

Vastagréteg hangfrekvenciás oszcillátorok

HORVÁTH LAJOS
REMIX

Összefoglalás

A cikk egy konkrét vastagréteg áramkörtípus kifejlesztése kapcsán bemutatja annak fontosságát, hogy már a kapcsolási elrendezés kialakításának folyamán célszerű figyelembe venni a vastagréteg technológiai adottságait és lehetőségeit. A bemutatott - a hagyományos áramkörtervezési gyakorlattól eltérően realizált - áramkörrel egy külső kiegészítő alkatrészek nélkül is működőképes, gyártás folyamán nagy pontossággal az előírt frekvenciára hangolt, tápfeszültség és hőmérséklet függvényében stabil hangfrekvenciás oszcillátor áll a berendezésgyártók rendelkezésére.

Bevezetés

Hibrid áramköreink zömmel konkrét felhasználói igények alapján kerülnek kifejlesztésre. Nagy hangsúlyt helyezünk azonban katalógus áramköreinkre is

[1.]

Választékok kialakításakor nehéz megtalálni azt a részt, amely terület még nincs lefedve egyéb gyártók által, és vélhetően kereslet nyilvánul meg ezen áramkörök iránt.

A külföldi - és hazai - katalógusokat áttanulmányozva megállapítható, hogy ritka a külső kiegészítő alkatrészek nélkül is működőképes, hangfrekvenciás oszcillátorok köre. Ugyanakkor a berendezések jelentős részénél nagy számban alkalmaznak ilyeneket - diszkrét elemekből megvalósítva.

Gélul tűztük ki egy olyan hangfrekvenciás szinuszos oszcillátor család kifejlesztését amely hibrid technológiával gyártható, gyártásközben tetszőleges frekvenciára beállítható, frekvencia stabilitása széles hőmérséklet és tápfeszültség tartományban igen jó.

A cikk nem foglalkozik a konkrét méretezési kérdésekkel, hanem a gondolatmenetet mutatja be, melynek eredményeként a leírt, mérési eredményekkel illusztrált, egyszerű felépítésű, de sokoldalúan használható oszcillátor típus létrejött.

Áramkörtípus megfontolások

Hangfrekvenciás tartományban leggyakrabban az RC oszcillátorokat alkalmazzák. Ezek legismertebb változata a Wien-hidas és a kettős T kapcsolású [2.] A Wien-hidas oszcillátor elvi vázlata és egyszerűsített kapcsolása az 1. ábrán látható.

A műveleti erősítőt az R-C elemekből felépített fél Wien-hídon keresztül pozitív, míg az ellenállásokból álló frekvenciafüggetlen osztón keresztül negatív visszacsatolással látjuk el. Gyakorlati tervezés folyamán a pozitív visszacsatolás mértékét akkorára választjuk, amely elegendő a rezgési állapot fenntartására

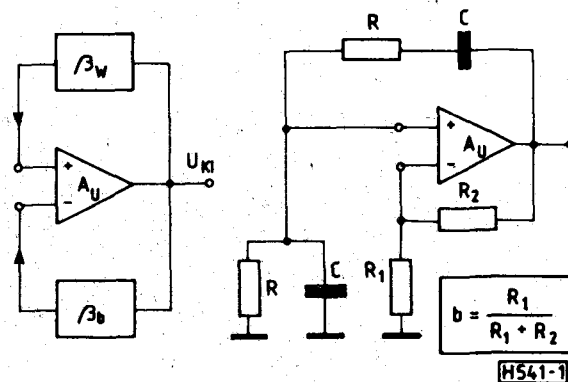
Beérkezett: 1989. V. 2. (A)



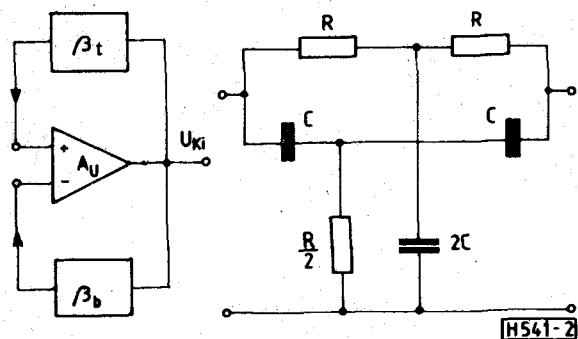
HORVÁTH LAJOS

1966-ban végezte el a Felsőfokú Távközlési Technikumot.

Ezt követően kiegészítő képzésen távközlési üzemmérnöki oklevelet szerzett. Első munkahelye a Posta Rádió és Televízió Műszaki Igazgatóság volt. 1970-ben a REMIX-hez került, ahol kezdettől fogva a vastagréteg áramkörök áramkörtervezési és konstrukciós kérdéseivel foglalkozik, mint gyártmányfejlesztő. Jelenleg az 1985-ben megalakult HIC Termékigazgatóság termékfejlesztési főosztályán dolgozik, ahol elsősorban nagybonyolultságú, ezenkívül nagyfrekvenciás hibrid áramkörök fejlesztése a fő feladata.



1. ábra. Műveleti erősítővel felépített Wien hidas oszcillátor elvi vázlata és egyszerűsített kapcsolása



2. ábra. Kiegyenlített kettős T hálózat és az azzal felépített oszcillátor elvi vázlata

hoz; ugyanakkor a visszacsatolást dinamikusan úgy korlátozzuk, hogy a jel nagysága ne érhesse el a nemlineáris határólás tartományát, illetve az általunk kívánt kimenőjel amplitúdót megvalósíthatassuk.

A rezgési frekvencia alapvetően a Wien-híd elemertekeitől függ.

A szokásos kettős T oszcillátorok működése azon alapul, hogy egy erősítőt a kiegyenlített kettős T hálózaton keresztül negatív, míg az ellenállásból álló frekvenciafüggetlen osztón keresztül pozitív visszacsatolással látunk el. Az oszcillációs frekvenciát a T hálózat R-C elemei határozzák meg /2. ábra/.

E rövid emlékeztetőből következik az első probléma egy R-C oszcillátor realizálása alkalmával. Amennyiben egy meghatározott, pontos frekvencián kívánjuk az áramkört működtetni, úgy szűktűrűsű R-C elemeket kell biztosítani a gyártás folyamán. Amennyiben sok különböző frekvenciát kell beállítani, a probléma még hatványozódhat.

Egyszerűsödne a gyártás, ha nem szűktűrűsű kondenzátorokat úgy válogatnánk szét, hogy egy áramkörre közel azonos értékűek kerüljenek, s az ellenállások egyidejű, azonos változtatásával beállíthatnánk a fix frekvenciát. Diszkrét elemekből felépített változatnál ilymódon csak potencióméterek jöhetnének szóba, ami nem célszerű módszer. Vastagréteg változatnál pedig két, illetve három ellenállás egyidejű értékváltoztatása /trimmerelése/ okozna gondot.

A hibrid technológiában elterjedt módszer a dinamikus értékbeállítás, melynek során egy alkalmasan megválasztott ellenállás működés közbeni értékváltoztatásával az előírt paraméter /pl.: frekvencia/ nagy pontossággal beállítható.

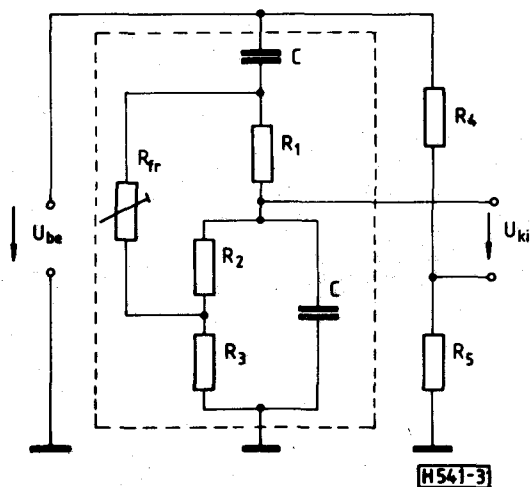
A módszer alkalmazásához azonban olyan oszcillátor típust kell keresni, melynél a rezgési frekvencia egy ellenállás trimmerelésével folyamatosan változtatható az előírt értékig.

Ilyen elrendezés a Wigan-híd, melyet a 3. ábra mutat be és az 1. ábra elvi vázlatára szerint kell alkalmazni.

Igaz, hogy több ellenállást tartalmaz, mint a Wien-híd, de szitanyomtatás alkalmával ez nem jelent különös hátrányt.

A híd R elemeinek trimmerelése korszerű, számítógépezérlésű, lézeres értékbeállító alkalmazásával gyorsan, nagy pontossággal elvégezhető.

A dinamikus - működés közben elvégzett - értékbeállítás során R_{fr} segítségével az előírt frekvencia tet-szőleges pontossággal beállítható.

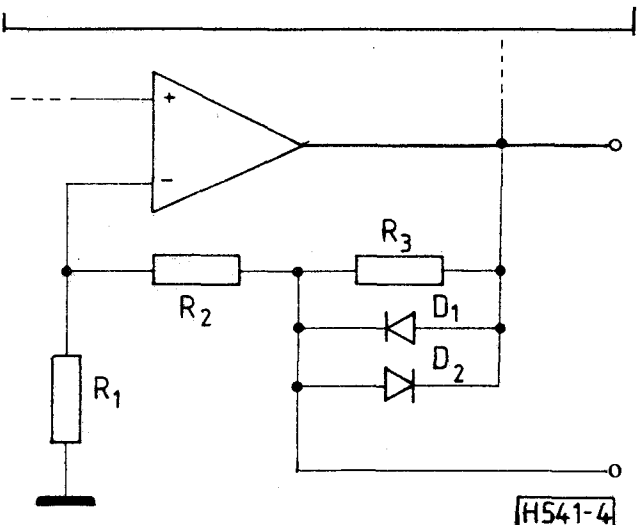


3. ábra. Egy ellenállással hangolható visszacsatoló hálózat

A kapcsolás látszólagos hátránya, hogy R_{fr} segítségével viszonylag kis mértékű frekvenciaátfogást lehet elérni. Helyére rövidzárt, illetve szakadást téve f_{max}/f_{min} 2,6.

Természetesen az oszcillátor frekvenciája C értékétől is függ, különböző értékeihez más-más frekvencia-sáv tartozik.

Az előírt frekvencia beállíthatóságán kívül biztosítani kell a stabil rezgési állapotot, valamint az előírt kimenő amplitúdót. A gyakorlatban sokféle módszer létezik [3], de törekedni kell az egyszerű, és az adott technológiával megvalósítható megoldásra. Ezért alkalmaztunk a visszacsatoló ágban diódákat a 4. ábra szerint, mert ezzel az egyszerű megoldással is viszonylag kis torzítást tudunk elérni [4].



4. ábra. Automatikusan szabályozás a visszacsatoló ágban elhelyezett diódákkal

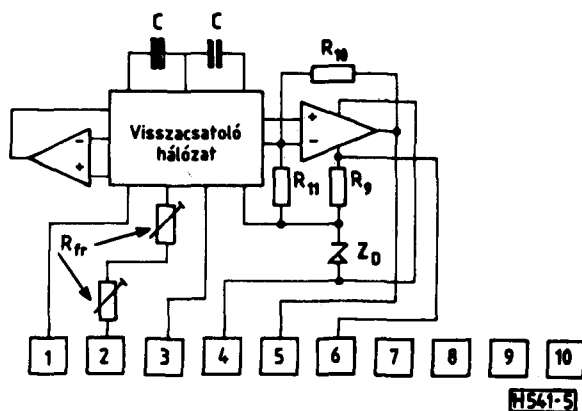
Igaz, hogy így a kimenő jel amplitúdója jelentősen hőmérsékletfüggővé válik, de ez a hatás az R1 ellenállás helyére kapcsolt, megfelelően méretezett ellenállás-termostor kombinációval jelentősen kompenzálható.

A negatív visszacsatolóágban lévő ellenállások valamelyikének dinamikus értékbeállításával a termostor érték szórásának következményeként fellépő amplitúdó szórás kompenzálható lenne, azonban ilymódon elrontanánk a gondosan méretezett hőkompenzálást. Célszerűbb, ha az amplitúdó pontos beállítását az elválasztó erősítőnél végezzük el.

Az elválasztó erősítőre mindenképpen szükség van, mert meg kell óvni a pontosan beállított oszcillátor frekvenciát a terhelés okozta elhangolódástól.

Célszerű erre a célra tehát a szokásos követő erősítő helyett nem invertáló erősítőt alkalmazni, mert visszacsatoló ellenállásai egyben az amplitúdó beállítás elemei lehetnek.

Mivel előre nem lehet tudni az oszcillátor alkalmazási helyét, a tápfeszültség csatlakozási lehetőségeket, célszerűnek látszott biztosítani, hogy az áramkör egy tápfeszültségről is működjék.



5. ábra. Az oszcillátor elvi vázlata

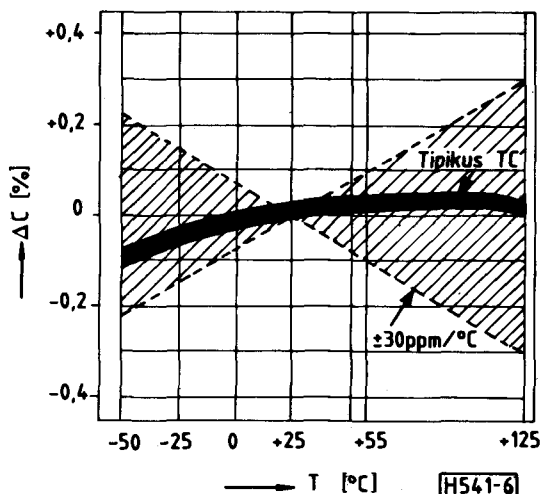
Erre a célra létre kellett hozni a féltápfeszültség környékén egy referencia pontot az egyszerűség figyelembevételével, az 5. ábrán látható módon, amely egyben az eddigiek szerint megtervezett oszcillátor egyszerűsített kapcsolási rajzát mutatja be.

Konstruációs szempontok

Kedvező frekvenciastabilitást csak jóminőségű alkatrészek felhasználásával lehet elérni. Különösen fontos ezek alkalmazása a híd áramkörében.

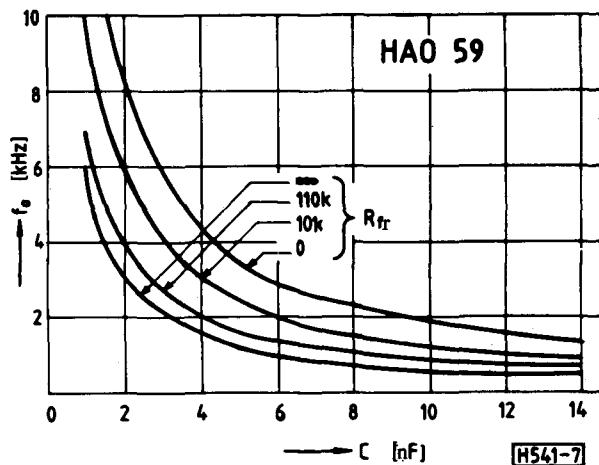
A vastagréteg technológiával megvalósított ellenállás és vezető rétegek teljesítik az ilyen irányú igényeket [5]. Még kedvezőbb a helyzet akkor, ha a hídiban lévő ellenállások azonos négyzetes ellenállású pasztával készülnek, mert a relatív TK ekkor igen kis értékeket érhet el, és így kiváló együttfutás érhető el.

A frekvencia meghatározó rész további fontos eleme a kondenzátor, amely chip kivitelben is rendelkezésre áll az áramkörgyártóknak [6]. Jelen alkalmazásban csak az NPO-as /neg.pos.zéro/ kerámia dielektrikummal készülők jöhetnek szóba, mert hőmérsékleti tényezőjük /6. ábra/ igen kedvező és a kapacitás és veszteségi tényező értéke gyakorlatilag független a feszültségtől.



6. ábra. NPO-ás kondenzátor hőmérsékletfüggése

Kapacitás tartományuk azonban meglehetősen szűk, általában 10-15 nF-ig gyártják elfogadható méretben és áron. A híd méretezésénél ezt feltétlenül figyelembe kellett venni. Egy lehetséges összefüggést szemléltet a 7. ábra. Ebből az is kiderül, hogy például a néhány száz Hz-es tartomány eléréséhez túlzottan nagy kapacitás érték tartozik, s így gazdaságosan nem lehetne realizálni az itt működő oszcillátorokat. Ugyanakkor pedig 20 kHz környékén, – esetleg felette – túlzottan kis kapacitásra lenne szükség, ami kedvezőtlen a hangolás pontossága szempontjából.



7. ábra. Az oszcillátor frekvenciájának függése C és Rfr értékeitől

A klasszikus áramköri megoldásoknál a frekvenciasáv váltását a hídkapacitások - általában dekadikus - váltásával oldják meg.

Jelen feladatban ez nem járható út, viszont a hídel-lenállások dekadikus váltása a gyártás folyamán már megoldást jelent.

A vastagréteg ellenállás paszták általában dekadikusan növekvő névleges négyzetellenállás értékkel állnak rendelkezésünkre.

Tehát ha egy közös vezetőhálózatra különböző ellenálláspasztával nyomtatunk azonos ellenállásúval, olyan ellenálláshálózatot kapunk, melyen a híd ellenállásai különbözőek, mégpedig a négyzetellenállásnak megfelelően. így már egy szélesebb frekvencia tartományban bármely frekvencia beállíthatóvá válik, de gyártás közben figyelembe kell venni az adott sávhoz tartozó ellenálláspasztát. Gyártás esetén ez nem képez különösebb akadályt.

A névleges oszcillátor frekvencia lézeres, dinamikus beállításához az R_{fr} ellenállást széles rezisztencia tartományban kell tudni állítani.

A szokásos, téglalap alakú vastagréteg ellenállások erre a célra nem alkalmasak, mivel csak 20-40%-os trimmerelésük célszerű. Kellően méretezett ún. "cilinderes" /top-hat/ ellenállások [6] esetén azonban 5-10-szeres ellenállásváltozás is létrehozható, amely már jelen alkalmazásban megfelelő.

Mivel biztosítani kellett a pontos frekvencia beállítás lehetőségét, célszerűnek látszott a "durva" és "fi-

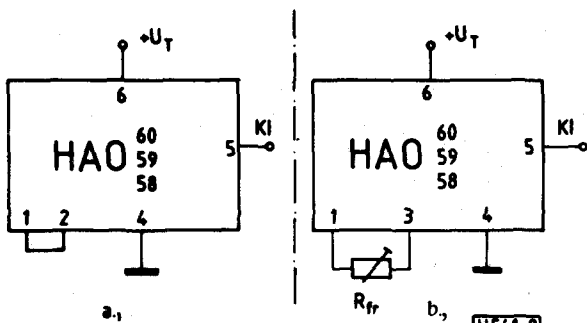
nom" hangolás régóta ismert fogását lehetővé tenni, ezért a végleges topológia kettő darab, különböző pasztával nyomtatott "top-hat" ellenállást tartalmaz, s így a gyakorlatban a frekvenciabeállítás pontosságának csak a célszerűség és a stabilitási paraméterek szabnak határt.

A korábbiak szerint az oszcillátorjel amplitúdóját szükség szerint korrigálni kell az elválasztó erősítő visszacsatoló ellenállásainak működés közbeni trimmerelésével. A korrekciónál figyelembe kell venni, hogy értékbeállítás alkalmával az ellenállás értékét csak növelni lehet. Mivel 10-20%-os változtatásnál nagyobbra a gyakorlatban nincsen szükség, erre a célra téglalap alakú ellenállás tervezése megfelelő. Célszerűen azonos pasztából és 10 kOhm-os névleges értékben készülnek, mert ilyen anyagból az áramkörök, egyéb ellenállások is készülnek, így nincs lényeges költségnövekedés. Ugyanakkor ez a névleges érték biztosítja a legkedvezőbb geometriai méretet.

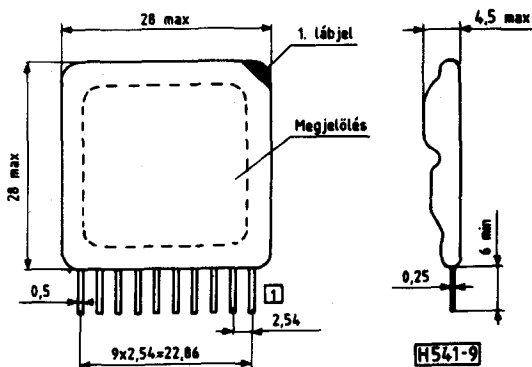
A választható frekvenciákat három sávra osztottuk. A könnyebb megjegyezhetőség kedvéért esett a választás a 100...1000, 1000...10000 és 10000...20000 Hz közötti frekvenciákra. Külső megjelenésében mindhárom áramkör teljesen azonos, csak hídellenállásainak névleges értékeiben különbözik. Diszkrét alkatrészei felületszerelésre is alkalmas mikrotokozott típusok, így szerelőautomata alkalmazása is megvalósítható.

Méretezés során biztosítottuk, hogy az ismertett frekvenciasáv bármely értéke 9 különböző névleges kapacitású kondenzátor valamelyikével realizálható legyen.

A topológiai terv kidolgozásánál lehetőség nyílt ar-



8. ábra. Az oszcillátor bekötése /a/ és külső /b/ hangolás esetén



9. ábra. Az oszcillátor körvonal rajza

ra, hogy a frekvenciabeállító R_{fr} ellenállást egy külső rövidzárral lehessen beiktatni az áramkörbe. A rövidzár alkalmazása nélkül külső ellenállás segítségével az 1. táblázat szerinti sávokban lehet az oszcillátort hangolni, s ezáltal nő az alkalmazhatósági köre. Az áramkör bekötési rajzát belső és külső hangolású felhasználás esetén a 8. ábra mutatja. Mechanikai és klimatikus behatások elleni védelmét mártott bevonat biztosítja. Körvonalrajz a 9. ábra szerinti.

1. táblázat

	R_{fr} ellenállással hangolható sávok [Hz]		
	HA058	HA059	HA060
	$R_{fr} = 50k \dots 800k$	$R_{fr} = 5k \dots 80k$	$R_{fr} = 0,5k \dots 8k$
A	96 ... 125	951 ... 1250	9501 ... 11000
B	126 ... 150	1251 ... 1500	11001 ... 13500
C	151 ... 180	1501 ... 1800	13501 ... 16000
D	181 ... 210	1801 ... 2100	16001 ... 19500
E	211 ... 270	2101 ... 2500	19501 ... 22000
F	271 ... 340	2501 ... 3600	
G	341 ... 500	3601 ... 5300	
H	501 ... 720	5301 ... 7500	
I	721 ... 1100	7501 ... 10500	

Paraméterek

Névleges tápfeszültség: +12V

Tápfeszültség tartomány: +8,5...+16V

Áramfelvétel/ $U_T = 12V$ -nál/: max 13 mA

Maximális áramfelvétel: max 18 mA

Névleges oszcillátor frekvencia

- HAO-58 100...1000 Hz

- HAO-59 1001...10000 Hz

- HAO-60 10001...20000 Hz

sávokban bármely frekvencia gyártás közben beállítható.

Frekvenciabeállítás pontossága: $\pm 0,5\%$

Frekvencia stabilitás

- Hőmérséklet függvényében: max $\pm 1\%$

- tápfeszültség függvényében: max $\pm 0,1\%$

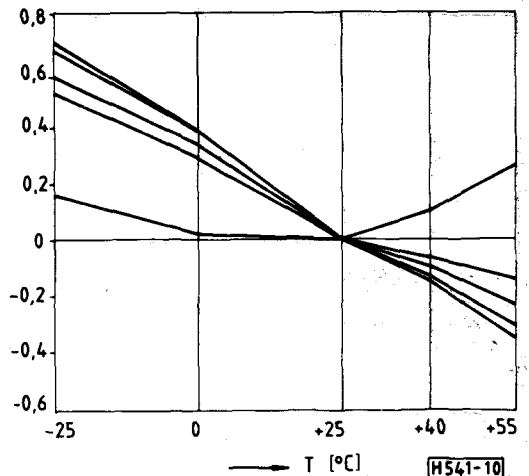
Hangolási tartományok /külső

hangolás esetén/:

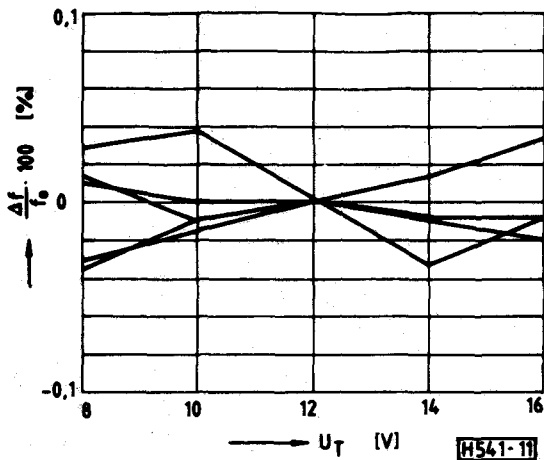
Kimenő. feszültség

1. táblázat szerint

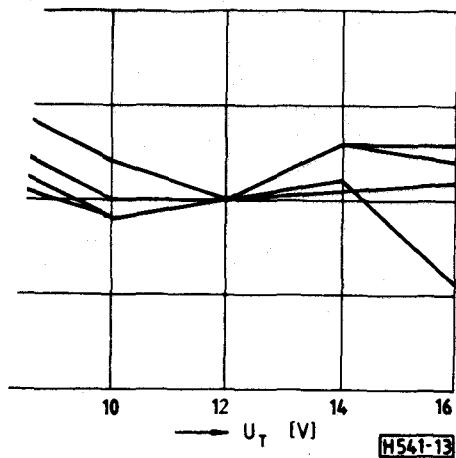
$2V_{eff} \pm 5\%$



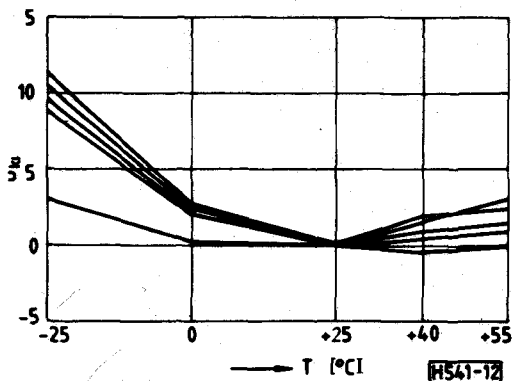
10. ábra. Az oszcillátorfrekvencia hőmérsékletfüggése



11. ábra. Az oszcillátorfrekvencia tápfeszültség függése



13. ábra. Az oszcillátorjel amplitúdójának változása a tápfeszültség függvényében



12. ábra. Az oszcillátorjel amplitúdójának változása a hőmérséklet függvényében

Amplitúdó stabilitás

- Hőmérséklet függvényében: max ±20%
- tápfeszültség függvényében: max ±5%

Kimenő impedancia: < < 10 Ohm

Kimenet terhelhetősége: min 2 k Ohm

Harmónikus torzítás: tipikusan 2%, max 5%

Üzemi hőmérséklettartomány: -25°C... +55°C

Klímakulcsszám: 25/055/10

Az eddig ismertett megmondások alapján tervezett áramköröket megmintázó laboratóriumunk elkészítette, és a mintasorozatot MEO vizsgálatnak vetettük alá. A mérési eredmények igazolták a tervezési elgondolásokat. Ezek alapján néhány jellemző összefüggést a 10-13. ábra mutat be.

Összegzés

A bemutatott áramköri példa ösztönözni kívánja a felhasználókat a fejlesztési munka kezdeti időszakában történő együttműködésre. Ugyanakkor bemutat egy vélhetően sokoldalúan használható hibrid terméket, amely jó alapot szolgáltat további változatok kialakításához. Felhasználói igények megismerése után továbbfejleszhető. A meglévő gyártóberendezések és eljárások segítségével termelékenyen, nagy sorozatban gyártható. Ehhez alapot szolgáltatnak a hasonló elven kidolgozott, vevői igényre több tízezer darabos mennyiségben gyártott áramköreink.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] REMIX hibrid integrált áramkörök, katalógus
- [2] Herpy Miklós: Analóg integrált áramkörök Műszaki Könyvkiadó 1973.
- [3] I.E. Shepherd: Műveleti erősítők Műszaki Könyvkiadó 1985.
- [4] Simple low distortion Wien bridge oscillator Electronic Engineering October 1975. p.: 13-15.
- [5] dr. Udvarhelyi G., dr. Pörncezi T.: Hibrid integrált áramkörök a Telefongyár átviteltechnikai berendezéseiben. Híradástechnika 1988. 7. szám. p.: 329-331.
- [6] dr. Ripka Gábor szerk.: Vastagréteg áramkörök Műszaki Könyvkiadó 1985.