



HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET

1519 BUDAPEST * PF. 268 * TEL.: 869-304 * TELEX: 22-6151

A Híradástechnika Szövetségben intenzív fejlesztőmunka folyik a digitális technika eszközeinek meghonosítására a televíziós technika területén.

Gyártmányaink között megtalálhatók a televíziós berendezések és készülékek ellenőrzését végző eszközök és ezen a területen a továbblépést a mérőautomaták létrehozása jelenti. A mérőautomaták szerkezeti elemei a jelforrások, a jelparaméter-mérők és a mérésvezérlő, adatfeldolgozó egységek.

Szövetségünk a fenti sémának megfelelően fejleszt egy készülékesaladot VIDEOMAT megnevezéssel. A VIDEOMAT család tagjai a következő készülékek: mérőjel-generátor, amely mind folyamatos, mind képköltési idő alatti szabványos jeleket állít elő, mérőpontválasztó, amely az értékelendő jelet kiválasztja, videoszint- és Zajsztímérő, szintméréssel meghatározható jelparaméterek mérésére, nemlineáris torzításmérő, a világosság és a színcsatorna ellenőrzésére, kiegészítő egység a speciális jelparaméterek mérésére és az adatsorok feldolgozására, mérésvezérlő és adatfeldolgozó asztali számítógép (HT 680X).

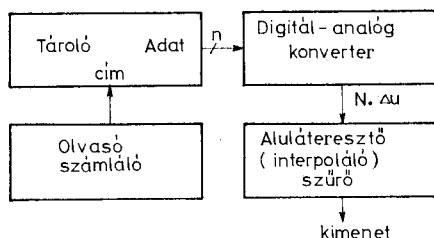
A készülékek mindegyike a funkciójának megfelelően önállóan használható, távkezelhetőségük révén a VIDEOMAT rendszerben a mérésvezérlő által meghatározott mérésfeladatokat hajtják végre.

A jelen cikkünk a fejlesztési munka során felmerült olyan problémákkal foglalkozik, melyek megismerése felhasználóinkat segítik a mérőjel-generátor gyakorlati alkalmazásában.

A video mérőjel előállítás lehetőségei digitális módszerekkel

Bevezetőképpen foglaljuk össze az analóg video mérőjelekkel kapcsolatban alapvető követelményeket. A hagyományos televíziós technikában a mérőjelek értékelése oszcilloszkópos megfigyeléssel történik. A jelek szépsége, alakjuk tökéletessége önmagáért beszél. Minden kis tüske, ami ezt a képet zavarja: hiba. Pontosabban fogalmazva: az előírt felfutási idejű átmenetek lengésmentesek, az állandó szintek valóban esésmentesek, a periodikus jelek valóban periodikusak, alaktartóak kell, hogy legyenek. A jelek egy torzításmentes csatornában áthaladva nem torzulhatnak, vagyis az előírt jelforma létrehozásában nem vehetnek részt olyan komponensek, melyek a csatorna sávhatárain kívül esnek. A jelek lefutására vonatkozó nemzeti és nemzetközi előírások igen szigorúak, de a jelenlegi eszközeinkkel ezek a jelek már megvalósíthatók.

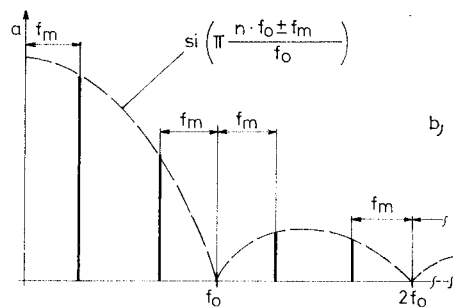
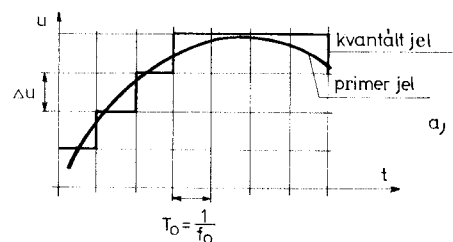
A jelösszeállítás leegyszerűsített sémáját az 1. ábra mutatja. A D/A konverter a bemeneti n bites



