

Digitális mintajelgenerátor fázis- modulált mikrohullámú adó és vevő méréseihez

ETO: 621.376.56;621.373;681.326.3

A mintajelgenerátor az ORION-ban kifejlesztés alatt álló PCM 2000—30/32 és PCM 8000—30/32 mikrohullámú berendezés rádiófrekvenciás egységeinek vizsgálatához készült.

A berendezések multiplex része azonos. Mivel a mintajelgenerátorral a PCM berendezés rádiófrekvenciás részeinek vizsgálatát szándékozzuk elvégezni, csupán néhány olyan specifikációs adat említésére szorítkozunk, amely a műszer tervezése szempontjából érdekes.

A tervezés alatt álló berendezés eleget tesz a CCITT ajánlásainak. 32 csatorna átviteléhez 2048 kbit/s a bitfrekvencia, azaz a jelsorozat kb. 500 ns szélességű elemi jelek sorozatából áll.

Digitális jeleket átvivő rádiórelé berendezés esetében az átviteli rendszer tulajdonságait célszerű oly módon vizsgálni, hogy az minél jobban megfeleljen az üzemi körülményeknek. Ez mindenekelőtt azt jelenti, hogy olyan mintajelgenerátorra van szükség, amely egy PCM multiplex berendezés jelsorozatát jól utánozza. Követelmény a továbbiakban, hogy alkalmas legyen olyan speciális jelkombinációk beállítására is, melyekkel az átvivő berendezés néhány fontos jellemzője egyszerű módon értékelhető. Ilyen jelkombináció egyrészt az 1:1 jel-szünet sorozat, amelyben az impulzusok hossza a T elemi jelszélességtől a $256 T$ szélességig terjed, másrészt az 1:256 jel-szünet, ill. szünet-jel arányú impulzussorozat. Ezek ugyanis a várható jelkombináció szélső értékei. Digitális átviteli rendszer fontos jellemzője az elemi jel tévesztési valószínűség [1]. Ennek mérésére üzemi viszonyok szimulálásával jól használható fel az átvétel nélküli jelsorozat.

Az alábbiakban a PCM berendezés rádiórelé részének adó-, ill. vevőoldali áramköreivel kapcsolatban konkrét példával szeretnénk alátámasztani az elmondottakat.

Fázismodulátor működési tulajdonságai

Rendszerünkben a bináris információ átvitele a rádiócsatornán fázisbillentyűzéssel (PSK) történik, ahol az egymást követő elemi jelek mintavételi időpontjaiban 0 vagy π a vivő fázisának a változása [2]. Az adóberendezés funkcionális részeit az 1. ábra tömbvázlata szemlélteti.

A kristályvezérelt oszcillátor jelének fázisa a varaktoros fázismodulátorra jutó moduláló jellel arányosan változik, és ez a változás az adó kimenetén a frekvenciasokszorozó fokozat után veszi fel az

előírt értéket (n a sokszorozási szám). A bináris moduláló jelsorozat egy formáló szűrőn és egy változtatható csillapítón keresztül jut a modulátorra. Az utóbbi a fázislöket beállítására szolgál. A fázislöket pontos értékének betartása fontos rendszertechnikai követelmény, ezért olyan mérési módszer szükséges, amellyel mind beállításkor, mind üzem közben ellenőrzéskor egyszerű módon és megfelelő pontossággal ez elvégezhető legyen. Erre alkalmas a következő mérési módszer: adjunk a modulátor bemenetére 1:1 jel-szünet arányú impulzussorozat. Ha az impulzusok időtartama elég nagy, akkor a fázismodulátoron a fázisváltozást leíró görbe is 1:1 arányú négy-szögjel, amelynek amplitúdója az adó kimenetén felsokszorozódik. Jelöljük a fázislöketet csúcstól-csúcsig 2Φ -vel. Kimutatható, hogy ehhez a következő amplitúdóspektrum tartozik:

$$\alpha_0 = \cos \Phi,$$

$$\alpha_{\pm(2k-1)} = \sin \Phi \frac{\sin (2k-1)\pi/2}{(2k-1)\pi/2}, \quad (k=1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

