

# A Magyar Rádió MOOG szintetizátora

ETO 534.42:621.396.712.3

Az elektronikus zenei stúdiók már régóta alkalmaznak szintetizátorokat — elektronikus jelkeltő és feldolgozó berendezéseket —, amelyek nagy kombinációs lehetőségükkel tűnnek ki a különböző hanggenerátorok közül. A Magyar Rádióban folyó elektronikus zenei munkának komoly lökést adott egy nem régóta működő MOOG szintetizátor. E rövid beszámolóban igyekszünk vázolni a készülék főbb szolgáltatásait és felépítési rendszerét.

## Alapelv

A szintetizátor különböző oszcillátorokat, vezérlő berendezéseket, szűrőket tartalmaz az elektronikus zene készítésének megkönnyítésére. A kapható ilyen készülékek sorában közepes nagyságának tekinthető. Különálló modulelemekből épül fel, amelyek a megfelelő vázszerkezeten és a tápfeszültségek biztosításával önállóan is felhasználhatók, ugyanakkor egymás közt nagy változatossággal köthetők össze. Ezt teszi lehetővé, hogy a modulok feszültségillesztett rendszerben, kb. 1 V-os üzemi jelfeszültség szinten működnek. Legtöbbjük működése feszültség szabályozott, így az oszcillátorok frekvenciája, a szűrők jelleggörbéje, a szabályozó erősítők erősítése. Lényegében háromféle villamos csatorna különböztethető meg: egy jel-, egy vezérlőfeszültség és egy indító-impulzus-út, ezek egymás feladatait kölcsönösen el láthatják.

## Felépítés

### Jelfeszültség-források:

#### önálló:

fehérzaj-generátor,  
rózsazaj-generátor,

#### vezérelt:

hanggenerátorok,  
feszültség szabályozott oszcillátor.

### Vezérlőfeszültségforrások:

#### kézi szabályozású:

billentyűzet,  
fémszalag,  
programozható szintadó,

#### indított:

burkológenerátor.

### Indító-impulzusforrások:

késleltető,  
oszcillátor a programozható szintadóhoz,  
billentyűzet,  
fémszalag.

### Feldolgozó elemek:

#### beállítható:

zengető,  
fixfrekvenciás sávszűrő,

#### vezérelt:

szűrőegység,  
burkolókövető,  
feszültség szabályozott erősítő.

### Átalakítók és keverők:

programozható kapcsoló,  
impulzusátalakító és -késleltető egység,  
4 csatornás előkeverők és 4 kimenetű keverők  
összekötések (kábel és belső vezeték).

### Az egységek

A fenti táblázatos felsorolás rendjében vegyük sorra az említett egységeket.

### Jelfeszültségforrások

#### A zajgenerátor

Konstans effektív értékű jelet ad ki, a fehérzaj-kimeneten állandó abszolút sávzálességre, a rózsazaj-kimeneten állandó relatív sávzélességre vonatkozóan azonos értéket.

#### Hanggenerátorok

A hánggenerátorok hármas csoportokra oszlanak. Ilyen csoportból három van, mindegyikhez egy-egy vezérlőgenerátor tartozik. A vezérlőgenerátor külső feszültségforrásról — billentyűzetről, kézi vezérlésű feszültségosztóról stb. — hangolható, a vezérelt négyszögimpulzus szélessége változtatható, ezenkívül kis és nagy átfogással kézi hangolásra is van mód. A három generátor mindegyikének szinus-, háromszög-, fűrészfog- és négyszögkimenete van. Külön váltakozó és egyenfeszültségű modulációs bemenet, ezenfelül szinkronizáló bemenet is van rajtuk.

A feszültség szabályozott oszcillátor az előbbi szolgáltatásokat egyesíti, kiegészítve egy infrahang tartománnyal, és ellenütemű kimenete van. Hangolása feszültségérzékeny, a kimeneten 7-féle jelalak jelentkezik. Külső jellel meg lehet szabni, hogy milyen fázisban induljon a periódus. Az oszcillátorok hangolása olyan, hogy 1 V vezérlőjel-növekedés kétszeres frekvenciát, tehát egy oktávval magasabb hangot kelt.

### Vezérlőfeszültség-források

A vezérlőfeszültség-források talán a szintetizátor szívének tekinthetők, ezek szabják meg a szintek és a frekvenciák légnagyobb részét.

#### A billentyűzet

A kézi vezérlésű eszközök sorában az elektronikus hangszer és az elektromos orgona közti átmenet lánc-

szemének tekinthető a billentyűzet, amely alakra az orgonához hasonló. Hangolása azonban — összekapcsolások révén — széles határok között változtatható. A lenyomott billentyű érintkezője egy ellenálláslánc értékét változtatja úgy, hogy egy oktávnyi billentyűtávolság kb. 1 V kimenőfeszültség-változást okoz az egyenfeszültségű erősítő kimenetén. Pontos behangolás esetén a billentyűzet a diatonikus — a jól temperált zenei — skálának megfelelő hangok vezérlésére lesz alkalmas egy utána kapcsolt oszcillátoron. Ilyenformán zenei hangok keltése is lehetséges. Meg kell jegyezni, hogy az „igazi” elektronikus hangszer ennél sokkal többet igényel. A billentyűzettel is megtehető az, hogy külső vezérlést működtet, érintkezési pontjaira tetszőleges forrás és fogyasztó köthető. Ezenkívül minden egyes lenyomás és elengedés triggerimpulzus keltésével jár, amely a további folyamatokat, pl. a burkológenerátor indítását vezérli. A billentyűn leütött lépések között egy változtatható időállandójú tag segítségével az előző hangról újonnan megszólaló hangra rá lehet csúszni, ez a zenei portamento hatásához hasonlít. A billentyű elengedése után a kimenőszint a legutolsó állapotban marad az újabb billentyű lenyomásáig, tehát tartós hangnál az utolsó hang megütött hang magassága marad meg.

#### Fémszalag

Folyamatos kézi szabályozásra szolgál egy kifeszített fémszövet szalag, amelyen a kezelő személy ujjmozgatással, fel-alá csuszkalással változatos szint-, frekvencia- stb. szabályozást végezhet. Minden érintés és elengedés között kapcsolójel is keletkezik.

A fémszalaggal való kézi vezérlés különösen hangmagasság szabályzásakor használatos a szabad mozgáslehetőségek miatt. Forgatógombbal soha nem lehetne olyan hirtelen ugrásokat végezni, mint a szalaggal.

A működési tartomány 6 V, amely vagy 0 V és + 6 V, vagy -1 V és + 5 V között helyezkedik el. Utóbbi esetben pl. szimmetrikus modulálás, kitérés végezhető a 0 V körül.

A szalaggal párhuzamosan fémsín fut, amelynek érintésekor triggerjel keletkezik.

#### Programozható szintadó (sequencer)

A szintetizátor kiegészítő egysége egy  $2 \times 3$  sorból, soronként 8 oszlopból álló potenciométer-mező, amely előre programozható egyes feszültség szintek egymás utáni adását végzi. A leadott szintek hasonlóan a billentyűzet feszültségeihez, további fokozatokat vezérelnek. A léptetést beépített oszcillátor végzi, amelynek alapfrekvenciája kézzel és külső vezérléssel is szabályozható, sőt külső oszcillátor át is veheti a léptetést. A három sorból az utolsó nemcsak a szintet, hanem a hozzá tartozó oszlopban való tartózkodási időt is megszabhatja. E funkció kiiktatásával és csak a belső oszcillátor használatával a lépések egyenlő ideig tartanak.

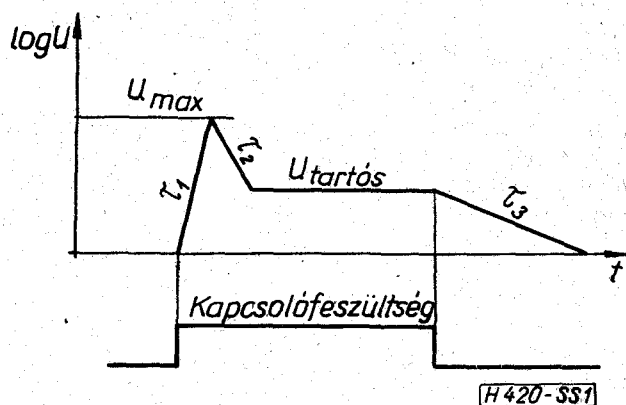
A sorok közti váltást egy vezérelt kapcsoló végzi, amely hangfrekvenciás kapuként a sorvégi impulzusra átkapcsol a következő sorra, és ezt ciklikusan végzi. A kapcsoló természetesen más folyamatok kapcsolására is alkalmas. Az egységet egy 48 elemű tárolónak lehet tekinteni, amelyből a kiolvasás sebessége,

de még a tárolt anyag is menetközben módosítható oly módon, hogy a szabályzó szerveket bármikor el lehet állítani. A programozható jelszintek 0 V és 8 V között szabályozhatók.

#### Burkológenerátor

Az indított vezérlőfeszültség-források közül leginkább a burkológenerátor érdemel említést. Kapcsolójelre, amely eredhet pl. a billentyű lenyomásától, növekvő egyenfeszültséget ad egészen kb. 5,5 V-os maximális szintig. Ennek elérése után egy meghatározott szintig csökken a feszültség, majd állandósul a kapcsolójel megszűnéséig. Ekkor a jel ismét csökken, de most már 0 V-ig. A fölfutást, a tartós szint elérését és a lecsengést 3 időállandó írja le, ezek külön beállíthatók 10 ms és 10 s között. Ügyszintén beállítható a tartós szint is 0 V és 5,5 V között. A három változó szakasz és a beállított szint viszonyát az 1. ábra szemlélteti.

A három időállandó folyamatosan szabályozható. Természetesen a  $\tau_2$ -nek megfelelő szakasz nem alakul ki akkor, ha a tartós jel a maximumon van, hasonlóan a  $\tau_3$ -nak nincs szerepe, ha a tartós szint zérus. A burkológenerátor legtöbbször egy éppen megszólaló



1. ábra. A burkológenerátor kimenőjelének és kapcsolófeszültségének időfüggvénye. A 3 időállandó:  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  és az  $U_{\text{tartós}}$  szint kézzel állítható

hang formálását végzi, ilyenkor a kimenő jel egy feszültségvezérelt erősítő szabályzófeszültségéül szolgál. A szintetizátorban három burkológenerátor van, ezek egymástól függetlenül működnek, tehát különbözőképpen állíthatók be akár egy jelre, akár többre.

#### Indítóimpulzus-források

##### Kettős késleltetőegység

Két impulzuskésleltető szolgál arra, hogy egy elindított folyamat kezdetéhez — pl. a fémszalag lenyomásához — képest időben eltolva további folyamatok induljanak. Az indítás folyamata a késleltető bemene-tére adott látszólagos rövidzárral indul meg. A beállítható késleltetés 10 ms és 10 s közé esik. A két késleltető vagy független egymástól, vagy láncba, vagy párhuzamosan kapcsolódik. A két utóbbi esetben kombinált indítás során különböző jelalakok egymás után vagy egymás mellett jelentkeznek.

##### Oscillátor a programozható szintadóhoz

Feladatáról a korábbiakban már volt szó: a programozható szintadó (sequencer) léptetése. Két szabályzóval: egy nagy lépésekben váltó tartománykap-

csolóval és egy finomhangolóval állítja be a lépéssebességet. Indítása, leállítása, külső vezérlése külső impulzussal végezhető el. A 3 soros szintadót és a hozzá tartozó programozható kapcsolót egy oszcillátor vezérli; két ilyen összetartozó egység van.

#### Feldolgozó elemek

##### Zengető

Kisméretű, induktív elven működő rugós zengető-egység, amellyel a hangokat térszerűbbé lehet tenni. Működésével a termekben lejátszódó utózengési folyamatokat egy rugó gerjesztésével utánozza. A zengetés természetesen magában hordozza a rugós zengetőberendezések tulajdonságait, a nemlinearitást, saját hangokat stb. Külső vezérlése nincs, kettős szintszabályozóval (0-tól 1-ig) lehet szabályozni a zengő—direkt arányt úgy, hogy a kimenőszint kb. állandó marad.

##### Fixfrekvenciás sávszűrő

A hangkép előre beállított, ill. kézzel való módosítására szolgáló szűrőegység, amelyben egy alul- és egy felüláteresztőn kívül 12 LC-sávszűrő van. Ezek sávközepi 125 Hz-től kezdődően féloktávonként követik egymást 5600 Hz-ig. Az eredő átviteli görbét az egyes sávok szintszabályozása adja meg.

##### Feszültségszabályozott szűrő

A hangkép igen sokoldalú módosítására alkalmas eszköz, három egységből, egy alul-, egy felüláteresztőből és egy összekapcsoló elemből áll. Ez utóbbi három üzemmódot tesz lehetővé:

1. független működést a két szűrőrész számára,
2. sávszűrést,
3. sávzárást.

Az első esetben nincs összekapcsolás, a másodikban láncba, a harmadikban párhuzamosan kapcsolódnak a szűrők. Mindkét aktív szűrőfél két paramétere kívülről is vezérelhető, a sávközépfrekvencia (ill. vágási frekvencia) és a sávzélesség. Hangoláskor a vezérlőfeszültséget párhuzamosan vezetik a két szűrőbe, ezáltal az elhangolódás azonos értelmű lesz, sávzélesség-szabályozáskor a vezérlőfeszültség az egyik szűrőbe fordított polaritással kerül, ezáltal keletkezik az ellentétes irányú elhangolás. A hangolás érzékenysége megegyezik az oszcillátorokéval: a töréspont frekvenciája kétszeresére nő 1 V vezérlőfeszültség-növekedésre. A kézzel beállítható rögzített szabályozószint  $-6$  V és  $+6$  V közé esik. Néhány jellemző műszaki adat:

Névleges bemenőimpedancia:	10 kohm
Névleges kimenőimpedancia:	0,6 kohm
Szabályzó bemenet impedanciája:	100 kohm
Maximális erősítés:	0 dB
Frekvenciatartomány:	20...30 000 Hz
Jel-zaj viszony:	60 dB

##### Feszültségszabályozott erősítő

Két független jelbemenetű és két független jelkimenetű erősítő, amelynek erősítését a három szabályzó bemenetre adott feszültség összege változtatja. A kimenetek ellenüteműek, egyaránt működhetnek szimmetrikus és aszimmetrikus üzemmódban. Az ellenütemű kapcsolás alkalmas a nem kívánt modulációs

termékek kioltására. Három ilyen erősítő van a szintetizátorban, fontosságuk igen nagy, így ezek majdnem mindig üzemben vannak. Főbb műszaki adatai:

Névleges bemenőimpedancia:	10 kohm
Névleges kimenőimpedancia:	0,6 kohm
Szabályzó bemenet impedanciája:	100 kohm
Maximális erősítés:	6 dB
Erősítés tartománya:	$> 80$ dB
Szabályozás (exponenciális):	12 dB/V
(lineáris):	0...2-szeres (0 V-tól $+6$ V-ig)
Frekvenciatartomány:	0...50 kHz
Jel-zaj viszony:	$> 70$ dB
Torzítás (0 dB erősítés, $2 V_{\text{eff}}$ bemenet):	2%.

##### Burkolókövető

A burkológenerátorhoz hasonló funkciót tölt be azzal a különbséggel, hogy a burkolójelet nem maga állítja elő, hanem külső váltakozó feszültség burkolóját képezi, és az jelenik meg további feldolgozásra a kimeneten. Ezt a burkolóképzést beállítható időállandóval végzi, eszerint a váltakozó jelet gyorsan vagy lassan képes követni. A leggyakoribb kapcsolásban a burkolójelet egy feszültségszabályozott erősítőt vezérel. A burkolókövető főbb műszaki adatai:

Névleges bemenő- és kimenőimpedancia:	10 kohm
Érzékenység 0...5 V kimeneti tartományban:	1 V/12 dB
0 dBm bemenetnél a kimenőfeszültség:	$5 V \pm 0,5 V$ , $-60$ dBm bemenet alatt $-4$ V-ra esik
Követési idő	10 ms...100 ms.

##### Egyéb egységek

##### Programozható kapcsoló

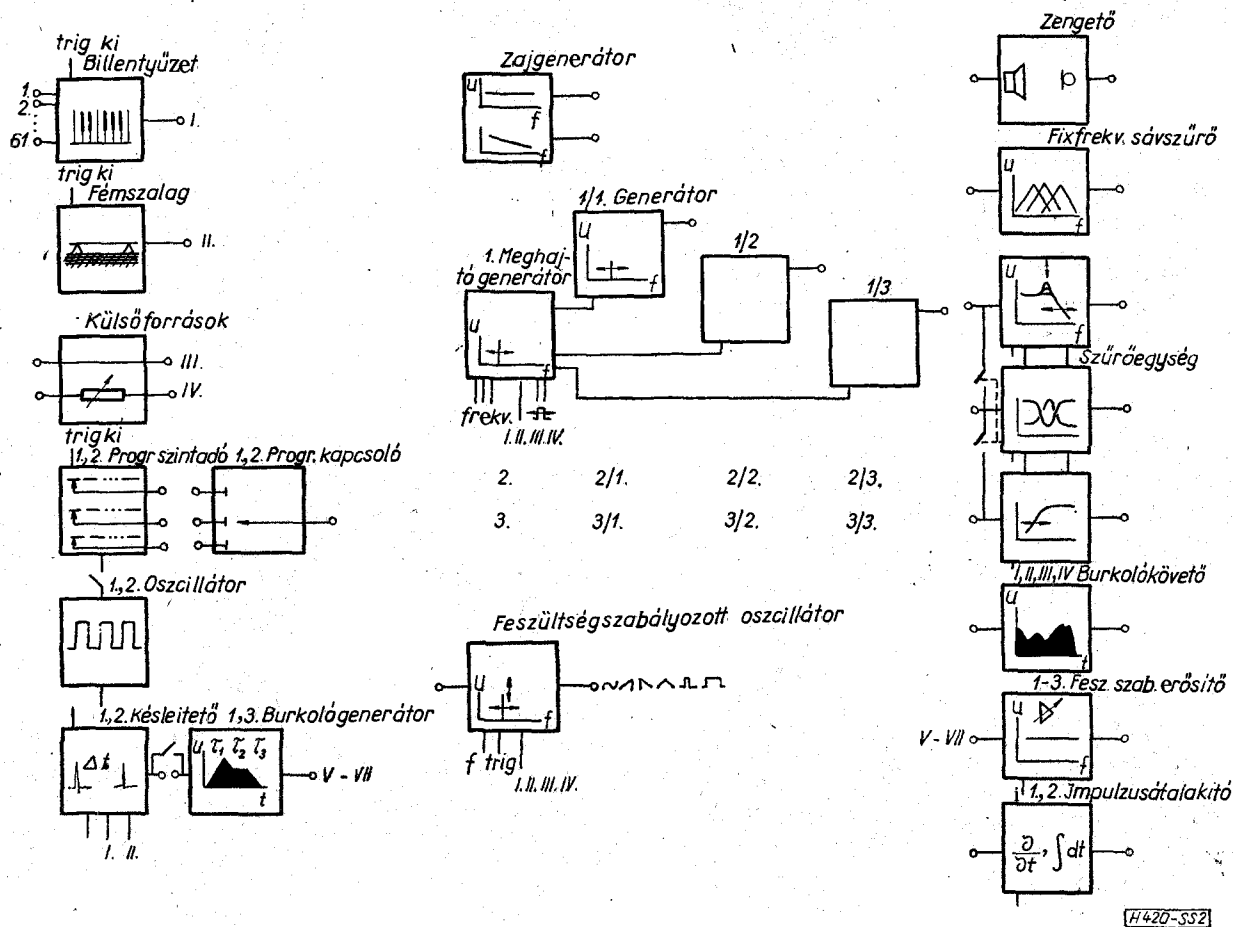
Csak a teljesség kedvéért említjük itt is meg, hogy a programozható szintadónál tárgyalt vezérelt kapcsoló különböző forrásokat egy csatornára képes úgy választani, hogy az átkapcsolás időpontját tetszés szerinti triggerjel beadásával meg lehet határozni. Mivel ilyen kapcsolóból kettő van, összesen 6 forrás egyidejű választása lehetséges.

Impulzusátalakító és -késleltető egység (interface)  
A szintetizátorban keltett vagy kívülről beadott kapcsoló- és triggerjelek átalakítására és késleltetésére szolgál. Főbb szolgáltatásai:

adott hangcsomagból triggerjelet állít elő,
tartós hangjel kezdetére kapcsolójelet kelt,
200 Hz fölötti jelekre beállítható az érzékenység (szinttől függően),
késleltetés 40 ms-tól 4 s-ig.

##### Előkeverők és kimenőkeverő

A keltett jelek összefogására 4 db négycsatornás előkeverő szolgál. Mindegyik kimenet két hüvelyen van kivezetve, amelyek jele ellentétes polaritású. A végtermék keverésére és kimeneti választására egy négycsatornás, négykimenetű, keresztsínes keverőrendszer szolgál. Mindegyik kimenőcsatornának mély- és magasszabályozója van. Természetesen minden jelkimenet önmagában is felhasználható, az illesztési felvételek figyelembevételével.



2. ábra. A MOOG szintetizátor jelkeltő és jelformáló egységeinek vázlatos rajza. Vízszintes irányok: jelfeszültségek, függőleges irányok: vezérlő- és triggerfeszültségek

**Az egységek összekapcsolása**

Minden bemenet és kimenet, valamint trigger- és kapcsolójel hüvelykivezetésű. A kábelerdő csökkentésére a leggyakrabban használt összekötések előre kiépítve megtalálhatók a szintetizátorban, egy részük választókapcsolóval be- és kiiktatható. Így a billentyűzetről, a fémszalagról és két külső forrásról mindhárom vezérlőoszillátor kapcsolóval választható. Ugyanezek a kapcsolási lehetőségek állnak fenn a kettős késleltetőre, a burkológenerátorra, valamint a vezérelhető szűrőegységre. Egyidőben több forrás is köthető egy fogyasztóra.

A 2. ábrán összefoglaltuk a szintetizátor jelkeltő és jelformáló egységeit, főbb szolgáltatásaik feltüntetésével. Az egységek között csak a bekábelezett és választható összekötések vannak feltüntetve, a többi kézi dugaszolással jön létre. A vízszintes ki- és bemenetek általában jel (műsor), a függőlegesek vezérlő- és triggerjelek továbbítására szolgálnak. Szigorú különválasztás természetesen nem lehetséges, mert ezek egymás szerepét át is vehetik. A jobb áttekinthetőség kedvéért a csupán összefogásra használt erősítőket nem tüntettük fel.