1. ábra. Egyszerű generátor séma

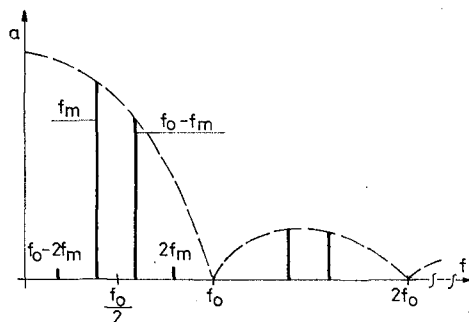
bináris kódból a megfelelő bináris szám ΔU -szorosára feszültséget ad a kimenetén. Ha a bemeneti kód ütemesen változik, akkor a kimenőjel lépcső alakú lesz, és a lépcsőidők megegyeznek az ütemidővel. A kimeneti jel generálásához szükséges kódok egy digitális tárolóba vannak beírva, és ezeket az olvasó számláló hívja elő.

A D/A konverter kimenőjele eredendően kvantált és az egyes minta értékek közötti interpolációt a kimeneti aluláteresztő szűrő végzi el. A lépcső alakú kvantált jel szinképét a 2. ábra mutatja.



2. ábra. A kvantált jel (a) és a szinképe (b)

Az f_0 frekvencia az olvasási ütemidő reciproka, és minimális értékét a mintavételi tételek alapján lehet meghatározni. A számunkra hasznos jelet az alapsávi komponensek adják. Érdekes megfigyelni, hogy a sávon kívüli komponensek amplitúdója a generált jel frekvenciájával együtt nő, tehát a szűrő elégtelen szelektivitásából eredő zavarok magas frekvenciás jeltartalom esetén nőni fognak. További érdekesség, hogy az alapsávi jeltartalomban a magas frekvenciás komponensek amplitúdója csökken, tehát gondoskodni kell majd a kiegyenlítésről.



3. ábra. A kvantálási torzítás hatására keletkező szinkép

A dinamikartomány

A használatos lineáris PCM esetén 2^n a szintlehetőségek száma, a szomszédos kvantálási szintek távolsága azonos, az egymást követő szintekhez rendre növekvő (csökkenő) bináris egész számok rendelhetők n helyértékkel.

Ha a kimenő jelben a kioltószinthez 0, a fehérszinthez 100%-ot rendelünk, akkor az előállítani kívánt jelekben a 10% lépcsőzésű sor, esetleg a 25 és a 75%-os állandó színértékek fordulnak elő. A pontos előállításához az szükséges, hogy ezekhez a szintekhez egy-egy kvantálási szint tartozzon. A folyamatosan növekvő (vagy csökkenő) fűrészjelek törésmentesek kell, hogy legyenek. A megvalósításhoz az szükséges, hogy a soronkövetkező kvantálási szintre való lépés minden esetben ugyanannyi idő múlva történjen. Az átmenetek, szinuszjelek pontos visszaadásához a dinamikartomány végtelen finom felosztása volna szükséges. Az átmenetekenél, mivel az elméleti mintaértéket csak a kvantálás finomságával lehet megközelíteni, nem tudjuk elérni az elméleti felfutási időt, és az átmenetek után (előtt) lengések fognak keletkezni.

Legjobban a szinuszjeleknél mutatkozik meg, de egyébként mindig igaz, hogy a véges finomságú felbontás eredménye hasonló ahhoz, mintha a programozás alapját képező jel nem volna sávhatárolt. A kerekítésekkel ugyanis olyan amplitúdóértékek lépnek be, melyek az alapjelben a sávhatárolás miatt nem fordulhattak elő. Szinuszjeleknél az az eredmény, hogy harmonikusok jelennek meg, ill. magas frekvenciák esetén spektrumátlapolódás jön létre, és az interpoláló szűrő után az alapjelnél pl. alacsonyabb frekvenciájú zavarok mutatkoznak (3. ábra). Ezeket a programba vett kompenzáló jelekkel ki lehet törölni.

