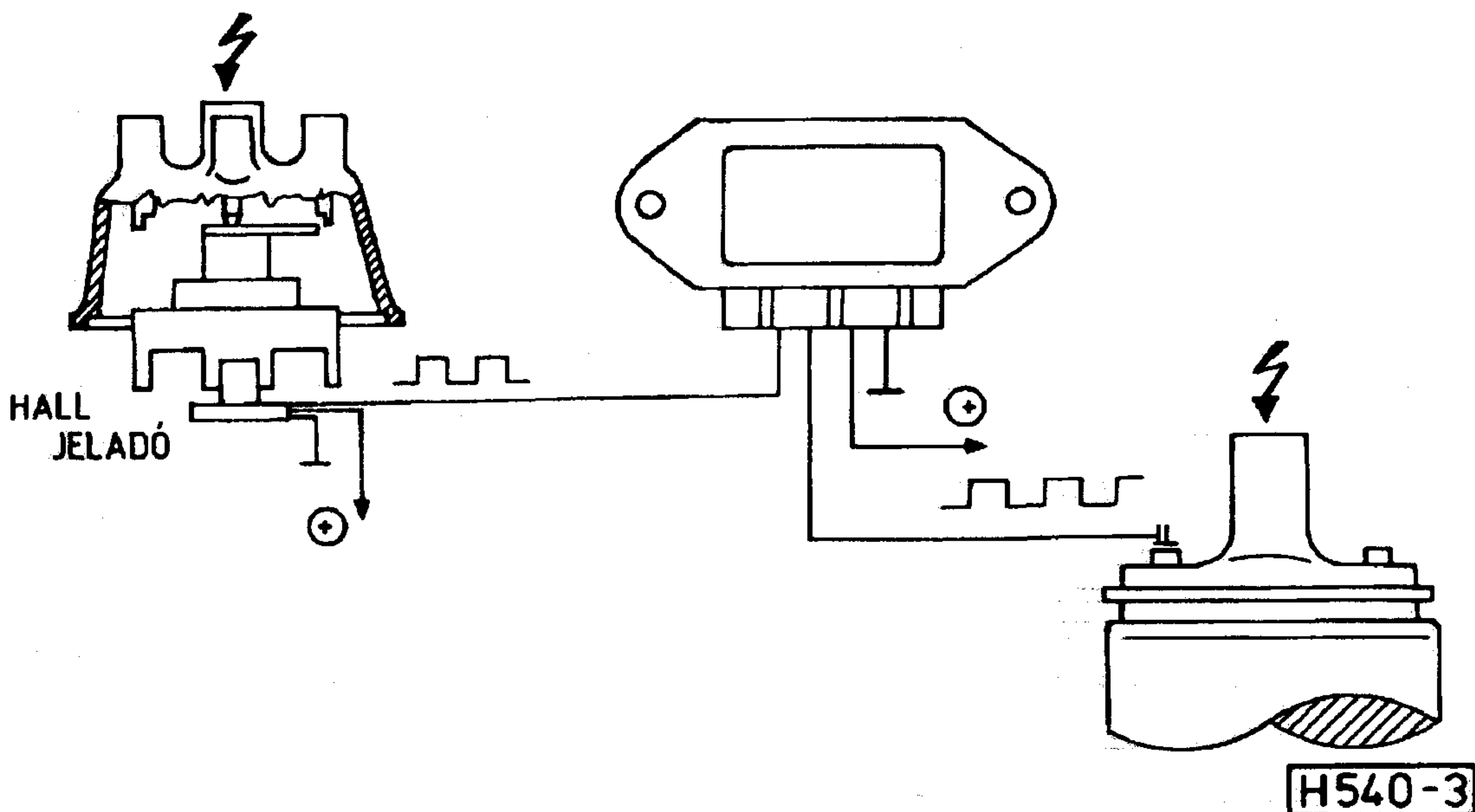
2.sz. ábra. A benzinmotor egyik jellegzetes működési karakterisztika-serege. Az (x) tengelyen lévő paraméter, a motor terhelésével arányos. Az (y) tengelyen lévő mennyiség egyike azoknak, amely a szabályozás, az optimális működés céljára felhasználható. Az 1000/perc alatti tartományban jól látható az alapjárat "padka".

zált – nem szórakoztató – szolgáltatással egészültek ki. Mindezekről szeretnénk áttekintést és prognózist adni, levonva néhány tanulságot a hazai alkatrész- és részegységipar számára.

2. A gépkocsi-elektronizáció ma

A gépkocsiipar utolsó öt évében az elektronikai fejlesztés eredményei (amelyek a sorozatgyártásban ma alkalmazásra kerülnek), három csoportra oszthatók:

- motor és meghajtás vezérlések;



H540-3

3.sz. ábra. Az elektronikus gyújtásvezérlés vázlata. A szemléletesség kedvéért a valóságos elemek körvonalait alkalmaztuk blokk-séma helyett.

- karosszéria elektronikai egységek (kommunikáció, kényelem);
- biztonsági elektronikai egységek.

2.1. Motor- és meghajtás-vezérlés

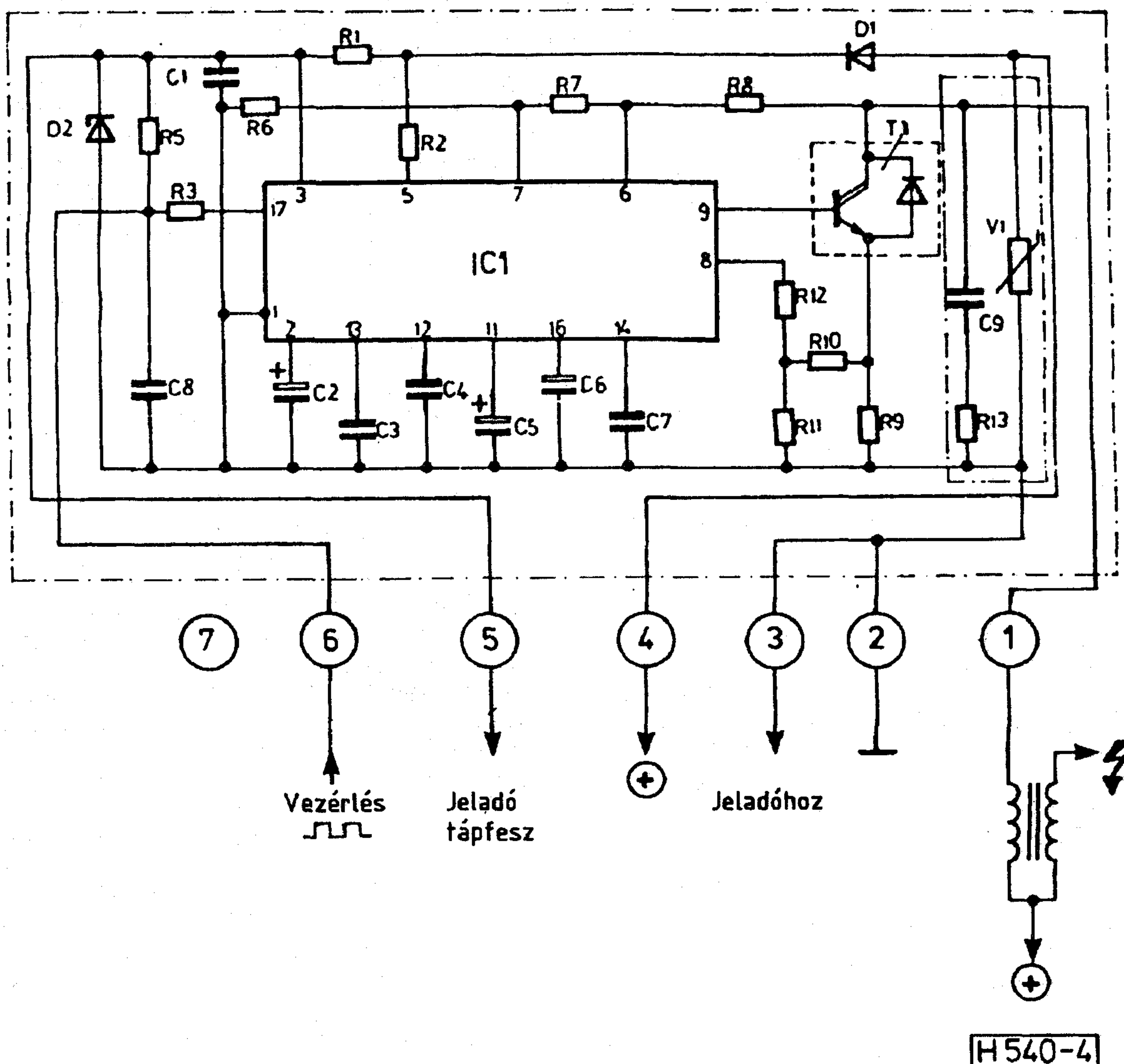
Az alábbi fontosabb elektronikai rendszerek és részegységek sorolhatók ide:

- elektronikus gyújtómodul;
- elektronikus (mikrokomputeres) motorszabályozás;
- elektronikus négykerék-meghajtás vezérlés;
- elektronikus sebességfokozat szabályozás;
- önműködő blokkolásgátló (ABS).