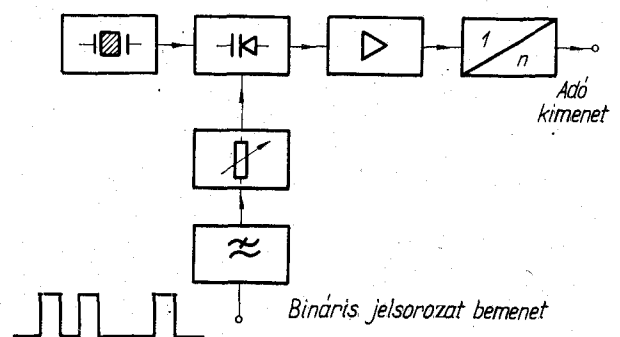
Az (1) összefüggésben a „0” index a vivőt, a többi az oldalsávokat jelöli. Ha nincs moduláció ($\Phi=0$), akkor csak a vivő marad meg, moduláció esetén megjelennek a páratlan sorszámú oldalsávok. Ennek feltétele, hogy az 1:1 impulzus-üzemarányt betartsuk, ami fontos kötés a mintajel-generátorra nézve.

Látható, hogy a $2\Phi=\pi$ fázislöket teljesülésekor a vivő eltűnik, a megmaradt páratlan indexű oldalsávok az indexüknek megfelelő számok arányában csökkennek:

$$\alpha_0 = 0,$$

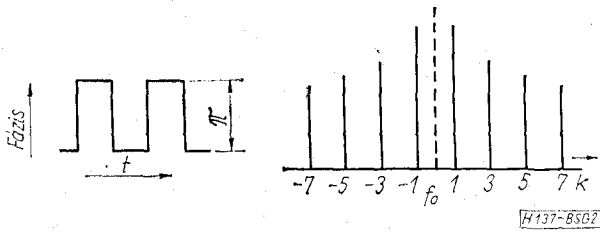
$$\alpha_{\pm(2k-1)} = \frac{(-1)^k 2}{2k-1} \frac{1}{\pi} \quad (2)$$

Ha az 1. ábrán a csillapítótagot úgy állítjuk be, hogy az adó kimenetén figyelt spektrumon a vivő

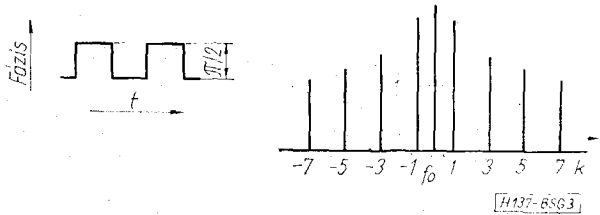


H 137-B56 1

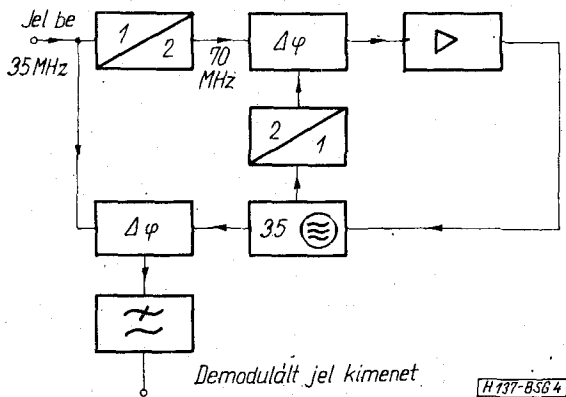
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

eltűnjön, akkor a moduláló bemenetre jutó bináris jelsorozat az adó (0, π) fázisbillejtésére alkalmas.

Természetesen más, π -től eltérő löketű jelalakhoz is megtalálható a jellegzetes spektrumkép. A 2. és 3. ábra mutatja a spektrumokat π , ill. $\pi/2$ fázislöket esetére dB-lineáris léptekben.

Mivel az adóban levő áramkörök — hasonlóan az átviteli rendszer többi részéhez — torzíthatják a jelalakot, annak megfigyelése, hogy a valóságos spektrumkép mennyire tér el az ábrában mutatott ideálistól, sok hasznos információt jelent az adó működésére vonatkozólag.

Fázisdemodulátor működési viszonyai

Rendszerünkben a vevőben koherens fázisdemodulátort alkalmazunk. A referenciajelet úgy állítjuk elő, hogy a bejövő jelet kétszerezünk, így a modulációt eltüntetjük, az így kapott jelet fázisdiszkriminátor hasonlítja össze a referenciaoszillátor kétszerezett jelével. A fázisdiszkriminátor felerősített kimenőjelével szabályozzuk az oszcillátor frekvenciáját (4. ábra) [3, 4].

