



Farkas József

Analóg áramkörök kapcsolásai. Kapcsolási rajzok értelmezése, készítése

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Mérőműszerek használata, mérések végzése

A követelménymodul száma: 1396-06 A tartalomazonosító száma és célcsoportja: SzT-021-30

ANALÓG ÁRAMKÖRÖK KAPCSOLÁSAI. KAPCSOLÁSI RAJZOK ÉRTELMEZÉSE, KÉSZÍTÉSE

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy műszerész műhelyben dolgozik, munkahelyére nyári gyakorlatra tanulók érkeznek. Munkahelyi főnökétől azt a feladatot kapja, hogy tartson foglalkozást az analóg áramkörök kapcsolásairól valamint a kapcsolási rajzok értelmezéséről és készítéséről. Úgy gondolja, hogy a gyakorlati munka megkezdése előtt célszerű az alapismereteket feleleveníteni.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

Napjainkban az elektronika terjedésével, szinte alig található olyan terület, ahol ne találkozhatnánk valamilyen elektronikai eszközzel. Ezek az eszközök működésüket tekintve lehetnek analóg vagy digitális rendszerűek. Ebben a fejezetben az analóg áramkörök kapcsolásait azok tervezési lehetőségeit vizsgáljuk meg.

ANALÓG ÁRAMKÖRÖK

Az analóg áramkörök felépítésüket tekintve passzív és aktív áramköri elemekből állhatnak. Ezekből a felépített hálózatok alkothatnak két pólusokat és négy pólusokat, melyekből különböző feladatok elvégzésére alkalmas, bonyolult áramköröket építhetünk. Ezek az áramkörök felépíthetők diszkrét elemekből, integrált elemekből és ezek kombinációjából.

1. Fontosabb analóg alapáramkörök

Passzív R-C és R-L-C hálózatok:

- Rezgőkörök
- Szűrő áramkörök
- Wien-osztó
- Stb.

Aktív elemekből felépülő áramkörök

Egyenirányító áramkörök:

- Egyutas egyenirányítók
- Kétutas egyenirányítók
- Graetz-kapcsolás
- Feszültség kétszerezők
- Feszültség sokszorozók
- Zener-diódás feszültségstabilizálás
- Stb.

Tranzisztoros alapkapsolások:

- Földelt emitterű kapcsolás
- Földelt bázisú kapcsolás
- Földelt kollektorú kapcsolás
- Darlington kapcsolás
- Oszcillátorok (rezgőkörök)
- Stb.

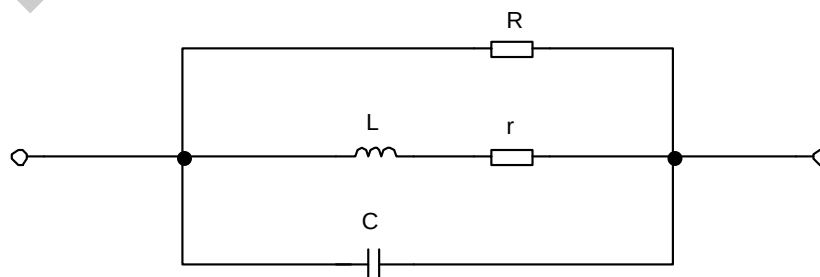
Műveleti erősítők:

- Fázisfordító erősítő
- Nem-fázisfordító erősítő
- Stb.

Passzív R-C és R-L-C hálózatok

Rezgőkör

A rezgőkör helyettesítő képét az 1. ábra szemlélteti. Abban az esetben, ha a rezgőkörbe kívülről megfelelő ütemben energiát viszünk, akkor a rezgőkör berezeg. Ha rezgőkör rezgésének csillapodását meg akarjuk akadályozni, akkor a rezgőköri frekvenciának megfelelő ütemben kívülről energiát kell juttatni a rendszerbe. A kör saját frekvenciáját rezonancia frekvenciának nevezzük.



1. ábra. Veszteséges rezgőkör

A rezgőkör főbb jellemzői:

Ideális, vagyis veszteségmentes rezgőkör rezonanciafrekvenciája:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

A veszteséges rezgőkör rezonanciafrekvenciája:

$$\omega_v = \omega_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4 \cdot Q^2}}$$

Veszteségi tényező:

$$D = r \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Jósági tényező:

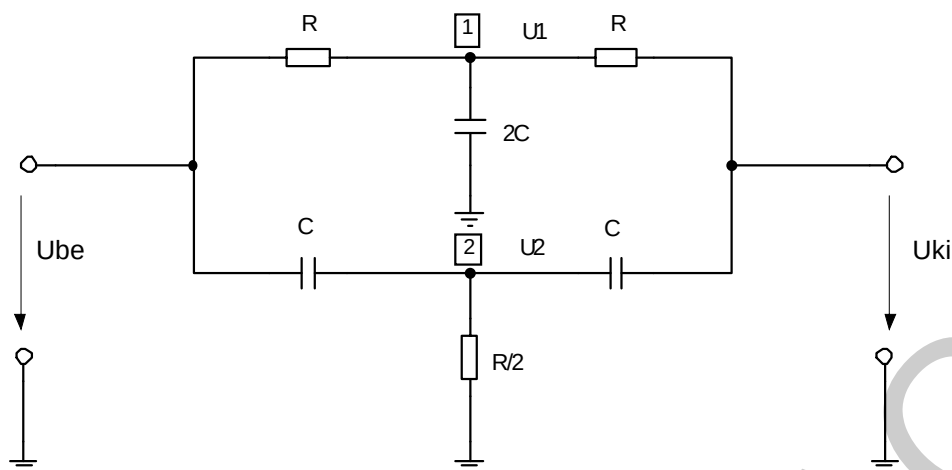
$$Q = \frac{1}{D}$$

Rezonancia ellenállás:

$$R_0 = \frac{L}{r \cdot C + \frac{L}{R}}$$

Kettős T-szűrő

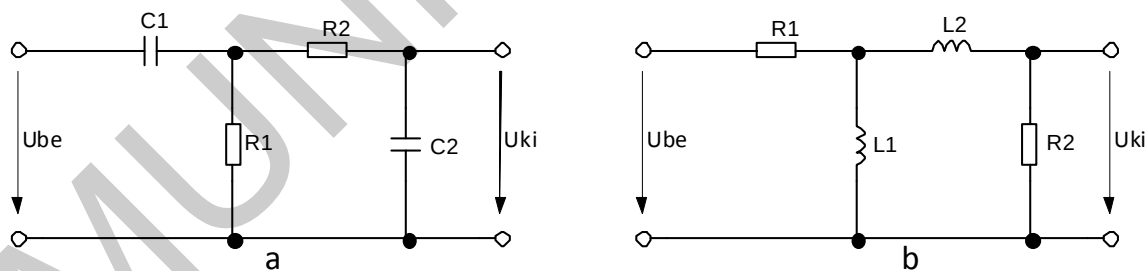
A kettős T-szűrő (2. ábra) egy aszimmetrikus kimenetű szűrő. Kis- és nagyfrekvencián a ki- és a bemeneti feszültség egyenlő. Az átvitelt a felső frekvenciatartományban a C kondenzátorok az alsó frekvenciasávban pedig az R ellenállások biztosítják.



2. ábra. Kettős T-szűrő

Sávszűrő

Abban az esetben, ha egy felüláteresztő szűrő után egy aluláteresztő szűrőt kapcsolunk, sávszűrőt kapunk (3. ábra). A 3a. ábrán egy R-C elemekből, a 3b. ábrán pedig egy L-R elemekből felépített sávszűrőt láthatunk. A sávszűrő kialakításának feltétele, hogy az aluláteresztő szűrő felső határfrekvenciája magasabb, mint a felüláteresztő szűrő alsó határfrekvenciája. Ebben az esetben a két határfrekvencia között egy olyan sáv jön létre, melynek a csillapítása kicsi.

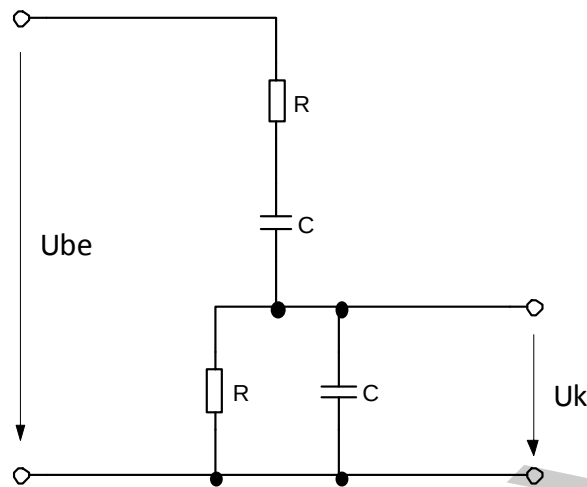


3. ábra. Sávszűrő R-C (a) és R-L (b) tagokból

Wien-osztó

A Wien-osztó tulajdonképpen egy soros R-C és egy párhuzamos R-C elemek sorba kapcsolásából épül fel (4. ábra). Jobban megvizsgálva az áramkört, azt láthatjuk, hogy ez nem más, mint egy felül- és egy aluláteresztő szűrő soros összekapcsolása. Az osztó jellemzője, hogy a kimeneti feszültség rezonanciafrekvencián a bemeneti feszültség $1/3$ része lesz:

$$U_{ki} = \frac{1}{3} U_{be}$$



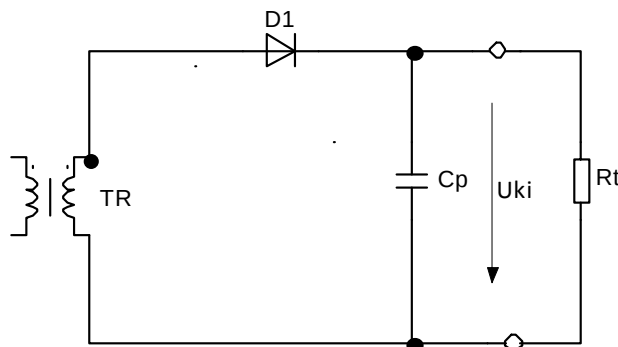
4. ábra. Wien-osztó

Aktív elemekből felépülő áramkörök

Egyenirányító áramkörök:

Egyutas egyenirányítók

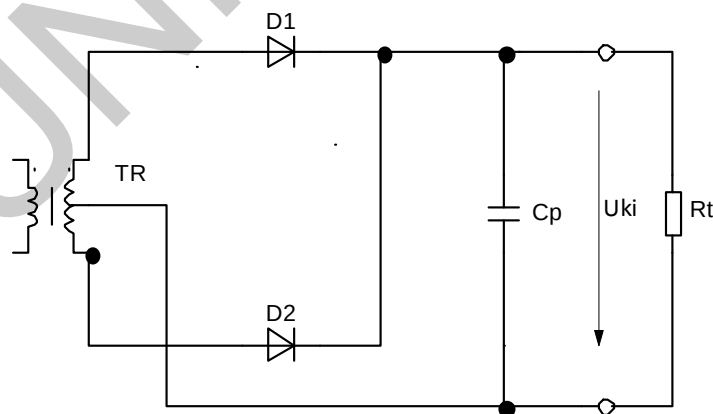
Az egyutas egyenirányításnál a pozitív félperiódus esetében a D_1 dióda anódja egyre pozitívabb lesz, és az R_t ellenálláson átfolyó áram hatására az ellenálláson U_{ki} feszültséget mérhetünk. A negatív félperiódusban a D_1 dióda anódjára a katódhoz képest negatívabb feszültség kerül, ezért a dióda nem tud kinyitni, és az áramkörben nem folyik áram. Így az R_t ellenálláson sem mérhetünk feszültséget. Az így kapott feszültség és áram lüktető lesz, és nem rendelkezik egyen-összetevővel. Ennek javítására a kimenetre egy C_p pufferkondenzátort kapcsolunk, melynek a feszültsége az R_t ellenálláson átfolyó áram miatt állandóan csökken, ameddig a dióda lezárt állapotban van. Az így kapott kimeneti feszültség egyen összetevőből és a rajta lévő váltakozó összetevőből áll (5. ábra).



5. ábra. Egyutas egyenirányítás szűréssel

Kétutas egyenirányítók

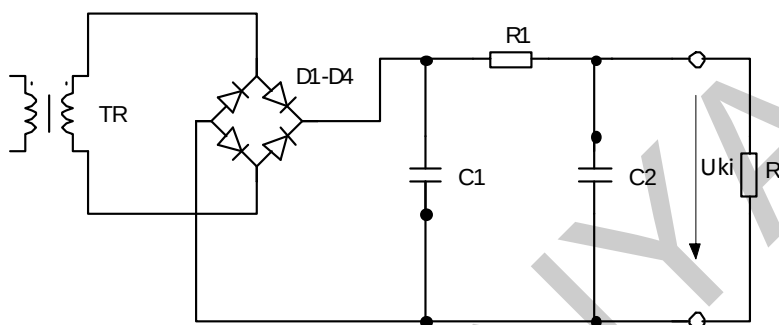
Az egyutas egyenirányítókban, mint láttuk a kondenzátor egy periódus alatt csak az egyik félszériódusban töltődik. Abban az esetben, ha középleágazású transzformátort alkalmazunk, akkor a két kivezetésére egy-egy diódát köthetünk, a középkivezetés pedig a közös pont lesz. Az így kialakított áramkört megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy az R_t ellenálláson mind a két periódusban folyik áram. Ez az áram is lüktető lesz, hasonlóan az egyutas egyenirányítóhoz. Ennek javítására a kimenetre egy C_p pufferkondenzátort kapcsolunk, melynek a feszültsége az R_t ellenálláson átfolyó áram miatt állandóan csökken, ameddig a dióda lezárt állapotban van. Az így kapott kimeneti feszültség egyen összetevőből és a rajta lévő váltakozó összetevőből áll (6. ábra).



6. ábra. Kétutas egyenirányítás szűréssel

Graetz-kapcsolás

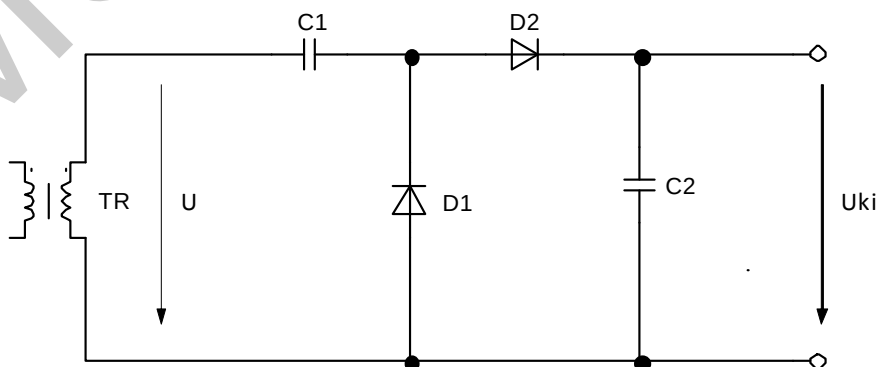
A kétutas egyenirányításhoz használt középkivezetéses transzformátor alkalmazása megdrágítja az áramkört. Az egyutas kapcsolásnál alkalmazott transzformátor lényegesen olcsóbbá teheti az áramkört. Ebben az esetben négy diódát kell alkalmazni a 7. ábrán látható kapcsolási elrendezésben. Ennek eredményeként a kétutas középleágazású megoldáshoz hasonlóan, itt is mind a két félperiódusban folyik áram az R_t ellenálláson. A megfelelő egyenfeszültség kialakításához a C_1 pufferkondenzátoron kívül még egy R_1 – C_2 elemekből felépített szűrőtagot is beiktatunk az áramkörbe. Ezzel a szűréssel csökkenteni tudjuk a váltakozó összetevő nagyságát.



7. ábra. Graetz-kapcsolás szűréssel

Feszültség kétszerezők

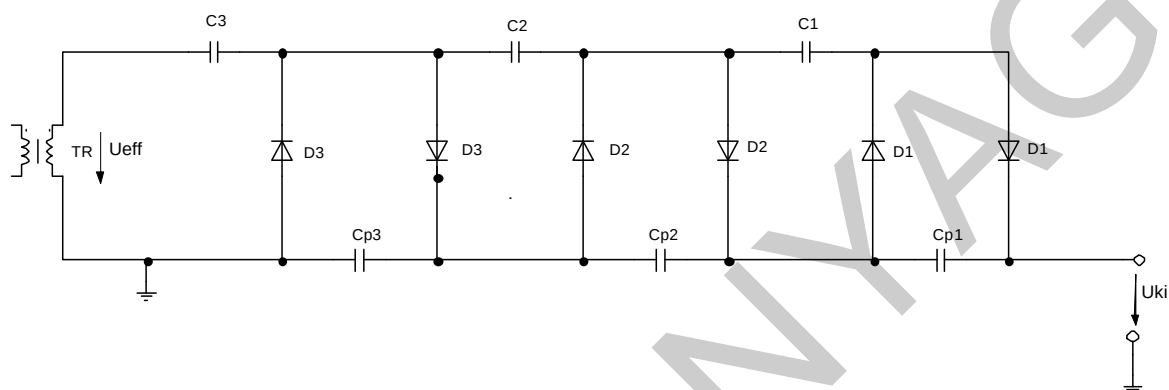
Amikor a transzformátor U feszültsége negatív félperiódusú, akkor kinyit a D_1 dióda, és feltölti a C_1 kondenzátort $U_{k1} = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$ értékre, mely úgy hat, mintha sorba volna kapcsolva a tápegységgel egy telep. A második (pozitív) félperiódusban a D_1 dióda lezár és a D_2 dióda vezet, így C_2 kondenzátor annyira feltöltődik, hogy a feszültsége a C_1 Kondenzátor feszültségének és a tápegység csúcsfeszültségének az összegével lesz egyenlő. Ezt a kapcsolást (8. ábra) akkor alkalmazzuk, amikor nagy feszültségre van szükségünk, de a kimeneti áramigény minimális.



8. ábra. Feszültség kétszerező kapcsolás

Feszültség sokszorozók

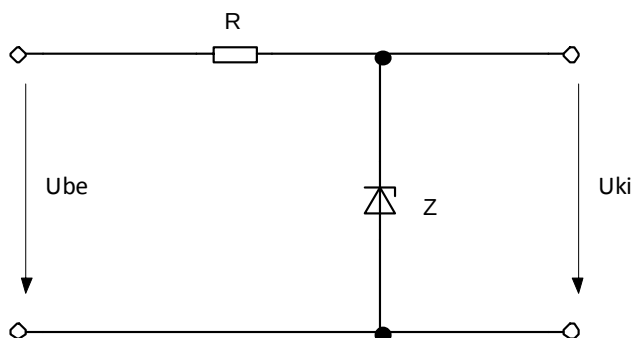
Amikor a feszültség kétszerező áramkörrel nem tudunk elegendő nagyságú feszültséget előállítani, akkor alkalmazhatjuk a feszültség sokszorozó kapcsolásokat. Ezek az áramkörök n fokozatból állnak, és mindegyik fokozat $U_p = \sqrt{2 \cdot U_{eff}}$ feszültségre tölti fel a C_p kondenzátorokat. A $C_1, C_2, \dots, C_n$ kondenzátorok biztosítják, hogy a transzformátor váltakozófeszültsége minden fokozatra rákerüljön. A 9. ábrán egy háromfokozatú kaszkád kapcsolás látható.



9. ábra. Feszültség sokszorozó kapcsolás

Zener-diódás feszültségstabilizálás

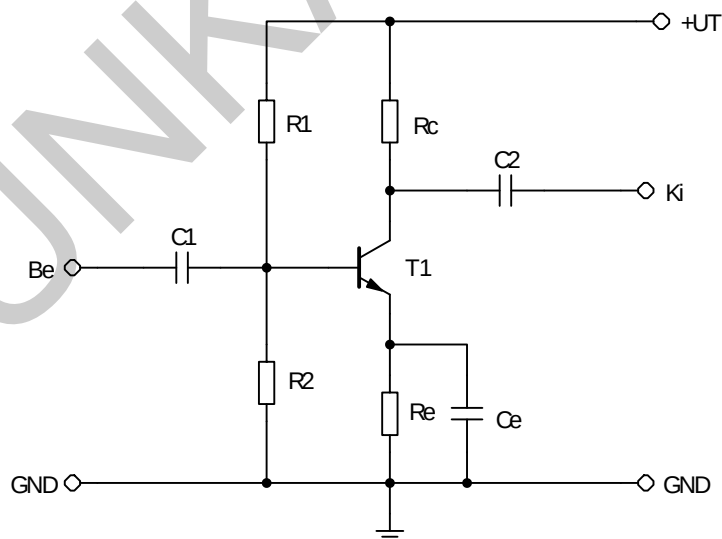
A szűrőkondenzátoros áramkörök a kimeneten lévő egyenfeszültséget nem stabilizálják, mert az egyenfeszültségen az ellenállásuk végtelen nagy. Ahhoz, hogy a kimeneten viszonylag stabil feszültség legyen, a legegyszerűbb esetben egy Zener-diódát és egy munkapont beállító ellenállást kapcsolunk az áramkörbe (10. ábra). A zener-diódánál záróirányú előfeszítés esetén nem történik átütés úgy, mint a réteg diódánál a hirtelen nagy záróirányú áram növekedése esetén. Ezt a tulajdonságát használjuk ki feszültség stabilizálás céljára.



10. ábra. Zener-diódás feszültségstabilizálás

Tranzisztoros alapkapcsolások:Földelt emitterű kapcsolás*Munkapont-beállítás*

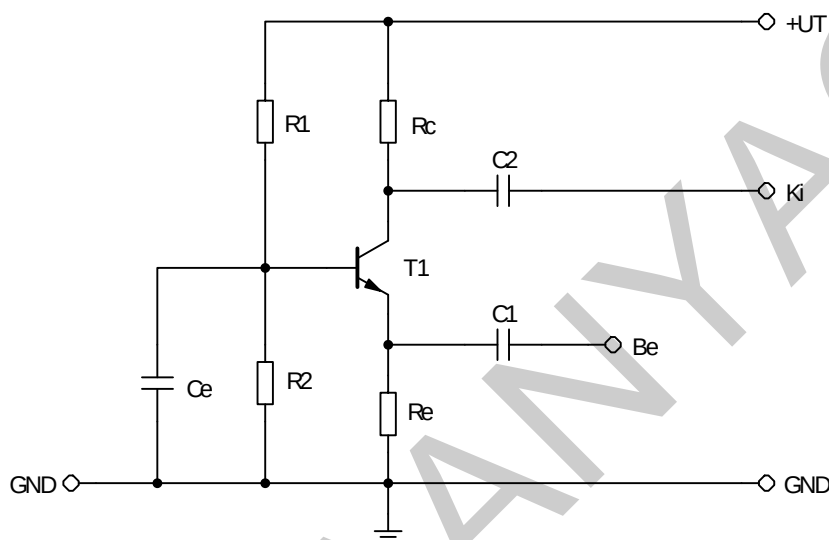
A tranzisztor dinamikus működése mindig egy adott pont környezetében valósul meg. Ezt a pontot nevezzük munkapontnak. Mivel a tranzisztorok karakterisztikája elég meredek, a munkapont stabilitása jelentős mértékben függ a hőmérséklettől. A káros hatások kiküszöbölésére különféle stabilizáló megoldásokat alkalmazunk. A 11. ábrán látható kapcsolás R_e emitterkörében lévő ellenállás negatív visszacsatolást eredményez, ez a drift-et tartalmazó erősítést R_c/R_e értékre redukálja. A bázis előfeszítését az R_1 és R_2 ellenállásokból felépített un. bázisosztó végzi, és a munkapontnak megfelelően egy meghatározott értékű fix bázisáramot állít be. A C_e kondenzátor szerepe, hogy a munkapontot destabilizáló lassú hatásokat kompenzálja, és az erősítendő váltakozó jeleknél az R_e emitter ellenállást rövidre zárja. Így nem lesz hatása a negatív visszacsatolásnak ezekre a jelekre. A C_1 és C_2 kondenzátorok az egyenáramú összetevőket leválasztják és csak az erősítendő, váltakozó jeleket engedik át. A kapcsolást jobban megvizsgálva láthatjuk, hogy a beépített C_1 , C_2 és C_e kondenzátorok az adott helyen egy-egy felüláteresztő-szűrőt alkotnak. A méretezéskor első lépésként a kollektoráramot és a munkapontához tartozó kollektor potenciált határozzuk meg. A telepfeszültség ismeretében meghatározzuk a kollektor és az emitter ellenállásokat, majd az emitter feszültségének ismeretében beállítjuk az R_1 és R_2 ellenállásokkal a bázisfeszültséget, ügyelve arra, hogy az emitter feszültségénél a bázis feszültsége nagyobb legyen. A földelt emitterű kapcsolás jellemzője, hogy a kimenetén fázist fordít.



11. ábra. Földelt emitterű kapcsolás

Földelt bázisú kapcsolás

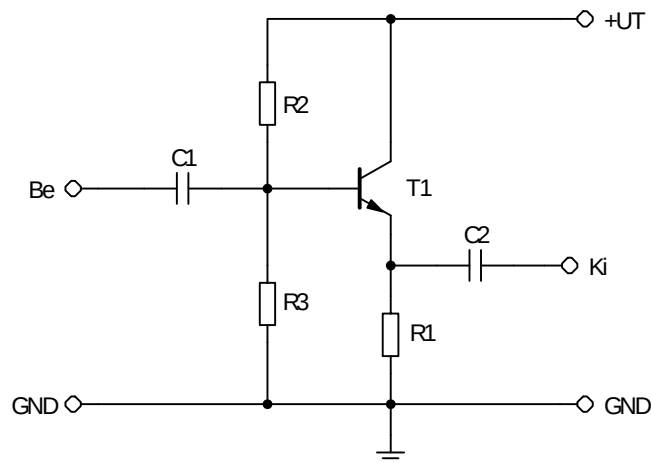
A földelt bázisú kapcsolás (12. ábra) feszültségerősítése megegyezik a földelt emitterű kapcsolás feszültségerősítésével, azzal a különbséggel, hogy itt nem történik fázisfordítás. A bemeneti ellenállása sokkal kisebb, mint a földelt emitterű kapcsolásé, ezért jelentősen terheli a meghajtó áramkört. A kimeneti ellenállása viszont lényegesen nagyobb, közel azonos az R_c ellenállással. Ezen tulajdonságai alapján ezt az áramkört alacsony frekvenciákon nem előnyös használni. Alkalmazása elsősorban magas frekvenciatartományban történik.



12. ábra. Földelt bázisú kapcsolás

Földelt kollektorú kapcsolás

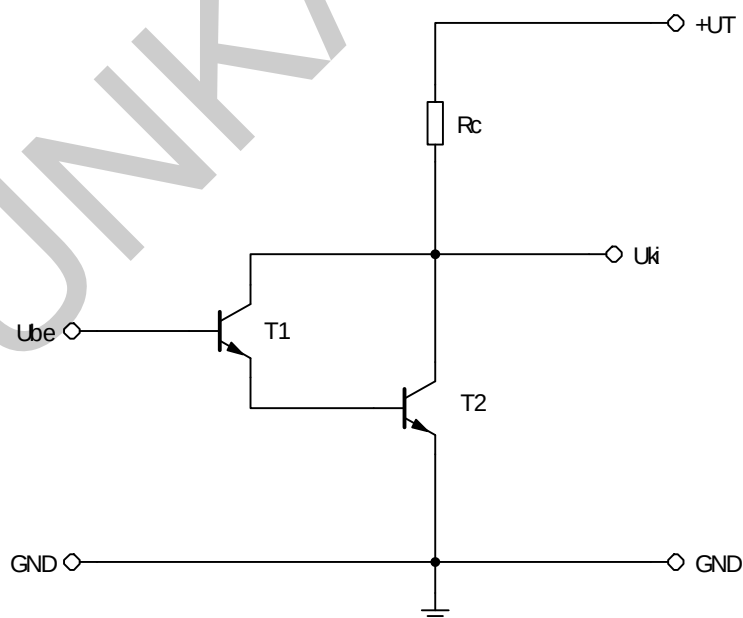
A földelt kollektorú kapcsolást (13. ábra) megvizsgálva láthatjuk, hogy egy nagy negatív visszacsatolást alkalmaztunk, minek következtében az áramkör torzítása minimális lesz. Azt is mondhatjuk, hogy ez nem más, mint egy maximálisan áramvisszacsatolt, földelt emitterű kapcsolás. Mivel az emitter feszültsége követi a bázis feszültségét, a földelt kollektorú kapcsolást gyakran emitterkövető kapcsolásnak is nevezzük. Jellemzője, hogy a bemeneti ellenállása igen nagy, a kimeneti ellenállása viszont nagyon kicsi, a feszültségerősítése megközelítőleg egy. Ezen tulajdonságai alapján az emitterkövető (földelt kollektorú) kapcsolást főként impedancia-transzformátorként alkalmazzák.



13. ábra. Földelt kollektorú kapcsolás

Darlington kapcsolás

Olyan esetekben, amikor nagy áramerősítésre van szükség, gyakran alkalmazzuk a 14. ábrán látható Darlington kapcsolást. Ezt az áramkört úgy kezelhetjük, mint egy megváltozott emitterrel, bázissal és kollektorral rendelkező tranzisztort. Gyakran egy tokba építve találkozhatunk vele. Ennek az áramkörnek viszonylag nagy a bemeneti impedanciája ezért egy nagy kimeneti impedanciával rendelkező jelforrás számára kisebb terhelést jelent.



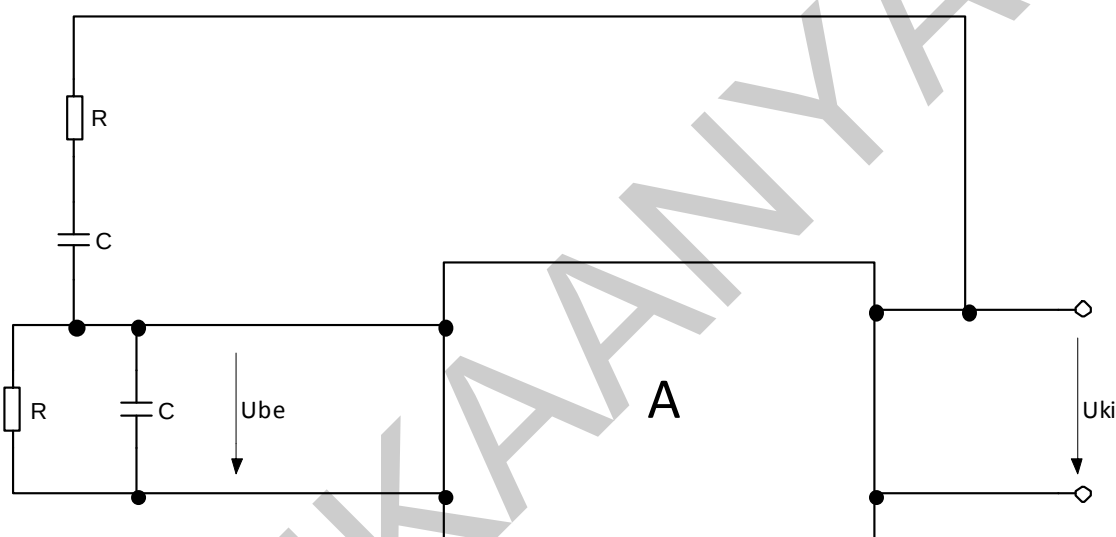
14. ábra. Darlington kapcsolás

Rezgőkörök (oszillátorok)

Az oszcillátorok (15. ábra): periodikus, elektromos rezgések (legtöbbször szinuszjelek) előállítására alkalmas áramkörök. Abban az esetben, ha az erősítőnél pozitív visszacsatolást alkalmazunk, a visszacsatolt erősítő gerjedni kezd. Ahhoz, hogy folyamatos, állandó frekvenciájú és amplitúdójú rezgéseket hozzunk létre, két feltételnek kell teljesülni.

a) Fázis feltétel: vagyis a pozitív visszacsatolás mellett biztosítjuk azt, hogy a visszacsatolt jel azonos fázisban érkezzon a bemenetre. Ezt úgy tudjuk megvalósítani, hogy vagy kétfokozatú erősítőt alkalmazunk, vagy pedig az egyfokozatú erősítő esetén a fázisfordítást a visszacsatolásban állítjuk be.

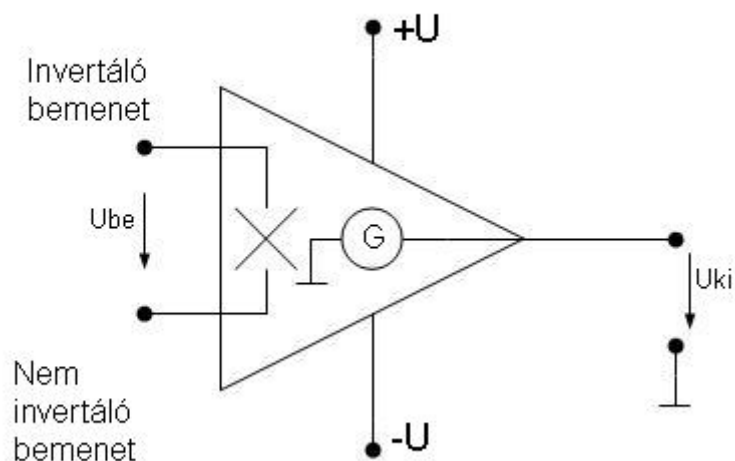
b) Amplitúdó feltétel: azt jelenti, hogy a kimenő jelből annyit csatolunk vissza, hogy teljesüljön az alábbi feltétel: $AB=1$, ahol A az erősítés mértéke, B a visszacsatolás mértéke.



15. ábra. Wien-hidas oszcillátor

Műveleti erősítők:

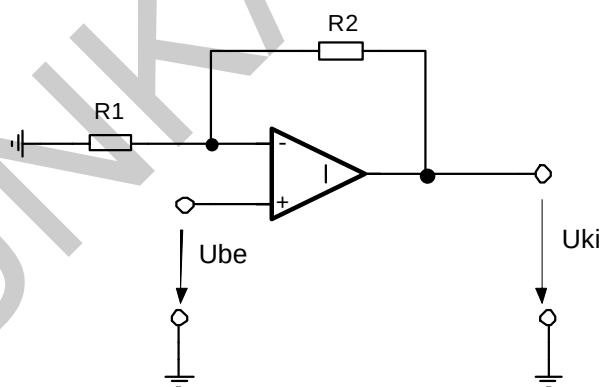
A műveleti erősítők olyan nagy erősítéssel rendelkező egyenfeszültségű erősítők, melyek be- és kimeneti munkaponti feszültsége nulla. A 16. ábrán látható az ideális erősítő helyettesítő képe. Az ideális műveleti erősítő bemeneti ellenállása végtelen, ami azt jelenti, hogy a bemeneti kapcsokon áram nem folyik, a kimeneti ellenállása pedig $R_{ki}=0$ értékű. Az ideális műveleti erősítőnek nincs bemenő árama és úgy viselkedik, mintha $U_{be}=0$ esetén a bemenetek között rövidzár is fennállna, – ezt virtuális rövidzárnak nevezzük. A valóságos műveleti erősítők esetében ez természetesen nem így van.



16. ábra. Ideális műveleti erősítő

Nem-fázisfordító erősítő

Az R_1 és R_2 ellenállások feszültségosztót alkotnak, melyekkel egy visszacsatolást hozunk létre az invertáló bemenetre. Amennyiben figyelembe vesszük azt, hogy a virtuális rövidzár értelmében az invertáló bemenetnek is U_{be} nagyságú feszültsége van, akkor az



17. ábra. Neminvertáló műveleti erősítő kapcsolás

$$U_{be} = U_{ki} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

összefüggést írhatjuk fel. Az erősítő erősítését felírva kapjuk az alábbi összefüggést:

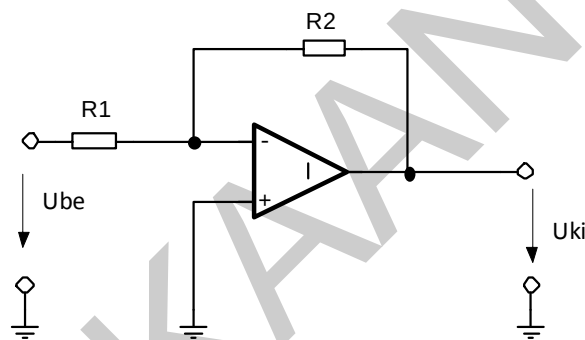
$$A_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Ennek alapján azt láthatjuk, hogy az erősítés független a műveleti erősítő paramétereitől és a külső ellenállások segítségével állíthatjuk be az erősítést. Ez a valódi műveleti erősítők esetében is így van, mivel jelentős eltérés nincs a valóságos és ideális műveleti erősítők között (17. ábra).

Fázisfordító erősítő

A bemeneti jel az R_1 és R_2 ellenállásokból felépített osztóláncre, illetve az invertáló bemenetre kerül (18. ábra). A feszültségerősítése a következőképpen számíthatjuk ki, ahol a negatív előjel a fázisfordításra utal:

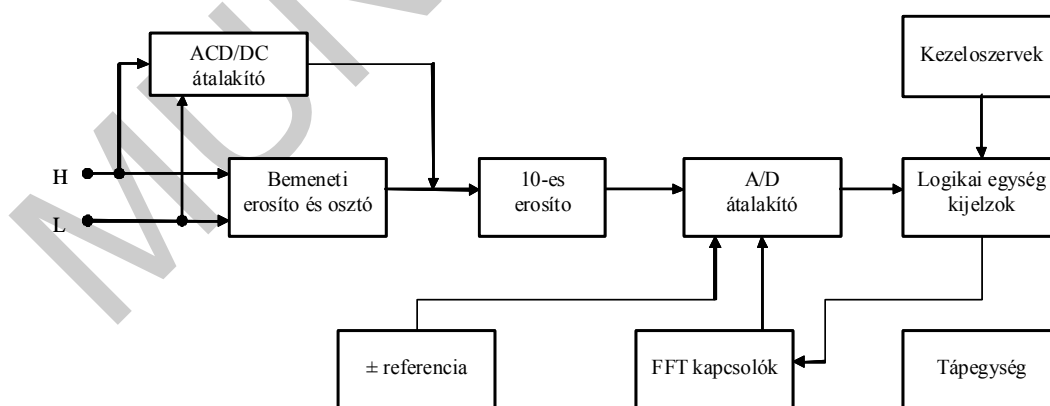
$$A_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = -\frac{R_2}{R_1}$$



18. ábra. Invertáló műveleti erősítő kapcsolás

KAPCSOLÁSI RAJZOK ÉRTELMEZÉSE

Az analóg áramkörök vizsgálatát több okból is végezhetjük. Ez történhet javítás, áramkör beállítása, működésének megértése stb. céljából. Amikor egy áramkör vizsgálatához kezdünk, az első lépés az, hogy megnézzük a dokumentációját. A dokumentáció nagyon sok információt tartalmaz az eszközre, áramkörre, annak működésére használatára, kezelésére vonatkozóan. Mégis azt mondhatjuk, hogy a szakember számára legfontosabb információt a készülék áramköri vagy más néven kapcsolási rajza biztosítja. Ezért egy-egy áramkör vizsgálatának megkezdése előtt, annak áramköri rajzát kell tanulmányozni, melynek során a rajz értelmezése alapján állapíthatjuk meg az áramkör helyes működését, annak jellemző egységeit, mérési pontjait, várható mérési értékeket stb. Az eszköz meghibásodása esetén nagy segítséget jelentenek a kapcsolási rajzról leolvasható jellemző paraméterek értékei, és az eszközön mért értékek összevetése, azok elemzése és az ebből levont következtetések. Láthatjuk, hogy a szakemberek számára nagyon fontos az áramköri rajzok olvasása és értelmezése. Természetesen nemcsak a javításokkor van szüksége a szakembernek ezekre az információkra, hanem, amikor az áramkört más eszköz működtetésére szeretné felhasználni – ekkor valamilyen átalakításra van szükségünk – de akkor is, ha valamelyik elemet helyettesíteni kell egy másik hasonló paraméterrel rendelkező alkatrészszel. Egy eszköz, áramkör kacsolásának elemzését a dokumentáció átvizsgálása után az úgynevezett blokkdiagram elemzésével kezdhetjük, melynek tanulmányozása során megállapíthatjuk, hogy milyen főbb egységekből épül fel a rendszerünk. Példaként nézzük meg a 19. ábrán látható TR 1660 A típusú digitális multiméter blokk-diagramját. Anélkül, hogy mélyebben belemerülnénk az ábra vizsgálatába, jól megfigyelhetők azok a főbb egységek, melyekből felépül a műszer, és megfigyelhetjük ezeknek az egységeknek egymáshoz kapcsolódását is. Ennek fontos szerepe van az eszköz működésének megértésében.



19. ábra. Digitális multiméter (TR 1660 A) blokk-diagramja

A blokk-diagram tanulmányozását követően térhetünk át az áramköri rajz vizsgálatára. Gyakran előfordul, hogy az áramköri rajzon nekünk kell megkeresni azokat az egységeket, melyek a blokkdiagram ábrázolása alapján alkotják az eszközünk. Más esetekben, főként bonyolultabb áramköri rendszereknél, az ábrán látható egységek alapján, külön-külön készítik el az eszköz áramköri rajzát. Ebben az esetben könnyebb dolgunk van már, nemcsak azért mert az egyes egységek áramköri rajzát megfelelő tájékoztató információval látják el, hanem azért is, mert ebben az esetben jól behatárolható az áramkör, ugyanakkor a további egységekhez történő kapcsolódást is jelölik. Azoknál az áramköri rajzoknál, ahol nem bontják egységekre az áramköri elrendezést, nem marad más lehetőség a számunkra, mint az, hogy a meglévő tudásunk alapján határozzuk meg a blokkvázlaton feltüntetett részeket. Ezt úgy tudjuk megtenni, hogy az alapáramköröknél szerzett ismereteket felidézve keressük azokat az áramköri részeket, melyek az adott funkció ellátásának eleget tesznek. Ezt követően kerülhet sor a részletes áramköri értelmezésre.

Áramköri kapcsolási rajz vizsgálata

Az áramköri rajz értelmezését a rajzon lévő egyes passzív és aktív elemek funkciójának meghatározásával kezdjük, melyek alapján az eszköz egyenáramú munkapont beállítását és egyben az egyenáramú viselkedését is megállapíthatjuk. Ezt követően kerül sor a váltakozó áramú értelmezésre. A részletesebb vizsgálathoz az egyes alkatrészek típusára értékre illetve paramétereire is szükségünk lehet. Ezek az információk rendszerint nem szerepelnek, vagy legalább is nem az összes szerepel az áramköri rajzokon. Gyakran találkozunk azzal a megoldással, hogy ezeket az információkat külön, legtöbbször táblázatban adják meg. Amennyiben ilyen információ nem, vagy nem teljes mértékben áll a rendelkezésünkre, akkor elsősorban az aktív elemeknél, a katalógus segítségével jutunk megfelelő információhoz. A 20. ábra a dióda katalógus egy lapját szemlélteti, melyből a kiválasztott dióda jellemző értékei kiolvashatók. A 21. ábra a tranzisztor katalógusból mutat be egy oldalt. A katalógust tanulmányozva észrevehetjük, hogy egy-két gyakrabban használatos tranzisztor esetében részletesebb információ is a rendelkezésünkre áll, például a BC178 és BC179 tranzisztorok esetében is. A 22. ábrán az IC-katalógus μ A741-es integrált áramkör adatai szerepelnek. A katalógust tanulmányozva azt tapasztaljuk, hogy nemcsak egy IC jellemzői vannak megadva, hanem az összes kompatibilis IC típus fel van sorolva, valamint az egyes típusok tokozásai is megtalálhatók. Ez nagy segítséget jelent olyan esetekben, amikor valamilyen okból az egyik IC-t egy másikkal kell helyettesíteni.

Típus	Névleges feszültség	Csúcs- vagy max. fe- szültség	Jellemző adatok				Egyen- irányított áram	Csúcs- vagy max. áram	Hőmér- séklet [θ_c] (θ_i) θ_a	Anyag	Gyártmány	Felhasználás	Megjegyzés
			ha	akkor	ha	akkor							
	U_{R_n}	U_{RM}	U_R	I_R	U_F	I_F	I_0	I_{FM}					
	V	V	V	A	V	A	A	A	°C				
1 N 3956	40		30	50 μ	0,75	20 m			25	Si	USA	kap	
1 N 3987	700	750					6			Si	IR	eir	
1 N 3988	800	850					6			Si	IR	eir	
1 N 3989	900	950					6			Si	IR	eir	
1 N 3990	1000	1050					6			Si	IR	eir	
1 N 4001	50	50	50	10 μ	1,1	1	1	10	25	Si	TE	eir	! (17)
1 N 4002	100	100	100	10 μ	1,1	1	1	10	25	Si	TE	eir	! (17)
1 N 4003	200	200	100	10 μ	1,1	1	1	10	25	Si	TE	eir	! (17)
1 N 4004	400	400	100	10 μ	1,1	1	1	10	25	Si	TE	eir	! (17)
1 N 4005	600	600	100	10 μ	1,1	1	1	10	25	Si	TE	eir	! (17)
1 N 4006	800	800	100	10 μ	1,1	1	1	10	25	Si	TE	eir	! (17)
1 N 4007	1000	1000	100	10 μ	1,1	1	1	10	25	Si	TE	eir	! (17)
1 N 4009	25	35	25	0,1 μ	1	30 m			25	Si	USA	kap	!
1 N 4043	35		25	0,1 m	1	3 m			25	Si	USA	kap	
1 N 4086	70		70	0,25 μ	1	0,2			25	Si	USA	kap	
1 N 4087	50		50	0,1 m	0,7	5 m			25	Si	USA	kap	
1 N 4092	50		20	5 μ	1	5 m			25	Si	USA	kap	
1 N 4148	75	100	20	25 n	1	10 m	0,15	0,225	25	Si	TE	kap	! (17)
1 N 4149	75	100	20	25 n	1	10 m	0,15	0,225	25	Si	TE	kap	! (17)
1 N 4150	50	75	50	0,1 μ	0,2	0,3	0,6		25	Si	PH	kap	! (17)
1 N 4151	50	75	50	50 n	1	50 m	0,15	0,225	25	Si	TE	kap	! (17)
1 N 4152	30	40	30	50 n	0,75	10 m	0,15	0,45	25	Si	TE	kap	! (17)
1 N 4153	50	75	50	50 n	0,75	10 m	0,15	0,45	25	Si	TE	kap	! (17)
1 N 4154	25	35	25	0,1 μ	1	30 m	0,075	0,225	25	Si	TE	kap	! (17)
1 N 4244	20		10	0,1 μ	1	20 m			25	Si	USA	kap	
1 N 4305	50	75	50	0,1 μ	0,77	10 m			25	Si	TEX	kap	! (17)
1 N 4308	100		75	0,1 μ	0,77	20 m			25	Si	USA	kap	
1 N 4309	50		50	0,1 m	0,7	20 m			25	Si	USA	kap	
1 N 4310	75		50	0,1 m	0,7	20 m			25	Si	USA	kap	
1 N 4313	100		75	0,1 m	1	0,2			25	Si	USA	kap	

20. ábra. Magyar Béla: Dióda-atlasz egy lapja¹

¹ Forrás: Magyar Béla: DIÓDA-ATLASZ. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.

Egyedek		Határértékek						Jellemző adatok			
Típus	Fajta	U_{CB0} (U_{CES})	U_{EB0} (U_{CE0}) [U_{EB1}]	I_O	P_{tot}	θ_j max	R_{thja} (R_{thjc})	I_{CB0} (I_{CES}) [I_{EB0}]	U_{CB} (U_{CE}) [U_{EB}]	h_{21e} (h_{21B})	f_T (f_β) [f_α]
		V	V	A	W	°C	°C/W	μA	V	—	MHz
BC 178	p SPE	30	(25)	0,2	0,3	175	500	Részletes adatok a 310. oldalon			
BC 179	p S	25	(20)	0,2	0,3	175	500	Részletes adatok a 311. oldalon			
BC 182	n SPE ▲	60	(50)	0,2	0,3	150	330	0,015	50	(40 < 480)	150
BC 183	n SPE	45	(30)	0,2	0,25	150	420			125 < 900	150
BC 184	n SPE	45	(30)	0,2	0,25	150	420			240 < 900	150
BC 192	n SPE	25	(25)	0,5	0,4	200	440	0,1	20	(60 < 80)	100
BC 194	n SPE †	40	(25)	0,8	0,1	125	750	0,1	30	(25 < 250)	100
BC 196	n SPE †	40	(25)	0,1	0,05	125	1600	0,05	20	(140 < 290)	250
BC 197	n SPE †	50	(45)	0,1	0,135	125	1600	5*	20	(180 < 520)	300
BC 198	n SPE †	30	(20)	0,1	0,135	125	1600	5*	20	(180 < 520)	300
BC 199	n SPE †	30	(20)	0,1	0,135	125	1600	5*	20	(180 < 520)	300
BC 200	p SPE	20	(20)	0,05	0,05	125	1600	0,1	20	(75 < 250)	90
BC 201	p SPE	5	5	0,075	0,25	150	1000	0,1	2	(75 < 290)	80
BC 202	p S	30	(20)	0,075	0,25	150	1000	0,1	15	(75 < 175)	80
BC 203	p S	45	(30)	0,075	0,25	150	1000	0,1	25	(75 < 175)	80
BC 204	p SPE	45	5	0,1	0,3	125	330	0,002	45	50 < 500	200
BC 205	p SPE	20	5	0,1	0,3	125	330	0,002	20	50 < 500	200
BC 206	p SPE	20	5	0,1	0,3	125	330	0,002	20	50 < 500	200
BC 207	n SPE	(45)	(45)	0,1	0,3	125	330	0,015	45	(90 < 270)	300
BC 208	n S	20	(20)	0,1	0,3	125	330	15*	20	(40 < 270)	300
BC 209	n S	20	(20)	0,1	0,3	125	330	15*	20	125 < 900	300
BC 210	n SPE	50	4	0,7	0,45	175	330	0,1	20	(20 < 140)	250
BC 211	n SPE	80	7	1	0,8	175	190				200
BC 212	p SPE ▲	60	(50)	0,2	0,25	150	420	0,015	30	60 < 400	200
BC 213	p SPE	45	(30)	0,2	0,25	150	420			80 < 600	200
BC 214	p SPE	45	(30)	0,2	0,25	150	420			140 < 600	200
BC 215	p SPE	50	5	0,5	0,4	200	440	0,1	20	(140 < 300)	200
BC 225	p SPE	40	5	0,1	0,2	125				(130)	
BC 231	p SPE	40	(30)	0,4	0,625	150				(100 < 450)	
BC 232	n SPE	40	(30)	0,4	0,625	150		0,1	20	(100 < 450)	

21. ábra. Magyarai Béla: Tranzisztor-atlasz egy lapja²

² Forrás: Magyarai Béla: TRANZISZTOR-ATLASZ. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

SN 52741 (TEX)		400	SN 72741 (TEX)		400
AD 741 (AND), AM 741 (AMD), AMU 5B 7741312 (AMD), CA 741 (RCA), ICL-741 (INT), L 141 T 2 (SGS), LM 741 (NAT), MC 1741 (MOT), MIC 741-1 C (ITT), ML741 (MSI), RM 741 (RAY), S 5741 (SIG), SF.C 2741 (SES), SG 741 (SIL), TBA 222 (MUL, PHI, RTC, SIE, VAL), TL 1741 (TEL), TOA 1741 (TRA), U5B 7741312 (FAI), UC 4741 (SOL), ULN 2741 (SPR), μ A 741 (FAI, SIG), 741 (TLD), 741 B (AME)			AD 741 C (AND), AM 741 C (AMD), AMU 5B 7741393 (AMD), CA 741 C (RCA), ICL-741 C (INT), L 141 T1 (SGS), LM 741 C (NAT), MC 1741 C (MOT), MIC 741 5 C (ITT), ML 741 C (MSI), N 5741 (SIG), RC-741 (RAY), SF.C 2741 (SES), SG 741 C (SIL), TBA 221 (MUL, PHI, RTC, SIE, VAL), TL 1741 C (TEL), TOA 2741 (TRA), U5B 7741393 (FAI), UC 4741 C (SOL), ULS 2741 (SPR), μ A 741 C (FAI, SIG), 741 C (AME, TLD)		
Határértékek					
$+U_S$ $-U_S$ U_{Idif} U_{Imax} P_{tot} ϑ_{amb} ϑ_{stg}	22 -22 -55...125	± 30 ± 15 500 -65...150	18 -18 0...70	V V V V mW $^{\circ}$ C $^{\circ}$ C	
Jellemzők		$\vartheta_{amb} = 25^{\circ}$ C	$U_S = \pm 15$ V		
U_{Iof} I_{Iof} I_{IO} U_i U_{OPP} A_u R_i R_S CMRR I_S		1 20 80 ± 13 26 $2 \cdot 10^5$ 2 75 90 1,7		mV nA nA V V V/V M Ω Ω dB mA	
NC NC NC $+U_S$ Kim 2OFFS NULL NC 14 13 12 11 10 9 8 N-tok 1 2 3 4 5 6 7 NC NC 1OFFS - + $-U_S$ NC NULL Bem Bem NC $+U_S$ Kim 2OFFS NULL 8 7 6 5 P-tok 1 2 3 4 1OFFS - + $-U_S$ NULL Bem Bem NC NC NC $+U_S$ Kim 2OFFS NULL NC 14 13 12 11 10 9 8 Z-tok 1 2 3 4 5 6 7 NC NC 1OFFS - + $-U_S$ NC NULL Bem Bem NC 1OFFS NULL 1OFFS NULL $-U_S$					

22. ábra. Magyarai Béla: Analóg IC-atlasz egy lapja³

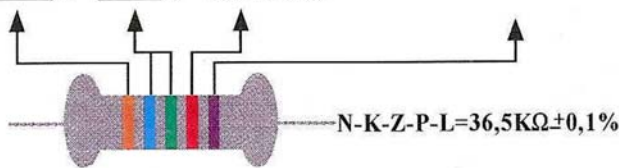
³ Forrás: Magyarai Béla-Lengyel Géza: Analóg IC-ATLASZ. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

Nehezebb helyzetben vagyunk akkor, amikor egy adott áramkörrel kiderül, hogy nincs megfelelő dokumentációja, és ami a legfontosabb, hiányzik a kapcsolási rajza is. Ebben az esetben – egy számunkra ismeretlen áramkörnél – nem marad más lehetőségünk, mint az, hogy a meglévő nyomtatott áramkörrel elkészítjük (visszarajzoljuk) az áramköri rajzot. Egy ilyen feladat elvégzéséhez a katalóguson, írószeren és papíron kívül más eszközökre és műszerekre is szükségünk lesz, mivel az elemek csatlakozásait csak méréssel tudjuk megállapítani. Nem egy esetben még az áramkört is meg kell bontani. Az aktív elemek (tranzistorok, diódák IC-k, stb.) paramétereit a rajtuk lévő jelzés (felirat) alapján, katalógus segítségével tudjuk meghatározni.

A passzív elemek, kondenzátor, ellenállás esetében nehezebb dolgunk van, mivel sokszor a kis méret miatt a feliratozás helyett színjelzést alkalmaznak. Ilyen esetekben van segítségünk a színskála, melynek többféle megoldása van. A 23. ábrán egy színskód táblázatban láthatunk egy példát az ellenállás értékének meghatározására.

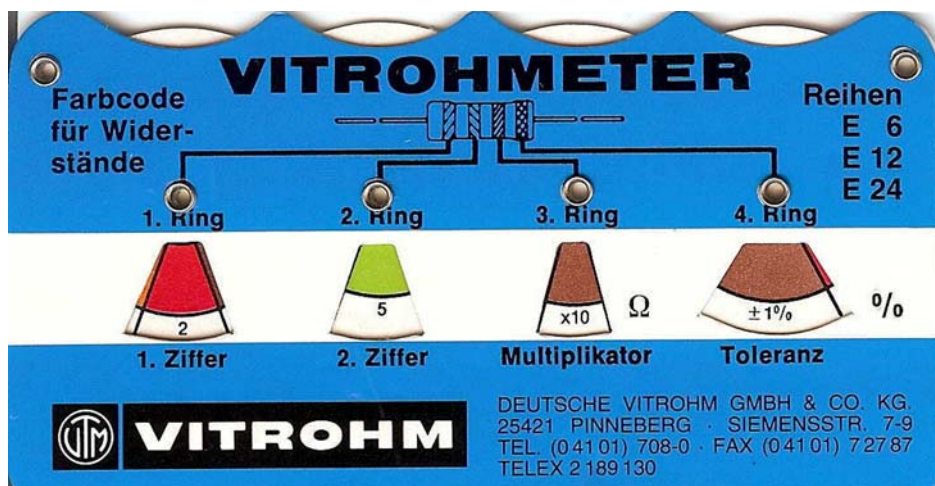
ELLENÁLLÁS SZÍNKÓDOK (IEC 62)

1. sáv	2-3. sáv	4. sáv	5. sáv
1. sáv	2. sáv	3. sáv	4. sáv
	0	X1	
1	1	X10	$\pm 1\%$
2	2	X100	$\pm 2\%$
3	3	X1K	
4	4	X10K	
5	5	X100K	$\pm 0,5\%$
6	6	X1M	$\pm 0,25\%$
7	7		$\pm 0,1\%$
8	8	arany :10	arany $\pm 5\%$
9	9	ezüst :100	



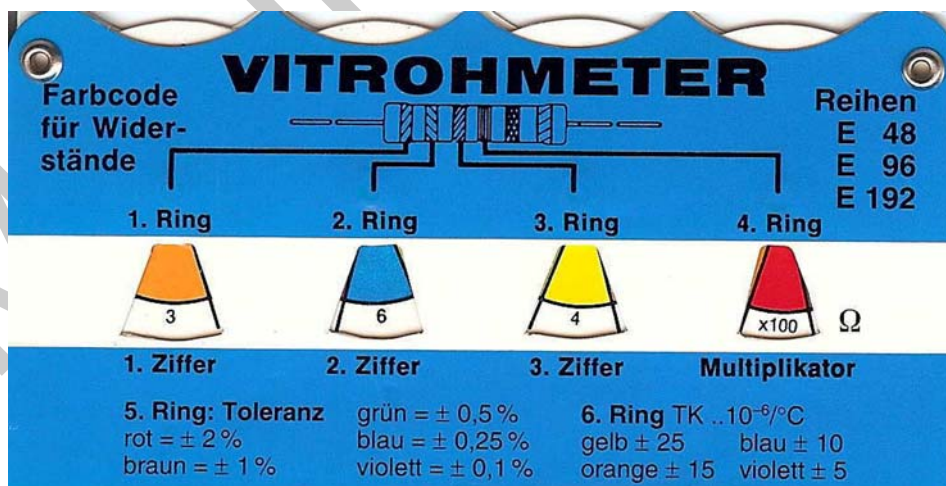
23. ábra. Színskód meghatározó táblázat

Az előzőhöz hasonlóan lehet meghatározni az ellenállás értékét a 24. és 25. ábrán látható színskód meghatározóval, melynek a két oldalát szemléltetik az ábrák. Attól függően, hogy milyen ellenállással van dolgunk, a színskód meghatározó egyik, vagy a másik oldalát használhatjuk



24. ábra. Tárcsás színkód meghatározó első oldala

A 24. ábrán látható színkód meghatározó olyan ellenállások meghatározására alkalmas, melyeken négy színjelzés van. Az első két jelzés az ellenállás számszerű értékét adja meg, a harmadik jel a szorzószámot, míg a negyedik a tűrés nagyságát. Ennek megfelelően az ábráról leolvasható érték: első szám:2, második szám: 5, ez eddig 25, a harmadik számmal kell szorozni, ami a jelen esetben 10. Ennek megfelelően az ellenállás értéke: 250 Ω. A tűrés értékét a negyedik szám mutatja, ami most $\pm 1\%$. Amennyiben nagyobb értékű ellenállással van dolgunk, akkor a színkód meghatározó másik oldalát használhatjuk (25. ábra) Ebben az esetben az első három szám adja az ellenállás számszerű értékét és a negyedik szám lesz a szorzó. Az ellenállás ötödik és hatodik értékét a színmeghatározó alján találjuk. Ennek megfelelően az ellenállás értéke: az első három számjegy:3, 6, és 4, ami 364 ad, és ezt kell szorozni a negyedik számmal, ami ebben az esetben 100. Az ellenállás értéke így 36400 Ω, vagyis 36,4 kΩ.



25. ábra. Tárcsás színkód meghatározó második oldala

Az alkatrészek beazonosítását követően meghatározhatjuk a köztük lévő kapcsolatokat, melyeket gyakran szemrevételezéssel – ha ez nem lehetséges – akkor méréssel végezhetjük el. Az így elkészített áramköri rajz alapján tudjuk meghatározni az áramkör működését, funkcióját és megadhatjuk a mérési pontokat is. Az így elkészített áramköri rajz alapján már elvégezhetjük a javítási műveletet, valamint üzembe helyezhetjük az áramkörünket

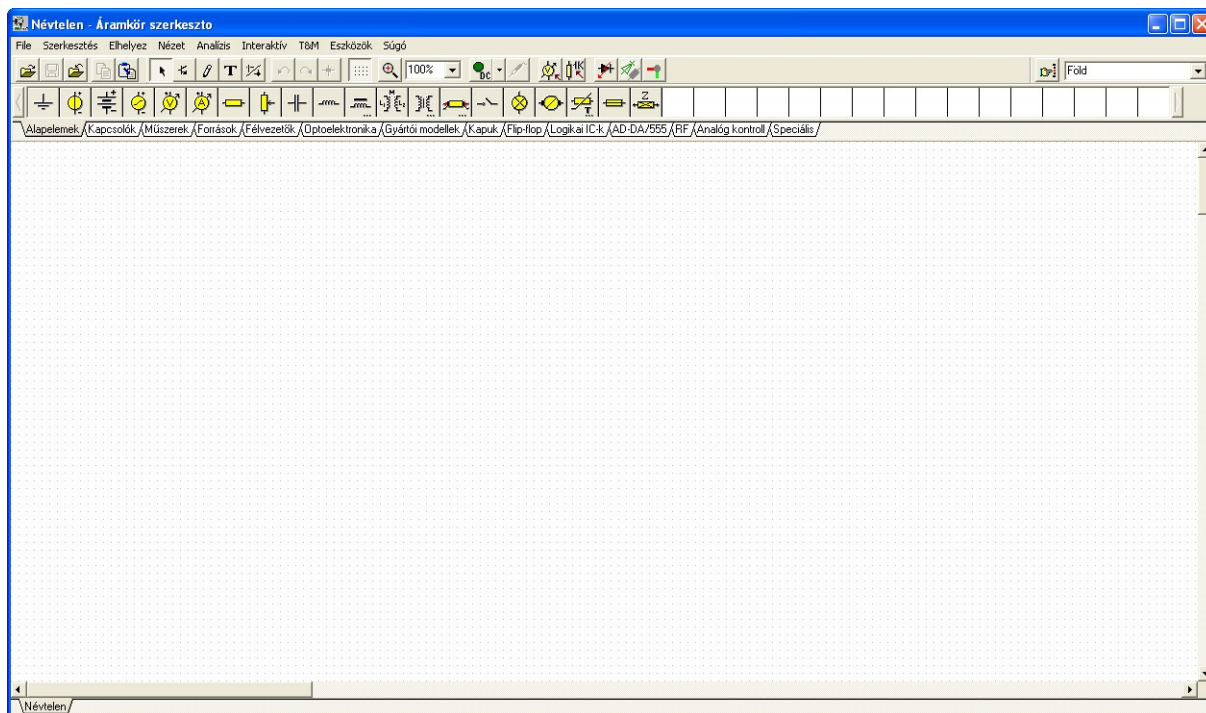
Áramköri kapcsolási rajz tervezése

Amikor egy elektronikus eszközt tervezünk, akkor az elvárások és a lehetőségek felmérését követően kezdhetünk az áramköri rajz összeállításához, majd elvégezzük a munkapont beállításokat. A tervezés során szem előtt kell tartanunk azokat az előírásokat, elvárásokat, amelyeknek az áramkörnek meg kell felelnie. Az elkészített kapcsolási rajz alapján kezdhetjük megtervezni a beültetési rajzot, melynek segítségével készítjük el a nyomtatott áramköri lapot.

Számolnunk kell azzal, hogy az általunk tervezett áramkör, nem fog úgy viselkedni, mint ahogy azt mi szeretnénk, ezért a nyomtatott áramkör végleges kialakítása előtt egy próbapanelen célszerű megvizsgálni az áramkörünk viselkedését, és ha kell, akkor elvégezzük a szükséges módosításokat. Amikor az áramkörünk az elvárásoknak megfelelően működik, csak akkor célszerű elkészíteni a nyomtatott panel végleges kialakítását. Ezt a tervezési folyamatot nagymértékben nehezíti az, hogy a megtervezett áramkörünk viselkedését nem ismerjük és csak a próbapanelen történő megépítés és működtetés után jutunk a megfelelő információhoz. Ez időben és természetesen anyagiakban is jelentős. Ezért szükségessé vált olyan megoldás, melyben nem kell valós áramköri elemekből megépíteni az áramkört ahhoz, hogy a helyes működéséről meggyőződjünk. A megoldást a számítógép illetve a számítástechnika olyan mérvű fejlődése jelentette, amikor már a feladat elvégzéséhez szükséges szimulációs programokat lehetett készíteni és futtatni a gépeken. Napjainkban sokféle áramkörtervező szimulációs programot használhatunk. Ilyenek a Micro-CapV (a legújabb verziószám a 9-es), a Multisim8, EAGLE, OrCad, Tina, stb. Az oktatásban legismertebbek a MicroCap és a Tina, melyek közül a középszintű oktatásban a Tina a legismertebb. Ezekkel a programokkal el tudjuk készíteni az áramköri rajzot valamint a kész áramkör szimulációs vizsgálatát is. Ennek az előnye, hogy nem kell diszkrét elemekből megépíteni az áramkört, hanem az elvi rajz alapján megvizsgálhatjuk a működését, kiszűrve azokat a tévedéseket, melyek a helytelen működéshez, valamint az egyes alkatrészek tönkremeneteléhez vezethetnek. A szimuláció alkalmazásával könnyen változtathatunk az áramkörön, oly módon, hogy annak működése megfeleljen az elvárásoknak. Az így megtervezett, kapcsolási rajz alapján megépített áramkör működése – minden bizonnyal – jobban megközelíti a célkitűzésben előírt elvárásokat. Ezek a programok rendelkeznek alkatrészkönyvtárakkal, amelyekben az analóg és a digitális technikában alkalmazott elemek is megtalálhatók, valamint a rajzok elkészítéséhez felhasználói kezelői felülettel, melyen az elkészített kapcsolások analízise is elvégezhető. A tervező programok között található olyan program is, amely az elkészített és analizált áramkör nyomtatott áramköri rajzát is el tudja készíteni több- kevesebb manuális beavatkozással.

TINA szimulációs program

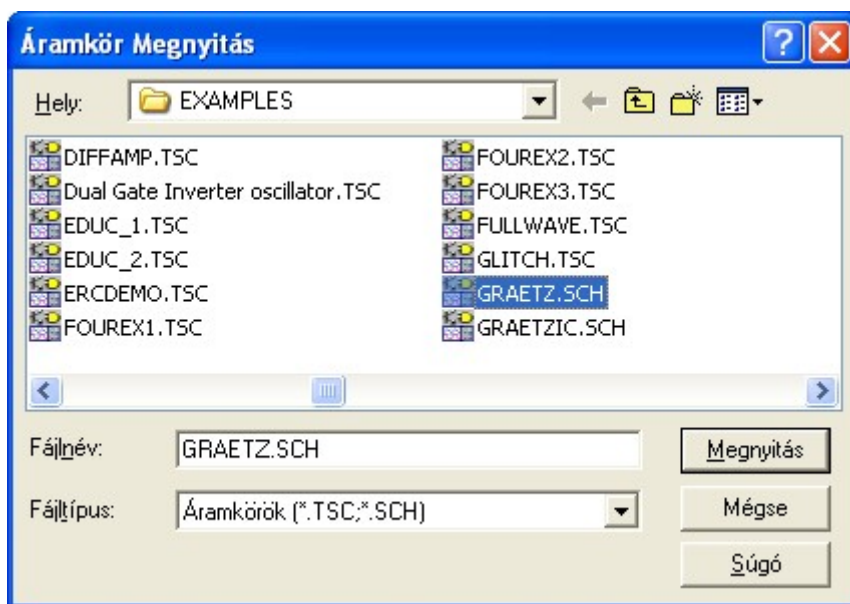
Tina szimulációs program könyvtárában kész áramkörök is találhatók, melyek szimulációs vizsgálata közvetlenül elvégezhető. Ugyanakkor lehetőség van arra, hogy az általunk megtervezett és elkészített kapcsolás szimulációs vizsgálatát is elvégezzük. A program indításakor a kezelői felület jelenik meg az eszközsorral és alkatrészsorral, melyet a 26. ábrán láthatunk. Az elkészített áramköröket az EXAMPLES könyvtár megnyitásával tudjuk elérni (27. ábra).



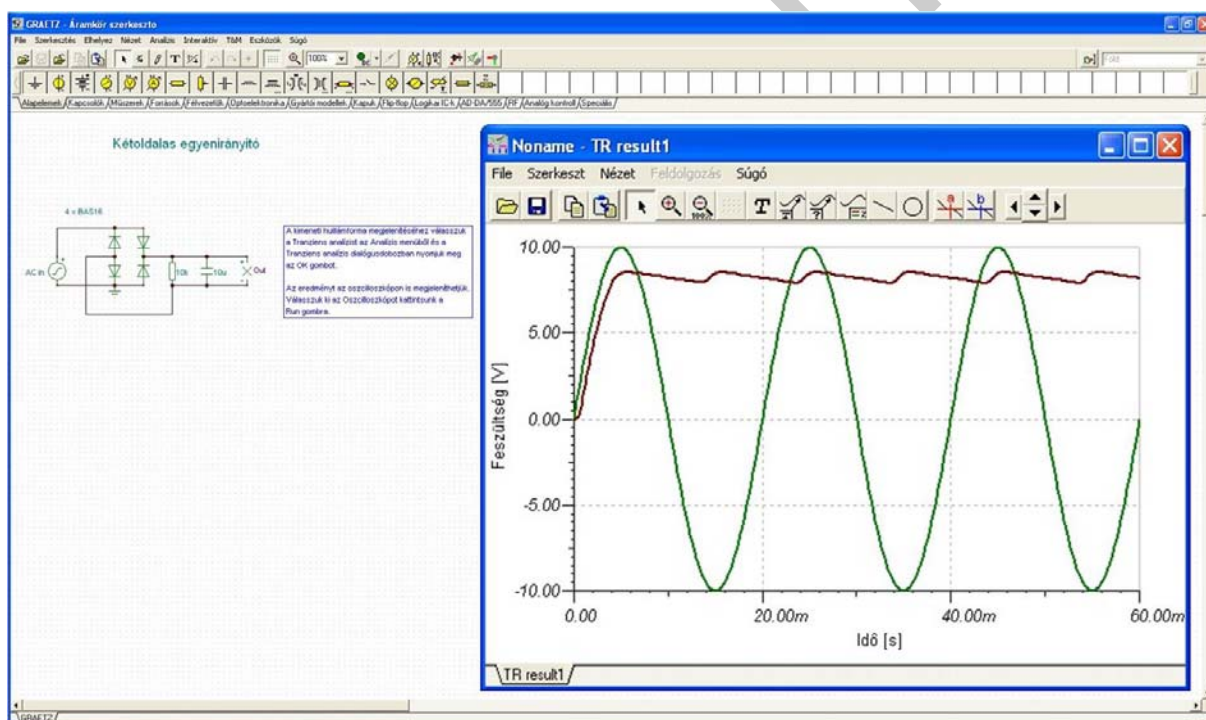
26. ábra. Kezelői felület⁴

A könyvtárban kiválasztjuk a megnyitni kívánt áramkört, jelen esetben egy Graetz-kapcsolást. Amennyiben szeretnénk elvégezni a szimulációs vizsgálatot, akkor az analízisre kattintva megjelenik a legördülő ablak, melyben kiválasztatjuk a vizsgálat módszerét, ami jelen esetben a Tranziens analízis lesz. A kapcsolási rajzot és az analízis eredményét a 28. ábra szemlélteti.

⁴ Forrás: TINA for Windows The Complete Electronics Lab, Version 7.0.24 DT-DS



27. ábra. Áramkör megnyitása



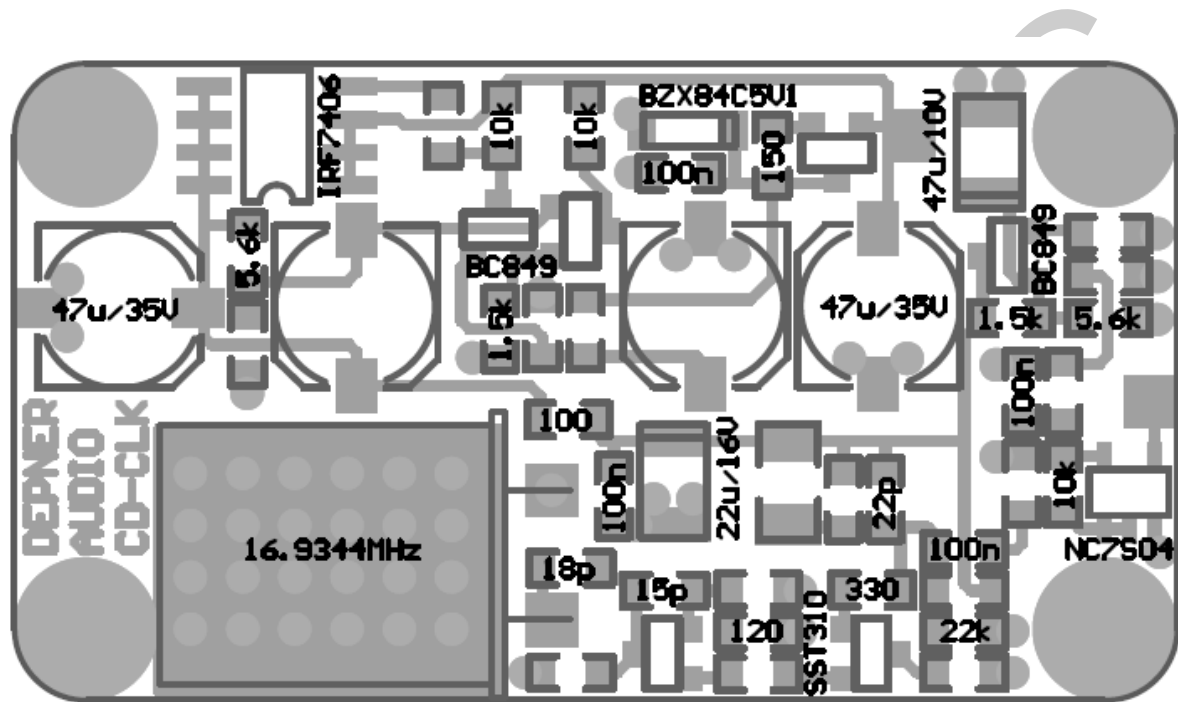
28. ábra. Kapcsolási rajz és az analízis eredménye

Abban az esetben, ha mi magunk szeretnénk megtervezni és összeállítani valamilyen áramkört, akkor az üres kezelői felületet használjuk, ahova elhelyezzük az egyes elemeket. Az elemek huzalozását követően beállítjuk azok értékeit, és elvégezzük az analízist.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. feladat

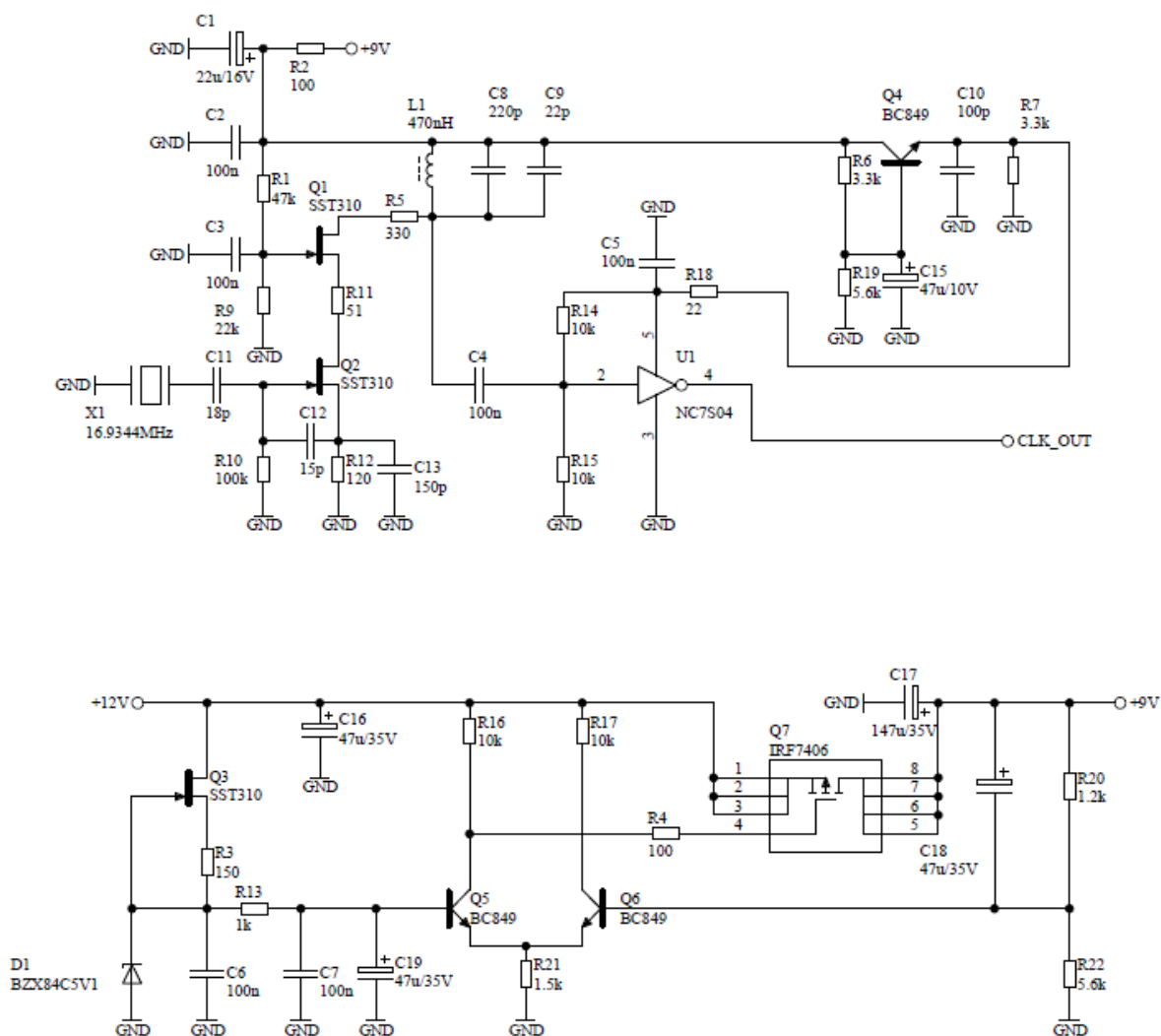
A munkahelyi vezetőjétől azt a feladatot kapja, hogy a 29. ábrán látható kvarc oszcillátor beültetési rajzát fejezze be a mellékelt dokumentáció (30. ábra) felhasználásával.



29. ábra. Kvarc oszcillátor hiányos beültetési rajza⁵

A mellékelt dokumentáció a kvarc oszcillátor kapcsolási rajza, melynek segítségével kell meghatározni az egyes alkatrészek pozícióját a beültetési rajzon. Az alkatrészek pozíciójának megadását követően készítse el a beültetési rajtot értékmegadással is!

⁵ Forrás: <http://www.depneraudio.eu>

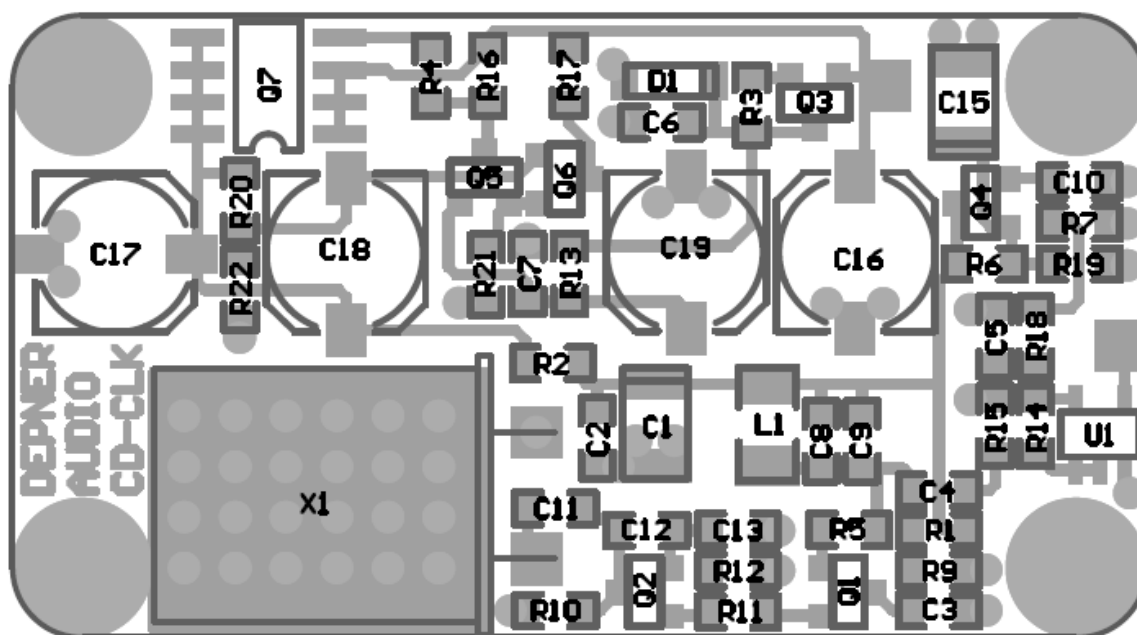


30. ábra. Kvarc oszcillátor kapcsolási rajza⁶

Megoldás

A beültetési rajz alsó részén könnyen megtalálhatjuk az SST 310 típusjelű smd tranzisztort a kvarc kristály mellett, amely már pozícionálva van. A beültetési rajz gondos tanulmányozása után nem nehéz felismerni, hogy honnan hiányoznak a tranzisztor jelölések. Segítséget jelent még az, hogy a 47 μ F/35V elektrolit kondenzátorok közül is található pozícionált.

⁶ Forrás: <http://www.depneraudio.eu>



31. ábra. Kvarc oszcillátor pozícionált beültetési rajza⁷

Az alkatrészek helyes pozíciói a 31. ábrán láthatók.

A hiányzó alkatrészek és azok pozíciói:

100 Ω ellenállás helyes pozíciója: R4

BC 849 tranzisztor helyes pozíciója: Q5 és Q6

SST 310 tranzisztor helyes pozíciója: Q1

47 μ F/35 V kondenzátor helyes pozíciója: C18

47 μ F/35 V kondenzátor helyes pozíciója: C19

100 pF kondenzátor helyes pozíciója: C10

3,3 k Ω ellenállás helyes pozíciója: R7

1,2 k Ω ellenállás helyes pozíciója: R22

100 nF kondenzátor helyes pozíciója: C7

1 k Ω ellenállás helyes pozíciója: R13

22 Ω ellenállás helyes pozíciója: R18

⁷ Forrás: <http://www.depneraudio.eu>

10 k Ω ellenállás helyes pozíciója: R15

220 pF kondenzátor helyes pozíciója: C8

470 nH induktivitás helyes pozíciója: L1

100 k Ω ellenállás helyes pozíciója: R10

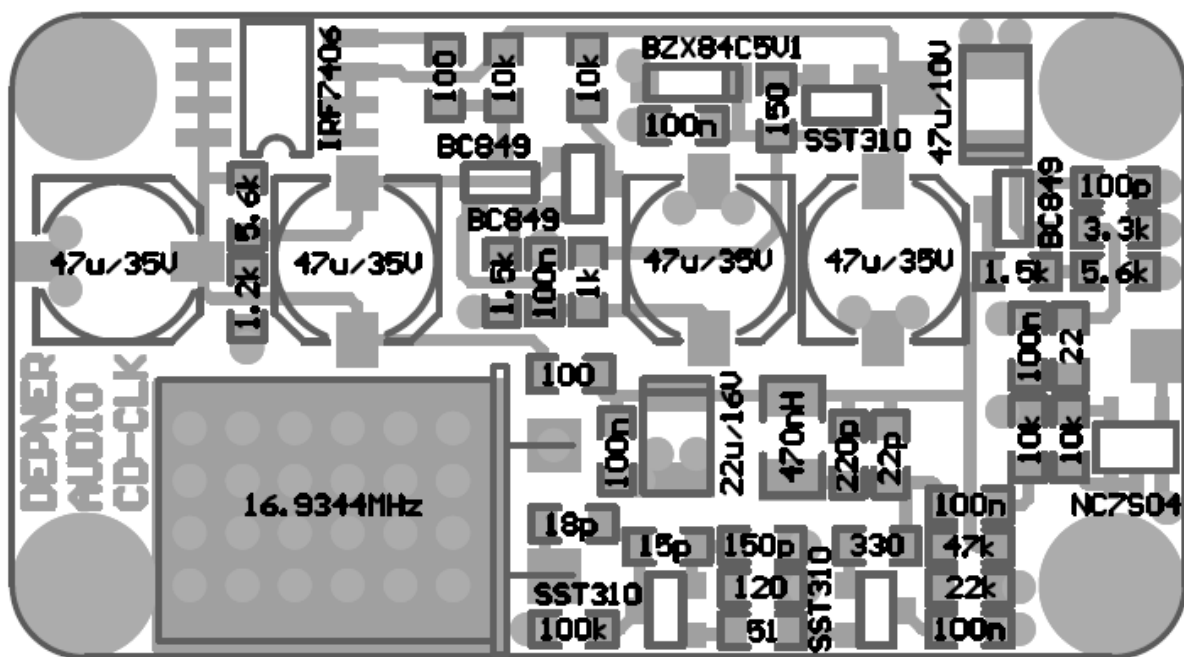
SSt 310 tranzisztor helyes pozíciója: Q2

150 pF kondenzátor helyes pozíciója: C13

51 Ω ellenállás helyes pozíciója: R11

47 k Ω ellenállás helyes pozíciója: R1

100 nF kondenzátor helyes pozíciója: C3



32. ábra. Kvarc oszcillátor beültetési rajza értékmegadással⁸

A 32. ábrán látjuk a beültetett elemeket értékmegadással.

2. feladat

⁸ Forrás: <http://www.depneraudio.eu>

Azt a feladatot kapja, hogy tervezzen egy földelt emitterű áramkört és végezze el a szimulációs vizsgálatát. A tervezéshez BC 237-es tranzisztort használja. Rendelkezésre állnak a tranzistor katalógusadatai (33. ábra) és a Tina szimulációs program.

BC 237

Határértékek:

$P_{\text{tot}} = 300 \text{ mW}$	$I_{\text{CM}} = 200 \text{ mA}$
$U_{\text{CES}} = 50 \text{ V}$	$I_{\text{B}} = 50 \text{ mA}$
$U_{\text{CEO}} = 45 \text{ V}$	$\theta_j = 150^\circ \text{C}$
$U_{\text{EBO}} = 6 \text{ V}$	$R_{\text{thja}} \leq 420 \text{ k/W}$
$I_{\text{C}} = 100 \text{ mA}$	$\theta_{\text{stg}} = -55 \dots +150^\circ \text{C}$

Jellemző adatok: $\theta_a = 25^\circ \text{C}$

$I_{\text{CES}} = 0,2 < 15 \text{ nA}$ ($U_{\text{CES}} = 50 \text{ V}$)
$I_{\text{CES}} = 0,2 < 4 \mu\text{A}$ ($U_{\text{CES}} = 50 \text{ V}$, $\theta_a = 125^\circ \text{C}$)
$U_{(\text{BR})\text{EBO}} > 6 \text{ V}$ ($I_{\text{EBO}} = 1 \mu\text{A}$)
$U_{(\text{BR})\text{CEO}} > 45 \text{ V}$ ($I_{\text{CEO}} = 2 \text{ mA}$)

Dinamikus jellemzők: $\theta_a = 25^\circ \text{C}$

$f_{\text{T}} = 85 \text{ MHz}$ ($I_{\text{C}} = 0,5 \text{ mA}$, $U_{\text{CE}} = 3 \text{ V}$)
$f_{\text{T}} = 250 > 150 \text{ MHz}$ ($I_{\text{C}} = 10 \text{ mA}$, $U_{\text{CE}} = 5 \text{ V}$, $f = 100 \text{ MHz}$)
$C_{\text{CBO}} < 4,5 \text{ pF}$ ($U_{\text{CBO}} = 10 \text{ V}$, $f = 1 \text{ MHz}$)
$C_{\text{EBO}} = 8 \text{ pF}$ ($U_{\text{EBO}} = 0,5 \text{ V}$, $f = 1 \text{ MHz}$)
$F = 2 < 10$ [$I_{\text{C}} = 0,2 \text{ mA}$, $U_{\text{CE}} = 5 \text{ V}$, $R_{\text{gen}} = 2 \text{ k}\Omega$, $f = 1 \text{ kHz}$, $\Delta f = 200 \text{ Hz}$]

Sztatikus jellemzők: $\theta_a = 25^\circ \text{C}$

U_{CE}	I_{C}	U_{BE}	I_{C}	I_{B}	$U_{\text{CE sat}}$	$U_{\text{BE sat}}$
5	0,1	0,5	10	0,5	$0,07 < 0,2$	$0,73 < 0,83$
5	100	0,85	100	5	$0,2 < 0,6$	$0,87 < 1,05$
V	mA	V	mA	mA	V	V

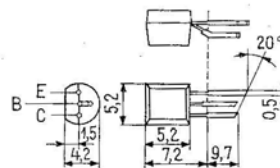
Munkapontok: $\theta_a = 25^\circ \text{C}$

$h_{21\text{E}}$ -csoport		A	B	C
U_{CE}	I_{C}	$h_{21\text{E}}$	$h_{21\text{E}}$	$h_{21\text{E}}$
5	0,01	90	150	270
5	2	170	290	500
5	100	(120...220)	(180...460)	(380...800)
		120	200	400
V	mA	$I_{\text{C}}/I_{\text{B}}$	$I_{\text{C}}/I_{\text{B}}$	$I_{\text{C}}/I_{\text{B}}$

Dinamikus jellemzők: $\theta_a = 25^\circ \text{C}$

$I_{\text{C}} = 2 \text{ mA}$, $U_{\text{CE}} = 5 \text{ V}$, $f = 1 \text{ kHz}$.

$h_{21\text{E}}$ -csoport	A	B	C	
$h_{11\text{e}}$	2,7 (1,6...4,5)	4,5 (3,2...8,5)	8,7 (6...15)	k Ω
$h_{12\text{e}}$	1,5 220	2 330	3 600	10^{-4}
$h_{21\text{e}}$	(150...260)	(240...500)	(450...900)	—
$h_{22\text{e}}$	$18 < 30$	$30 < 60$	$60 < 110$	μS

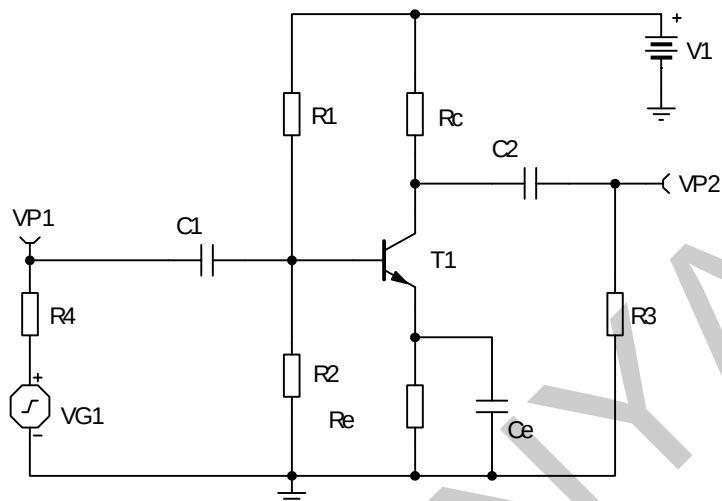


33. ábra. Magyarai Béla: Tranzisztor-atlasz BC 237-es tranzisztor adatlapja⁹

Megoldás

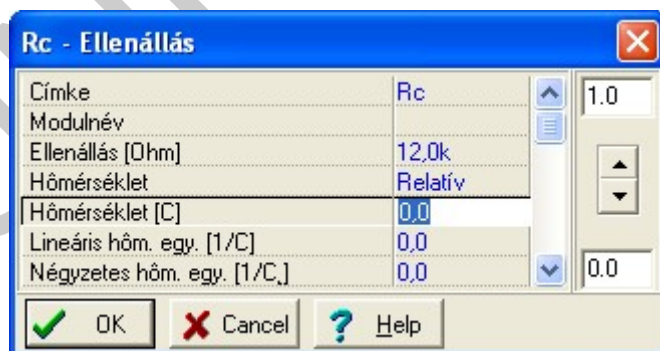
⁹ Forrás: Magyarai Béla: TRANZISZTOR-ATLASZ. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.

A Tina program indítását követően a kezelői felületre elhelyezzük az egyes alkatrészeket és elvégezzük az összekötéseket, ügyelve arra, hogy létrehozzuk a csomópontokat is. Ezt követően elhelyezzük a mérési pontokat (VP1 és VP2), valamint beállítjuk a feliratozásokat (34. ábra).



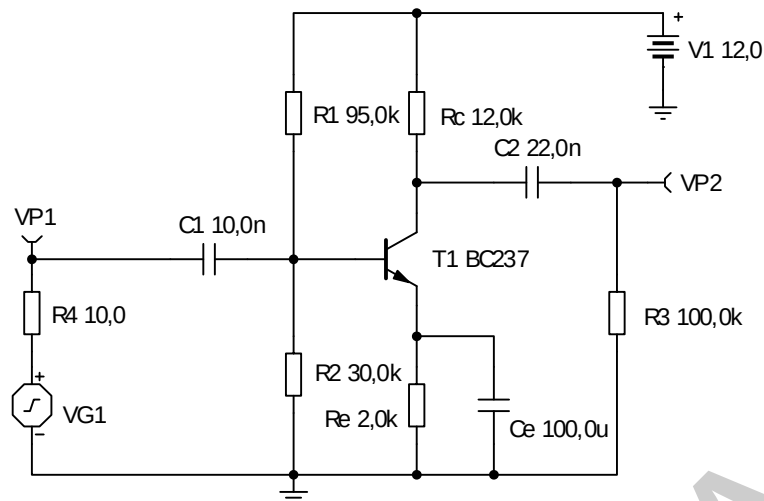
34. ábra. Földelt emitterű erősítő kapcsolás

Az így összeállított kapcsoláson elvégezzük a munkapont beállítást oly módon, hogy a számításainkat követően megadjuk az egyes alkatrész értékeit. A megadás úgy történik, hogy az alkatrész címkéjére az egér bal gombjával kettőt kattintva, megjelenik egy ablak (35. ábra), ahol beállíthatjuk az alkatrész címkéjét, és megadhatjuk annak értékét.



35. ábra. Rc ellenállás értékének megadása

Az értékadást követően a Nézet legördülő ablakra, majd azon belül az Értékek-re kattintva a kapcsolási rajzunkon láthatóvá válnak az egyes alkatrész értékei is (36. ábra).



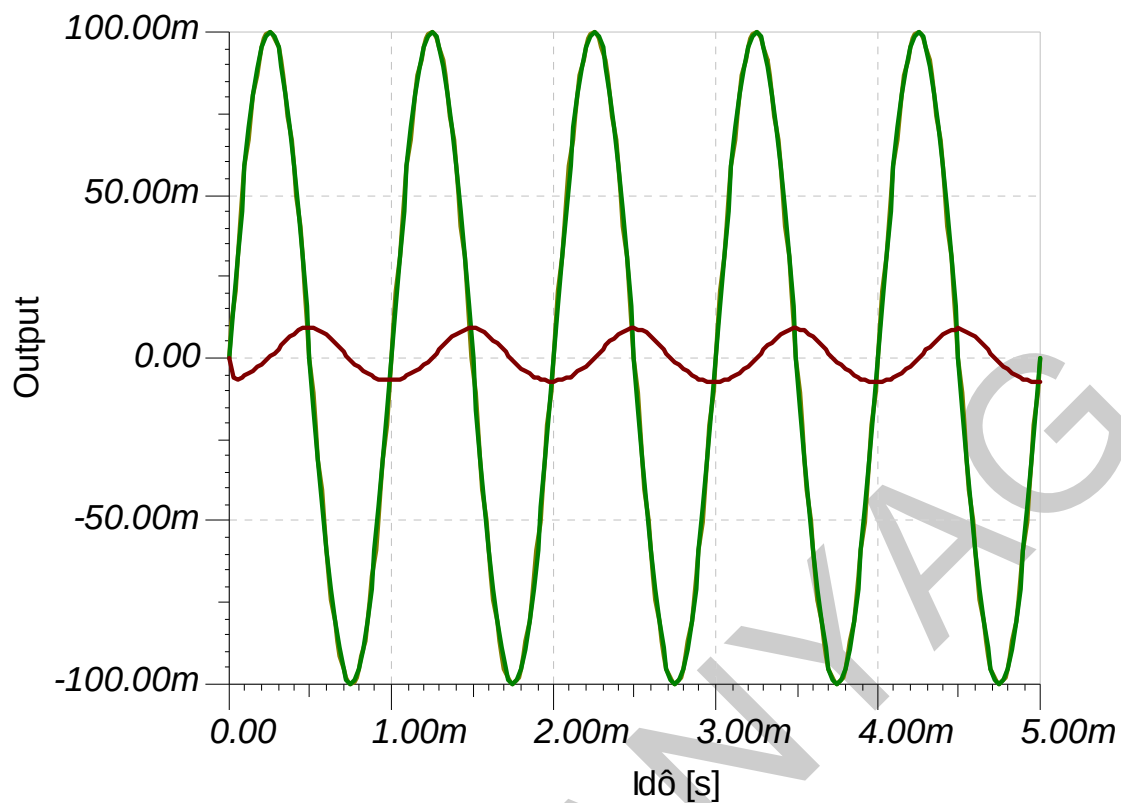
36. ábra. Földelt emitterű erősítő kapcsolás értékekkel

Az áramkör analíziséhez meg kell nyitni az Analízis legördülő ablakot, ahol a Tranziens analízist választjuk ki. Ekkor egy ablak jelenik meg, ahol beállíthatjuk az analízis idejét (37. ábra).



37. ábra. Tranziens analízis beállítása

Az OK gombra kattintva indíthatjuk el az analízist, melynek eredménye a 38. ábrán látható.



38. ábra. Földelt emitterű erősítő kapcsolás analízise

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

A tanulók megkérik Önt, hogy mondja el a rezgőkör főbb jellemzőit. Készítsen hozzá kapcsolási rajzot!

:

Ideális, vagyis veszteségmentes rezgőkör rezonanciafrekvenciája: _____

A veszteséges rezgőkör rezonanciafrekvenciája: _____

Veszteségi tényező: _____

Jósági tényező: _____

Rezonanciaellenállás: _____

2. feladat

Munkahelyi vezetője megkéri Önt, hogy az ott lévő tanulóknak magyarázza el a feszültségszorzó kapcsolást. A magyarázathoz készítsen kapcsolási rajzot!



3. feladat

Munkahelyi vezetője megkéri Önt, hogy az ott lévő tanulóknak magyarázzon el egy földelt emitterű kapcsolás munkapont beállítását. Készítsen hozzá kapcsolási rajzot is!



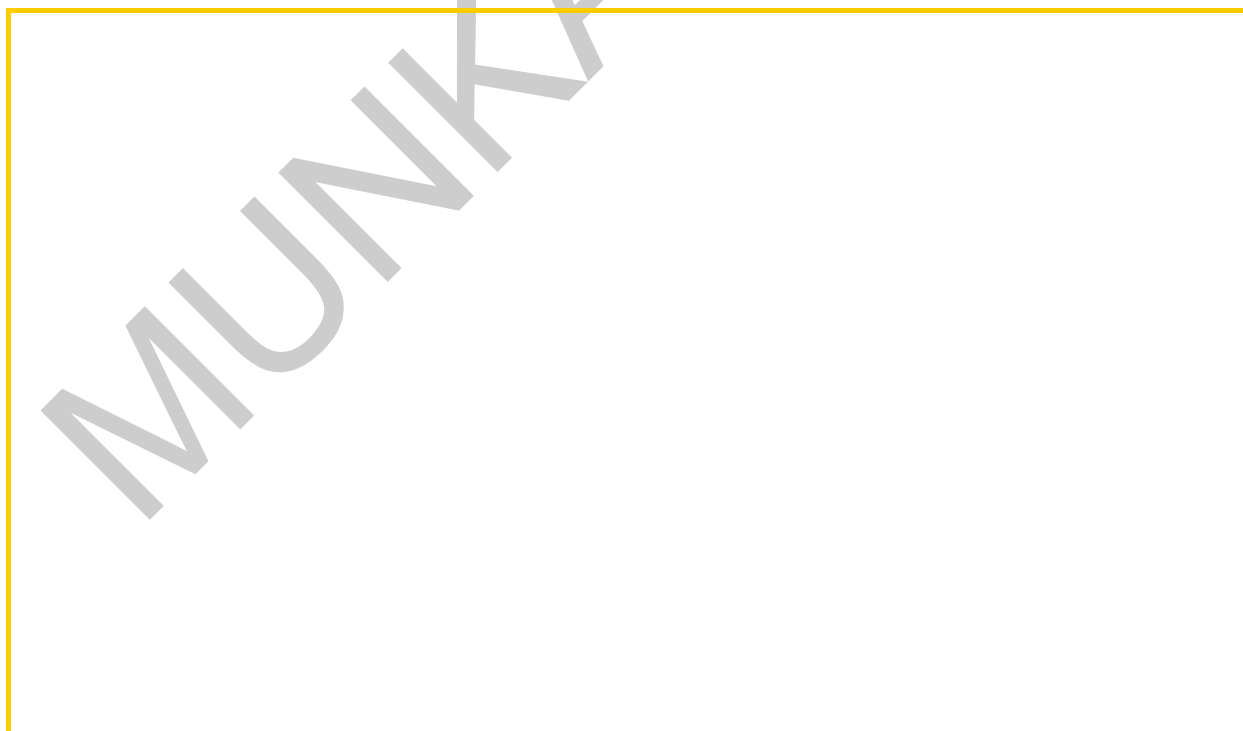
4. feladat

A tanulók megkérik Önt, hogy ismertesse meg velük az oszcillátorok lényegét. Egy Wien-hidas oszcillátort használjon a magyarázathoz! Készítsen egy szemléltető ábrát!



5.feladat

A tanulók arra kérik, hogy a neminvertáló erősítő erősítéséről adjon egy rövid ismertetőt. Készítsen áramköri rajzot a magyarázathoz!



6. feladat

A tanulók egy áramkörben lévő ellenállásról nem tudják eldönteni, hogy milyen értékű. Önt kéri meg, hogy legyen a segítségükre. Az ellenállás a 39. ábrán látható.



39. ábra. Színjelzéssel ellátott ellenállás

Az ellenállás értéke:.....

7. feladat

A tanulók szeretnének behozni egy áramköri programot a Tina szimulációs programban. Önt kéri meg, hogy segítsen nekik.

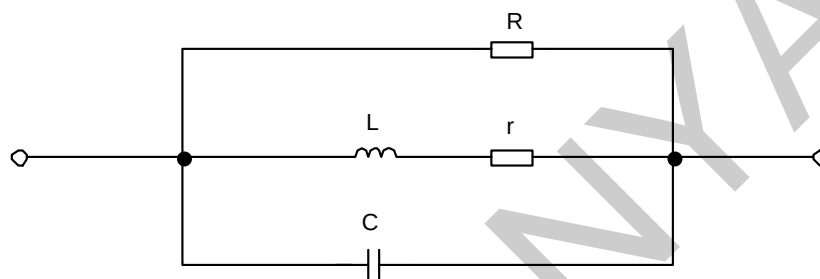
8. feladat

A tanulók örülnek a megnyitott áramkörnek, de nem tudják elindítani a szimulációs vizsgálatot. Önt kéri meg, hogy segítsen nekik.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Abban az esetben, ha a rezgőkörbe kívülről megfelelő ütemben energiát viszünk, akkor a rezgőkör berezeg. Ha rezgőkör rezgésének csillapodását meg akarjuk akadályozni, akkor a rezgőköri frekvenciának megfelelő ütemben kívülről energiát kell juttatni a rendszerbe. A kör saját frekvenciáját rezonancia frekvenciának nevezzük. Egy veszteséges rezgőkör rajzát láthatjuk a 40. ábrán.



40. ábra. Veszteséges rezgőkör

A rezgőkör jellemzői:

Ideális, vagyis veszteségmentes rezgőkör rezonanciafrekvenciája $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$

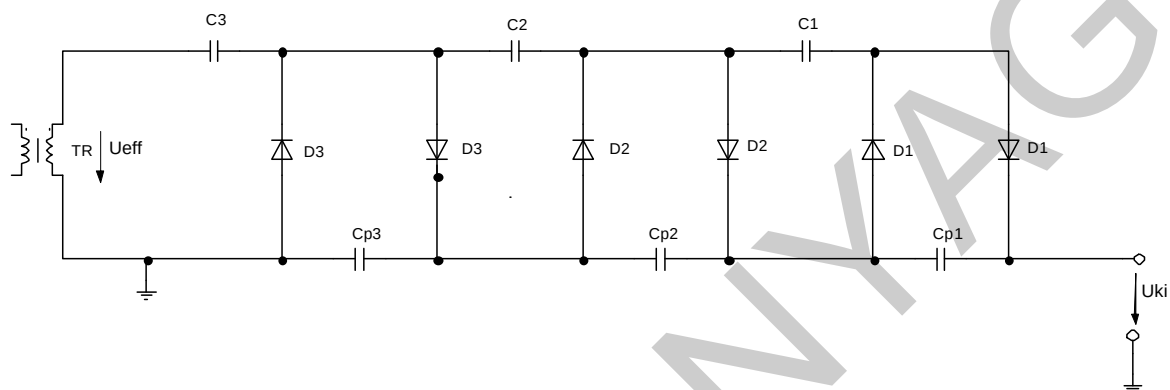
A veszteséges rezgőkör rezonanciafrekvenciája: $\omega_v = \omega_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4 \cdot Q^2}}$

Veszteségi tényező: $D = r \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

Jósági tényező: $Q = \frac{1}{D}$

$$\text{Rezonanciaellenállás: } R_0 = \frac{L}{r \cdot C + \frac{L}{R}}$$

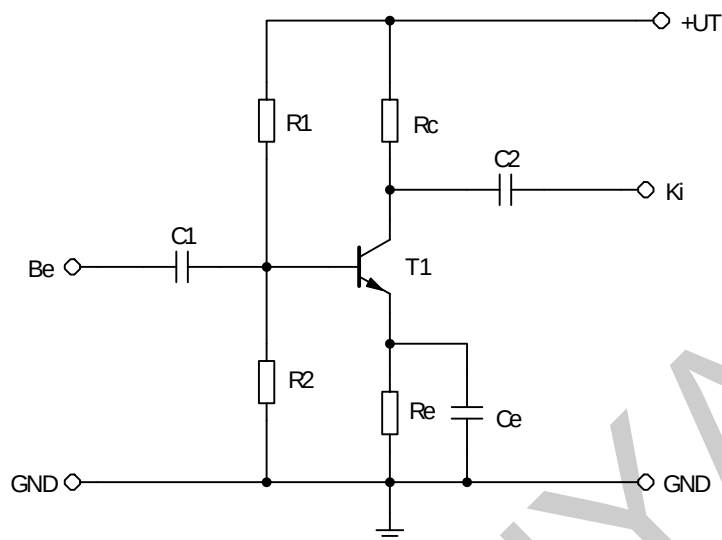
2. feladat



41. ábra. Feszültség sokszorozó kapcsolás

Amikor a feszültségképző áramkörrel nem tudunk elegendő nagyságú feszültséget előállítani, akkor alkalmazhatjuk a feszültségsokszorozó kapcsolásokat. Ezek az áramkörök n fokozatból állnak és mindegyik fokozat $U_p = \sqrt{2 \cdot U_{eff}}$ feszültségre tölti fel a C_p kondenzátorokat. A $C_1, C_2, \dots, C_n$ kondenzátorok biztosítják, hogy a transzformátor váltakozófeszültsége minden fokozatra rákerüljön. A 41. ábrán egy háromfokozatú kaskád kapcsolás látható.

3. feladat.



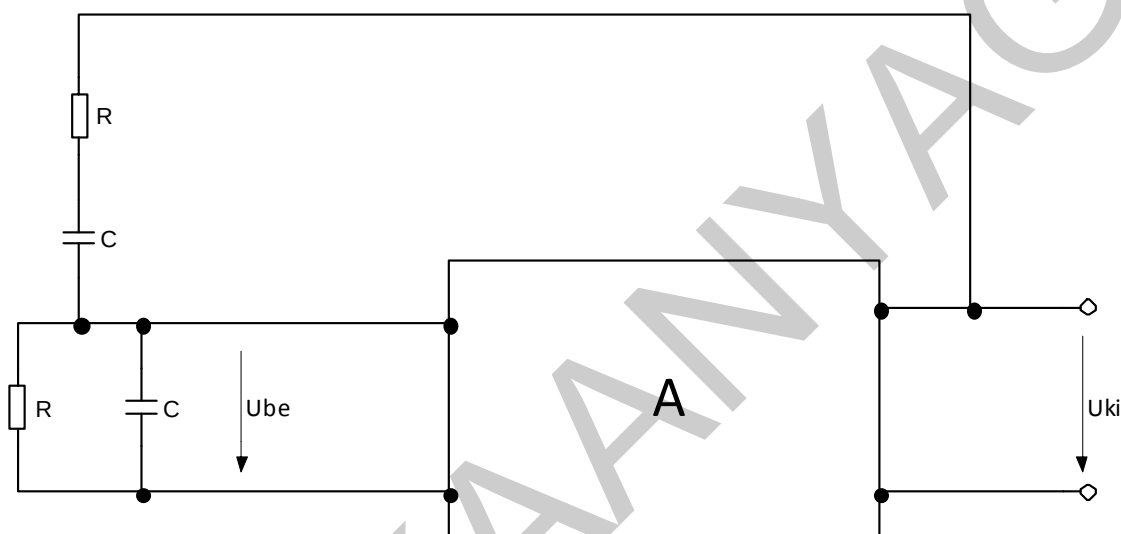
42. ábra. Földelt emitterű kapcsolás

Földelt emitterű kapcsolás munkapont-beállítása: A tranzisztor dinamikus működése mindig egy adott pont környezetében valósul meg. Ezt a pontot nevezzük munkapontnak. Mivel a tranzisztorok karakterisztikája elég meredek, a munkapont stabilitása jelentős mértékben függ a hőmérséklettől. A káros hatások kiküszöbölésére különféle stabilizáló megoldásokat alkalmazunk. A 42. ábrán látható kapcsolás R_e emitterkörében lévő ellenállás negatív visszacsatolást eredményez, ez a drift-et tartalmazó erősítést R_c/R_e értékre redukálja. A bázis előfeszítését az R_1 és R_2 ellenállásokból felépített un. bázisosztó végzi, és a munkapontnak megfelelően egy meghatározott értékű fix bázisáramot állít be. A C_e kondenzátor szerepe, hogy a munkapontot destabilizáló lassú hatásokat kompenzálja, és az erősítendő váltakozó jeleknél az R_e emitter ellenállást rövidre zárja. Így nem lesz hatása a negatív visszacsatolásnak ezekre a jelekre. A C_1 és C_2 kondenzátorok az egyenáramú összetevőket leválasztják és csak az erősítendő, váltakozó jeleket engedik át. A kapcsolást jobban megvizsgálva láthatjuk, hogy a beépített C_1 , C_2 és C_e kondenzátorok az adott helyen egy-egy felüláteresztő-szűrőt alkotnak. A méretezéskor első lépésként a kollektoráramot és a munkaponthoz tartozó kollektor potenciált határozzuk meg. A telepfeszültség ismeretében meghatározzuk a kollektor és emitter ellenállásokat, majd az emitter feszültségének ismeretében beállítjuk az R_1 és R_2 ellenállásokkal a bázisfeszültséget ügyelve arra, hogy az emitter feszültségnél a bázis feszültsége nagyobb legyen. A földelt emitterű kapcsolás jellemzője, hogy a kimenetén fázist fordít.

4. feladat

A Wien-hidas oszcillátor (43. ábra) periodikus, elektromos rezgések, szinuszjelek előállítására alkalmas áramkör. Abban az esetben, ha az erősítőnél pozitív visszacsatolást alkalmazunk, a visszacsatolt erősítő gerjedni kezd. Ahhoz, hogy folyamatos, állandó frekvenciájú és amplitúdójú rezgéseket hozzunk létre, két feltételnek kell teljesülni.

a) Fázis feltétel, vagyis a pozitív visszacsatolás mellett biztosítjuk azt, hogy a visszacsatolt jel azonos fázisban érkezzon a bemenetre. Ezt úgy tudjuk megvalósítani, hogy



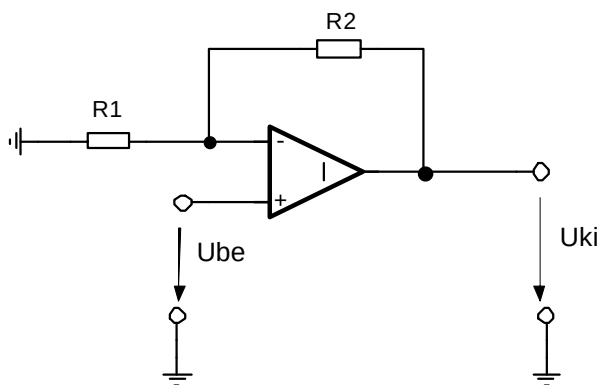
43. ábra. Wien-hidas oszcillátor

kétfokozatú erősítőt alkalmazunk, vagy pedig az egyfokozatú erősítő esetén a fázisfordítást a visszacsatolásban végezzük el.

b) Amplitúdó feltétel azt jelenti, hogy a kimenő jelből annyit csatolunk vissza, hogy teljesüljön az alábbi feltétel: $A \cdot B = 1$, ahol A az erősítés mértéke, B a visszacsatolás mértéke.

5. feladat

A kapcsolási rajz a 44. ábrán látható. Az R_1 és R_2 ellenállások feszültségosztót alkotnak, melyekkel egy visszacsatolást hozunk létre az invertáló bemenetre. Amennyiben figyelembe vesszük azt, hogy a virtuális rövidzár értelmében az invertáló bemenetnek is U_{be} nagyságú feszültsége van, akkor



44. ábra. Neminvertáló műveleti erősítő kapcsolás

$$U_{be} = U_{ki} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

összefüggést írhatjuk fel. Az erősítő erősítését felírva kapjuk az alábbi összefüggést:

$$A_u = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Ennek alapján azt láthatjuk, hogy az erősítés független a műveleti erősítő paramétereitől, és a külső ellenállások segítségével állíthatjuk be. Ez a valódi műveleti erősítők esetében is így van, mivel jelentős eltérés nincs a valóságos és ideális műveleti erősítők között.

6. feladat

A feladat megoldásához a négy színjelzésű tárcsás színkód meghatározót használhatjuk, mivel a 45. ábrán látható ellenálláson négy színjelzést találunk.



45. ábra. Színjelzéssel ellátott ellenállás

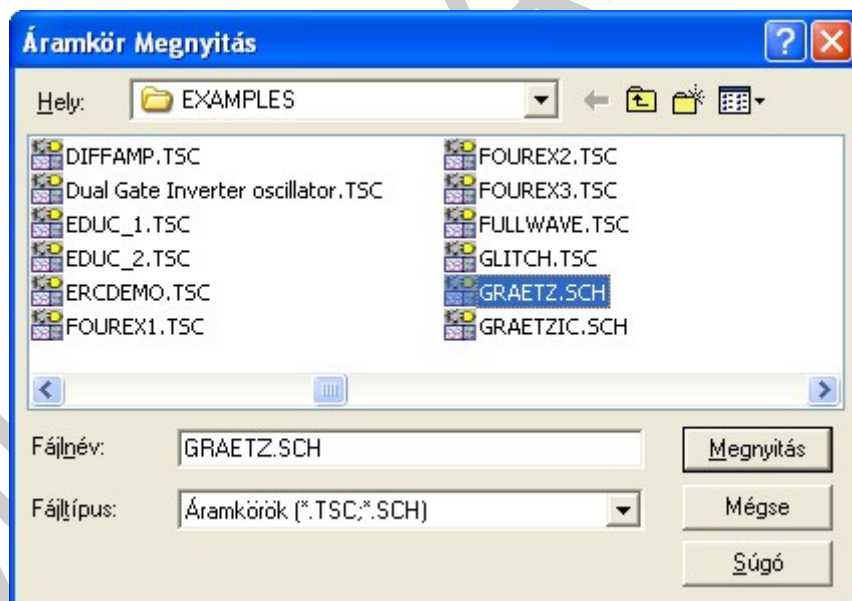
A színkód meghatározó tárcsáit rendre az ellenálláson lévő színekre állítjuk (46. ábra), majd ezt követően leolvassuk az értékeket. Az első szám: 1, a második szám: 2, vagyis a leolvasható számérték 12 lesz, amit a harmadik helyen lévő értékkel (10k) kell szorozni. Az így kapott eredmény: 120 kΩ lesz. A negyedik számérték az ellenállás tűrését adja meg, mely jelen esetben $\pm 5\%$ lesz.



46. ábra. Tárcsás színekód meghatározó

7. feladat

A program indításakor a kezelői felület jelenik meg az eszközsorral és alkatrészsorral. Az elkészített áramkörökhöz az EXAMPLES könyvtár megnyitásával jutunk. A könyvtárban kiválasztjuk a megnyitni kívánt áramkört, jelen esetben egy Graetz-kapcsolás. (47. ábra)



47. ábra. Áramkör megnyitása

8. feladat

Az analízisre kattintva megjelenik a legördülő ablak, melyben kiválaszthatjuk a vizsgálat módszerét, ami itt most a Tranziens analízis lesz. (48. ábra).



48. ábra. Tranziens analízis beállítása

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Magyar Béla–Lengyel Géza: Analóg IC–ATLASZ. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
2. Magyar Béla: DIÓDA–ATLASZ. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
3. Magyar Béla: TRANZISZTOR–ATLASZ. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
4. Dr. Schnell László főszerkesztő: Jelek és rendszerek mérés technikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
5. Dr. Szittyá Ottó: Bevezetés az elektronikába. LSI Oktatóközpont, Budapest, 1996.
6. U. Tietze – Ch. Schenk: Analóg és digitális áramkörök. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1993.

AJÁNLOTT IRODALOM

7. Hegyesi László–Mihály László: Szimuláció az elektronikában Generál Press Kiadó Budapest, 2002.
8. Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök Generál Press Kiadó Budapest, 1997.
9. Karsai Béla: Villamos mérőműszerek és mérések. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1962.
10. Major László: Villamos mérés technika. KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft Budapest, 1999.

A(z) 1396–06 modul 021–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 522 01 0000 00 00	Elektromos gép- és készülékszerelő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
12 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató