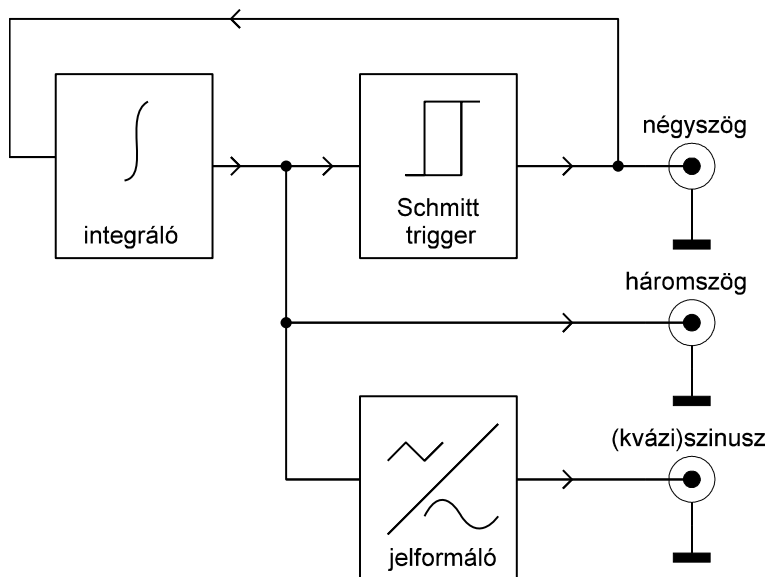


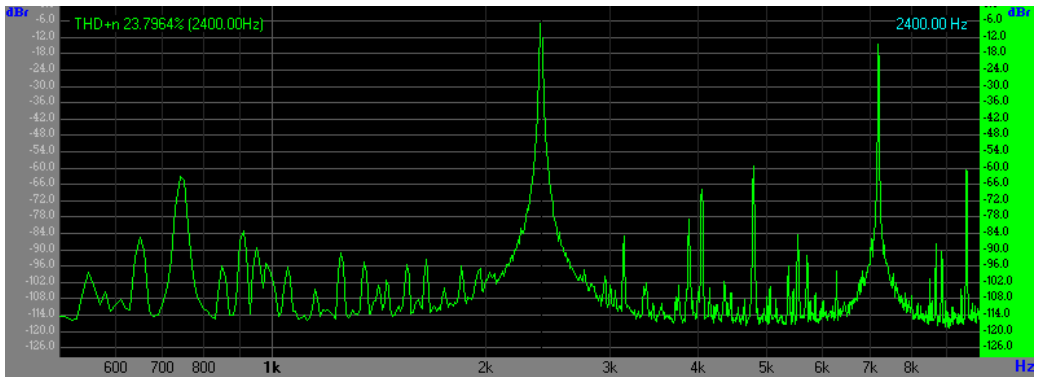
A függvénygenerátorok nemszinuszos jelekből állítanak elő kváziszinuszos jelet. Nemszinuszos jel lehet pl. a négyszögjel, a háromszögjel, a fűrészjel. Ilyen típusú jeleket az úgynevezett relaxációs oszcillátorokkal állíthatunk elő. Belátható, hogy a szinuszos jel előállítása ebben az esetben közvetett úton történik, így ezek az áramkörök nem sorolhatók a szinuszos oszcillátorok közé, ezért részletes tárgyalásuktól eltekintve, az ide vonatkozó szakirodalom kutatását az olvasóra bízuk. Célszerű azonban áttekinteni azt, hogyan lehet a relaxációs oszcillátor által előállított hullámalakokból (pl. négyszögjel, háromszögjel) kváziszinuszos jelet előállítani.



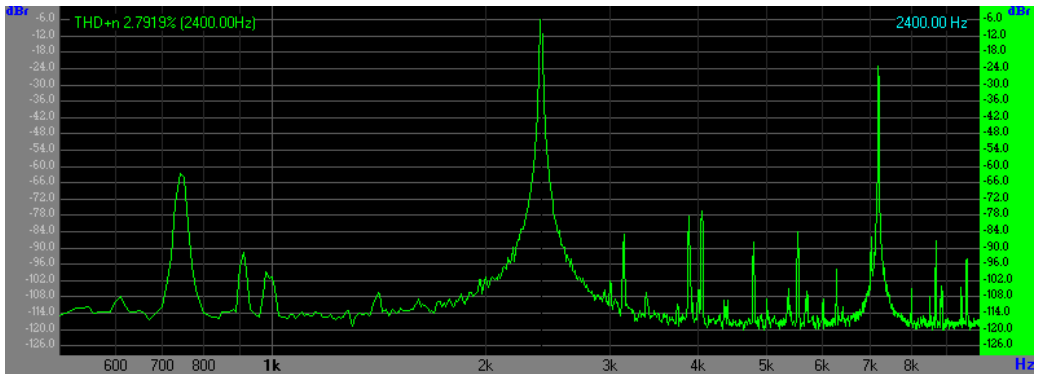
1. ábra a függvénygenerátorok általános blokkvázlata

Mint ismeretes, minden periodikus rezgőmozgás (és így bármely hullámalak) szintetizálható több, különböző amplitúdójú és frekvenciájú jel összegeként (Fourier-analízis). Célszerűnek látszik az, hogy az alapjelünk négyszögjel legyen, hiszen a négyszögjelből egy integráló tag segítségével könnyen állítható elő a háromszögjel, mely már sokban mutat hasonlóságot a kívánt szinusz hullámalakkal.

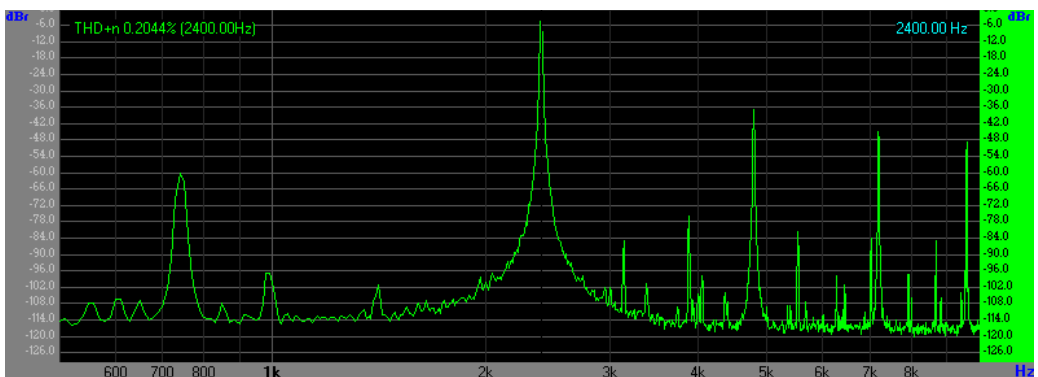
Egy céláramkörrel (13. ábra) előállított négyszögjel spektruma a 2. ábra, a hullámalakja pedig az 5. ábra szerinti képet mutatja. Rendre, a 3. és 6. ábrán a háromszögjel tulajdonságait figyelhetjük meg, míg végül a szinuszos (kváziszinuszos) jel jellemzői taglalhatók a 4. és 7. ábra alapján. Megfigyelhető, hogy a négyszögjeltől a szinuszos jelig haladva egyre kevesebb a harmonikus tartalom, kisebb a torzítás, azonban az is látható, hogy hiába a tetszetős, szinuszos jelalak, sajnos a szinuszos jelünk is még jelentős mennyiségű és szintű felharmonikussal (frekvenciatöbbszörőssel) rendelkezik.



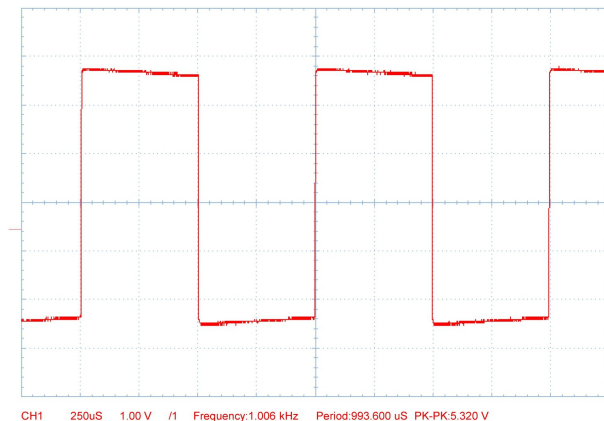
2. ábra a négyszögjel spektruma



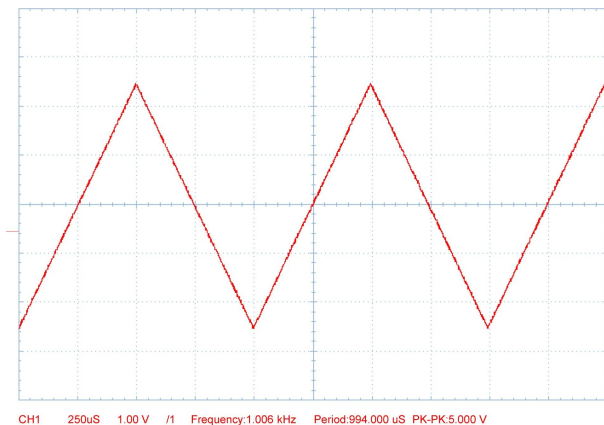
3. ábra a háromszögjel spektruma



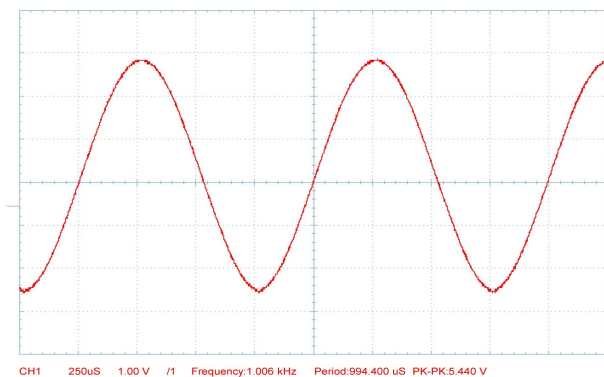
4. ábra a szinuszos jel spektruma



5. ábra a négyszögjel oszcillogramja



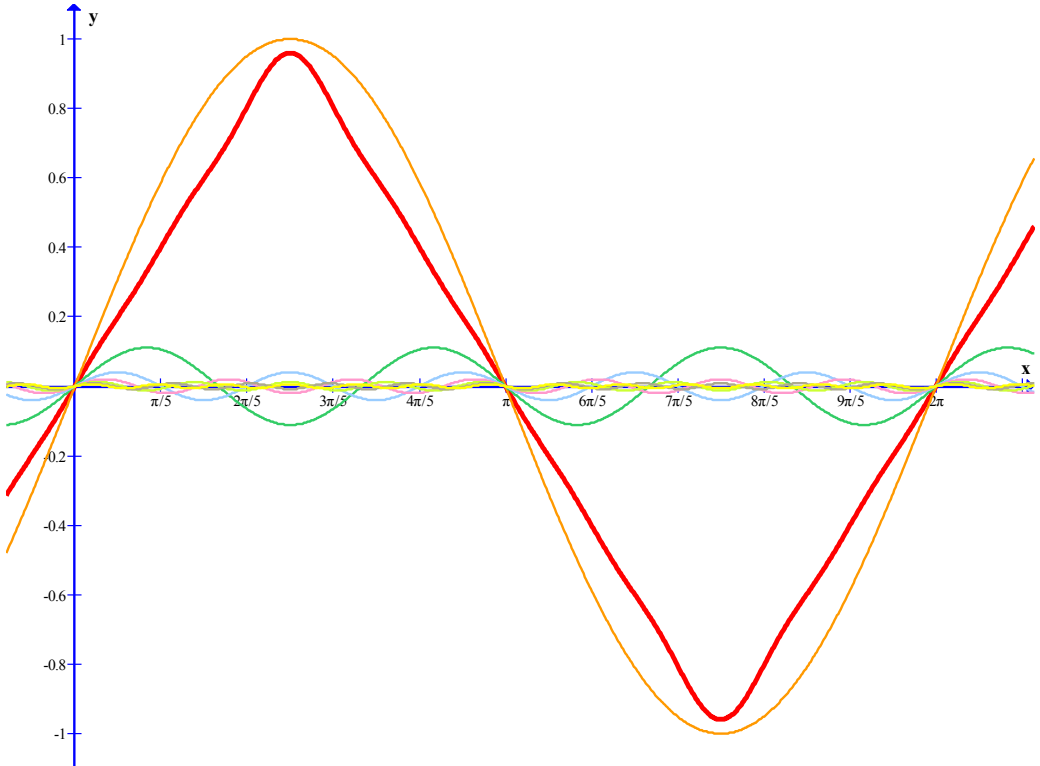
6. ábra a háromszögjel oszcillogramja



7. ábra a szinuszjel oszcillogramja

Igazolásul – miszerint a háromszögjel (is) leírható végtelen számú szinuszos rezgés összegeként (vagyis ekképpen komponenseire bontható) – álljon itt a háromszögjel Fourier-sora. Ez lényegében egy végtelen sorozat, melynek a eredménye maga a háromszögjel. Figyeljük meg, hogy csak páratlan harmonikusokat tartalmaz!

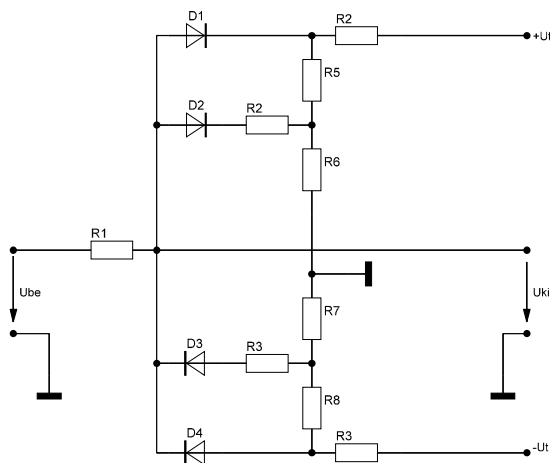
$$U_{\text{háromszög}} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \left[\sin(\omega t) - \frac{1}{(3^2)} \cdot \sin(3\omega t) + \frac{1}{(5^2)} \cdot \sin(5\omega t) - \frac{1}{(7^2)} \cdot \sin(7\omega t) + \dots \right]$$



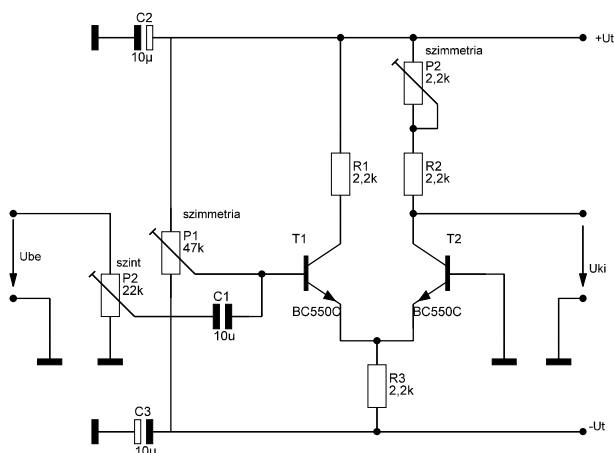
8. ábra a háromszögjel és Fourier-analízise

A függvény első néhány tagját, illetve azok Fourier-sorát ábrázolva megállapíthatjuk, hogy az így kapott függvény (piros) már nagy mértékben háromszög jelalakot mutat (8. ábra).

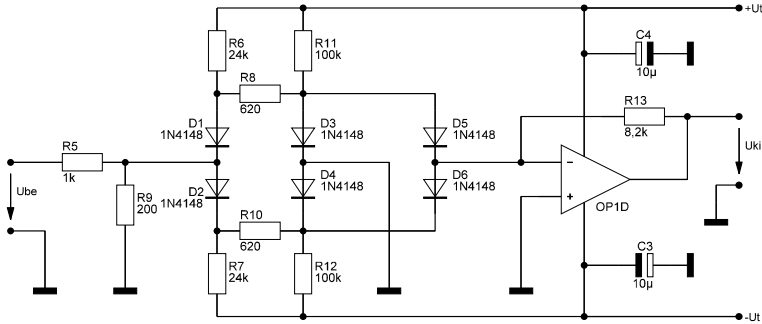
Mint említettük, látható, hogy a háromszögjel hullámalakja nagy hasonlatosságot mutat a szinuszzel. Egyszerű áramkörben két lehetőségünk nyílik a szinuszos jel előállítására. Az első esetben analóg szűrőáramköröket használhatunk, de ennek óriási hátránya, hogy a kimeneti amplitúdó frekvenciafüggő lesz. A másik módszer célravezetőbb, mert ebben az esetben az amplitúdó frekvenciafüggetlensége megmarad. A módszer lényege az, hogy nemlineáris elemeket, áramköröket alkalmazva elérhetjük a szinuszos jelre jellemző görbeséget. Diódák, tranzisztorok nemlineáris viselkedését felhasználva megvalósíthatjuk célunkat. A működési elvet nem taglalva (rábízva az olvasóra az ide vonatkozó irodalom – igény szerinti – felkutatását) röviden tekintsük meg néhány szinuszosításra alkalmas áramkör kapcsolási rajzát!



9. ábra diódás szinuszosító

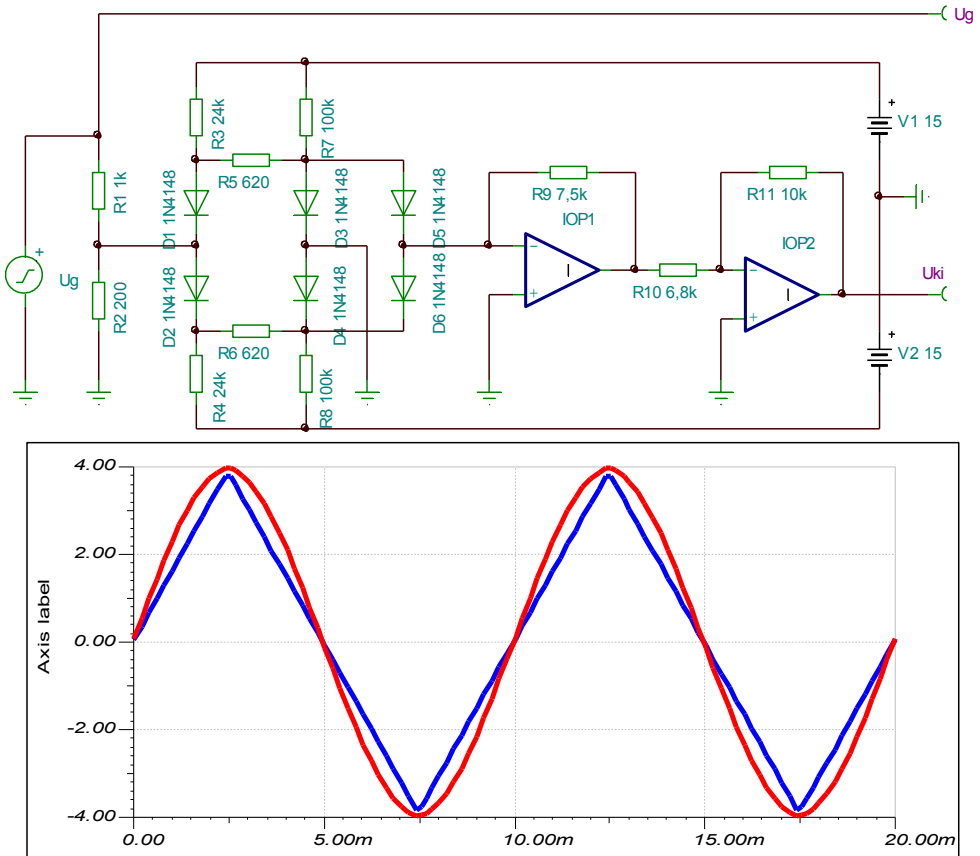


10. ábra tranzisztorokkal megvalósított differenciaerősítő szinuszosító



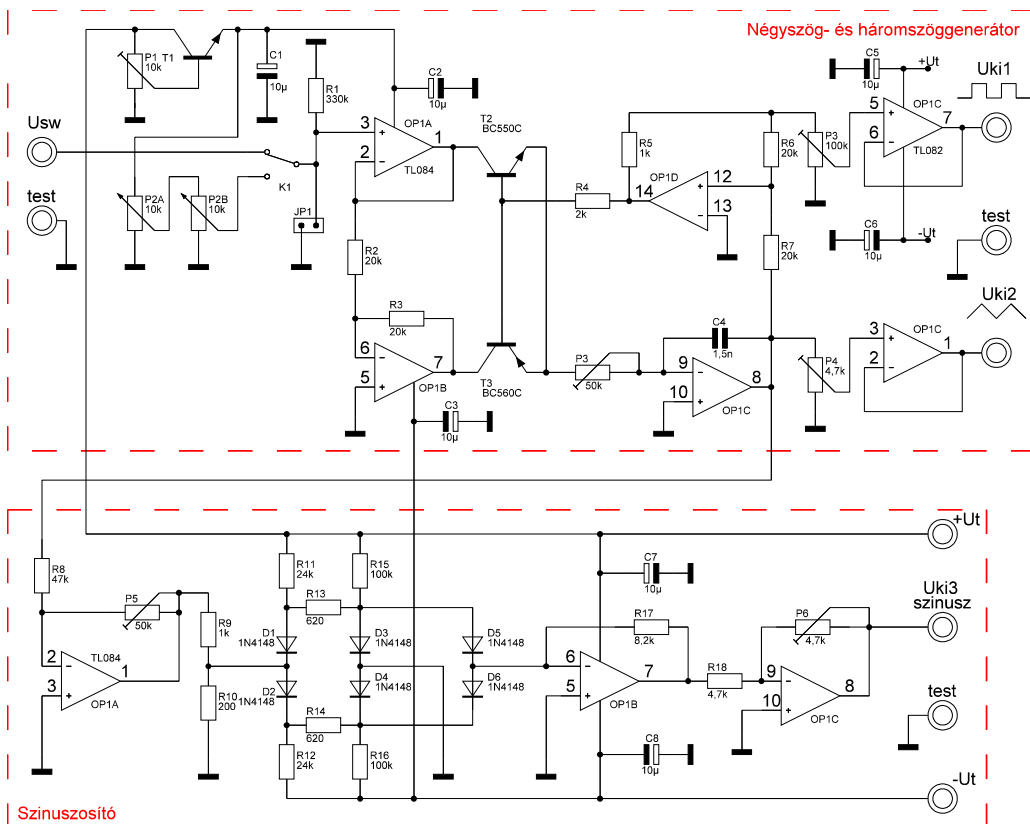
11. ábra diódás-műveleti erősítő szinuszosító áramkör

A 11. ábra egy egyszerű diódás áramkört és annak szimulációs eredményét mutatja be.



12. ábra szimulációs áramkör és mérésének eredménye

Tényként megállapítható, hogy a függvénygenerátorok nagy frekvencia- és amplitúdó-stabilitással rendelkeznek. További előnyük, hogy a szinuszjel mellett az előállítás hasznos „melléktermékeként” más hullámalakokat is alkalmazhatunk bizonyos feladatokhoz. Természetesen ennek ára van: a kívánt szinuszos jelnek (lévén, hogy nem közvetlen harmonikus oszcilláció terméke) nagy a harmonikus tartalma, mely az alkalmazási kört leszűkíti, és/vagy a velük szemben támasztott minőségi elvárásokat csökkentik.



13. ábra pásztázó funkcióval rendelkező függvénygenerátor teljes kapcsolási rajza

Mindezek ellenére és mellett, a függvénygenerátorok széles körben alkalmazott eszközök, még a korszerű méréstechnikában is, melyet a nagy amplitúdó- és frekvenciastabilitásuknak köszönhetnek elsősorban. További okként meg kell említenünk az a vitathatatlan tény, hogy ellentétben a klasszikus RC oszcillátorokkal, eme készülékekkel könnyűszerrel állíthatunk elő feszültségvezérelt (a frekvencia hangolhatósága), nagy frekvenciaátfogású oszcillátorokat (Voltage Controlled Oscillator, VCO). Ez lehetővé teszi az oszcillátor frekvenciamodulációját, valamint pásztázó (sweep) oszcillátorok ki-

alakítását. Ez utóbbira lehet példa egy hangfrekvenciás erősítő frekvenciaátviteli sáv-szélességének megállapítása, vagy egy szűrőkarakterisztika felvétele, ahol a sweep feszültséget egy fűrészjel biztosítja (a fűrészjel pillanatnyi feszültségértékéhez konkrét kimeneti frekvencia tartozik).

Összefoglalásképpen tekintsük meg egy telefontechnikai erősítő ($B = 300 - 3400\text{Hz}$) átviteli sáv-szélességének meghatározására tervezett készülék kapcsolási rajzát! A berendezés külső sweep-jel általi vezérelésre 20 és 6500 Hz között változtatja a frekvenciáját, rövid idő alatt (a fűrészfeszültség periódusának megfelelő ütemben) végigpásztázva a toleranciagörbe felvételéhez szükséges valamennyi frekvenciát. Belső potenciométert alkalmazva diszkrét frekvenciaértékek beállítására is lehetőség nyílik.

Természetesen nem tudunk és nem is kívánunk teljes képet adni az analóg függvénygenerátorokról. Rengeteg más (kapcsolástechnikai) módon megközelíthető a kívánt eredmény. Korszerű, pontos eszközökkel fokozható mind az amplitúdó-, mind a frekvenciastabilitás, valamint a szinuszos jelalak kívánt mértékű alakhűsége.

Működési frekvenciatartomány:	akár 0,1 Hz – MHz-es tartományok, fix- és hangolható frekvenciás;
Harmonikus torzítás:	1 – 5 %.
Amplitúdóstabilitás:	0,1-2 %.

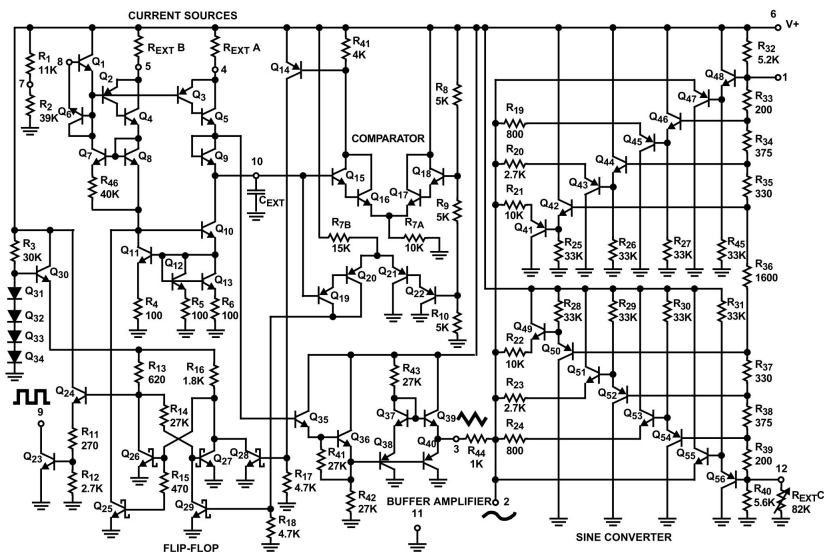
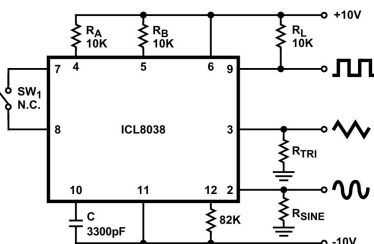
● *Függvénygenerátor gyakorlati példája*

A függvénygenerátorok – félvezető típusát tekintve – lehetnek:

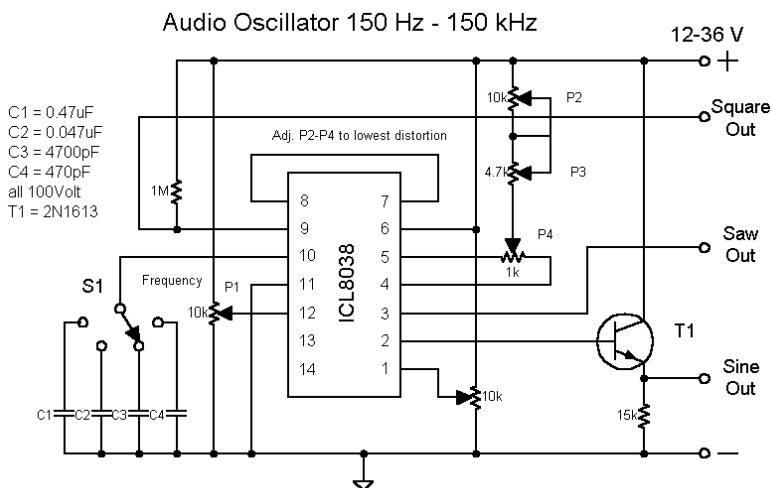
- tranzisztoros (diszkrét áramköri elemekkel felépített);
- integrált áramkörös (ahogy a 13. ábra szerinti példánkon látható volt);
- cél integrált áramkörös;
- DDS (Direct Digital Synthesis - Közvetlen Digitális Szintézis) céláramkörök.

A [DDS](#) áramkörökkel könnyedén állíthatunk elő nagypontosságú jelalakokat.

Példaként említsünk meg egy rendkívül eredményes céláramkört, és alkalmazási lehetőségeit! Tegyük mindezt annak ellenére, hogy a DDS-áramkörök kiszorították a hasonló áramköröket is a piacról (sőt a gyártásuk is megszűnt)! A példa cél integrált áramkör az Intersil [ICL8038](#)-as eszköze. kedvező frekvencia- és amplitúdóstabilitás mellett három különböző jelalak előállítását tette lehetővé: négyszög, háromszög, valamint szinusz. Ez utóbbi jelalakot 1%-os maximális torzítás mellett garantálta. A 14. ábrán elemezhető a belső kapcsolási rajz, melyen jól megfigyelhető például a szinuszosító áramkör (Q41-Q56). Az ICL8038-as integrált áramkörrel felépített készülék (15. ábra) javarészt hangfrekvenciás méréseket tett lehetővé. A 150Hz-től 150000Hz-ig tartó működési frekvenciatartományt 4 dekádra felosztva fedte le.



14. ábra az ICL8038-as integrált áramkör tesztáramköre és belső kapcsolási rajza



15. ábra az ICL8038-as áramkörrel