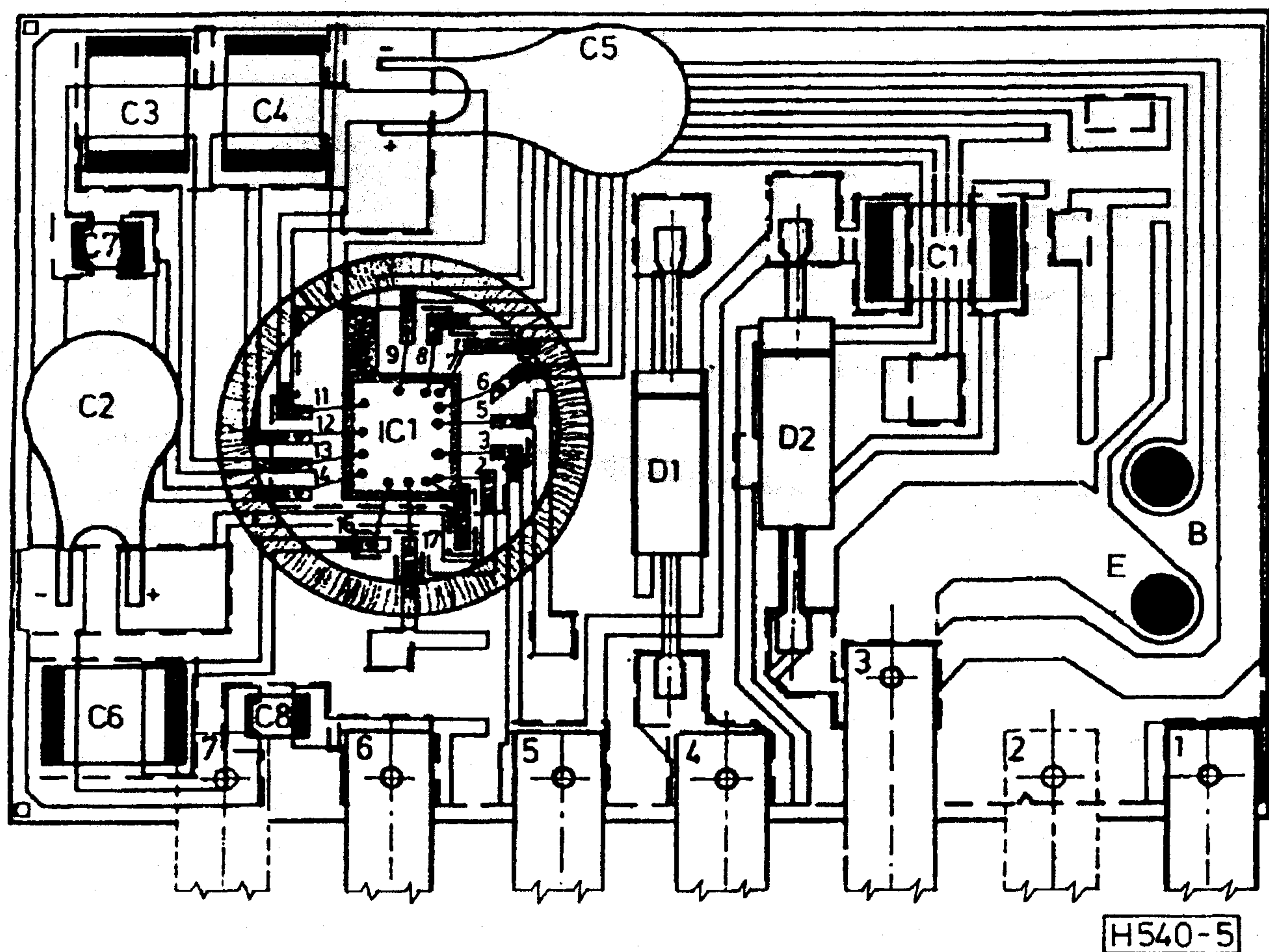
A felsorolt elektronikai részegységekből ma a nyugat-európai autóipar - és ebből is zömmel az NSZK - az elektronikus gyújtómodult használja a legnagyobb arányban. Az elektronikus gyújtómo-

duloknak napjainkban jól megkülönböztethető három generációja van:

- a legegyszerűbb a Darlington-tranzisztoros gyújtómodul, amelyben a vezérlő Integrált áramkör mágneses Hall-jeladóról érkező szinkronizáló jeleket feldolgozva vezérli a modulban lévő különleges Darlington-tranzisztort, és ez egy szokványosnál nagyobb áttételű gyújtótekercsen állítja elő a motor fordulatszámától független és konstans energiatartalmú, nagyfeszültségű gyújtóimpulzusokat (3. ábra). Ennek a gyújtó elektronikának előnye, hogy igen széles tápfeszültség tartományban (jellemzően 6...14 V), valamint igen széles hőmérsékleti (-55...+125°C) és a teljes motor-fordulatszám tartományban, a hagyományoshoz képest közel kétszeres energiájú, a gyújtógyertyákon hasznosuló impulzusokat termel. Ez önmagában jelentősen fokozza a hidegindítás biztonságát, növeli a motor dinamikáját, megfelelően beállított motor



4.sz. ábra. A REMIX HIM-5... vastagréteg elektronikus gyújtómodulcsalád egyik tagjának kapcsolási vázlata. A 7. lábra az elektronikus fordulatszám-mérő vezérlőjelei hozhatók ki, külön kívánságra.



5.sz. ábra. A REMIX HIM-5... (4. ábra) vastagréteg áramköri topológiája, az IC chip és hibrid elemek beültetési vázlatja. Eredeti méret kb. 45x25 mm, a belső villamos funkciók száma több mint 500. Multichip-vegyesszerelés.

esetén jelentős mértékben javítja az üzemanyag elégését, ezáltal csökkentve a káros égéstermékek arányát, kis mértékben javítja az üzemanyag fogyasztást. A gyújtómodul fontosabb elektronikai funkcióit és jellegzetes topológiáját a következő ábrákon mutatjuk be (4. és 5. ábra).

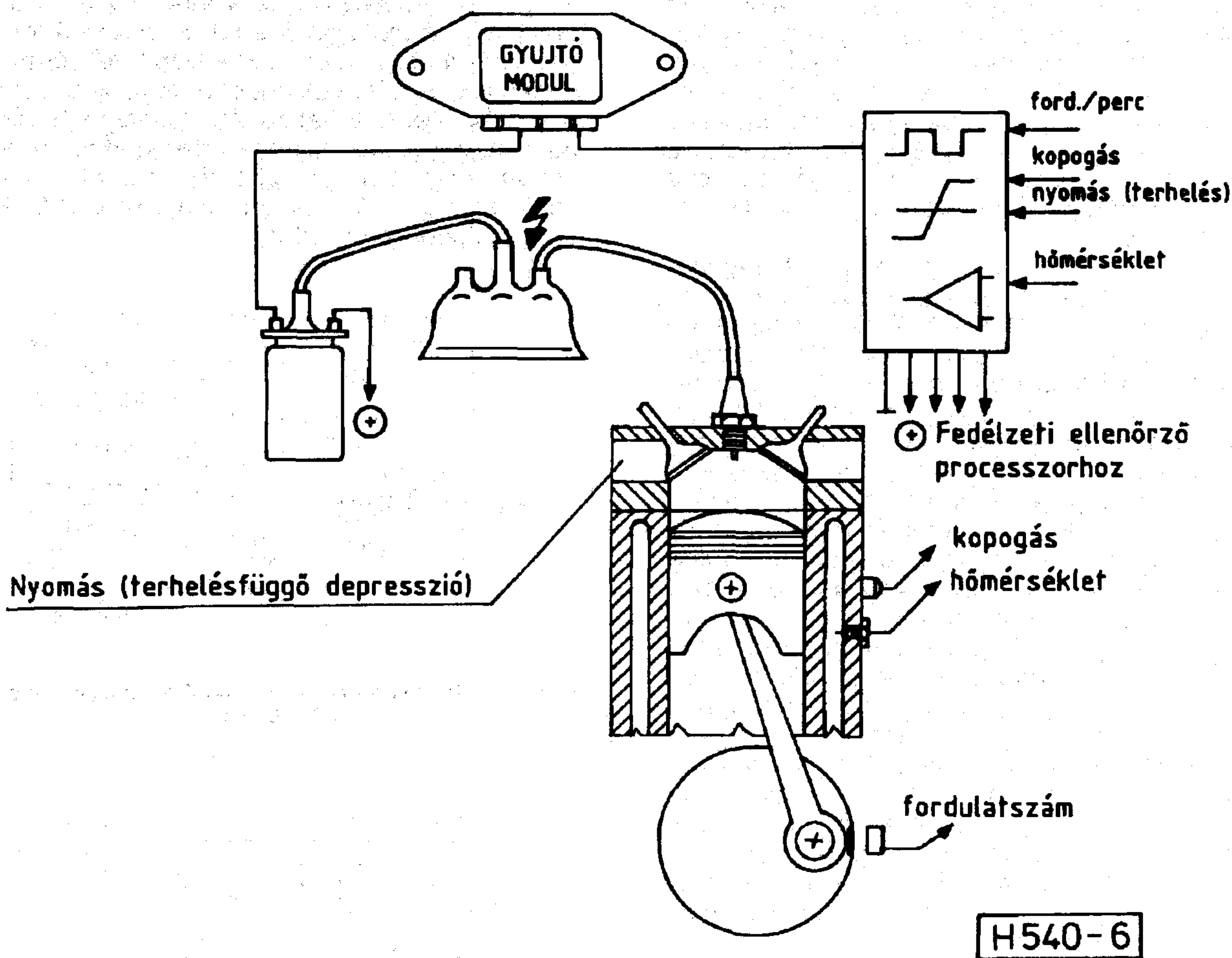
- Az elektronikus gyújtók második generációja a legegyszerűbb gyújtómodul kiegészítése oly módon, hogy nemcsak a motor fordulatszámát figyelve ad vezérlést, hanem az előgyújtást is optimálisra állítja a mindenkor fordulatszám-terhelés függvényében. Tulajdonképpen piezokeramikus kopogásérzékelő szenzorok jelei kerülnek feldolgozásra az optimális vezérlés érdekében.
- A gyújtásrendszerek harmadik generációja a luxus kategóriájú személygépkocsik egyik mai jellegzetessége, és elsősorban a 6 illetve 8 hengeres modellekbe kerülnek beépítésre. Egy mikroprocesszor a következő paramétereket figyeli:
 - fordulatszám;
 - szívótorok nyomás;
 - hűtővíz hőmérséklet;

- motor nyomaték-terhelés;
- üzemanyag oktánszám;
- benzin-levegő arány.

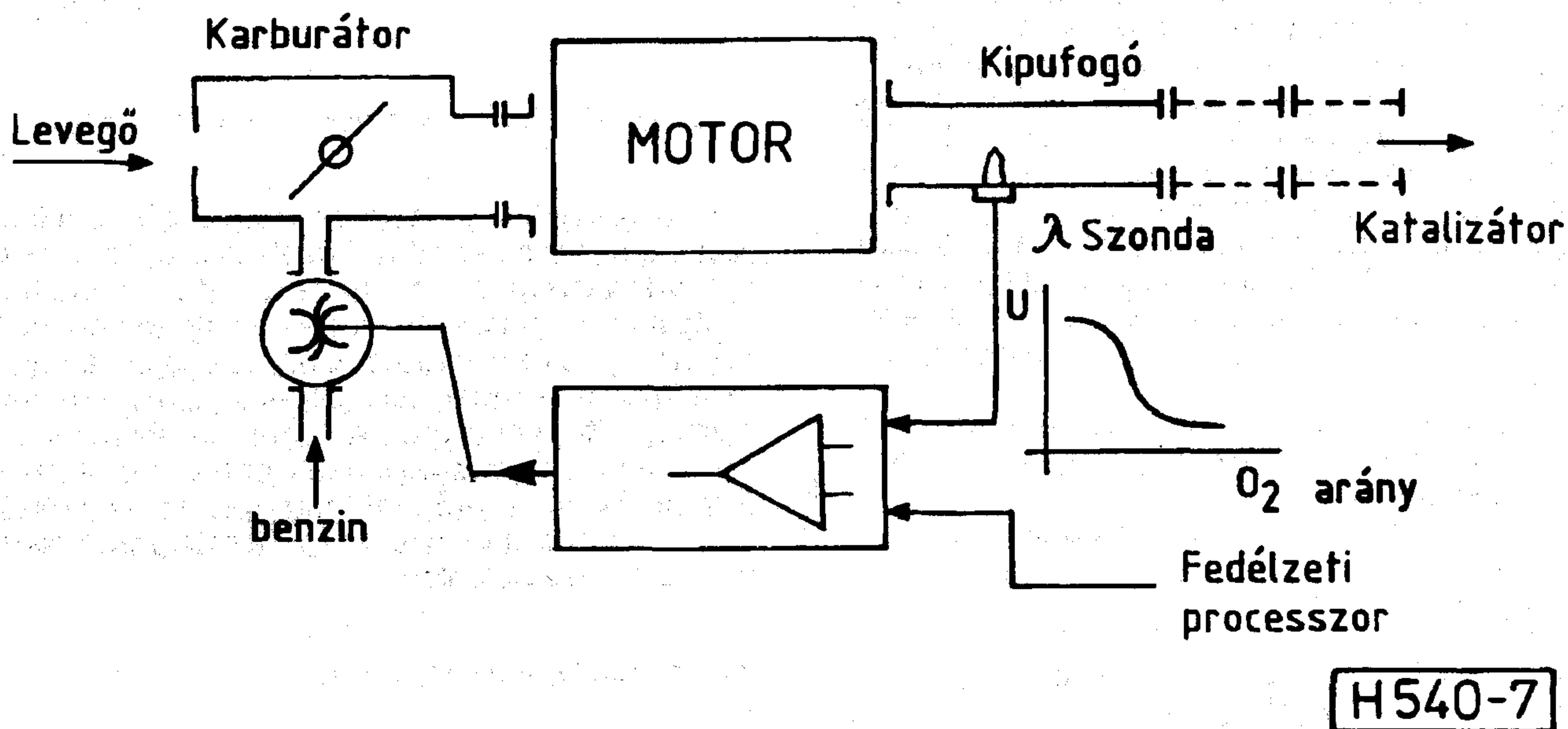
A mikroprocesszor ROM részében kerülnek rögzítésre a motor üzemi karakterisztikái (egy sokdimenziós paraméter-mátrixra kell gondolni). Ugyanide kerülnek rögzítésre a motor optimális működésének munkapontjai, valamint az az algoritmus, amely a beérkező szenzor-adatok processzálására alkalmas (6. ábra). A rendszer kiegészülhet az u.n. szondás levegő/üzemanyag optimum-figyelővel.

Lényege a kipufogóba épített érzékelő (λ szonda), amelyen néhány száz mV nagyságrendű feszültség keletkezik a kipufogó gázok maradék oxigéntartalma arányában, ezt a jelet processzálva a karburátor munkaszintje folyamatosan optimálisra állítható (7. ábra). Katalizátorral a CO kibocsátás nagyságrenddel csökkenthető.

A sorozatgyártásban ma megvalósított rendszerek kiegészülnek a gázpedál helyzetértékelőjével, a sebességváltót figyelő elektronikával, valamint a kormánykerék szögelfordulás érzékelővel. Ugyancsak része lehet a rendszernek a fékezőerő figyelése is.



6.sz. ábra. Harmadik generációs gyújtásszabályozás. Lényege, hogy a motor üzemi jellemzőiből vett információkat processzorral feldolgozva történik a gyújtás folyamatosan optimális szabályozása (karakterisztikus szabályozás).



7.sz. ábra. A szabályozás olyan negatív visszacsatoló rendszer a motorterhelés-fordulatszám-előgyújtás teljes tartományában, amely az optimális közelében tartja a benzin-levegő arányt.

Meghajtás vezérlésekről itt csupán vázlatosan annyit kell megjegyezni, hogy a jelenlegi luxus kategóriájú gépkocsik része az automatikus négykerék meghajtás kapcsoló elektronika, az automatikusan vezérelt differenciálzár, valamint az elektronikus blokkolásgátló. Ezek közül az utolsó jelentősen növeli a vezetés biztonságát, az előző kettő inkább a változó útviszonyokhoz nyújt vezérlési kényelmet.

Már történt utalás arra, hogy ezek a részegységek igen szélsőséges viszonyok között kell, hogy üzemeljenek. Az említett $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os környezeti hőmérséklet a teljesítmény félvezető eszközök átmenetiben működés közben $+140\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot eredményezhet (gyújtómodul Darlington). Ezen felül a téli sópermet, a motor égéstermékkel, a por, a mechanikai rezgések különlegesen megválasztott anyagokat (pl. vastagréteg hibrid áramkör), tokozást, igen gondos gyártási technológiát, gyártásközi és végellenőrzést tételvezet fel a megbízható működéshez. A hagyományos elektronikus alkatrészek meghibásodásuk esetén a helyszínen is javíthatók (pl. elszennyeződött gyújtás megszakító érintkező), vagy egyszerűen cserélhetők. Elektronikai egységek országúti javítása elképzelhetetlen, a csere sem egyszerű. Éppen ezért az autógyárak többsége idegenáru átvételkor 0 hibás darabot engedélyez és a szállítmányokhoz műbizonylatot kér. Ez a szállítmány gyártási előéletéről és a szállítónál végzett darabos ellenőrzés (szűrőpróbas burn-in test) eredményéről is tájékoztat. Az autógyárak többsége ragaszkodik ellenőrzési jogához a szállító gyártósorán.

2.2. Karosszéria elektronika

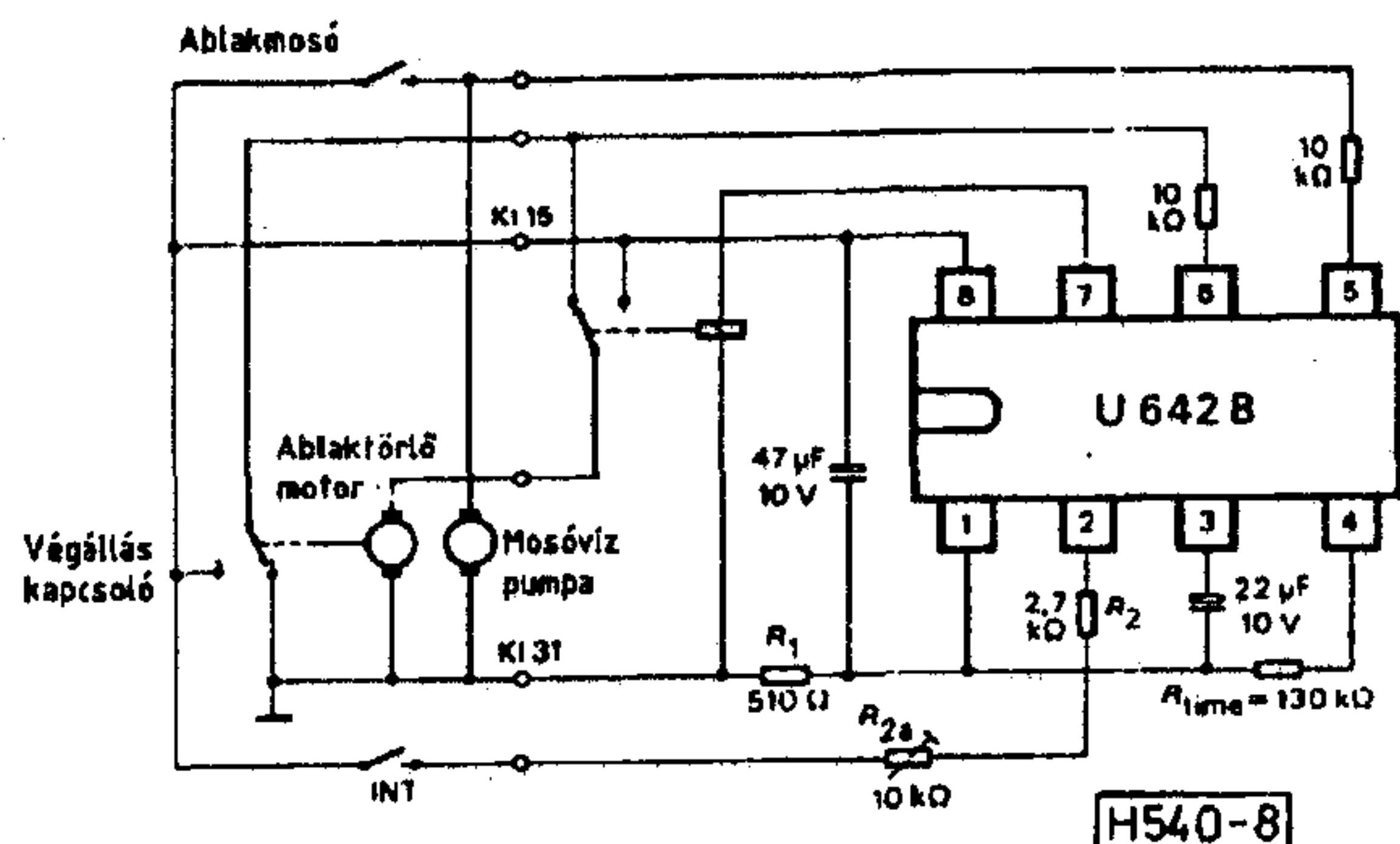
Az elnevezés onnan adódik, hogy amíg az előzőekben bemutatott elektronikai egységek a motor közvetlen közelében helyezkednek el (pl. gyújtómodul, generátor feszültségszabályozó), vagy az *utastérben kívül*, a gépkocsi erőátviteli részének közelében, addig a következőkben tárgyalt elektronikák az *utastérben* vannak, többnyire a műszerfal mögött. Kialakításuk az utastér környezeti viszonyaihoz illeszkedve *olcsóbb* is a motortér-ekhez képest. Működésük nincs közvetlen összefüggésben a kocsik motorikus működtető egységeivel, hanem elsősorban a vezetőt tehermentesítik, informálják.

Egyszerűbb, nyomtatott áramköri lapokon, pormentes tokozásban kerülnek többnyire forgalomba az elektronikus

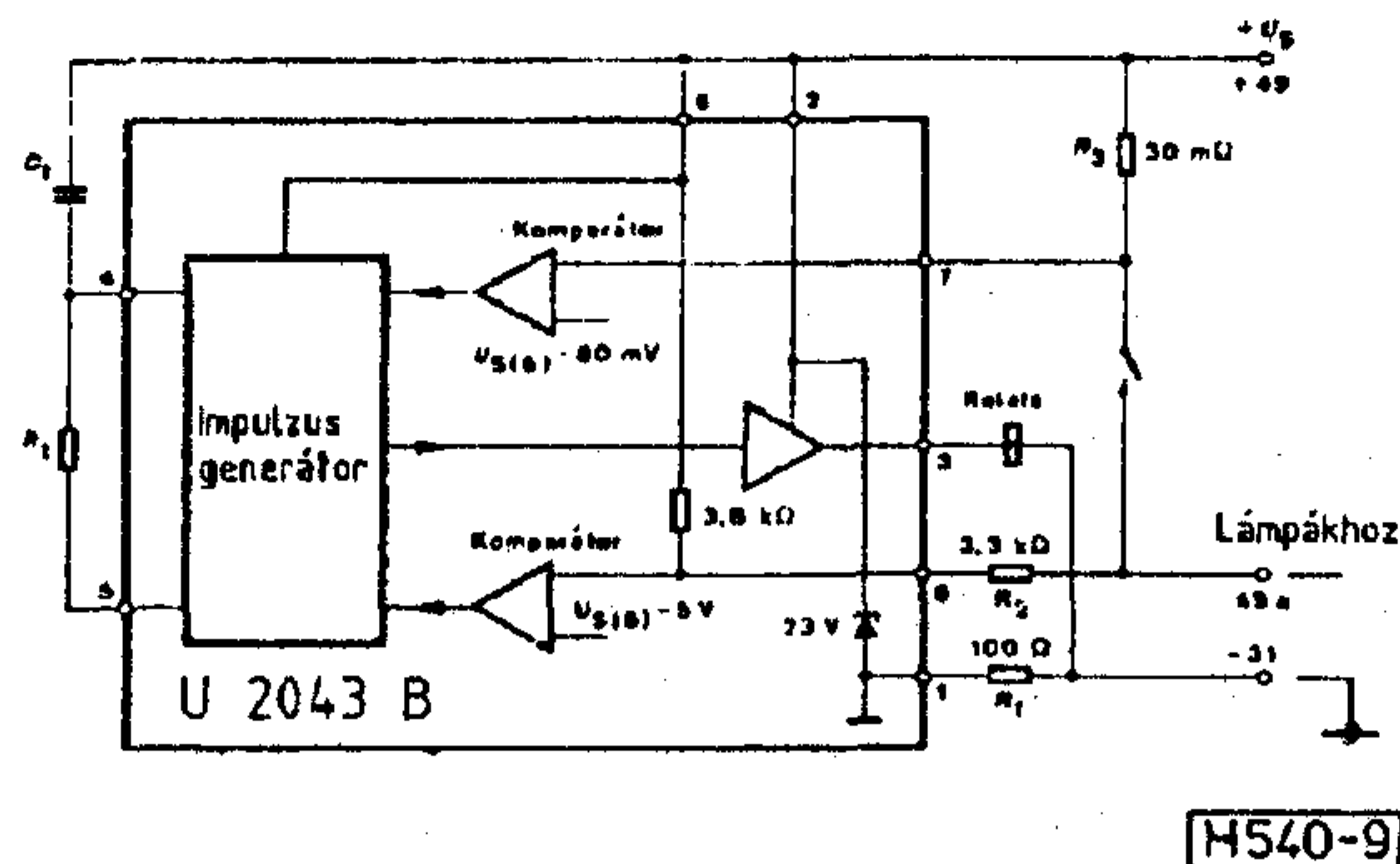
- ablakmosó, törölő, intervallum szabályozó,
- fedélzeti processzor,
- irányjelző, vészvillogó,
- fogyasztásmérő,
- műszerfal és diagnózis (szervíz) kijelző,
- útvonaljelző,
- ülés és tükör állítás,
- önműködő fényszóróállító, stb.

A félvezetőgyárak számos célorientált integrált áramkört fejlesztettek ki, ezek közül mutatunk be

néhányat, példaként. Az ablakmosó-törölő, az irányjelző-vészvillogó (8. és 9. sz. ábra) aktív elemek multivibrátor-komparátor kombinációkat tartalmaznak. A külső elemekkel impulzus-kitöltési tényezők, illetve időállandók szabályozhatók. A fogyasztásmérő érzékelője a jóllismert folyadékáramlás-térfogató elven működik, és a műszerfalon megjeleníthető mind az abszolút, mind a 100 km-re eső fajlagos fogyasztás is.



8.sz. ábra. Elektronikus ablaktörölő-mosó-intervallum kapcsoló (TEG IC-vel).



9.sz. ábra. Elektronikus irány- és vészjelző (TEG)

Az útvonalkijelző a gazdaságos utazást, a felesleges útszakaszok elkerülését és a betervezett cél torlódásmentes megközelítését lesz hivatott szolgálni. A rendszer lényege egy olyan adóhálózat, amely földrajzi koordináták azonosítóit, valamint forgalmi akadály jelzéseket sugároz. A fedélzeti számítógépbe programozott cél és nagyvonalú útvonal alapján a besorolási és kanyarodási információk, a vezető előtti műszerfalon jelennek meg. Csupán kísérleti rendszerek működnek Nyugat-Európában jelenleg.

2.3. Biztonsági elektronika

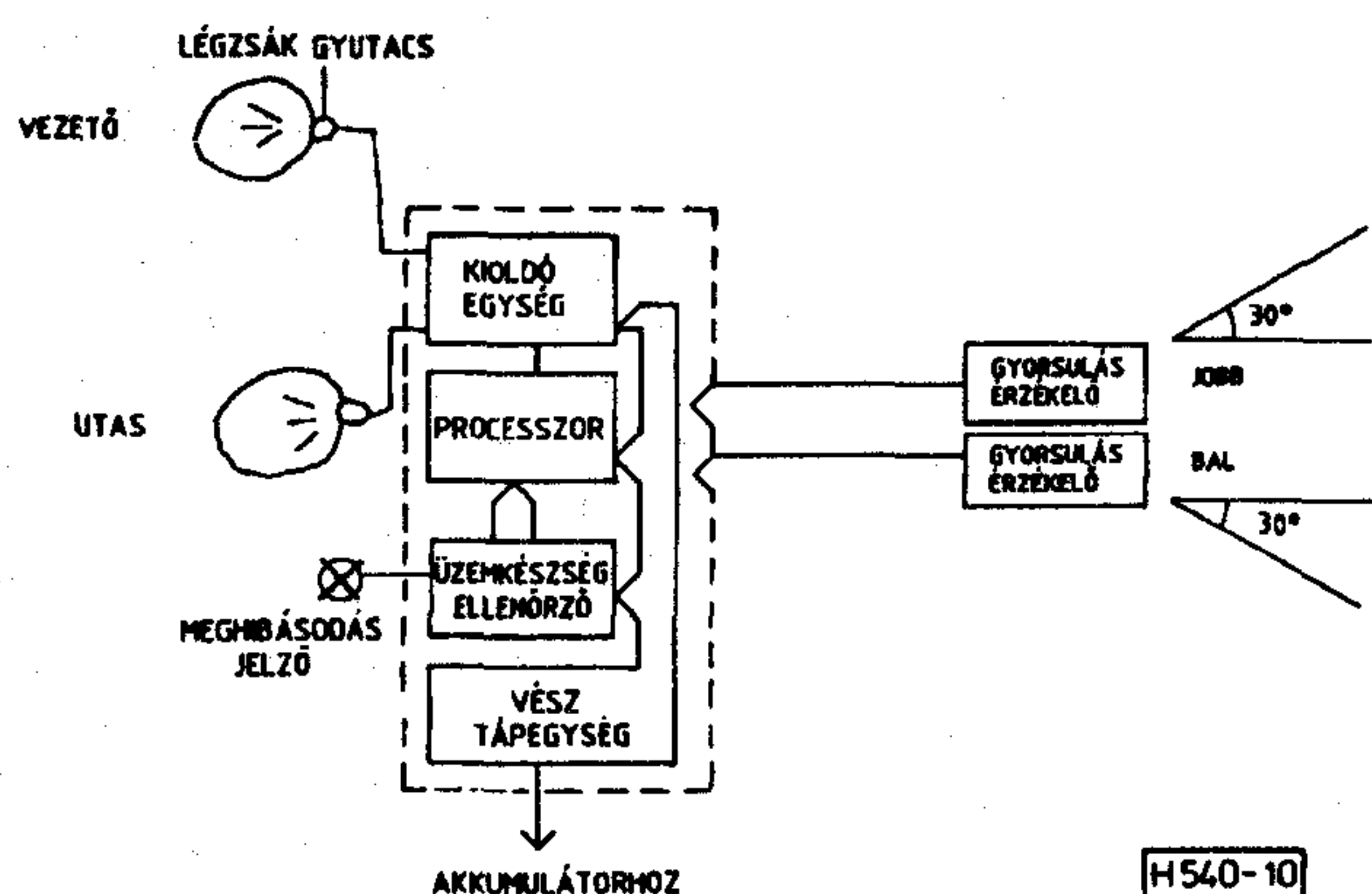
E fejezet címéhez magyarázat szükséges. Ugyanis az eddigiekben bemutatott elektronikai rendszerek is biztonságot, a vezetés biztonságát szolgálták. A vezető (és utas) biztonságát a kocsik il-

letéktelen használatát felügyelik ezek az elektronikai részegységek. Néhány jellegzetes példa:

- a biztonsági öv automatika;
- a biztonsági légszák vezérlő és diagnosztizáló;
- infravörös központi zár és elektronikus kulcs;
- riasztó és biztosító rendszer, stb.

Röviden ezekből is bemutatunk néhányat. A biztonsági öv automatika feladata kettős: elinduláskor jelzi az övek bekapcsolatlanságát, illetve ilyen esetben megakadályozza az elindulást. Ennél is lényegesebb, hogy ütközéskor feszesre rántja a biztonsági öveket. Ugyanis sokan nem szeretik a feszes automata öveket, ezért egyszerű ruhacsipesz felcsíptetésével teszik kellemessé (és egyben hatástalanná) ezek viseletét.

A biztonsági légszák frontális, vagy ahhoz képest $\pm 30^\circ$ -on belüli ütközéskor életet ment (10. sz. ábra). Adott értékűnél nagyobb negatív gyorsuláskor két érzékelő jeleit értékeli az elektronika,



10. sz. ábra. A biztonsági légszák működésének nemcsak az a döntő eleme, hogy a kocsi ütközésekor majdnem robbanásszerűen felfúvódva, a szó szoros értelmében életet ment. Legalább olyan lényeges a rendszer működőképességét folyamatosan tesztelő elektronika.

és 10 ms-on belül aktiválja a gázfejlesztő gyutacsokat, amelyek 30 ms alatt felfújják azokat a légszakokat, amelyek az elől lévő utasokat az üléshez szorítják 1000 ms időtartamra. A rendszer lényeges eleme a diagnosztizáló elektronika, amely figyeli a rendszer működőképességét. Egy néhány F-os kondenzátor szolgál szükség-áramforrásul arra az esetre, ha az akkumulátorsaruk az ütközéskor leszakadnának. Az USA kormánya fontolgatja, hogy az 1990-es évek elejétől kötelező tartozékként írja elő a gépkocsikba, az automata blokkolásgátlóval együtt. Kapcsolástechnikai részletek nem ismeretesek.

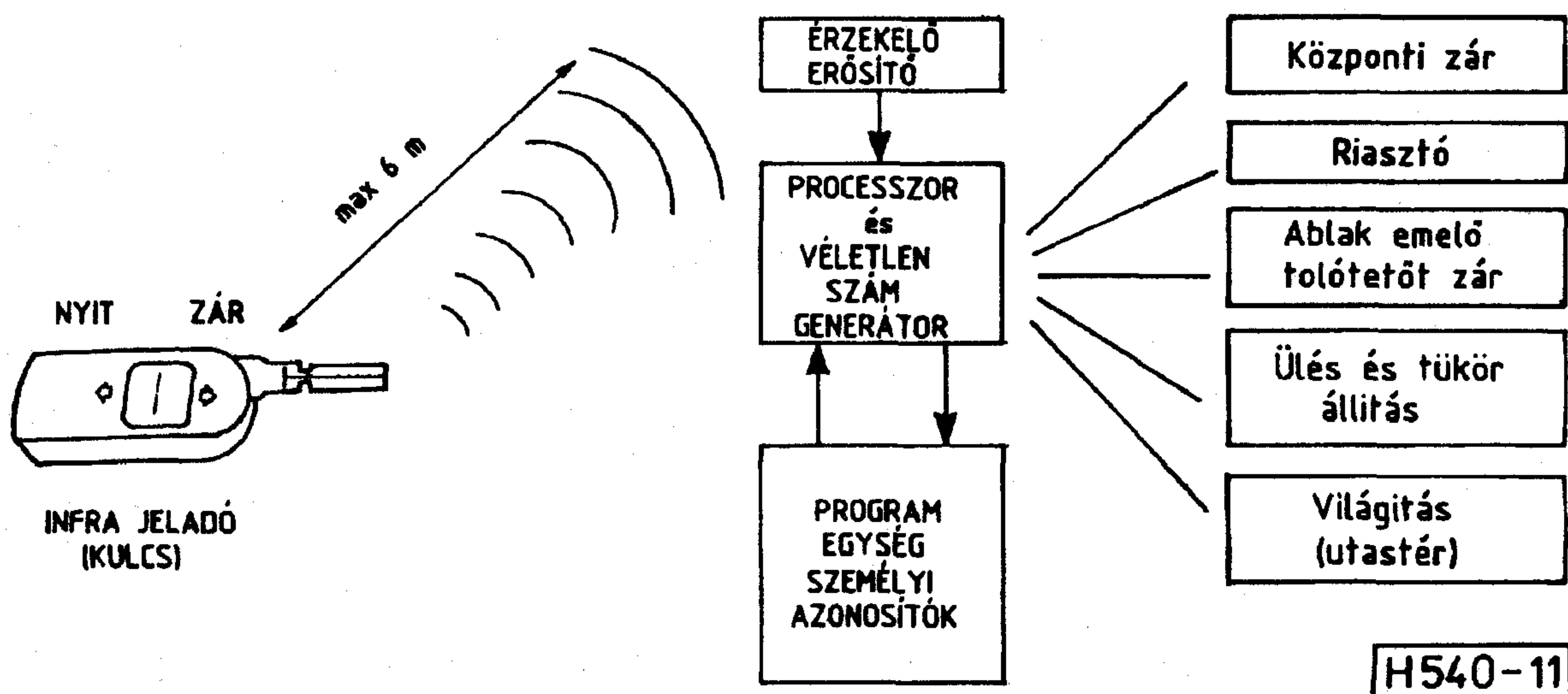
Az infravörös központi zár és kulcs sokféle szolgáltatást nyújt:

- a kulcs- (adó-) részben a személyi jogosultság, a jogosult személy néhány további adata, valamint kódoló (biztosító) van;
- a gépkocsiban lévő érzékelő-vevő utáni processzor elvégzi a személy, valamint a kulcs azonosítását, és
- nyitáskor beállítja a vezetőülést a fejtámlákkal és tükröket, a kulcs tulajdonosa személyi-teszt adottságaihoz;
- záráskor felhúzza az ablakokat, a tető tolóajtót és élesíti a riasztót.

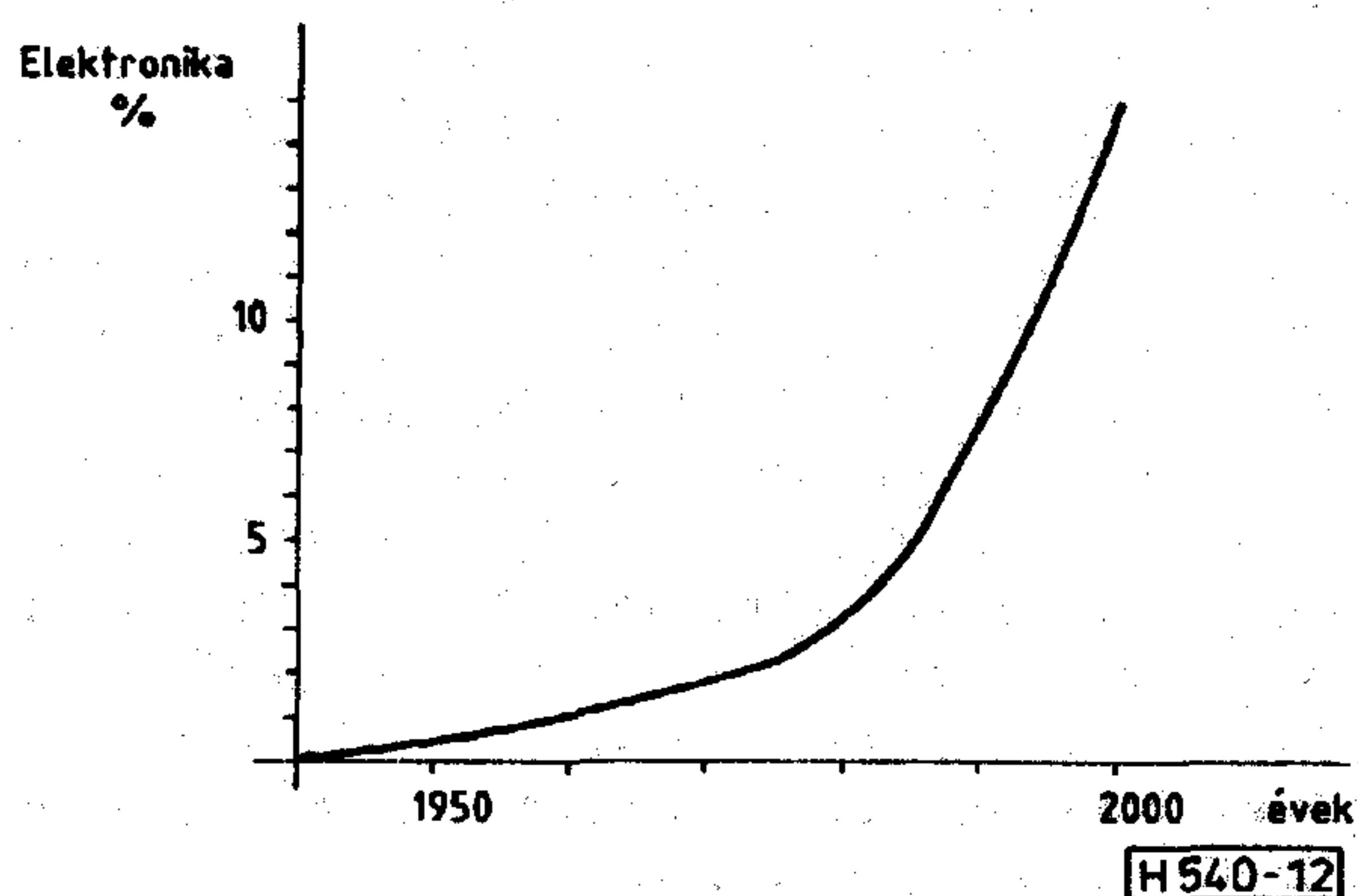
A rendszer illetéktelenek elleni biztonságát növeli a kettős kód, amelyek közül a személyi az állandó, a kulcs kódot pedig a használó akaratától függetlenül változtatja a rendszer (11. sz. ábra).

3. Zárógondolatok

Egybehangzó prognózisok szerint a következő három-öt évben a gépkocsik eladási árában számolva 7-9 %-ra nő az elektronika aránya. Ez meg-



11.sz. ábra. Infravörös kulcs-zár rendszer és fontosabb szolgáltatásai.



12.sz. ábra. A gépkocsi árához viszonyított elektronika részarányának alakulása, szórakoztató elektronikával együtt. A diagram 1987-ig terjedő szakasza tény, azt követő része becslés.

háromszorozódást jelent (12. sz. ábra), napjainkhoz képest. Ugyanekkora dinamikát az elmúlt húsz év produkált málg. A világ gépkocsiipara évente *több mint 50 millió* darab személyautót termel, a KGST 2,5 milliót. Ha ennek a mennyiségnek az 1990-es évek közepén *csak a fele* lesz elektronizált valamilyen mértékben, az is órlási piaci-fejlesztési lehetőségeket nyújt az alkatrész-és részegység-iparnak.

Tegyük fel, hogy a nyugati autópiacon telítettség miatt nem nő számottevően az éves gyártott darabszám. A forgalom tehát 3000 \$/db *gyári árral* számolva 150 milliárd \$-ra tehető a világpiacon. Tegyük fel továbbá, hogy az árváltozás sem lesz átlagban $\pm 10\%$ -nál jelentősebb és az elektronizáció mértékéül vegyük a már említett becslés 7%-os alsó korlátját. Ebből az adódik, hogy a gépjármű elektronikába befektető vállalatok 3-4 éven belül egy 10 milliárd \$/évnél nagyobb piacon remélhetnek üzleti részesedést.

E rövid gondolatmenet kiinduló adatai szándékosan alábecsültek és nem tartalmazzák az autórádió-magnó, a cellarádió (-telefon) és a személyhívó (RDS/MDS paging) elektronikák értékét.

A KGST autógyártással összefüggésben hasonló gondolatmenet szerint (3000 Rbl/db, 2,5 mdb/év, 50%-os elektronizáltság) néhány év múlva kereken évi 300 millió rubeles piac áll elő.

Mindez nemcsak a szigorúan vett elektronikai és elektromechanikai gyárak termékszerkezetét módosítja és jelent új vállalkozási lehetőségeket hanem

- új célorientált félvezető eszközökkel;
- érzékelőkkel (nyomás, hő, gyorsulás, áramlás, ultrahang);
- különleges megjelenítőkkel;
- hibridekkel;
- különleges relékkal;
- D/A és A/D átalakítókcal;
- fedélzeti komputerekkel és perifériákkal együtt miniatűr villanymotorok tömege is szükséges lesz. Csak a példa kedvéért: a röviden bemu-

tatott infravörös ajtózárs rendszer 21 db motort működtet majd kocsként:

- 6 db a tükröket
- 4 db az ablakokat
- 1 db a tolótetőt
- 10 db a két első ülést.

Az elektronikus megjelenítő műszerfal és kezelőszervek gyártása további ipari vállalkozási lehetőségeket jelent. Gondoljunk a tasztatúrákra, kapcsolókra, érintő-szenzor-kapcsolókra, stb. Tovább latolgatva a jövőt, más megközelítést is érdemes megismerni:

Mértékadó források (SIEMENS, Bosch) az autó elektronikai világpiacot 1988-ban 5 milliárd dollárban határozták meg, amely 1993-ra 11 milliárd dollár fölé fog emelkedni, amelynek fele az USA, a másik fele Európa és Japán autópiacon esik. Más források azt jelzik, hogy amíg három évvel ezelőtt az elektronikai alkatrészpiac az autóelektronikai célra alkatrész mennyisége nem volt számottevő, addig 1988-ban ez a piaci szegmens az összes eladott alkatrészek 13%-át tette ki (közszükségleti elektronika részesedése 21,3% volt). Fel kell azonban hívni a figyelmet arra, hogy a megadott 13%-ban természetesen a szórakoztató elektronikai alkatrészek is szerepelnek (autórádió, autómagnó, stb.). Valószínűsíthető, hogy a funkcionális elektronikai alkatrészek megközelítően a felét teszik ki a megadottnak. Így is jelentősnek mondható a 6,5%, hiszen csupán az NSZK-ban 10-12 milliárd DM alkatrész forgalomról van szó. A már hivatkozott prognózisok azt valószínűsítik, hogy a gépjármű elektronikai piac jelentős fejlődési dinamikát fog mutatni, mint ahogyan a fejlettség bevezetőjében láttuk, és ez arra ösztönzi az érdekelt alkatrészgyárakat, hogy nagyon komoly beruházásokkal menjenek elébe a várható piacnak. Így például a SIEMENS 1986-88-ban egy teljesen új autóelektronikai gyártelepet hozott létre több milliárd márka befektetéssel és megvette az USA-ban a detroiti Bendix-et. Ugyancsak információk vannak arról, hogy hasonló célból befektetéseket eszközölt a Bosch és a Telefunken is. Egyébként a nyugatnémet autóelektronikai piacot a felsorolt három cég tartja kezében, megközelítően 1/3-1/3 arányban.

Tekintettel a gépkocsi piac viszonylagos telítettségére, új fizetőképes kereslet létrehozására, stratégiailag három út lehetséges:

- új konstrukciók és szolgáltatások bevétele a luxus kategóriájú kocsikba (13.sz. ábra);
- olcsó, de célszerű elektronizált középkategóriájú "népautó";
- a KGST piacok felé való orientáció, akár termelői együttműködések keresztül is, a tőkés autógyárak és beszállítók számára.

A magyar műszaki fejlesztési és ipari stratégia számára a következő gondolatokat érdemes megfontolni:

- A KGST gépkocsi alkatrészpiacon Magyarország műszaki pozíciói jók, elektronikus gépkocsi gyújtómodul gyártásban pedig pillanatnyilag az élen van. Műszaki fejlesztésünk a siker remé-

nyében célozhatná meg a piac 20-30 %-át, akár úgy, hogy elképzelések bekapcsolásra kerül-
nének valamilyen termelői együttműködés ke-
retel között.

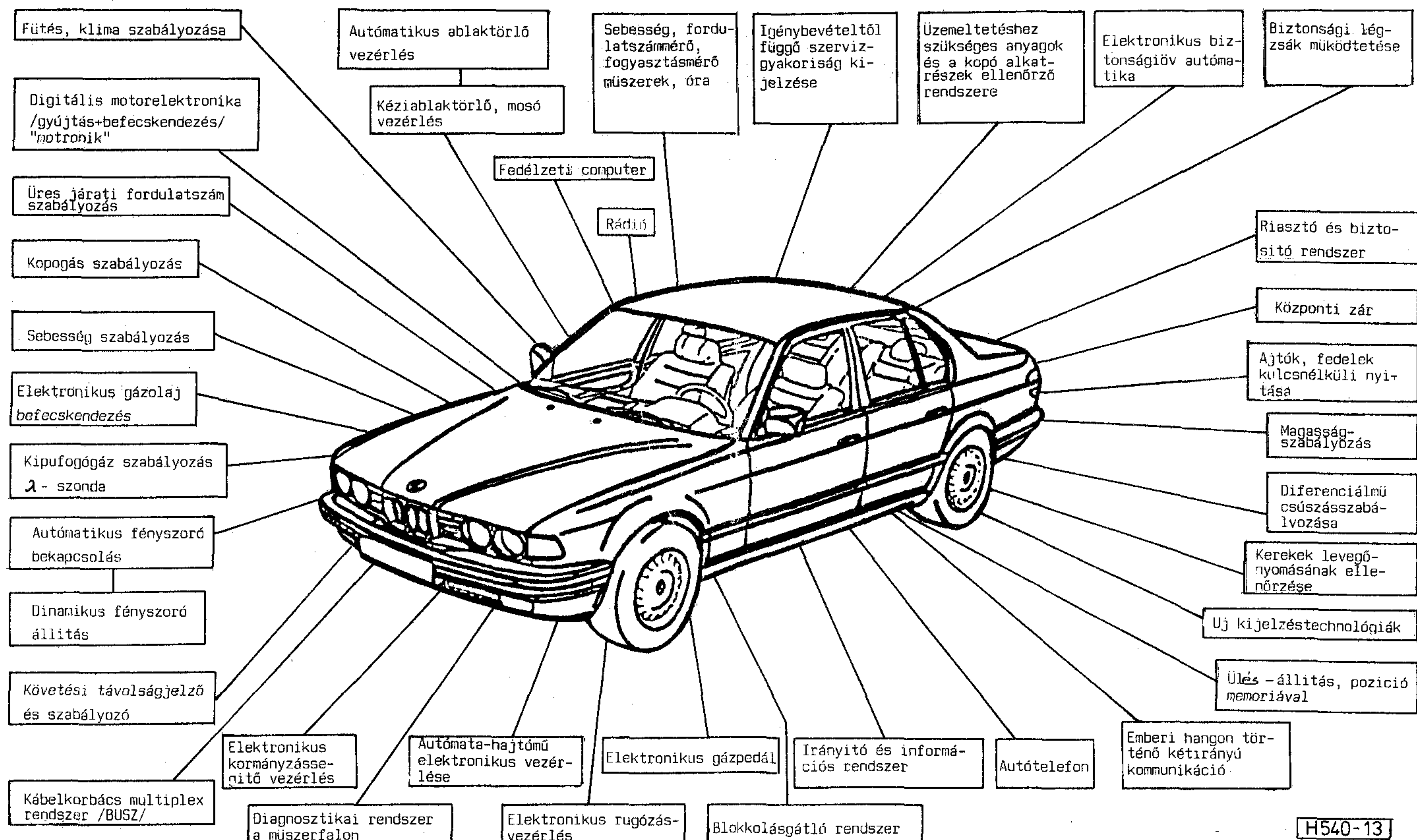
– Az előzőekből elég világosan kitűnik, hogy egy
ilyen fejlesztési program nemcsak a szorosan
vett elektronika innovációját kell, hogy célul tűz-
ze, hanem a már említett

- érzékelők és jeladók
- elektromechanikai elemek (pl. relék)
- mechanikai részegységek (pl. blokkolás-
gátló mechanikák, ajtózárok, stb.)
- kisméretű szervomotorok, stb.

fejlesztését és gyártását.

4. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet kell mondani a Szerkesztőbizottság-
nak azért, hogy egy tudományos igényű szakfo-
lyóiratban teret engedett - egy legjobb esetben is
elektronikai fejlesztésspolitikának nevezhető -
publikációnak. A szerzőnek csupán egy mentsége
lehet erre: meg szeretne volna mutatni, hogy az
elektronizáció milyen távoli - és korábban idegen -
területekre hatol órlási dinamikával, új lehetősé-
geket teremtve a kutató-fejlesztő villa-
mosmérnököknek.



13.sz. ábra. Az 1990-es évtized személygépkocsijának elektronizált szolgáltatásai



BERUHÁZÁS HELYETT – KÖLCSÖNÖZZÖN MŰSZERT!

DEVIZA NÉLKÜL is hozzájuthat a legkorszerűbb precíziós műszerekhez!

MEGTÉRÜL A KÖLCSÖNDÍJ, mert:

A megfelelő időszakban rendelkezésre álló, MÉRÉSAUTOMATIZÁLÁSRA is alkalmas korszerű műszerek használatával időt, munkaerőt, adót, amortizációs költségeket, javítási-karbantartási költséget takarít meg.

NE FELEDJE: egy műszer haszna a mérésekből – nem pedig a tulajdonjogból ered!
NE SZAPORÍTSA KIHASZNÁLATLAN ESZKÖZEIT!

ÓRIÁSI VÁLASZTÉK: oszcilloszkópok, multiméterek, jelgenerátorok, analizátorok, mérésadatgyűjtők, regisztrálók, analitikai-környezetvédelmi műszerek, rendszervezérlők, stb., stb.
ÁLL AZ ÖN RENDELKEZÉSÉRE!

FOGYÓANYAG, TARTOZÉK pótlás, – ugyancsak forintért!

LIZING LEHETŐSÉG: egyes műszer. vagy számítógép típusokra!

SZAKTANÁCSADÁS · HÁZHOZZÁLLÍTÁS · BEMUTATÁS!

KÉRJE INGYENES KÖLCSÖNMŰSZER-KATALÓGUSUNKAT!

FELVILÁGOSÍTÁS, ELŐJEGYZÉS, ÜGYINTÉZÉS: 4810-903 vagy 466-23-66/176 telefonon.
MTA MŰSZERÜGYI ÉS MÉRÉSTECHNIKAI SZOLGÁLATA MŰSZERKÖLCSÖNZÉSI FŐOSZTÁLY
Budapest XI., Szakasits Á. út 59-61. I. em. 107. szoba.
H-1502 Budapest Pf. 58



Баранье Шюлле, Г. – Берцели, Т. – Фридеш, И. – Гордом, Г. – Кроо, Н. – Лайтха, Д. – Лендваи, Э.:

Направление развития фотоники

HIRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1989. № 9.

Распространение техники света началось введением световодов. В прошлом десятилетии в технике связи, как на больших расстояниях, так и в местной связи она пользовалась общим успехом.

Экономичность системы может быть повышена в большой мере, если не только передача, а другие задачи обработки сигналов могут быть решены элементами светотехники. Комитет по Системам Связи Научно-Технического Отдела Венгерской Академии Наук рассмотрел те области, в которых можно ожидать развитие и наши эксперты где могут привлекаться к данной работе.

Др. Фельдвари, Р.:

Теорема обобщенных отсчетов и ее применение для описания квазипериодических сигналов

HIRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1989. № 9.

После демонстрации различных случаев обобщенных отсчетов, автор излагает не равнопромежуточный выбор отсчетов периодических сигналов. Если ширина спектра одного периодического сигнала меньше одного октава, образцы, отобранные при его местных крайних значениях и их времени однозначно определяют сигнал. После изложения согласованного таким образом отбора образца, статья рассматривает основную характеристику данного метода отбора образца. Эти особенности благоприятные и аналогичны нашим знаниям по человеческому слуху, приобретенным до настоящего времени.

Д-р Дарабош, З.:

Роль услуг в разработке уате типа епм малой емкости предприятия бхг

HIRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1989. № 9.

Статья описывает роль услуг в процессе разработки программ УАТС с микропроцессорным управлением малой емкости предприятия БХГ. Излагает различные уровни программируемых услуг станции, окружность разработки и представляемые программисту услуг по ходу составления программной системы.

Гёблеш, Я.:

Электронизация в автомобильной промышленности

HIRADÁSTECHNIKA (Хирадаштехника, Будапешт) 1989. № 9.

Взрыв в электронизации переобразовал не только традиционную промышленность техники связи и промышленность приборостроения, а также и автомобильную промышленность.

Электроника за прошедшие десять лет имея ввиду принципиальную её конструкцию, формирует вновь также и автомашины, которые за сто лет их существования оставались почти неизменимыми. Впервые были установлены радиоприемники в автомашинах 1930 годов. Это в начале служило как бы исключительно для развлечения, позже для информации (до-

рожная информация), но не имела никакой связи с работой автомашины. Данная статья стремится не рассматривать развлекательную электронику, а занимается функциональной электроникой автомашин, являющейся более важным показателем для развития техники и электроники. Образуется рынок, который для производства элементов и составных частей означает новые перспективы.

* * *

Bárányné Sülle, G. – Berceli, T. – Frigyes, I. – Gordos, G. – Kroó, N. – Lajtha, Gy. – Lendvay, Ö.:

Entwicklung in der photonischen Technik

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. Nr. 9

Verbreitung der photonischen Technik begann mit der Verwendung von optischen Fasern. Im letzten Jahrzehnt wurde das allgemein in der Übertragungstechnik, sowohl in Langstrecken netzwerke wie auf der lokalen Ebene. Ökonomie dieser Systeme kann weiter verbessert werden durch die Verwendung von optischen Methoden auch in der Signalverarbeitung. Die Ungarische Akademie der Wissenschaften hat eine Untersuchung durchgeführt über die wahrscheinliche Entwicklung der Photonik und über die mögliche Teilnahme ungarischen Forscher in diese Arbeit.

Dr. Földvári, R.:

Verallgemeinerntes Abtasttheorem und dessen Verwendung zur Beschreibung von quasi-periodischen Signalen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. Nr. 9

Im Beitrag wird die verschiedenen Fälle des verallgemeinerten Abtastverfahren mit ungleichen Abständen bekanntgegeben und das Verfahren für periodischen Signals angewandt. Ist das Spektrum eines periodischen Signals schmaler, als eine Oktave, wird das Signal durch die Größe der Extremwerten und deren Zeitpunkte eindeutig bestimmt. Im Folgenden ist ein "angepassene Abtastverfahren" interpretiert und seine grundsätzlichen Eigenschaften sind beschrieben. Diese Eigenschaften sind sehr günstig und zeigen viele Ähnlichkeiten mit den bisherigen Kenntnissen über das menschliche Gehör.

Dr. Darabos, Z.:

Die Rolle der Dienstleistungen in der Programmentwicklung der Nebenstellenanlagen kleiner Kapazität, Typ EPM der Firma BHG

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. Nr. 9

Der Artikel beschäftigt sich mit der Rolle der Dienstleistungen im Prozess der Programmentwicklung der Nebenstellenanlagen kleiner Kapazität der Firma BHG, mit Mikroprozessorsteuerung. Es werden die verschiedenen Stufen der programmierbaren Dienstleistungen der Nebenstellenanlagen, die Entwicklungsbedingungen, sowie diejenigen Dienstleistungen bekanntgegeben, die dem Programmierer im Aufbau des Programmsystems dargeboten sind.

Göblös, J.:

Elektronisierung in der Kraftfahrzeugindustrie

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. Nr. 9

Die explosive Entwicklung der Elektronisierung hat nicht nur die traditionelle Fernmeldetechnik, die Instrument-industrie, sowie die Maschinenindustrie umgestaltet. Die Elektronik des vergangenen Jahrzehntes hat die seit hundert Jahren fast unveränderte Prinzipielle Konstruktion des Personenkraftwagens auch um-

gestaltet. In den 1930-er Jahren wurden die ersten Radioempfänger in die Autos eingebaut. Zu Beginn haben diese Radioempfänger fast ausschliesslich zur Unterhaltung, später aber auch zur Informations- (Strasseninformation) gedient. Jedoch hatte das gar keine Beziehungen zur Funktion des Autos. Dieser Artikel hat nicht die Absicht eine Übersicht zur Unterhaltungselektronik zu geben, sondern konzentriert sich auf die funktionelle Kraftfahrzeugelektronik, welche für die technische Entwicklung und für die allgemeine Elektronik eine viel grössere Bedeutung hat. Ein neuer Markt entfaltet sich und diese Möglichkeit bietet neue Perspektiven für die Fertigung von Bestandteilen und Baueinheiten.

* * *

Bárányné Sülle, G. - Bercell, T. - Frigyes, I. - Gordos, G. - Kroó, N. - Lajtha, Gy. - Lendvay, Ö.:

Evolution in photonic techniques

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. No. 9

The advent of photonic techniques dates from the application of optical fibers. In the last decade it became general both in long haul and in local communications. Economy of these systems can further be improved through the application of lightwave techniques in signal processing apart from transmission. Department of Technical Sciences of the Hungarian Academy of Sciences has investigated the fields of development of this technique and the possible participation of Hungarian researchers in these activities.

Dr. Földvári, R.:

Generalized Sampling Theorem and its Application for the Description of Quasiperiodic Signals

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. No. 9

After the introduction of the different cases of the generalized sampling, the nonuniform sampling of a periodic signal is described.

bed. It will be shown that a periodic signal is completely specified by a knowledge of its local extrema if the band limit ratio of the signal less than an octave. Furthermore, the "adaptive sampling" will be defined and its basic properties will be discussed. These properties are favourable and a lot of similarity can be found with the knowledge obtained from the human hearing, till this time.

Dr. Darabos, Z.:

Part of the facilities in the Program-Development of Small-Capacity EPM Type PABXs of BHG Telecommunication Works

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. No. 9

This article deals with the part of the facilities in the program-development process of the small capacity, microprocessor controlled PABXs of BHG Telecommunication Works. Different levels of the programmable facilities of the exchanges, the development environment and the facilities provided for the construction of the program system are introduced.

Göblös, J.:

Elektronics in the Motor Industry

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) 1989. No. 9.

Explosion in the electronics transforms the usual telecommunication and measurement industry as well as the machine engineering not only alone. The electronics of the last decade reforms the cars that have been practically unchanged for hundred years regarding the construction of principle. Radio receivers were mounted in the cars of the thirties. At first it was used almost for the entertainment and later it served also the information (traffic reports), but it wasn't in connection with the operation of cars. This article presents an overview not for the consumer electronics but for the functional motor electronics which has considerably higher importance for the technical development and electronics. A market is being formed which means new perspectives for the electronic component and part manufactures.

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Tófalvi Gyula. Szerkesztőségünk címe: Budapest V. Kossuth Lajos tér 6 - 8. 1055. Telefon: 153 - 1027. Kiadja a DELTA Szaklapkiadó és Műszaki Szolgáltató leányvállalat. Budapest, 1053. Kossuth L. u. 17., 1093. Telefon: 117 - 4793. Felelős kiadó: Budai Ferenc főigazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR, Budapest, Lehel u. 10/a. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a HELIR 215 - 96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 180,-Ft, egész évre 360,-Ft. Egyes számára 30,-Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: a "KULTÚRA" Külkereskedelmi Vállalat, H - 1389 Budapest, postafiók 149. és a Magyar Média, 1392 Budapest, Pf. 279.86 - 253. Szedte: "3T" GMK

HU ISSN 0018 — 2028

Index: 25 375