Mind az átmeneteknél, mind a szinuszjeleknél kínálkozik az a lehetőség, hogy a maradék hibákat minimalizáljuk. A jelek időbeli helyzete bizonyos tűréshatárok között szabadon választható. E határokon belül a jelek többféle pozíciójában például összegezzük a kerekítésekkel származó hibát, akkor biztosan található olyan helyzet (kezdőfázis), melynél a hibaösszeg minimális értékű.

A D/A konverter lépcsőjelet ad a kimenetén (nulladrendű tartó), következésképpen az elméleti mintaértékekből visszaállított jelek spektruma (és alakja) el fog torzulni. Hasonlóképpen a sávhatárhoz közel eső komponensek csillapításához vezet az a tény, hogy az interpoláló szűrő jó fázismentesít

csak akkor tudjuk egyszerűen realizálni, ha már a hasznos sávon belül jelentős (2–3 dB) csillapítást engedünk meg. Ha a korrekciót a generátor digitális oldalán kívánjuk megoldani, akkor a dinamikartomány felosztásánál lehetőséget kell hagyni a fehérről fehérebb és a feketénél feketébb amplitúdóértékek programozására is.

A generált jelek segítségével mérni kívánt hibák nagyságrendje 1%, kívánatos ezért, hogy maga a generátorjel hozzávetőlegesen 0,3%-nál nagyobb hibákat ne tartalmazzon. A 100%-os kivezérlés tehát legalább 300 kvantálási szintet kell, hogy átfogjon. Figyelembe véve azt, hogy a D/A konverterekre megadott hibák $\pm 1/2$ LSB értékűek, magát az LSB-t csak mint kiegészítő segéd bitet vehetjük tekintetbe. Végsősoron a szükséges minőség eléréséhez 10 bites felbontás szükséges.

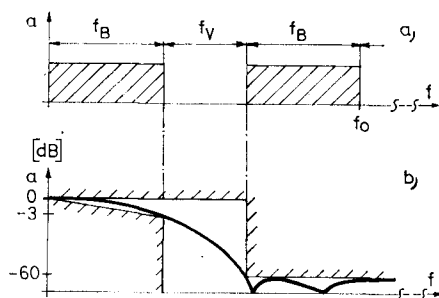
Az üzemidő meghatározása, az interpoláló szűrő

Kiindulásképpen vehetjük azt, hogy azok a jelek, melyek a programozás alapját képezik, sávhatároltak. A feladat tehát a mintavett jelek alapsávi és az f_0 köré csoportosuló része közötti védősáv (f_v) szélességének meghatározása. A megoldás kulcsa maga az interpoláló szűrő. Ha a 0,3%-nyi generátorhibából 0,1%-ot adunk az interpoláló szűrőnek, akkor az f_0 köré csoportosuló szinképre (és e fölött) a szűrő legalább 60 dB csillapítást kell hogy mutasson (első közelítés). Ha az alapsávi rész felső határán 3 dB csillapítást engedünk meg, akkor a szűrő amplitúdókarakterisztikája a 4b ábra szerinti tűrésmezőn belül kell, hogy essen. A fázis karakterisztikával kapcsolatos követelmény, hogy az alapsávi részen belül a csoportfutásidő-ingadozás ne legyen nagyobb, mint 5–10 nsec. Vizsgáljuk meg, hogy az egyes szűrőtípusok esetén hogyan alakul a megoldás. Az 1. táblázat 3 és 4 tekercses szűrőket tartalmaz. Azok a szűrők, melyek az áteresztősávban számottevő ingadozással rendelkeznek, nem jöhetnek számításba, mert a hullámosság hosszú idejű utórezgést eredményez az átmenetek után. Az 1. táblázatban felsorolt szűrők minimumfázisúak. Itt is nyilvánvalóan látszik, hogy a nagyobb szelektivitást hozó szűrőtípusok futásidőhibája nagyobb (1. táblázat). A nagy és meredeken változó futásidőhibák korrekciója hullámosságot eredményez a futásidő karakterisztikában, ami hasonlóan az amplitúdó karakterisztikabeli hul-