A kétszerezés csak abban az esetben állítaná elő a referenciajelet teljes pontossággal, ha a moduláció és az átvitel ideális lenne. Azonban az átviteli rendszerre vonatkozó követelmények teljesítése érdek-

ben adó- és vevőoldalon szűrőket kell alkalmazni. Így az átvitel a referenciajel előállítására szempontjából eltér az ideálistól, és emiatt a referenciajel tartalmaz bizonyos mértékű fázismodulációt. A szabályozás működését (stabilitás, frekvenciaátfogás) különböző jelalakoknál kell megvizsgálni. Érdekes a különböző frekvenciájú négyszögjel, valamint nagy jel—szünet arányú impulzussorozat.

A szűrők és a demodulátor karakterisztikus torzítását is különböző jelkombinációval kell vizsgálni.

Mintajelgenerátor fázismodulátor és fázisdemodulátor vizsgálatához

Az előzőekben definiált jelsorozatokat digitális jelgenerátorral állítjuk elő. Jelgenerátorunk a szélesebb körű felhasználhatóság céljából az előzőeken túlmenően egyéb speciális szolgáltatásokkal is kiegészül.

A berendezés harmadik generációs kivitelű és SN 74 N sorozatú integrált áramkörökből épül fel.

A mintajelgenerátor három funkcionális részből áll. Ezek:

- 7 fokozatú osztó és dinamikus kapu,
- 9 bites visszacsatolt léptető-regiszter,
- kimeneti egység.

A rendszer felépítését az 5. ábra tömbvázlata mutatja.

A funkcionális részekon kívül a berendezés kiegészítő áramköröket is tartalmaz, amelyek a kezelőszervek és az egyes funkcionális egységek együttműködését segítik elő.

7 fokozatú osztó és dinamikus kapu

Az egység feladata a már leírt, változó ismétlődési frekvenciájú, 1:1 üzemarányú, valamint a $2^n T$ szélességű, $64T$ vagy $256T$ periódusidejű jelek előállítására. A T szélességű alapjelet belső óragerátor négyszögjeléből, amelyet egy 2048 kHz ismétlődési frekvenciájú astabil multivibrátor szolgáltat, egy frekvenciafelező állítja elő. Ennek kialakítása olyan, hogy az előlapról tolókapcsolóval vagy a belső óragerátor, vagy tetszőleges külső négyszöggenerátor kapcsolható a bemenetére.

Az alapjel 7 fokozatú bináris osztóra kerül. Az osztó tetszőleges kimenete fokozatkapcsolóval a kimeneti egységre kapcsolható. Így az alapjel ($1T$) mellett előállnak az

$$1T, 2T, 4T, 8T, 16T, 32T, 64T, 128T$$

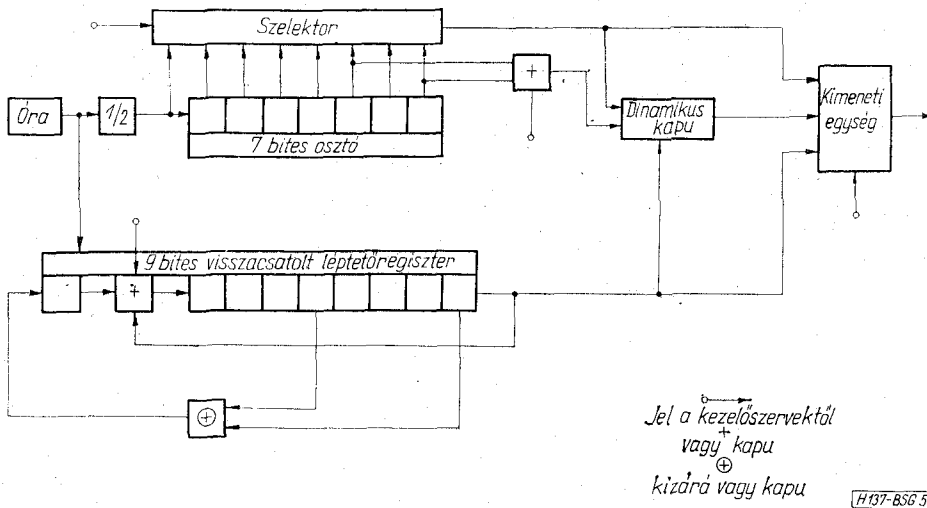
elemi jelszélességű,

$$1024, 512, 256, 128, 64, 32, 16, 8 \text{ kHz}$$

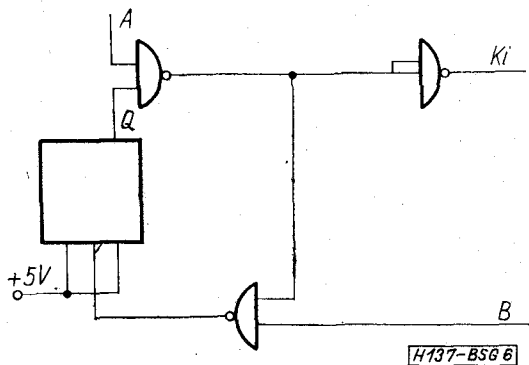
ismétlődési frekvenciájú négyszögjelek. Ezekből fokozatkapcsoló választja ki és adja a kimenetre a kívánt jelet.

Az egyidejűleg rendelkezésre álló 8 fokozatból a dinamikus kapu állítja elő a $2^n T$: $64T/256T$ jelet. A kapu alapját egy $J-K$ flip-flop és 3 NAND kapu képezi a 6. ábrán látható kapcsolásban.

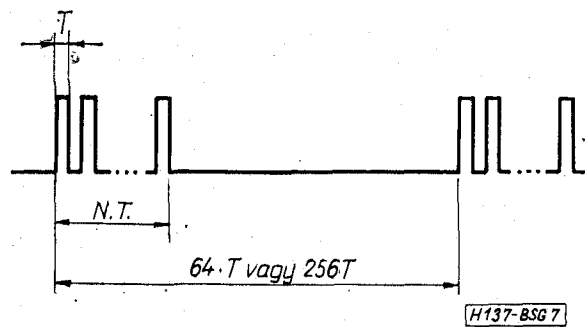
A kapu B bemenetére tolókapcsolóval kiválasztva jut a $32T$ vagy a $128T$ elemi jelszélességű, 1:1 arányú



5. ábra



6. ábra



7. ábra

jelsorozat. Az A bemenetre fokozatkapcsolóról az $1T, 2T, \dots$ szélességű jelsorozat valamelyike kerül. Ha a flip-flop bebillen, akkor az A bemeneten belépő első jel visszabillenti a flip-flopot. Így a kapu kimenetén a B-re adott jel által meghatározott távolságban az A-ra kapcsolt jel szélességének megfelelő szélességű egyetlen jel lesz. Ez jut a fokozatkapcsoló megfelelő állásában a kimenetre.

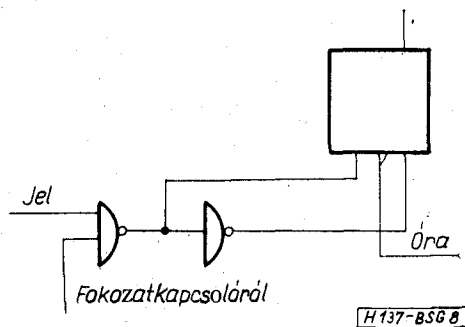
9 bites visszacsatolt léptető-regiszter

A 9 bites visszaesoit léptető-regisztert tartalmazó egység két funkciót teljesít. Egy 8 bit hosszú, szabadon választható tartalmú byte-of generál ciklikusan, vagy 511 bit ciklusidejű álvéletlen bináris jelet állít elő (egy bit a T szélességű elemi jelnek felel meg). A két funkció fokozatkapcsolóval váltható.

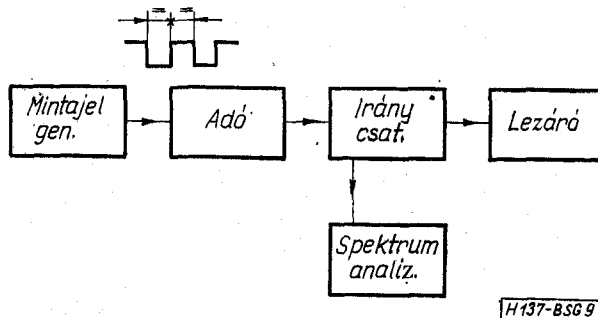
Byte-generátor

A 8 bit hosszú byte egy 8 fokozató léptető-regiszterbe írható be a J-K flip-flopok preset és clear bemeneteinek vezérlésével. A megfelelő tartalom az előlapon tolókapcsolókkal állítható be és egy start-gombbal írható be a regiszterbe. A visszacsatolás a léptető-regiszter végéről az elejére történik. A ciklikusan ismétlődő byte-ot a fokozatkapcsoló kapcsolja a kimenetre.

Az üzemmód fokozatkapcsoló megfelelő állásában ez a 8 bites byte a dinamikus kapu kimenő jelét modulálni képes, így a 7. ábra jelformáját is kaphatjuk.

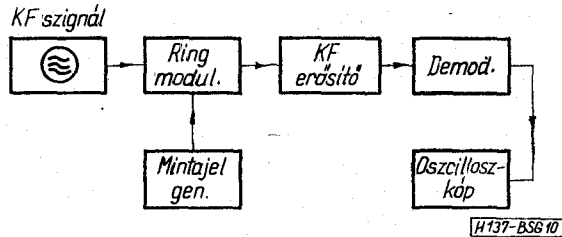


8. ábra



9. ábra

A szinkronizálást a start gomb végzi a dinamikus kapu nullázó bemenetének vezérlésével.



10. ábra

Álvéletlen jelgenerátor

Az 511 bit ciklusidejű bináris álvéletlen jelet 9 tárolóból álló léptető-regiszterrel állítjuk elő. A visszacsatolás az 5. és 9. fokozatnál történik modulo 2 összeadón keresztül. A jelsorozatot fokozatkapcsolóval lehet a kimeneti egységbe juttatni.

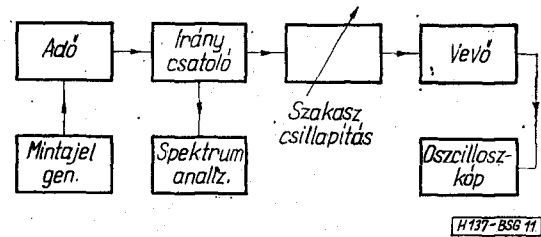
Kimeneti egység

A kimeneti egység az egymástól függetlenül előállított jelekből az üzemmódváltó fokozatkapcsolóval kiválasztottat kapcsolja a kimenetre. A kimeneti egység kapcsolásának alapját egy $J-K$ flip-flop képezi, melynek órabemenetét a 2048 kHz-es óragenerátor működteti (8. ábra). A flip-flop preset és clear bemenetének vezérlésével állandó 1 és állandó 0 is adható a kimenetre.

A jobb vonali illesztés és a kimeneti IC-nek a visszahatások elleni védelme érdekében tranzisztoron keresztül történik a kimenetre csatlakozás.

A kimeneti szint a TTL integrált áramkörök specifikációjának felel meg.

A kimenetről nyerhetők az oszcilloszkóp és a mérendő áramkör szinkronizálásához szükséges jelek, valamint a jel mellett annak negáltja is.



11. ábra

A mintajelgenerátor néhány felhasználása

Bemutatunk néhány példát a mintajelgenerátor alkalmazására. Ezen túlmenően használható adatátviteli mérésekben, zajmérésekben stb.

Adó fázistolókének beállítása

Ebben az összeállításban a mintajelgenerátorból kivett különböző jelkombinációkkal az adóra, ill. az egész átviteli rendszerre vonatkozólag más vizsgálatok is elvégezhetők.

A 10. ábrán a demodulátor frekvenciaátfogásának, a 11. ábrán a teljes rendszer vizsgálatának mérési összeállítása látható.

I R O D A L O M

- [1] Bennett, W. R.—Davey, J. R.: Data transmission. Mc Graw-Hill, New York, 1965.
- [2] Cahn, C. R.: Performance of digital phase modulation communication system. Tr. IRE-CS, 1959. May.
- [3] Zajezdnij, A. M.—Okunjev, Ja. B.—Rahovics, L. M.: Fazoroznosznaja moduljacija. Szvjaz, 1967.
- [4] Viterbi, A. J.: Principles of Coherent Communication. McGraw-Hill, New York, 1966.