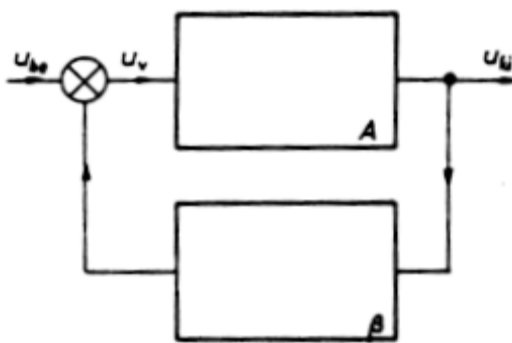


Oscillátorok

Az oszcillátorok periodikus jelet előállító jelforrások, generátorok, azaz olyan áramkörök, amelyeknek nincs bemenete, csak kimenete. A jelgenerálás alapja a pozitív visszacsatolás.

A visszacsatolásra példa, amikor egy A erősítésű erősítő kimenőjelének β -szorosát visszavezetjük és a bemenőjelhez előjelesen hozzáadjuk. β általában kisebb mint egy, mivel nagyon sokszor ez a hálózat egy egyszerű ellenállás-osztó. Elégé érdekes eset, amikor β egységnyi: ilyenkor a teljes kimenőjelet visszavezetjük és a bemenőjel és a kimenőjel közötti különbség vezérli az erősítőt. A visszacsatolás hatására az erősítő bemenetére jutó ún. vezérlőjel vagy nagyobb, vagy kisebb lesz, mint visszacsatolás nélkül lenne. Az előző esetet nevezzük pozitív visszacsatolásnak, az utóbbit negatívnak. Az előjel függ tehát az erősítő fázisfordításától; a kis körrel jelzett összegezőtől, amely esetleg különbségképző; a β hálózat előjelétől stb. .



$$u_{ki} = Au_v$$

$$u_v = u_{be} + \beta u_{ki}$$

$$A' = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{A}{1 - \beta A}$$

Különböztessük meg a pozitív és negatív visszacsatolásra vonatkozó összefüggéseket:

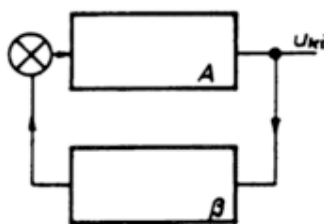
$$A' = \frac{A}{1 - \beta A}$$

pozitív:

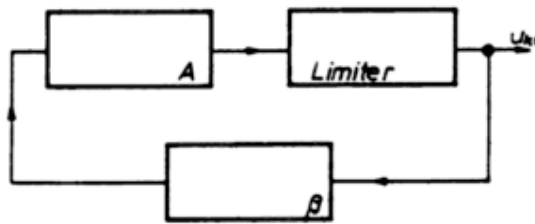
$$A' = \frac{A}{1 + \beta A}$$

negatív:

A pozitív visszacsatolásra vonatkozó képlet "veszélyes" - a nevező lehet zérus, és eredményül végtelen nagy erősítést kapunk. Végezzünk egy gondolat kísérletet: adjunk a visszacsatolás nélküli erősítő bemenetére akkora - szinuszos - jelet, hogy a lehető legnagyobb kimenőjelet kapjuk meg. (A kimenőjel amplitúdója nyilván korlátos, ha más nem is, de a tápfeszültség bízvást behatárolja.) Kezdjük nagyon óvatosan, kicsiny lépésekben haladva pozitív visszacsatolást alkalmazni. Nyilván az erősítés növekszik, azonos nagyságú kimenőjelhez egyre kisebb bemenőjel szükséges. Egy kis gondolati szaltó: ha az $A\beta=1$ -et elérjük, kimenőjelet zérus bemenőjel mellett is kapunk: vagyis a rendszer oszcillátorrá vált. Az ábra ezt mutatja.



$$|A\beta| > 1 \quad \angle(A\beta) = 0, 2\pi, 4\pi, \dots$$



$$\Re(A\beta) \geq 1 \quad \Im(A\beta) = 0$$

Rezgés akkor jön létre, ha az $A\beta$ hurokerősítés abszolút értéke eléri az egységnyi értéket, az $A\beta$ -hoz tartozó fázisszög pedig 2π egészszámú többszöröse. Regzés azon a frekvencián jön létre, ahol ezek a feltételek teljesülnek. Az oszcillátorok tehát erősítőből, valamint visszacsatoló hálózatból állnak.