1. táblázat

Szűrőtípus	fokszám	f_v/f_0	$\tau_B' - \tau_0'$
Butterworth	7	1,5	3,3
	9	1,1	5,0
Csebisev 0,01dB hullá- mosság	7	1,1	7,7
	9	0,5	14
Gauss	7	4,5	-0,5
	9	4,0	-0,4
Bessel	7	3,6	0
	9	3,3	0
lineáris fázisu	7	3,3	0
	9	2,7	0

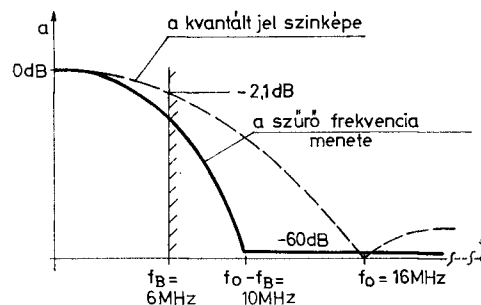
lámossághoz, hosszú idejű utórezgést eredményez. Végeredményben a tabellázott szűrők egyike sem használható erre a helyre. A valódi helyzet nem ennyire tragikus. Azzal ugyanis, hogy a szűrő bemenőjelét a programmal írjuk elő, kezünkben van a korrekció lehetősége (4. ábra). Ha a program az alapjellel egyidejűleg olyan páros és páratlan jellegű reflexiópárokat is tartalmaz, amelyek előtorzítják a bemenőjelet a kívánt kimenőjel megközelítése érdekében, akkor a szűrővel kapcsolatos igényeink csökkenhetnek.



4. ábra. Az aluláteresztő szűrő amplitúdókarakterisztikája
a) a jel által elfoglalt frekvenciatartomány,
b) a szűrő tőrésmezeje

A realizálhatóság oldaláról a lehetőségeink korlátozottak. A jelenleg kapható, viszonylag olcsó Schotthy-PROM-ok hozzáférési ideje 50...70 nsec, így az f_0 frekvencia legfeljebb 14...20 MHz lehet határesetben. A memóriatípus kiválasztásával tehát adódik az f_0 értéke. Tekintettel arra, hogy a mérőjelek átmeneteinek a helye egész számú μsec értékre van előírva, az egyszerű memóriaszervezés érdekében célszerű a világosság csatornában és a színsegédvívó burkoló csatornában $f_0=16\text{ MHz}$ -et választani. A frekvenciaterv az 5. ábra szerint alakul

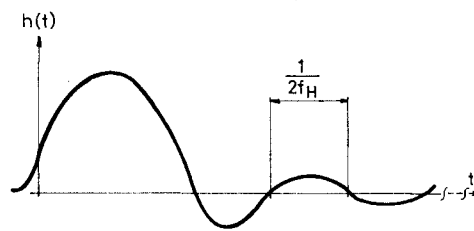
tehát. A rendelkezésre álló 4 MHz széles védősávban kell a szűrővel elérni a szükséges 60 dB csillapítást. Ha a szűrő nem tartalmaz mindent áteresztőt, akkor az átmenetek előtt ún. előrezgés nem mutatkozik a kimenőjelen, az utórezgések időtartama az amplitúdókarakterisztika levágási meredekségével áll arányban. Elegendően nagy fokszám esetén ($n > 5$) az utórezgések periódusideje közel állandó, és a szűrő határ-



5. ábra. Frekvenciaterv

frekvenciájával (inflexiós pont, $-3...-6\text{ dB}$) áll kapcsolatban, jó közelítéssel a periódusidő reciproka maga a határfrekvencia (f_H). Egy tipikus súlyfüggvényt mutat a 6. ábra.

Lefutása hasonló egy előrezgés nélküli $\frac{\sin x}{x}$ függvényhez. Ahhoz, hogy az előállított jeleknél az utórezgés lehető minimális értékű legyen, az utórezgés frekvenciája a jelzési frekvencia felének közelébe

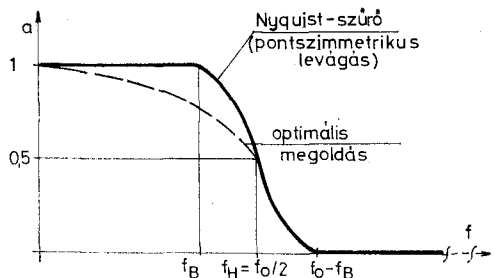


6. ábra. Nagyfokszámú aluláteresztő szűrők tipikus súlyfüggvénye

kell, hogy essen. Így a jelképzés módszerei nagyon hasonlóak lesznek a $\frac{\sin x}{x}$ típusú elemi jeleshez.

Kézenfekvőnek látszik az a szűrőválasztás ezek után, hogy az amplitúdókarakterisztika feleljen meg a Nyquist feltételnek, hiszen ha a zárósáv közepére esik a szűrő -6 dB -es pontja, a zárósáv felső határa fölött 60 dB csillapítást kell megvalósítani, akkor a zárósáv alsó határa közelében és egyáltalán a teljes zárósávban viselkedjék úgy a szűrő, mint ahogy azt Nyquist javasolja (7. ábra). E megoldás ellen szól az a tény, hogy az elméleti amplitúdókarakterisztika a realizálás során csak közelíthető és elengedhetetlen a mindent áteresztők használata. Kívánatos viszont az amplitúdókarakterisztika olyanná formálása az alapsáv határa közelében, hogy az alapsávban a futásidőhiba lehető minimális értékű

legyen. Ez a kívánalom azt jelenti, hogy az alapsáv határa közelében jelentős csillapítást kell megengednünk (7. ábra), amely végsősoron a dinamika-tartomány szűrő után megfigyelhető részének beszűkülését hozza magával.



7. ábra. Példa az optimális szűrőkarakterisztikára

A digitális módszerekkel történő videojel-előállítás szinte minden problémája felvetődik az interpoláló szűrő méretezése kapcsán. Megfelelő gondossággal kell eljárunk tehát a kiinduló adatok meghatározásakor, és ha már készen áll az optimálisnak vélt szűrő (pl. számítógépes modellezéssel), akkor ehhez többet tilos hozzányúlni. Megváltoztatásával a generátor szinte minden paramétere romlik.

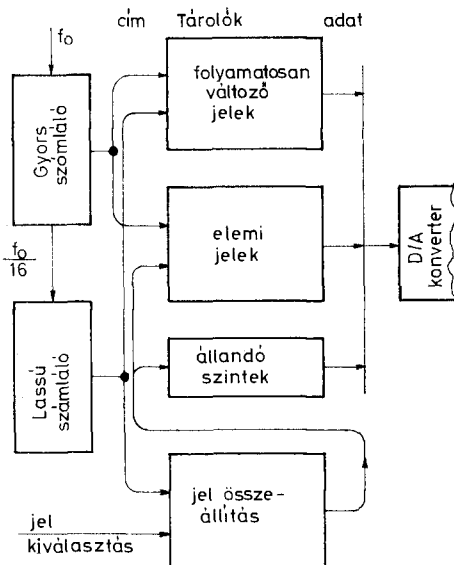
A tároló kihasználása

A mérőjelek információtartalma az átmenetek környezetében sűrűsödik, hiszen az állandó szintek a mozdulatlanságot reprezentálják. Érdekes tehát a mérőjeleket úgy letárolni, hogy a tároló nagy részében csak az átmenetek foglaljanak helyet. Folyamatosan változó jeleknél (fűrészjel, multiburst jel) ezt a felbontást természetesen nem célszerű elvégezni, hanem a sorjelet egy tömbben kell letárolni.