Az esetek többségében a visszacsatoló hálózatba kerülnek azok az elemek, amelyek a rezgésfrekvenciát megszabják. Az oszcillátorok kimenőjel-amplitúdója azonban mindig korlátos. Így az oszcillátorok általános sémájához elengedhetetlenül hozzátartozik egy amplitúdó limitáló fokozat is - ez rendszerint az erősítő végfokozata. Vegyük észre, hogy az oszcilláció feltételi egyenleteiből nem lehet a rezgés amplitúdójáról információt kapni, erre csak eléggé nehézkes módszerek állnak rendelkezésre. További fontos megjegyzés: gyakorlati tény, hogy a keletkező jel annál szinuszosabb, minél jobban megközelíti $A\beta$ értéke az egységet, persze felülről.

Függvénygenerátor használata

A laboratóriumi mérésekben nem csak szinuszos, hanem más jelalakokat is előállító oszcillátorokra is szükség lehet: ezek az eszközök pl. szinusz, négyszög, háromszög jeleket állítanak elő, sok esetben digitális skálával ellátva. A jelen mérésben használt generátor egyben egy frekvenciamérő modult is tartalmaz, amelyet külön is használhatunk.

A generátorral való ismerkedéshez állítsa össze az alábbi kapcsolást!

1. Állítson be szinuszos jelalakot, 1 kHz frekvenciát, és maximálshoz közeli akkora amplitúdót, hogy jól hallja a jelet! Lassan emelje a frekvenciát, egészen addig, amíg már éppen nem hallja. Mekkora a kimenő amplitúdó? Mekkora ez a frekvencia a digitális skálán, és mekkora a periódusidő az oszcilloszkópon megmérve? Mennyire egyezik meg a két érték?

*2. Állítson be négyszög jelalakot 50%-os kitöltési tényezővel, 10 Hz frekvenciát, és maximálshoz közeli akkora amplitúdót, hogy jól lássa a LED villogását (ehhez esetleg kissé el kell takarnia a kezével a külső fényt)! Lassan emelje a frekvenciát, egészen addig, amíg már éppen nem látja a villogást. Az oszcilloszkópon próbálja ki a tároló üzemmódot: a **Real/Store** gombbal kapcsolhat át tároló üzembe, és a **Pause** gombbal állíthatja meg a képet. A két kurzor a fehér nyilacskákkal és a **Select** gombbal állítható.*

Mekkora a kimenő amplitúdó? Mekkora ez a frekvencia a digitális skálán, és mekkora a periódusidő az oszcilloszkópon megmérve? Mennyire egyezik meg a két érték?

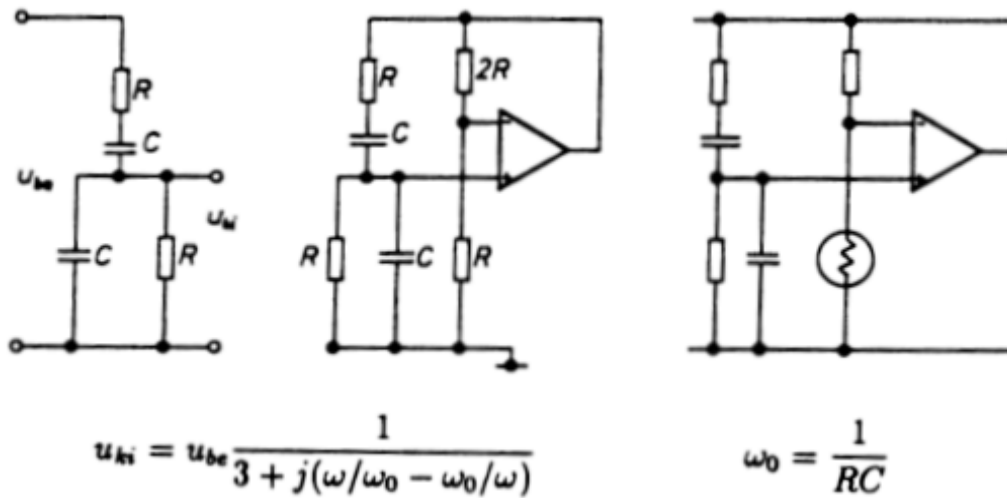
(Figyelem: az itt megmért értékek teljesen szubjektív, nem hitelesített értékek, és nem alkalmasak semmiféle, a kísérletben résztvevő mentális és egészségi állapotára vonatkozó következtetés levonására!)

Wien-hidas oszcillátor

Ebben a mérésben szinuszos jelalakot adó oszcillátort vizsgálunk. Működésének feltétele, hogy pozitív visszacsatolás mellett folyamatosan és pontosan biztosítani kell az $A\beta=1$ hurokerősítést. Ellenkező esetben a rezgés vagy leszakad, vagy benégyszögösedik. A pozitív visszacsatolás csak egyetlen, jól meghatározott frekvencián jöhet létre.

Az ábra bal oldalán egy nagyon egyszerű RC hálózat, az ún. Wien-híd rajza látható. Ez a hálózat arról nevezetes, hogy létezik egy olyan frekvencia, amelynél a kimenőjel fázisa megegyezik a bemenőjel fázisával. Ezen a frekvencián a hálózat erősítése $1/3$. Ha ehhez a hálózatához olyan

erősítőt kapcsolunk, aminek az erősítése 3 (vagy annál csak kicsivel nagyobb), és a kimenetet a bemenetre visszavezetjük, akkor rezgő rendszerhez jutunk:



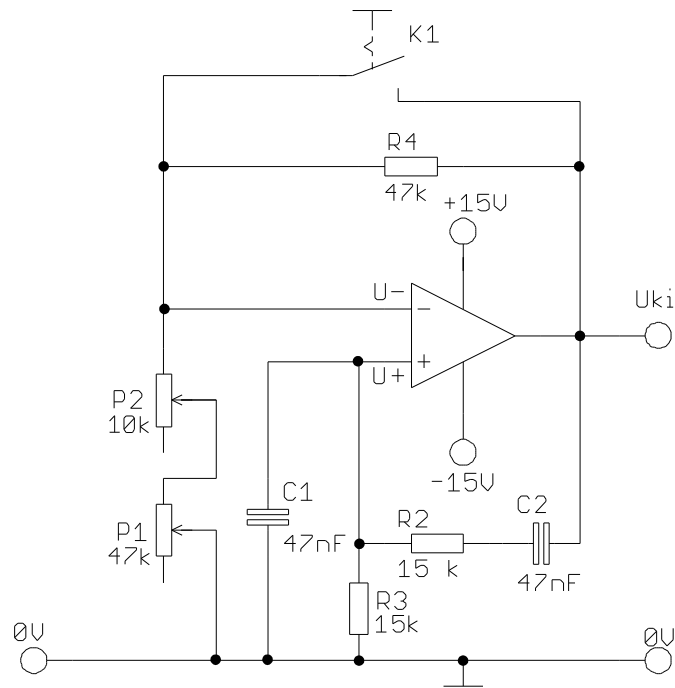
A háromszoros erősítőt legegyszerűbb egy műveleti erősítő negatív visszacsatolásával létrehozni. Így jutunk el a Wien-hidas oszcillátorhoz. (Az elnevezés magyarázata: egy majdnem teljesen kiegyenlített Wien-híd icipici kimenőjelét erősíti a nagy erősítésű rendszer kimenőjellé, hogy az táplálja a híd bemenetét...).

Fontos megérteni, hogy a fenti áramkör tetszőleges amplitúdón rezeghet – feltéve, ha az $A\beta$ hurokerősítés pontosan 1. Ez a gyakorlatban szinte sohasem következik be, ezért az áramkör egy gyakori változatában a negatív visszacsatolási ágban izzólámpát, termisztorokat, vagy egyéb negatív hőefficiensű ellenállásokat alkalmaztak. Ennek ellenállása ugyanis a rájutó teljesítmény hatására növekszik. Ha tehát növekszik a kimenőjel amplitúdója, akkor nő a negatív visszacsatolás mértéke, csökken az erősítés, ami lecsökkenti a kimenőjel amplitúdóját – azaz tehát egyfajta amplitúdó stabilizálást eredményez.

Szintén fontos megjegyezni, hogy a frekvencia elméletben NEM függ a tápfeszültségtől (természetesen csak ha a működőképes a műveleti erősítő).

3. Számolja ki, hogy mekkora lesz a Wien-áramkörrel felépített oszcillátor frekvenciája és periódusideje elméletileg, ha $C=47\text{ nF}$ és $R=15\text{ kohm}$?

Állítsa össze az alábbi ábrán látható kapcsolást, ügyeljen a műveleti erősítő tápfeszültségeire és az invertáló-nem invertáló bemenetek helyére! (A jegyzet végén egy lehetséges összeállítás képét láthatja, ha úgy érzi, szüksége van rá).



A műveleti erősítő tápfeszültségeit állítsa be +15V és -15V-ra.

A műveleti erősítő SOHA SEM kaphat ennél nagyobb tápfeszültséget!

A tápfeszültség beállítása során MINDIG KÖTELEZŐ a következőképpen eljárni:

- 1. húzza ki a műveleti erősítő tápfeszültség csatlakozásait**
- 2. állítsa be a kívánt tápfeszültséget a tápegységen,**
- 3. csatlakoztassa a műveleti erősítő tápfeszültségeit.**

Ha nem tartják be a fenti lépéseket, akkor a műveleti erősítő tönkremehet (a tápegység max. +/-36V feszültsége tönkreteszi az áramkört!)

4. Kösse az oszcilloszkópot az Uki kimenetre, majd a P2 potenciométert állítsa középállásba, K1 legyen nyitva. Ezután lassan változtassa a P1 potencio métert, egészen addig, amíg a rezgés éppen el nem indul. Ekkor a P2 segítségével finoman beállíthatja a lehetőleg torzítatlan szinuszos jelet! Mekkora a kimenő amplitúdó? Mekkora a periódusidő az oszcilloszkópon megmérve? Mennyire egyezik meg az elméletileg az RC tagból kiszámolt értékkel?

Az oszcilláció elindulásakor az egyes periódusokban az amplitúdó folyamatosan nő, mígnem eléri a stabilizált értéket. Ezt a folyamatot bekapcsolási jelenségnek nevezzük, és ennek ideje szoros kapcsolatban áll az $A\beta$ hurokerősítéssel: minél jobban megközelíti $A\beta$ az 1-et, annál hosszabb ideig tart a jel felfutása. N periódus múlva az eredeti amplitúdó $(A\beta)^N$ -szeresére változik (ez milyen görbét jelent?).

Folyamatos oszcilláló rendszereknél a visszacsatolás (vagy erősítés) változásának hatása változhat a jel periódusa vagy alakja, de a bekapcsolási jelenséghez hasonlóan itt is késleltetés van a paraméterek változtatása és a jel megváltozása között. Ezért is nehéz pl. a klímaváltozás mértékét pontosan megjósolni: a bonyolult visszacsatolások és a mérési zaj miatt bizonytalanok a pontos számértékek, csak a trend világos.

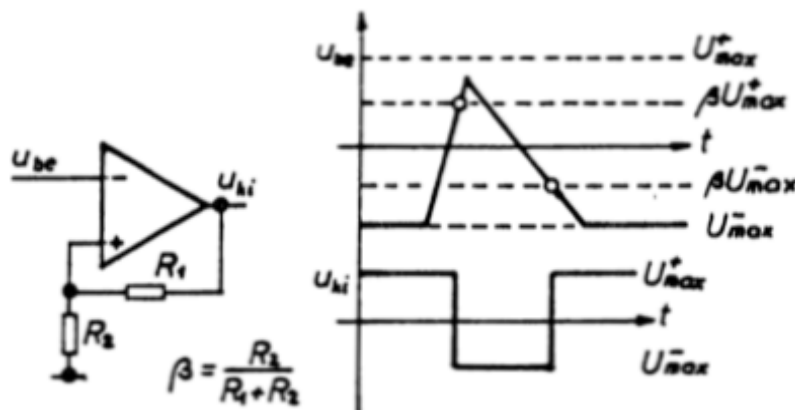
5. Az előző összeállításban szinuszos oszcillációnál (azaz a finoman beállított P1 és P2 potenciométer értékeknél) zárja a K1 kapcsolót: ekkor a negatív visszacsatolásban az erősítés 1-re csökken, ami nem elég az oszcilláció fennmaradásához, ezért a rezgés leáll. Kapcsolja át az oszcilloszkópot tároló (Store) üzemmódra, az időbázist pedig állítsa 0.5 s-ra. Ezután nyissa a K1 kapcsolót, és az oszcilloszkóp **Pause** gombjával állítsa meg a jelet, akkor, amikor az induló rezgés kb. a kép közepén van. A **Position** gomb kihúzásával kinagyíthatja a képet. Ügyeljen arra, hogy a P1-P2 eléggé finoman legyen beállítva ahhoz, hogy több (akár 20-30) periódus is megjelenjen a bekapcsolási jelenségnél!

Milyen képet lát? Hogyan változik az amplitúdó periódusról periódusra? Milyen alakú a burkológörbe?

Szorgalmi feladat: próbálja meg a bekapcsolástól a stabilizált állapotig kb. 8-10 pontban megmérni az amplitúdót. Ennek egy módja pl. minden n -edik szinuszos hullám amplitúdójának megmérése (a periódusidőt változatlanul vehetjük első közelítésben), így készíthet egy idő (azaz hányadik hullámot nézi a bekapcsolás óta) - amplitúdó táblázatot. Ábrázolja ezeket az idő-amplitúdó adatokat gnuplot-ban, lineáris-logaritmikus skálán (l. **set log y** parancs)! Milyen alakú lesz a görbe, mennyire hasonlít ahhoz, amit vár? Ha tud, illesszen rá függvényt (pl. $f(x)=a \cdot \exp(-(x-x_0)/\tau)+b$)! Az adatokat és a görbét nyomtassa ki és csatolja a jegyzőkönyvhöz!

Schmitt-triggeres oszcillátor

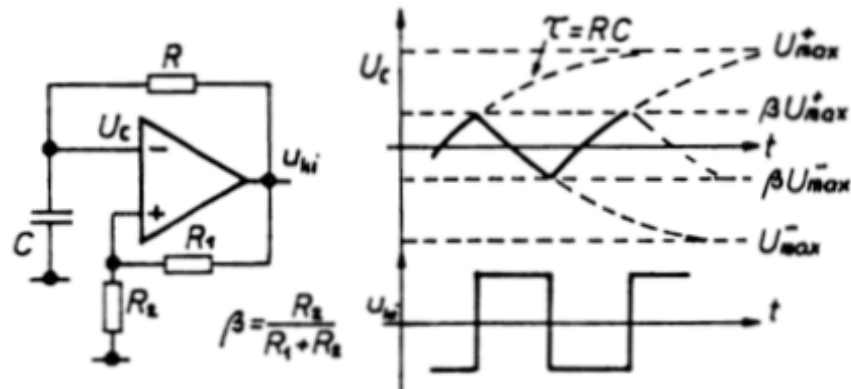
A relaxációs oszcillátorok négyszög alakú jelet adnak ki. A rezgés feltétele a pozitív visszacsatolás és az egységnyi értékű hurokerősítés. Limitálásra általában nincs szükség, a tápfeszültség egyben meghatározza a maximális értékeket.



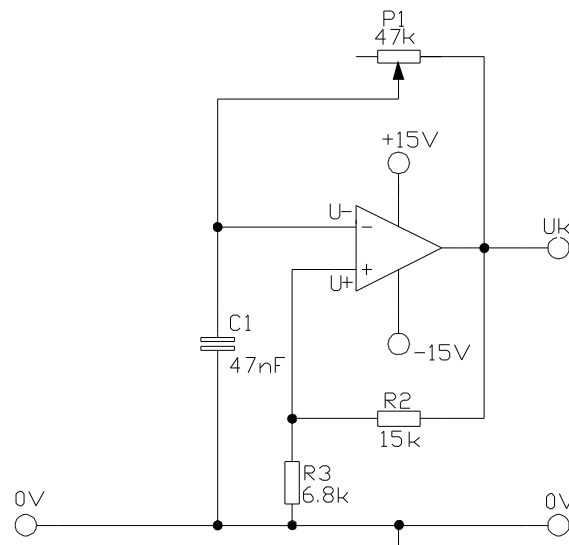
Illusztrációként az ábra szerinti áramkörre hivatkozunk. Ez egy Schmitt-kör. Jól látható, az áramkörben pozitív visszacsatolás érvényesül, tehát valószínűleg a kimenet kizárólag a maximális, illetve minimális kimeneti feszültséget veszi csak fel. (Ezek megközelítőleg a pozitív és negatív tápfeszültség értékei.) Az áramkör működése az előzőek alapján könnyen követhető: a műveleti erősítő pozitív és negatív maximális kimenőfeszültségeinek arányos részei visszajutnak a bemenetre, így az első és második billenési szint - és vele az áramkör hiszterézise - egyszerűen meghatározható. Szimmetrikus tápfeszültség esetén a billenési szintek is szimmetrikusak.

Az alábbi ábra szerinti áramkör lényegében egy astabil multivibrátor, abban az értelemben, hogy a kimeneten egy (szimmetrikus) négyszögjel áll elő. Alapeleme az előbbi Schmitt-kör, itt azonban egy kondenzátor töltődési/kisülési folyamatát befolyásolják a billenési szintek. A kondenzátor töltődik

ill. kisül a U_{+max} és az U_{-max} értékekhez, a töltődési görbe $\Delta U(1-\exp(-t/RC))$ alakú. Amikor a C kondenzátor eléri a billenési szintet, akkor a kimenet átvált, megváltoztatva az a feszültséget, ahova a kondenzátor töltődik. Fontos látni, hogy a kondenzátoron fellépő jelalak nem háromszög alakú. A négyzet alakú kimenőjel frekvenciáját alapvetően az RC időállandó határozza meg. Az alábbi ábrán feltüntettük kialakuló a hullámalakot és a létrejöttéhez fontos információt.



Állítsa össze az alábbi ábrán látható kapcsolást, ügyeljen a műveleti erősítő tápfeszültségeire és az invertáló-nem invertáló bemenetek helyére! (A jegyzet végén egy lehetséges összeállítás képét láthatja, ha úgy érzi, szüksége van rá).



A műveleti erősítő tápfeszültségeit állítsa be +15V és -15V-ra.

A műveleti erősítő SOHA SEM kaphat ennél nagyobb tápfeszültséget!

A tápfeszültség beállítása során MINDIG KÖTELEZŐ a következőképpen eljárni:

4. húzza ki a műveleti erősítő tápfeszültség csatlakozásait
5. állítsa be a kívánt tápfeszültséget a tápegységen,
6. csatlakoztassa a műveleti erősítő tápfeszültségeit.

Ha nem tartják be a fenti lépéseket, akkor a műveleti erősítő tönkremehet (a tápegység max. +/-36V feszültsége tönkreteszi az áramkört!)

6. Kösse az oszcilloszkópot az U_{ki} kimenetre, majd lassan változtassa a P1 potenciométert, és figyelje meg a kijövő rezgés frekvenciáját! Figyelje meg a kimeneten a jelalakot: magas frekvenciánál már lecsökken a műveleti erősítő erősítése, ezért megváltozik a jelalak. Mit tapasztal, hol következik ilyen be, és milyen lesz a jelalak?

7. Állítsa be a P1 potenciométer körülbelül középállásban egy értékre, ezután már NE állítsa el a frekvenciát.

Mekkora a kimenő amplitúdó? Mekkora a periódusidő az oszcilloszkópon megmérve? Mennyire egyezik meg ez a frekvenciamérővel mérhető értékkel?

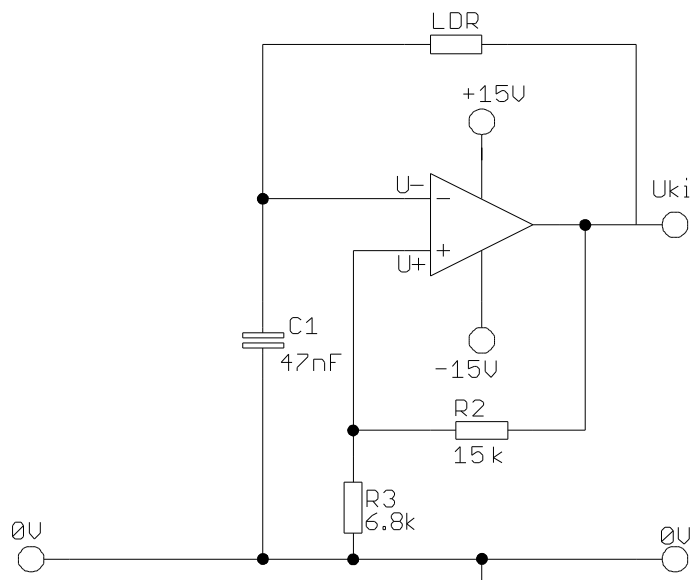
8. Kösse az oszcilloszkóp egyik bemenetét az U_{ki} kimenetre, a másik bemenetet pedig az U₋pontra (a műveleti erősítő invertáló bemenetére). Figyelje meg a két jelalakot, és rajzolja le. Mekkora a két jel szélessége, mekkora a minimális és a maximális feszültségek értéke – miért éppen ezeket méri?

9. A műveleti erősítő tápfeszültségeit állítsa be +12V és -12V-ra, majd +6V és -6V-ra. Mérje meg ezekben az esetekben is a két jel amplitúdóját és a periódusidőt az oszcilloszkópon! Magyarázza el, hogy miért mérte ezeket az értékeket!

A műveleti erősítő tápfeszültségeit állítsa vissza +15V és -15V-ra, és módosítsa a kapcsolást az alábbi ábrán láthatóra! A kapcsolásban használt LDR ellenállás fény hatására változtatja az ellenállását.

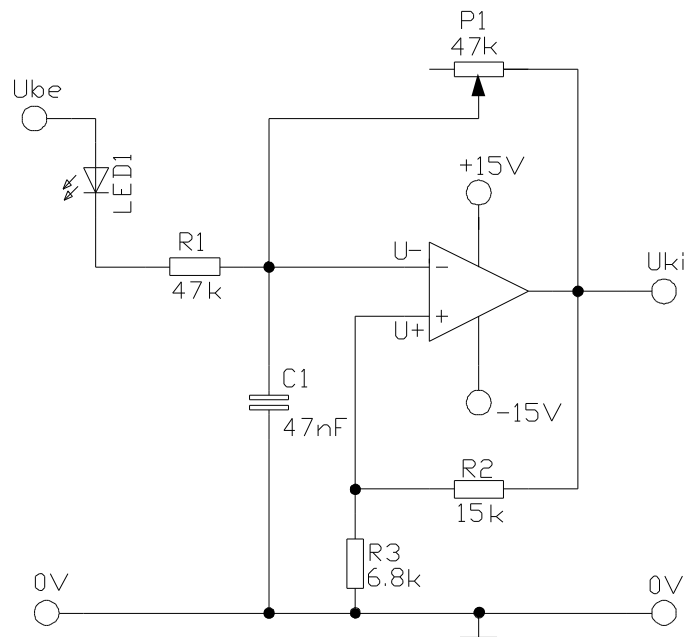
10. Próbálja meg az LDR letakarásával minél kisebb frekvenciát elérni – mekkora ez az érték?

11. Állítson be 5 kHz-es jelet, és ezt mutassa be az oktatóknak!



Számos esetben szükség van arra, hogy egy oszcillátor frekvenciáját pl. egy feszültség segítségével megváltoztassuk (hasonló elvet használnak pl. bizonyos TV és rádió hangolóegységekben a kívánt állomás beállítására). Ezt a funkciót előző áramkörünkben is megvalósíthatjuk, ha - a billenési szintek fixen hagyása mellett - megváltoztatjuk azt a feszültséget, amelyik felé a C kondenzátor

töltődik. Az egyszerűség kedvéért csak az U_{-max} értékét változtatjuk meg a külső feszültséggel. Ehhez a műveleti erősítő tápfeszültségeit állítsa be +15V és -15V-ra, és módosítsa a kapcsolást az alábbi ábrán láthatóra!

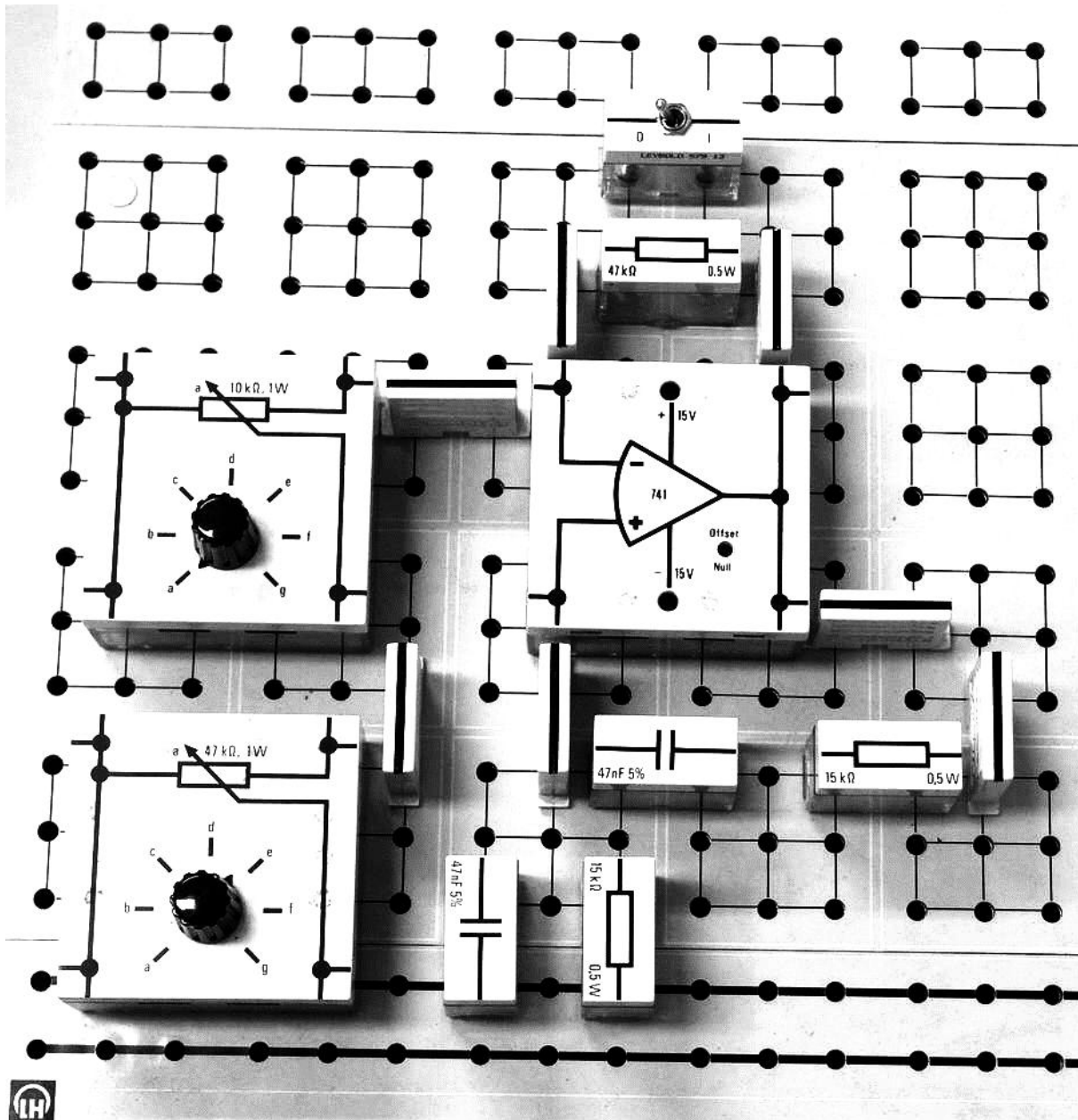


12. Változtassa az U_{be} pont feszültségét +15V és -15V között, miközben az U_{ki} pontban oszcilloszkóppal nézi a jelalakot. Mekkora feszültségnél és hogyan kezd változni a jel periódusideje az U_{be} feszültséggel?

13. Válasszon 1-1 végpontot, valamint 4-6 „érdekes” pontot abban a tartományban, ahol a U_{be} feszültség változtatása láthatóan változtatja a periódusidőt. Készítsen erről U_{be} -frekvencia táblázatot, és ábrázolja gnuplot-ban!

Lehetséges áramköri összeállítások:

Wien-hidas oszcillátor:



Schmitt-triggeres oszcillátor