Az előző, ún. elemi jeles tárolási módnál a tároló belső szerkezete a 8. ábra szerinti módon alakulhat. Az elemi jel tároló egy elemi időtartam (pl. 1 μ sec) alatt lezajló összes átmenet típusokat tartalmazza, ezen kívül hasonló elemi jelként célszerű kezelni a lehetséges állandó szinteket. A jel összeállító tároló a rendelkezésre álló elemi jel készletből a kívánságnak megfelelő sorjelet állítatja össze a D/A konverter számára.

Alapvető megoldás típusok

A legegyszerűbb generátorsémát mutatja az 1. ábra. A tartalom szempontjából is legegyszerűbb megoldásra akkor kerülhet sor, ha az előállítandó jelkészlet azonos felfutási idejű átmenetekre és állandó szintekre bontható. Ez esetben olyan átmeneti függvényű aluláteresztő szűrőt kell választani, amely megfelel az átmenettel kapcsolatos elvárásoknak (Gauss, Thomson stb.), a D/A konverter egyszerű négyzögjeleket szolgáltat, és az előforduló szintértékek megegyezhetnek a kimenőjelben elvárt állandó szintekkel. A kívánt átmeneti folyamatot adó szű-

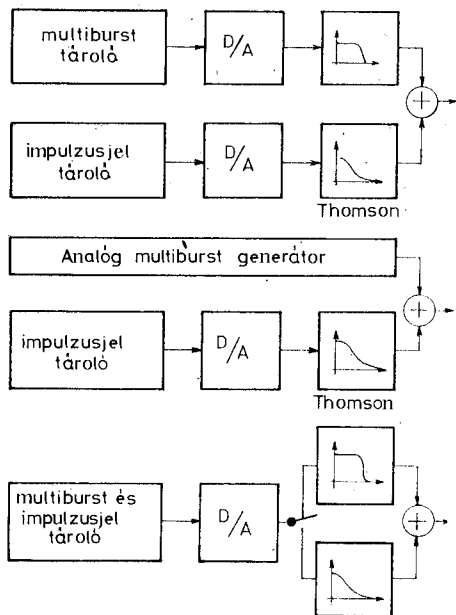


8. ábra. A tárolók szervezése

rők szelektivitása csak kb. 1,5 f_B fölött éri el a kívánt értéket. Következésképpen a kimenőjel spektrum valamivel szélesebb lesz a megengedettnél. (Igaz, hogy a többlet energiataralma meglehetősen kicsi.) Ebben a megoldásban a megszokott értelemben vett mintavételezésről tulajdonképpen nem is beszélhetünk (legfeljebb úgy, hogy az átmenetek csak diszkrét időpontokban megengedettek), a végzett művelet egyszerű impulzusformálás.

Az interpoláló szűrő, de a teljes generátor számára is a legnagyobb igénybevételt a multiburstjel előállítása jelenti. Ha ezt a jelet az előállítás módját tekintve külön kezeljük, akkor az impulzusjelek előállítására az előző egyszerű módszer használható. A multiburstjel előállítás idejére vagy egy kerülő utat kell megnyitni (olcsóbb generátoroknál ez akár analóg is lehet), vagy az interpoláló szűrő átviteli tulajdonságait kell megváltoztatni. Ezekre mutat egy-egy példát a 9. ábra.

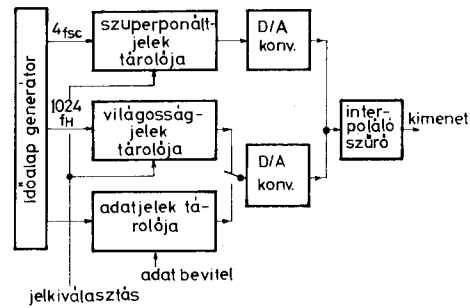
A színsatorna vizsgálójeleinek előállítása során figyelembe kell venni, hogy ez (PAL esetben) a sorraszterétől gyakorlatilag független időalapon történik. Ha mégis azonos ütemidőt választanánk mindkét csatornában, akkor az egyik vagy mindkét jelen jitter keletkezne, ami megengedhetetlen. Ezenkívül ha az összetett színes jelet egy konverter konvertálná, akkor a konverter összes differenciális hibái átmásolódnának a jelre, ami szintén megengedhetetlen. A szín és a világosság jeleket teljesen függetlenül kell előállítani, és a kimeneten összegezni. A két időalap között az előírt offset-et létrehozó áramkörü rész teremt kapcsolatot. Ugyancsak új időalapon lehet bevinni a Teletext sorokat, mivel a kimeneten egyidejűleg csak egy jel lehet, a Teletext jelek generálásához fel lehet használni a világosságcsatorna elemeit. Egy lehetséges teljes generátorfelépítést mutat a 10. ábra. Miután itt két teljes jelforrás van kiépítve, érdemes az egyik utat világosság jel útnak, a másikat szuperponált jelútnak kiképezni (10. ábra). Más szuperponált jeleknél (pl. 1,2 MHz) a konverter hibák, hasonlóan a színsegédvívónél el-



9. ábra. A multiburstjel előállítás különböző lehetőségei

mondottaknál, átmásolódnak a jelre, és egyébként is zavaró, ha a szuperponált jelek koherensek a sorszfekvenciával.

Az analóg és a digitális jelelőállítású generátorok között ma még folyik a verseny. Nem kétséges a digitális megoldás győzelme, de ezek ma még lényegesen drágábbak. A magasabb ár viszont egy megváltozott minőséget takar, hiszen egyszerűen nincs szükség utánállításra, a beépített alkatrészek ára igaz, hogy magas, de a generátor egészét tekintve a generátoron belüli alkatrészek összdarabszáma kicsi és ez a készüléket rendkívül megbízhatóvá teszi. A digitális módszerek egyre nagyobb teret hódítanak a professzionális televíziós technikában, és ez az átmeneti állapot átmeneti eszközöket kíván. Napjainkban kell tapasztalatokat szereznünk mind az üzemi gyakorlatban, mind a készülékfejlesztés területén, hiszen az új technika új szakértelmet is igényel.



10. ábra. Egy lehetséges teljes generátor séma

I R O D A L O M

- [1] *Hölzler—Holzwarth*: Az impulzusmoduláció elmélete és gyakorlata. Műszaki Könyvkiadó, 1962.
- [2] *Anatol I. Zvarev*: Handbook of filter synthesis John Wiley and Sons, Inc. 1967.
- [3] *Dr. Gordos Géza—Varga András*: Adatátvitel és adatfeldolgozás. Tankönyvkiadó, 1975.

Somodi József

Szövetkezetünk a tv-technikában alkalmazott berendezések széles választékát kínálja vásárlóinknak.

Ilyenek pl.: a zártlécű tv-hálózati elemek (kamerák, monitorok, kép- és hangkeverő berendezések stb.), tv-vizsgáló és mérőműszerek (tv-stúdiótechnikai és tv-adástechnikai műszerek, szervizkészülékek), tv-vizsgáló és mérőberendezések (gyártástechnológiai berendezések), tv-microcomputer-rendszerek, display-ek.

Gyártmányaink külföldi forgalmazását a METHIMPEX (H—1391 Budapest, Pf.: 202), valamint az ELEKTROIMPEX (H—1392 Budapest, Pf.: 295) végzi.

Belföldi vonatkozásban bármely alkalmazástechnikai vagy kereskedelmi problémában a HÍRADÁSTECHNIKA Szövetkezet Kereskedelmi és Vállalkozási Főosztálya készséggel áll vásárlóink rendelkezésére.

HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET