



BÁNKI DONÁT
GÉPÉSZMÉRNÖKI FŐISKOLAI KAR

Nagy István

Áramköri szimulációk *TINA* környezetben

BGK-3019
Budapest, 2005.

BUDAPESTI MŰSZAKI FŐISKOLA
BÁNKI DONÁT GÉPÉSZMÉRNÖKI FŐISKOLAI KAR

Nagy István

**Áramköri szimulációk *TINA*
környezetben**

BGK-3019
Budapest, 2005.

Szerkesztette:	Nagy István
Lektorálta:	Dr. Bencsik Attila
Nyomdai munkák:	ERICOM Kft.
Terjeszti:	STUDENT Kft

BEVEZETÉS

A TINA elektronikus áramkörök *tervezésére, szimulálására* és analizálására szolgáló szoftvercsomag. Egyaránt használható lineáris- és nem lineáris analóg, digitális és hibrid típusú fejlett áramkörökhöz. A szimulálások számítási eredményei megjeleníthetők akár *diagramok* formájában, akár valamilyen *virtuális mérőműszeren*. A jegyzőkönyvek elkészítéséhez saját *szöveg*, és *egyenletszerkesztője* áll rendelkezésre. Az elektromos alkatrészek *katalógusa* több mint 20 000 alkatrészt tartalmaz és tovább bővíthető.

A kapcsolási rajzok egyszerűen használható kapcsolási rajz-szerkesztővel hozhatók létre. Az alkatrész eszköztárból választott alkatrészjelek az egér segítségével elhelyezhetők, áthelyezhetők, áthelyezhetők, tükrözhetők, és/vagy forgathatók a képernyőn. A kapcsolási rajzok könnyű módosítását, ún. „gumivezeték” teszi lehetővé. Tetszőleges számú áramkör, aláramkör megnyitható, és az áramkörök vagy áramköri részletek a vágólap segítségével bármelyik másik megnyitott áramkörbe átmásolhatóak. Lehetőség van a kapcsolási rajz további finomítására vonalak, ívek, nyilak rajzolásával, keret és cím mezők hozzáadásával. További lehetőség a nem ortogonális komponensek elhelyezése hídkapcsolások és 3 fázisú hálózatok számára.

Az **Áramkör Ellenőrzés** (ERC – Electrical Rules Check), automatikusan megvizsgálja a kérdéses összekötéseket és megjeleníti az *ERC* ablakban, így az esetleg hiányzó összekötések, még a hálózat analízise előtt feltárhatóak.

A *TINA* segítségével egyszerűsíthetjük a kapcsolási rajzokat, részáramkörökké változtatva azok egyes részeit. Ezen kívül új *TINA* alkatrészeket készíthetünk bármely *SPICE* részáramkörből. A *TINA* ezeket a részáramköröket automatikusan téglalapokként ábrázolja a kapcsolási rajzon, de a felhasználó tetszés szerinti formát is létrehozhat helyettük a *Schematic Symbol Editor* (SSE) rajzjel-szerkesztő programjával. A *TINA* programban a nagyobb félvezetőgyártók (Analog Devices, Texas Instrument, National Semiconductors, ...etc) által rendelkezésre bocsátott *SPICE* modelleket tartalmazó könyvtárak vannak. A könyvtárakba mi is felvehetünk új modelleket, de létrehozhatunk saját könyvtárakat is a **Library Manager** (LM – könyvtárkezelő) programja segítségével.

A **TINA Parameter Extractor** (paraméter beállító, *SLM*) programja segítségével –a mérési vagy katalógusadatokat modellparaméterekké alakítva- új modelleket készíthetünk.

A TINA beépített szövegszerkesztőt is tartalmaz, hogy szövegeket és képleteket adhassunk a kapcsolási rajzokhoz, számításokhoz és mérésekhez.

A kapcsolási rajzok és a számított vagy mért eredmények kinyomtathatók vagy szabványos .wmf formátumban fájlba menthetők. A hálózatlisták *Pspice* formátumban exportálhatók, importálhatók és felhasználhatók számos nyomtatott-áramkörtervező programban (ORCAD, TANGO, PCAD, ...stb.).

A **DC és tranziens analízis** lineáris és nemlineáris analóg és digitális áramkörök analízisét egyaránt megengedi. A *DC analízis* analóg áramköröknél, egyenáramú munkapont ill. transzfer karakterisztika számítását végzi, digitális esetben pedig megoldja a logikai állapotegyenletet. *Tranziens* üzemmódban hét megengedett paraméterezhető analóg bemeneti jelforma (impulzus, egység-ugrás, szinusz, koszinusz, háromszög, négyszög, trapézjel), illetve digitális jelgenerátor és programozható órajel közül választhatunk. Lehetőség van a felhasználó által definiált tetszőleges gerjesztés analitikus, ill. táblázatos megadására a beépített interpreter (fordító) segítségével. A hálózat válaszanak számítása és ábrázolása mellett lehetőség van az eredmény Fourier sorának ill. folytonos spektrumának kiszámítására és ábrázolására, valamint torzítási tényező meghatározására.

Digitális áramkörök analíziséhez a TINA egy gyors digitális szimulátort is tartalmaz. Az áramkörök vizsgálata akár a digitális áramköröknél szokásos logikai diagramban, akár pedig lépésenkénti módban is lehetséges, mely során az áramkör rajzán követhető a logikai állapotok változása.

Az **AC analízis** során amplitúdó-, fázis- és futási idő karakterisztika, fázorábra valamint Nyquist diagram felrajzolása, komplex feszültség, áram, impedancia és teljesítmény számítása lehetséges. Nemlineáris hálózatok esetén a program a munkaponti linearizálást automatikusan elvégzi.

A **hálózatanalízis** (Network Analysis) segítségével a vizsgált áramkörök kétkapú paramétereinek (S, Z, Y, H) meghatározása lehetséges. Ez a vizsgálat különösen fontos nagyfrekvenciás (RF) áramkörök vizsgálatánál. Az eredményeket Smith, polár vagy egyéb diagramok segítségével ábrázolhatjuk. A hálózatanalízis a TINA program hálózat-analizátor műszere segítségével végezhetjük el. A nagyfrekvenciás modellek akár parazita komponensekkel kiegészített

Spice modellek, akár pedig lineáris frekvencia-függő S-páraéteres modellekkel is megadhatók.

A **zajanalízis** segítségével meghatározhatjuk a vizsgált áramkörök zajspektrumát a kimenetre és a bemenetre vonatkoztatva. Meghatározható a zajteljesítmény és a jel/zaj viszony.

A **szimbolikus analízis** segítségével lehetőség van analóg lineáris áramkörök átviteli függvényének, valamint adott gerjesztésre adott válaszának zárt képlet formájú előállítására DC, AC, és tranziens üzemmódban egyaránt. A program által előállított megoldás ábrázolható és összehasonlítható a numerikus, vagy mért eredménnyel. A beépített interpreter segítségével tetszőleges függvény felrajzolható és a számított vagy mért eredmények további feldolgozása (integrálás, differenciálás, konvolúció, ...etc.) is lehetséges.

Lehetőség van toleranciák megadására, Monte-Carlo és worst-case analízisre. Az eredmények statisztikailag kiértékelhetők, meghatározható a várható érték, szórás és a kihozatal.

A programhoz nagyméretű analóg, digitális és félvezető katalógus tartozik, amelyet a felhasználó tovább bővíthet.

Valamennyi analízis eredmény nyomtatható és *.wmf* formában exportálható, lemezre menthető, visszatölthető.

A TINA program lehetővé teszi analóg áramkörök válaszának (feszültség, áram, teljesítmény) tetszőleges áramköri paraméter, illetve hőmérséklet függvényében való ábrázolását, valamint egy vagy több áramköri paraméter adott célfüggvények melletti automatikus meghatározását (**optimalizálás**). Az optimalizálás az elektronikus tervezés mellett ideális eszköz példák, feladatok konstruálására. Definiálhatunk például különböző DC munkaponti értékeket, és a TINA segítségével megkereshetjük az ezek megvalósításához szükséges áramköri paramétereket.

Új hatékony eszköz a TINA-ban a **poszt-processzor**. A poszt-processzor segítségével tetszőleges csomópont vagy komponens feszültségét és áramát is hozzáadhatjuk egy már létező diagramhoz.

Ezen kívül már meglévő görbék is tovább processzálhatók, pl. összeadhatók, kivonhatók illetve matematikai műveletek segítségével tovább alakíthatók. Lehetőség van **trajektóriák** (karakterisztikák) rajzolására is, azaz pl. egy feszültségnek a hozzá tartozó áram függvényében való felrajzolására.

Amikor a szimulált áramkör már alapvetően működik a végső teszt az áramkör „életszerű” interaktív próbája a vizsgált áramkörben található esetleges kapcsolók és billentyűk használatával és a kijelzők figyelésével. Ez a TINA program **interaktív üzemmódjában** lehetséges. Ebben az üzemmódban nemcsak az interaktív kapcsolókat

állíthatjuk, hanem a komponensek értékét is változtathatjuk a számított feszültségek és áramok azonnali kijelzésével. A komponens értékek változtatásához és a kapcsolók váltásához billentyűket is rendelhetünk a számítógép billentyűzetén (*Hot-Key*), így a változtatást gyorsabban el tudjuk végezni a kijelölt billentyű lenyomásával.

A programba beépített interpreter lehetővé teszi a kiszámított eredmények feldolgozását, valamint tetszőleges kifejezések ábrázolását.

1. ISMERKEDÉS A PROGRAMMAL

Ebben a fejezetben bemutatjuk a TINA képernyőformátumát és menüszerkezetét. A fejezet lépésekre bontott ismertetést tartalmaz, példákkal szemléltetve.

1.1 Kapcsolási rajzok szerkesztése

Íme néhány egérrel végrehajtható alapvető technika, amely segít a kapcsolásirajzok szerkesztésében:

1.2 Az egér jobb gombjának használata

Az egér jobb gombját bármikor lenyomva egy helyi menü jelenik meg, amelynek segítségével a következőket végezheti el:

- **Megszakít:** Az utolsó művelet (például alkatrész áthelyezése, vezetékek berajzolása) visszavonása.
- **Legutóbbi alkatrész:** Újabb példány letétele a legutóbb letett alkatrészből.
- **Vezeték:** Átállás vezetékrajzolás üzemmódra. Ebben az üzemmódban a kurzor toll formájú. Alapbeállításban kattintsunk kezdőpontra az egér bal gombjával. Ezután rajzoljuk meg a vezetéket az egér mozgatásával, felengedett bal gombbal. A vezetékek rajzolása során bármilyen irányba mozoghatunk, a vezetékek követi a kurzor mozgását. A vezetékszakaszok mindig vízszintesek vagy függőlegesek lesznek. Rövid vezetékszakaszok rajzolásához tartsuk lenyomva a Shift billentyűt. A vezetékeket könnyen módosíthatjuk a szakaszok vagy élek kijejiölésével és húzásával. Az előző szakaszok törléséhez mozogjunk ugyanazon a nyomon visszafelé.
- **Töröl:** A kijelölt alkatrész(ek) törlése.
- **Balra forgat, Jobbra forgat, Tükröz:** Az éppen kijelölt vagy mozgatott alkatrész elforgatása vagy tükrözése. Az alkatrészt a *Ctrl-L* vagy *Ctrl-R* billentyű paranccsal is forgathatjuk.
- **Tulajdonságok:** Ezzel a paranccsal az éppen kijelölt vagy mozgatott alkatrész tulajdonságait (érték, címke)

módosíthatjuk. A Tulajdonságok menüből az alkatrész valamennyi paraméterét beállíthatjuk (mielőtt azt a kapcsolási rajzba helyeznénk). Lehetőségünk van arra is, hogy egy alkatrészből több példányt beillesszünk, amelyek mindegyike az épp megadott paraméterekkel rendelkezik. Amikor az alkatrész tulajdonság szerkesztőben dolgozunk, a jobb gomb más funkciót lát el. A Címke mezőn kívül bármelyik alkatrész paraméter mező szerkesztésekor a jobb gombot lenyomva, majd a Másolás a *Címke mezőbe-parancsra* kattintva az adott mező tartalmát a Címke mezőbe másolhatjuk. Ugyanezt az [F9] billentyűt lenyomva is megtehetjük.

- **Szimbólum szerkesztése:** A kijelölt alkatrészebe bejön a rajzjelszerkesztő (*Schematic Symbol Editor*) és lehetőségünk van az alkatrész rajzjelének módosítására.

1.3 Az egér bal gombjának használata

Az alábbi ismertetőben a "kattintás" szó mindig az egér bal gombjára vonatkozik.

- **Kijelöl:** Ha valamelyik objektumra kattintunk, azzal kijelöljük azt az objektumot, és megszüntetjük az összes többi objektum kijelölését.
- **Több alkatrész kijelölése:** Ha kattintás közben lenyomva tartjuk a [Shift] billentyűt, ezzel hozzáadjuk a kurzor alatt lévő objektumot az éppen kijelölt objektumok csoportjához. Ha az adott objektum már a kijelölt csoport része, a kattintással eltávolítjuk azt onnan.
- **Blokk kijelölése:** Objektumblokk egyszerre történő kijelöléséhez ellenőrizzük, hogy nem valamilyen objektum fölött áll-e a kurzor, majd nyomjuk le az egér bal gombját, és mozgassuk az egeret (húzás). Így egy téglalap formájú blokkot hozunk létre, amelyen belül minden objektum ki lesz jelölve.
- **Kiválaszt mindent:** Az összes objektum kijelöléséhez nyomjuk le a Ctrl+A billentyűkombinációt.
- **Objektumok áthelyezése:** Egy objektumot húzással (az egérkurzorral fölé állva lenyomjuk a bal gombot, és lenyomva tartjuk, miközben mozgatjuk az egeret) lehet áthelyezni. Több objektum áthelyezéséhez először ki kell azokat jelölni (lásd fentebb). Ha ez megvan, kattintsunk a bal gombbal, mikor az

egérkurzor valamelyik kijelölt objektum fölött áll, és a gombot lenyomva tartva húzzuk az egeret.

- **Paraméter módosítása:** Ha duplán kattintunk valamelyik objektumra, megjelenik annak paramétermenüje, és módosítani tudjuk a paramétereit (ha vannak).
- **Egymást keresztező vezetékek:** Az egymást keresztező vezetékek csak akkor lesznek egymáshoz kapcsolva, ha mi szándékosan kapcsolódási pontként jelöljük meg a metszéspontjukat. Kapcsolódási pont létrehozásához és eltávolításához használjuk a Szerkesztés menü Bújtat/Újraköt parancsát. A kapcsolási rajz készítésekor mindenesetre jobb, ha soha nem hozunk létre kapcsolódási pontot az egymást keresztező vezetékeken. Ezzel elkerülhető a bizonytalanság, hogy van-e ott pont (azaz kapcsolódás) vagy nincs.
- **Blokk és rajzjel másolása:** Miután kijelöltünk egy blokkot vagy rajzjelet, a *Ctrl+C* billentyűkombinációt lenyomva másolhatjuk azt a Vágólapra. Ezután kattintsunk a blokkon vagy rajzjelen kívül, és nyomjuk le a *Ctrl+V* billentyűkombinációt. Megjelenik a blokk másolata, amelyet tetszés szerinti helyen helyezhetünk el. Miután a megfelelő helyre illesztettük a blokkot, kattintsunk a bal gombbal egyszer a blokk adott helyre való letételéhez, majd másodszor az áthelyezett blokk kijelölésének megszüntetéséhez.

1.4 Mértékegységek

Az elektronikai alkatrészek paramétereinek beállításakor, illetve numerikus értékek megadásakor a szabványos rövidítéseket kell használnunk. Az 1000 (ohm) helyett írhatjuk például azt: 1k(ohm). A többszörözések rövidítéseinek a numerikus érték után kell állniuk, például: 2.7k, 3.0M,... stb. *(A gyakorlatban találkozhatunk olyan jelöléssel, ahol a többszörözési tényező két szám között áll. Az ilyen esetekben a többszörözési tényező a tizedesvessző helyét jelöli, pl.: $2k3=2,3k(ohm)$).*

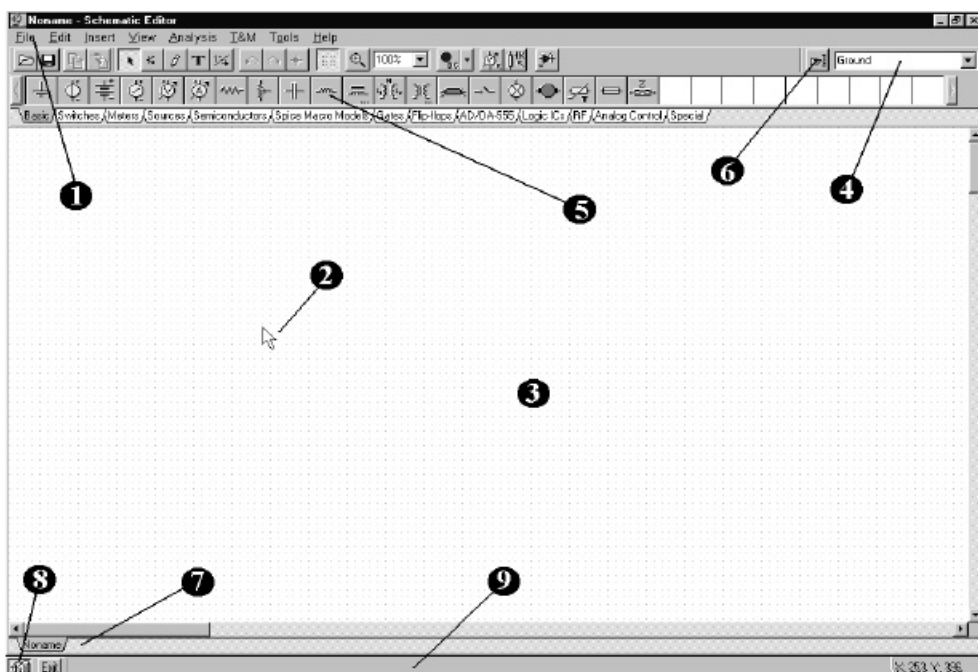
A többszörözési tényezőket a következő karakterek jelölik:

f = femto = 10^{-15}	P = peta = 10^{15}
p = pico = 10^{-12}	T = tera = 10^{12}
n = nano = 10^{-9}	G = giga = 10^9
μ = micro = 10^{-6}	M = mega = 10^6
m = milli = 10^{-3}	k = kilo = 10^3

Megjegyzés: Nagyon ügyelni kell a kis- és nagybetűk használatára (például: $M \neq m$), és a megfelelő betűnek szóköz nélkül kell követnie a numerikus karaktereket (például: 1k vagy 5.1G), különben a TINA hibaüzenetet küld.

1.5 A Képernyő alapformátuma

A program elindítása után a képernyőn a következő kép jelenik meg:



Az ábra egyes részei a következők:

1. Menüsor

2. **Kurzor.** Ezt a kurzormozgató billentyűkkel illetve az egérrel mozgathatjuk. Többféle alakja is lehet, attól függően, hogy a program milyen üzemmódban van:

nyíl: parancs kiválasztásánál

+: bemenet, kimenet kijelölésénél

„szimbólum”: áramköri elem (alkatrész) elhelyezésénél


toll: vezetékek rajzolásánál
nagyító üveg: zoom megadásánál
kéz: vezetékek kereszteződés megjelölésénél
mérőfej: csomópont kijelölésénél
csavarhúzó: hibás áramköri elem kijelölésénél

3. **Áramkör szerkesztésére szolgáló ablak.** A programban az elemeket egy hálón lehet elhelyezni. E hálónak általában csak egy részlete látható az ablakban. A program Nagyít funkciója (Nézet menü) segítségével a teljes területet is meg lehet mutatni. A Nézet menü Háló Be/Ki funkciójával a háló ki- illetve újra bekapcsolható. Az áramköri elemeknek a háló pontjaihoz kell csatlakozniuk. Elemek elhelyezésekor a program automatikusan a legközelebbi hálóra ugat.
4. **Áramkörszerkesztő eszközsor.** Az áramkörszerkesztő legtöbb funkciója (pl. forgatás, vezetékrajzolás, zoom stb.) aktivizálható a megfelelő ikonra kattintva az eszközsoron.
5. **Alkatrész eszközsor.** Az alkatrészek elhelyezését a kapcsolási rajzon legcélszerűbb az alkatrész eszközsor segítségével végezni. Az eszközsoron az alkatrészek csoportokra vannak bontva. A tabulátorok segítségével válasszuk ki a megfelelő csoportot majd kattintsunk a szükséges alkatrészeire. A kurzor helyén megjelenik a kiválasztott alkatrész szimbóluma amelyet az egér mozgatásával tetszőleges helyre vihetünk, illetve balra, jobbra forgathatunk vagy tükrözhethetünk. Felhívjuk a figyelmet, hogy alkatrész mozgatás közben nem szabad az egér bal gombját lenyomva tartani. Amikor az alkatrészt a megfelelő helyre mozgattuk az egér bal gombjának lenyomásával tudjuk elhelyezni.
6. **Alkatrész kereső.** Az alkatrész kereső eszköz segítségével könnyen megtalálhatjuk és elhelyezhetjük a keresett komponenseket. Az alkatrészkeresőben akár az alkatrész teljes nevét vagy ennek egy részét is megadhatjuk, valamint, hogy a megadott sztringet az alkatrész nevének elején, végén ill. tetszőleges helyén keresse a program. A talált alkatrész kiválasztása után az alkatrész rögtön el is helyezhető a rajzon az Elhelyez gomb megnyomásával.

7. **Megnyitott áramkörök megjelenítése tabulátor (fül).** A TINA-ban egyszerre több áramkört illetve al-áramkört is nyitva tarthatunk. A megfelelő tabulátorra kattintva megjelenik a kiválasztott áramkör kapcsolási rajza.
8. **TINA alprogram eszközsor.** A *TINA* programban számos alprogram (Diagram ablak, képletszerkesztő, interpreter stb.) lehet jelen ám egyidejűleg csak egy lehet aktív. Az alprogramok közötti váltást teszi lehetővé az alprogram eszközsor.
9. **Súgó (Help) sor.** Rövid információkat tartalmaz az adott helyzetben használható funkciókról, billentyűkről.

1.6 Az áramköri elemek elhelyezése

Az áramköri elemeket az alkatrész eszközsoron (Component bar) lehet kijelölni, és rajzjeleiket az. egérrel lehet a kívánt helyre húzni. Amikor az egér bal gombjával kattintunk, a program a legközelebbi rácpontokhoz kapcsolja az alkatrész rajzjelének lábait.

Az alkatrészeket mozgathatjuk függőlegesen és vízszintesen, és 90 fokként el is forgathatjuk az óramutató járásával egyező irányba a [+] vagy Ctrl+R, azzal ellentétes irányba a [-] vagy Ctrl+L billentyűket lenyomva. Ezen kívül egyes alkatrészek (például a tranzisztorok) a számbillentyűzeten lévő [*] billentyű segítségével függőleges tengelyük körül tükrözhetők is. Az alkatrészek elhelyezéséhez használhatjuk a  gombokat és a jobb gombbal előhívható felbukkanó menüt is.

Az alkatrész rajzjelének kijelölése és elhelyezése után kattintsunk duplán a rajzjelre. Ekkor egy párbeszédpanel jelenik meg, amelyen az alkatrész címkéjét és paramétereinek értékeit adhatjuk meg. Számértékek megadásakor használhatók a 10^{-12} - 10^{12} közötti hatványok nagyságrendeket jelentő rövidítései. Például az 1k értéket a program 1000-nek értelmezi.

Megjegyzés: A TINA HTML- alapú súgójának előhívásához nyomjuk le az *alkatrész*- párbeszédpanelen a Help (Súgó) gombot. Itt megleljük a kijelölt alkatrész

paramétereit és matematikai modelljét. A Súlyó menüjéből elérhetjük az alkatrészsre vonatkozó súlyót (Component help) is.

A *TINA* automatikusan hozzárendel egy címkét a kapcsolási rajzba helyezett mindegyik alkatrészhöz, és megjeleníti a fő alkatrész-paraméter értékét is (például: R4 10k). Ne feledjük, hogy az érték csak akkor látható, ha a Nézet menüben ki van jelölve az *Értékek* lehetőség. A *TINA* régebbi verzióiból származó fájlok esetén az *Értékek* lehetőség alapértelmezés szerint ki van kapcsolva. Tekercsek és kondenzátorok esetén lehetőség van a mértékegységek kiírására is, ha a Nézet menüben a *Mértékegységek* lehetőség be van kapcsolva. Például: 5nF, 2mH. A címkék, például az R4, az alkatrészslista, a PCB export és a *Szimbolikus Analízis* számára szükségesek.

1.7 Vezetékek

A vezetékek 0 ohm ellenállású összeköttetést képeznek két alkatrészláb között. Vezeték beillesztéséhez vigyük a kurzort ahhoz az alkatrészlábhöz, ahol kezdeni szeretnénk a rajzolást. A kurzor toll formájúvá változik. A Nézet|Beállítások dialógusban kijelölt rajzolási módtól függően kétféleképpen rajzolhatunk vezetéket:

1.) Kattintsunk kezdőpontra az egér bal gombjával. Ezután rajzoljuk meg a vezetéket az egér mozgatásával, felengedett bal gombbal.

A vezetékek rajzolása során bármilyen irányba mozoghatunk, a vezetékek követi a kurzor mozgását. A vezetékszszakaszok mindig vízszintesek vagy függőlegesek lesznek. A *Ctrl* gomb lenyomásával a rajzolás irányára merőlegesen is mozgathatjuk az éppen rajzolt vezetékszszakaszt. Rövid vezetékszszakaszok rajzolásához tartsuk lenyomva a *Shift* billentyűt. A vezetékeket könnyen módosíthatjuk a szakaszok vagy sarokpontok kijelölésével és húzásával. Az előző szakaszok törléséhez mozogjunk ugyanazon a nyomon visszafelé. A vezetékek végpontjánál kattintsunk ismét a bal egérgombbal. A *TINA* v6.0-ban ez az alapértelmezett rajzolási mód amely azonban átállítható a Nézet|Beállítások dialógusban.

2.) A kezdőpontra kattintáskor tartsuk lenyomva az egér bal gombját és a rajzolás befejezésekor engedjük fel..

A megrajzolt vezetékeket könnyen módosíthatjuk szakaszok vagy sarkok kijelölésével és mozgatásával.

Egy másik lehetőség: a vezetékek rajzolásának megkezdésére az **Elhelyez|Vezeték** parancs (billentyűparancs: [Szóköz]).

Ügyeljünk rá, hogy lehetőleg ne hagyjunk bekötetlen alkatrészeket, kivezetéseket. Az összeköttetéseket könnyen ellenőrizhetjük az **Analízis|ERC** (Áramkör ellenőrzés) parancssal. Az esetleges hibajelzésekre kattintva a program kijelöli a bekötetlen alkatrészt, vezetéket.

1.8 Bemenetek és kimenetek

Egyes analízistípusokat (egyenáramú átviteli karakterisztika, Bode diagram, Nyquist diagram, csoportfutási idő, átviteli függvény) nem lehet végrehajtani addig, míg ki nem jelöltük mind a bemenetet, mind a kimenetet. Ezek meghatározzák a gerjesztő feszültség ráadásának helyét és az áramkör erre adott válaszána mérési helyét. A választott kimenet(ek) azt is meghatározzák, mely görbék jelennek majd meg a választott analízis módban. *Bemenetként forrásokat és generátorokat, kimenetként műszereket adhatunk meg.* A műszerek azonban a váltakozó áramú átviteli görbék és függvények számításakor a bemenőjel értékének meghatározására is használhatók. A nagyobb rugalmasság érdekében a bemenetek és kimenetek az **Elhelyez|Bemenet** és **Elhelyez|Kimenet** parancsokkal szinte bárhová kijelölhetők.

Bemenet és kimenet beillesztéséhez álljunk a kurzorral az Eszköztáron a megfelelő ikon fölé, kattintsunk, engedjük fel az egérgombot, és húzzuk a bemenetet vagy kimenetet a kapcsolási rajz azon csomópontjához, amelyet annak meg kell határoznia. Ezután kattintsunk az egérrel, és tartsuk lenyomva az egérgombot, miközben a be- vagy kimenetet a másik csomópont felé húzzuk (amely általában a földpont). Amikor a be- vagy kimenet elérte a másik csomópontot, engedjük fel az egér gombját.

Mivel bemenő referenciajel sokféleképpen megadható, fontos emlékeznünk arra, hogy egy áramkörben, egy időben csak egy bemenetet adhatunk meg.

Ehhez hasonlóan a TINA egyes analízis módszereinél (például a Szimbolikus Analízisnél) csak egyetlen kimenetet adhatunk meg egy áramkörben.

2. MÉRŐESZKÖZÖK

2.1 Multiméter

A digitális multiméter DC és AC feszültség, DC és AC áram, ellenállás vagy frekvencia mérését teszi lehetővé a HI, LO bemenetei között.







Egy csomópont és a föld közötti feszültség méréséhez a csomópontra egy kivezetést kell elhelyezni az áramkörbe.

Két csomópont közötti feszültség méréséhez a csomópontok közé egy voltmérőt kell csatlakoztatni az áramkörbe.

Ellenállás mérésénél egy *impedancia* mérőt, áram mérésnél áram nyilat vagy *árammérőt* kell az áramkörbe kapcsolni a megfelelő csomópontok közé.

2.1.1 Mérési üzemmód kiválasztása

Az üzemmód választó nyomógombok lehetővé teszik a megfelelő mérési mód kiválasztását.

DC feszültség mérés	
AC feszültség mérés.	
DC áram mérés.	
AC áram mérés.	
Ellenállás mérése.	
Frekvencia mérése.	

2.1.2 Mérési tartomány beállítás

Az *automatikus mérési tartomány*-választás módban a multiméter automatikusan határozza meg, *manuális* módban a felhasználó választja ki a megfelelő mérési tartományt.

Automatikus vagy manuális mérési tartomány-választás beállító nyomógomb.



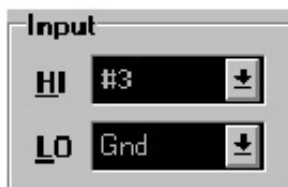
Nagyobb mérési tartományba kapcsol.



Kisebb mérési tartományba kapcsol.



2.1.3 Bemenet választás



A DMM bemeneteinek kiválasztásával lehet a műszert a mérendő feszültségre, áramra, ellenállásra vagy frekvenciára csatlakoztatni.

A HI a pozitív, a LO a negatív bemenet, a bemenetek a földtől függetlenek.

Bemenetként az áramkörbe elhelyezett műszerek csomópontjait lehet kiválasztani virtuális mérési módban.

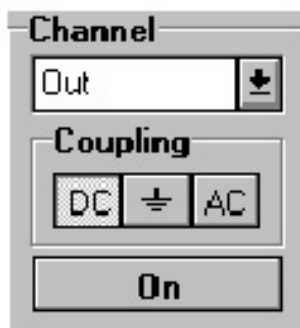
2.2 Oszilloszkóp

Az oszcilloszkóp az elektromos jelek időbeli viselkedését mutatja meg a képernyőjén.

A TINA virtuális oszcilloszkópjának több bemenete is lehet, mint a hagyományos oszcilloszkópoknak, így több jelet lehet egy időben megjeleníteni.

2.2.1 Vertikális paraméterek beállítása

A bemeneti csatorna kiválasztása. Ha virtuális mérés módban bemenetként feszültség mérőt választott, különbségi feszültséget mérhet (differenciális bemenetű oszcilloszkópnak megfelelően).

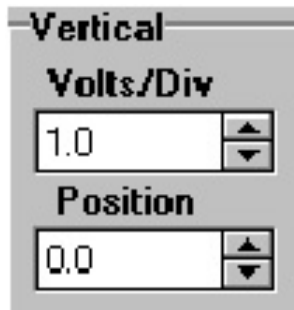


A bemenet csatolásának kiválasztása.

A bemenet be és kikapcsolása.

A vertikális felbontás beállítása 1-2-5 -ös lépésekben.

A vertikális pozíció beállítása.



A csatolás, vertikális felbontás, vertikális pozíció a csatorna be-/kikapcsolt állapota minden csatornához külön kerül beállításra és tárolásra.

2.2.2 Horizontális paraméterek beállítása

Az időalap beállítása 1-2-5 -ös lépésekben.



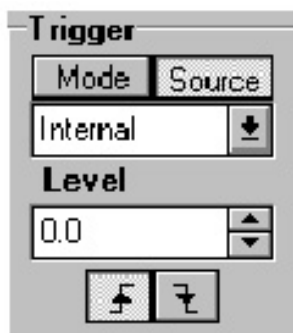
A horizontális pozíció beállítása.

A kijelzés módjának kiválasztása feszültség - idő (Y/t) és feszültség - feszültség (Y/X) mód között.
Az X tengelyen ábrázolt csatorna kiválasztása X/Y módban.

2.2.3 Az oszcilloszkóp trigger beállítása

A trigger mód és forrás beállítása.

A trigger szint beállítása.



A triggerelő jel felfutó vagy lefutó élének kiválasztása az oszcilloszkóp triggerelésére.

2.2.4 Az oszcilloszkóp kijelzési üzemmódjai

Négy nyomógomb szolgál az oszcilloszkóp működési módjának beállítására.



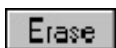
Elindítja a mintavételezést és az oszcilloszkóp az utolsó mintavételezés eredményét jeleníti meg.



Megállítja a mintavételezést.

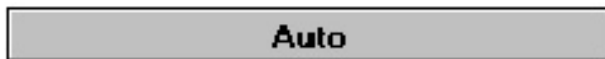


Az oszcilloszkóp az utolsó és az előző mintavételezés eredményeit is megjeleníti.



Letörli a képernyőt.

Automatikus beállítás



Az oszcilloszkóp *Auto* nyomógombja automatikusan beállítja az oszcilloszkóp paramétereit a bemeneti jelnek megfelelően.

3. GYAKORLATOK A PROGRAM MEGISMERÉSÉHEZ

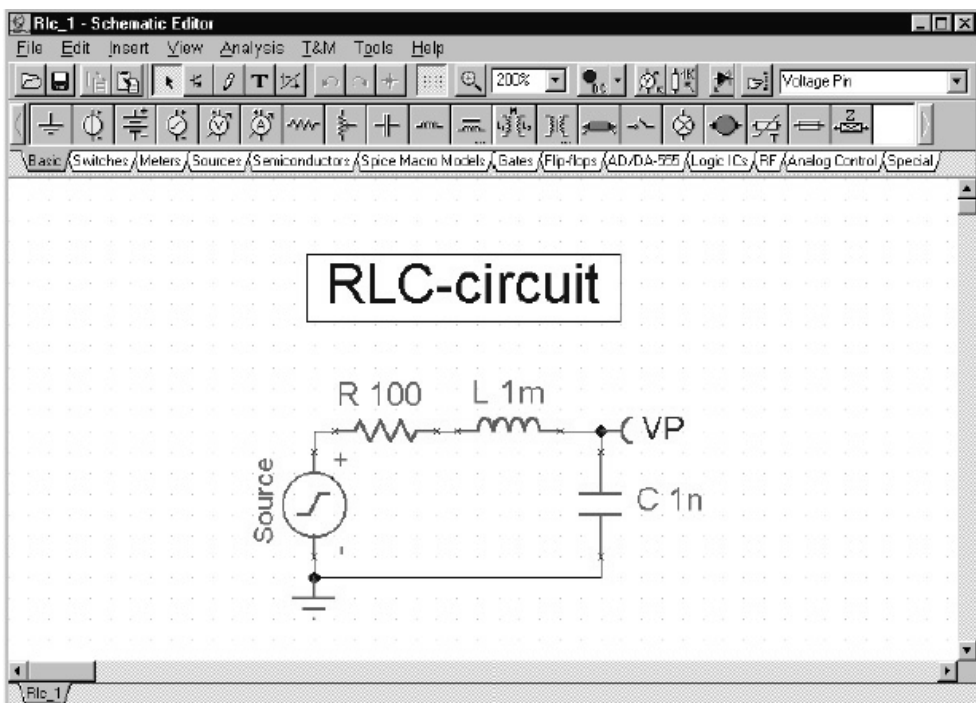
Ebben a fejezetben néhány példán keresztül bemutatjuk a program használatát.

3.1 Egy hálózat beolvasása

Indítsuk el a programot és álljunk rá a **File** menüre. Válasszuk ki a **Megnyit** parancsot majd az *EXAMPLES* alkönyvtárt. Ekkor megjelenik a mintafeladatok listája. Pozicionáljunk az *AMPLI.TSC* névre, majd kattintsunk a dialógus **Megnyit** gombjára. A program ekkor betölti az áramkörfájlt és az áramkör rajza megjelenik a képernyőn. Figyeljük meg, hogy a bal felső sarokban a betöltött fájl neve olvasható. Megjegyezzük, hogy a Megnyit parancsot a *Ctrl+O* billentyűparanccsal vagy a menü alatti eszközsor **Betölt** ikonja segítségével is hívhatjuk. (Ez utóbbi azonban csak legalább 800x600-as felbontásban látható). Az *Alt+L* billentyűkombináció vagy a **(Nézet|Nagyít|Minden)** megnyomásával az áramkört a teljes képernyőre kinagyíthatjuk. Ezután az *Alt+N* kiadásával vagy a **Nézet|Nagyít|Normál** menü segítségével visszakapcsolhatjuk a nagyítást.

3.2 Egy hálózat megszerkesztése és mentése

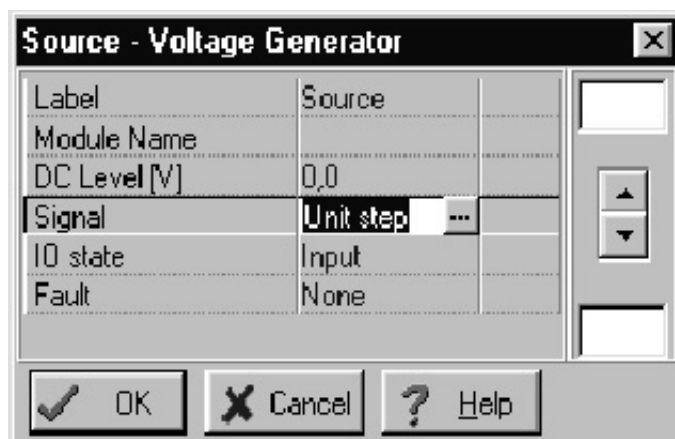
Most szerkesszük meg a következő ábrán látható soros RLC hálózatot!



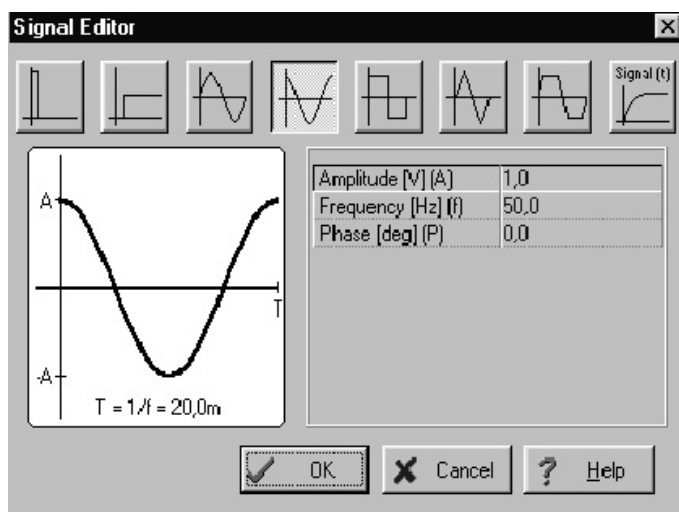
Első lépésként nyissunk egy új hálózatot a **File|Új** paranccsal (a fájlnev a bal felső sarokban visszaáll NONAME.TSC-re). Az előző AMPLI.TSC hálózathoz bármikor vissza tudunk lapozni a képernyő bal alsó sarkában lévő AMPLI földre való kattintással.

Most már új szerkesztést kezdhetünk. (Ne feledjük el, hogy a **Nézet** menüsorban az *Értékek* beállítása esetén a címke mellett az elemérték is megjelenik, így azt nem kell a címke mellé külön beírni.) Kattintsunk a **Források** földre ez az alkatrész ikonok alatti soron balról a harmadik. Ekkor megjelennek a TINA forrásai. Vegyük észre, hogy a kurzort az ikonok felett mozgatva az ikonok alatt a program kiírja az egyes ikonok nevét. Válasszuk ki a feszültséggenerátor ikont (balról a negyedik az ikonsorban) majd pozícionáljuk az elemet a szerkesztőablak közepére. Most már az egér bal gombjának lenyomásával el is helyezhetnénk a generátort a szerkesztőablakban, előtte azonban rendeljünk hozzá egy saját címkét. Nyomjuk meg az egér jobb gombját és az ekkor megjelenő menü, válasszuk ki a **Tulajdonságok** pontot.

A következő dialógus jelenik meg:



Ha rákattintunk a *jelalak* (signal) sorra, és megnyomjuk az ekkor megjelenő: [...] gombra, akkor megjelennek a lehetséges jelalakok:



Válasszuk ki a *Koszinusz* jelalakot és állítsuk a frekvenciát 200k (200kHz) - re, majd nyomjuk meg az **OK** gombot.

Kattintsunk rá a fenti dialógus *Címke* sorának üres mezőjére ahol megadhatjuk a címke szövegét. Legyen ez: *Source*. Az **OK** megnyomására a címke bevitelle befejeződik és a címke kerete megjelenik az alkatrész mellett a képernyőn. A program megpróbálja a címkét automatikusan a vonatkozó elem mellett elhelyezni. Ha ez nem megfelelő, akkor a bevitel befejeztével az egér segítségével még módosíthatjuk. Most vigyük a generátort végleges helyére és nyomjuk

meg az egér bal gombját. A program elhelyezi a generátort a szerkesztőablakban és ezzel a bevitel befejeződött. Vegyük észre, hogy a letétel után közvetlenül az alkatrész kijelölve marad (ezt piros szín jelzi) így például a **Del** billentyű segítségével szükség esetén azonnal törölhető. A címke helyének módosításához kattintsunk egy üres területre (ezáltal a generátor kijelölése megszűnik), majd jelöljük ki egy újabb kattintással csak a címkét, amit ekkor már szabadon mozgathatunk, forgathatunk.

Most kattintsunk rá az **Alapelemek** fülre és válasszuk ki az ellenállást!

Vigyük az ellenállást a feszültséggenerátor felső feléhez, és helyezzük el a bal egérgomb lenyomásával. Az ellenállást paramétereit még letétel előtt beállíthattuk volna a fent leírt módon most azonban ismerkedésképpen kövessünk egy másik technikát. Kettős-kattintással az ellenálláson a következő dialógus jelenik meg:

Label	R1
Module Name	
Resistance [Ohm]	100.0
Linear temperature coe	0.0
Quadratic temperature	0.0
Exponential temperatur	0.0
Fault	None

OK Cancel Help

Válasszuk ki az *Ellenállás* (Resistance) sort, majd írjuk be: 100
Ezután válasszuk ki a *Címke* sort és írjuk be: R. Nyomjuk meg az **OK** gombot, a szerkesztőablakban megjelenik az új címke és érték, ha a Nézet menüben az *Értékek* és *Címkék* menüpont be van kapcsolva. Ezzel a paraméter-beállítás befejeződött. Szükség esetén az egérrel a címkére állva majd a bal gombot folyamatosan lenyomva tartva a címke helyét módosíthatjuk.

Teljesen hasonló módon helyezzük el az $L=1mH$ és $C=1nF$ elemeket. A kapacitás párhuzamos veszteségét, ill. a tekercs soros veszteségét tekintsük az alapértelmezés szerintinek. A kapacitás

elhelyezésénél [+], [-], *Ctrl+L* vagy *Ctrl+R* segítségével forgatás szükséges.

Most adjunk egy *Kivezetést* (a Műszerek csoport első eleme) a kapacitás felső csomópontjához. Alternatív megoldásként egy voltmérőt is kapcsoltunk a kapacitással párhuzamosan. Megjegyezzük, hogy habár a program valamennyi feszültséget és áramot tárolja, legalább egy kimenetet ki kell jelölnünk. Helyezzünk el egy földet a generátor alá, majd kössük össze és a kondenzátort az ábra szerint. E célból mozgassuk a kurzort a megfelelő csomópont közelébe egészen addig amíg a kurzor tollá nem alakul. Amikor ez megtörténik nyomjuk meg, majd engedjük el az egér bal gombját, és az egér mozgatásával rajzoljuk meg a vezetéket a következő csomópontig, ahol az egér bal gombjának kattintásával befejezzük a vezetékszakasz rajzolását.

Végül adjunk címet a tervünknek. Kattintsunk a T (Szöveg) ikonra az áramkör-szerkesztő eszközsoron. A megjelenő *Szöveg* ablakban írjuk be: RLC Circuit. (Természetesen tetszőleges ékezeteket is tartalmazó magyar szöveget is beírhatunk.). Ezután kattintsunk az F gombra a dialógus ablakban és állítsunk be egy kb. 16 pont méretű betűnagyságot és a kívánt betűtípust. A kéz alakú ikonra kattintva beállíthatjuk, hogy akarunk e színes hátteret ill. keretet rendelni a címhez. Végül nyomjuk meg a zöld pipa alakú gombot és mozgassuk a megjelenő határoló keretet a szöveg kívánt helyére, majd az egér bal gombjának megnyomásával tegyük le a rajzra. Ekkor megjelenik a beírt szöveg, amit duplakattintással bármikor újra módosíthatunk.

Mielőtt újabb funkciókat is kipróbálnánk, mentjük el a megszerkesztett áramkört az **File|Ment** (hot-key: [*Ctrl* +*S*]) paranccsal vagy floppy diszk alakú **Ment** ikonnal. A felajánlott *NONAME.TSC* nevet javítsuk át *RLC_NEW.TSC* névre (a kiterjesztés elhagyható). Megjegyezzük, hogy a további mentések során a program már nem kérdez nevet (ezt csak a *NONAME.TSC* esetben teszi), hanem azonnal ment a használt névre.

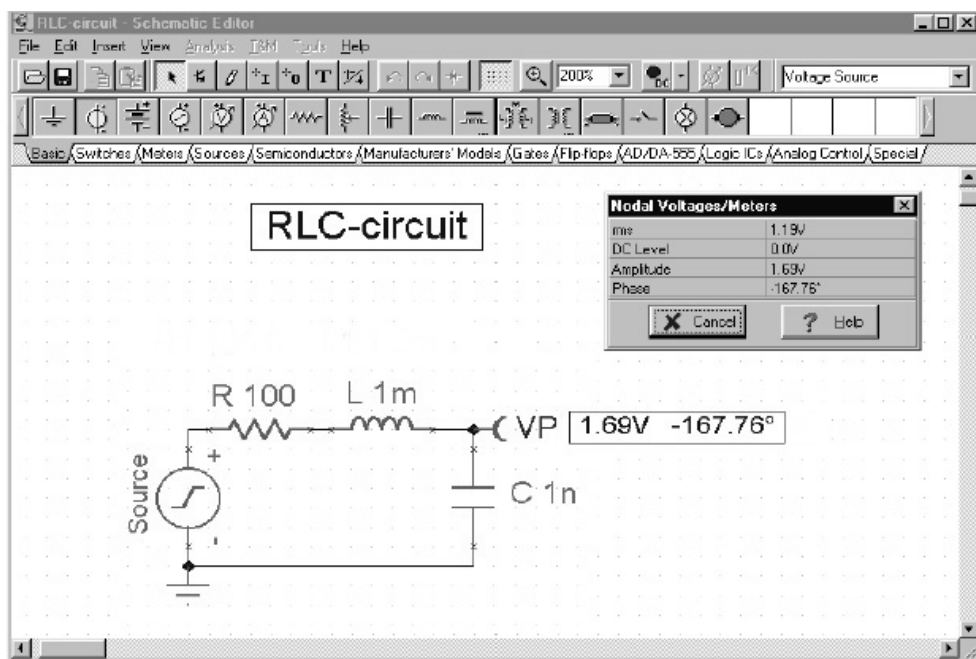
3.3 Analóg mérések - analízis futtatása

Most végezzük el az előbb megszerkesztett hálózat tranziens és AC analízisét!

A tranziens és az *AC Bode* diagram analízishez ki kell jelölnünk a hálózat kimenetét. Ez automatikusan megtörtént a kivezetés elhelyezésével.

Hajtsuk most végre az AC analízist!

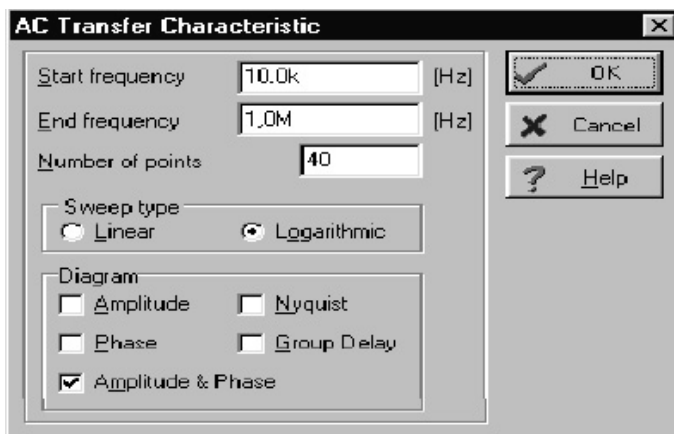
Válasszuk ki az **Analízis** menün az **AC analízis|Csomóponti feszültségek számítása** funkciót. A kurzor mérőfej alakúvá változik és a következő képernyő jelenik meg:



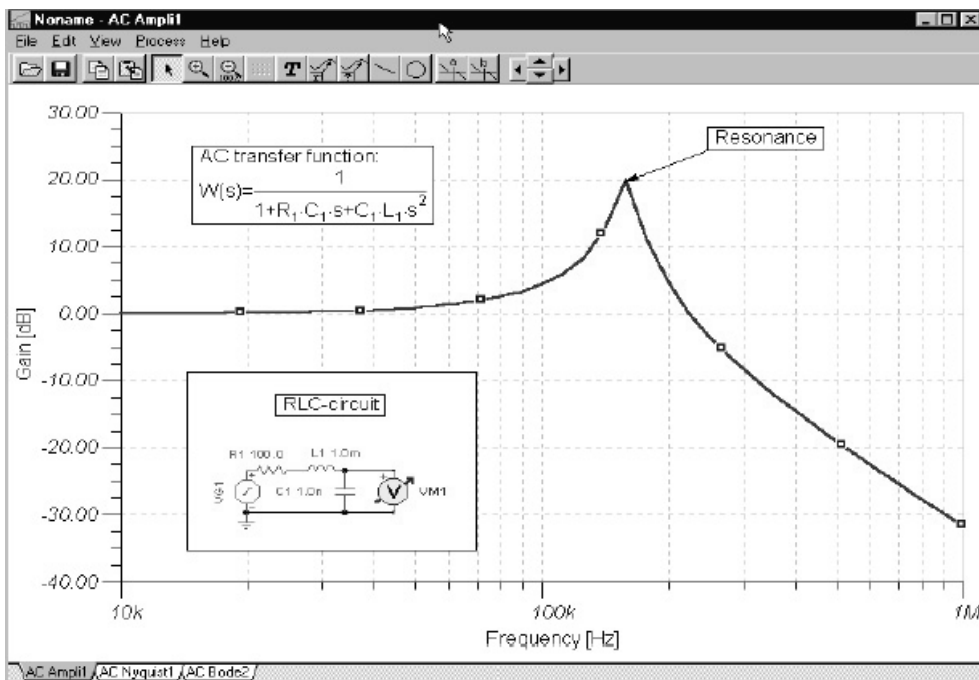
A mérőfejjel a csomópontokra kattintva leolvashatjuk az egyes pontokhoz tartozó feszültségértékeket.

Megjegyzés: Ha nem a fenti eredményt kapjuk, bizonyosodjunk meg róla, hogy a *Nézet ~ Beállítások* dialógusban az AC bázis függvény Koszinuszra van állítva

Válasszuk most az AC Analízis AC Átviteli karakterisztika menüpontot. A következő dialógus jelenik meg:



Állítsuk a frekvencia alsó határát 10k-ra, a diagram részen állítsuk be az *Amplitúdó* Opciót, majd nyomjuk meg az **OK** gombot. Rövid számítás után megjelenik a képernyőn a Bode amplitúdó karakterisztika. Válasszuk az *Analízis* menүн a *Szimbolikus Analízis|AC átviteli karakterisztika* menüpontot. Megjelenik a képletszerkesztő ablak benne a számított átviteli függvénynel. Megjelenik a képletszerkesztő ablak benne a számított időfüggvénynel. A **Másol** ikon vagy *Ctrl+C* segítségével másoljuk a képletet a vágólapra. Kattintsunk a diagram ablakra és nyomjuk meg a *Ctrl+V* vagy a **Beilleszt** ikont. Megjelenik a képlet kerete.



Mozgassuk ezt a kívánt helyre majd a bal egérgomb lenyomásával helyezzük el a képletet. Megjegyezzük hogy akár a képlet elhelyezése előtt, után vagy alatt a diagram méretét tetszés szerint módosíthatjuk a diagram ablak sarkainak mozgatásával. A letett képletre duplán kattintva tetszés szerint módosíthatjuk annak tartalmát és méretét.

Most állítsuk vissza a generátor jelalakját a *default* egységugrásra majd válasszuk ki az *Analízis* menüből a *Tranziens...* funkciót!

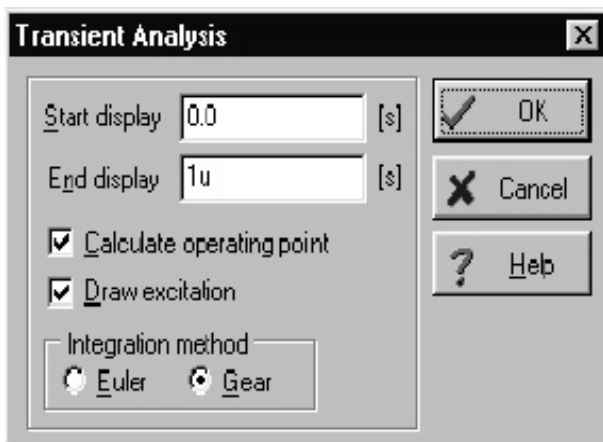
A következő dialógus jelenik meg: →→→

Állítsuk az analízis idejét 30μ értékre, majd kattintsunk az **OK** gombra.

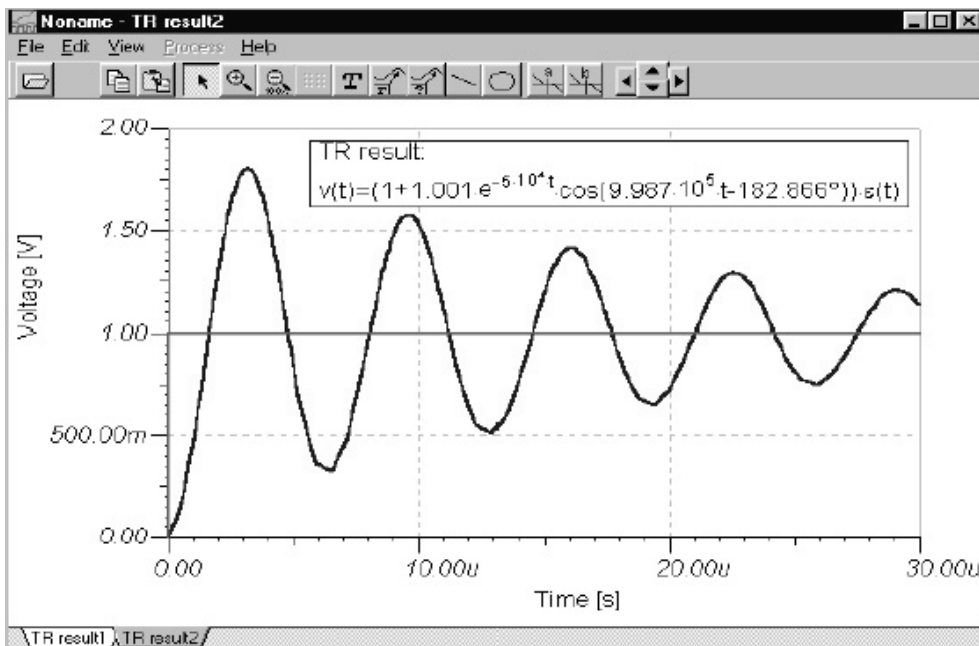
Rövid számítás után megjelenik az analízise eredménye.


Most válasszuk az *Analízis* menün a

Szimbolikus Analízis | *Fél-szimbolikus tranziens időfüggvény*



menüpontot. Helyezzük ezt el a fentiekhez hasonlóan az ábrán. Az eredményt a következő ábrán láthatjuk.

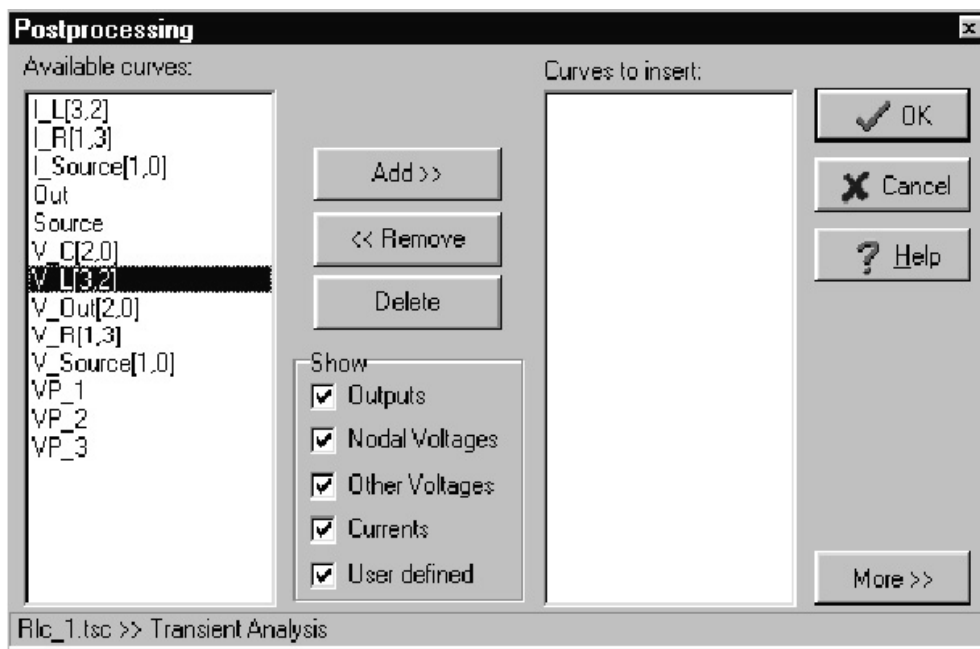


Most helyezzünk el egy további görbét a diagramon. Nyomjuk meg a  görbe hozzáadás gombot a diagram ablakon vagy használjuk a *Görbe hozzáadás* parancsot a diagram ablak szerkesztés menüjén.

A parancs hatására megjelenik a *Görbék feldolgozása* dialógus.

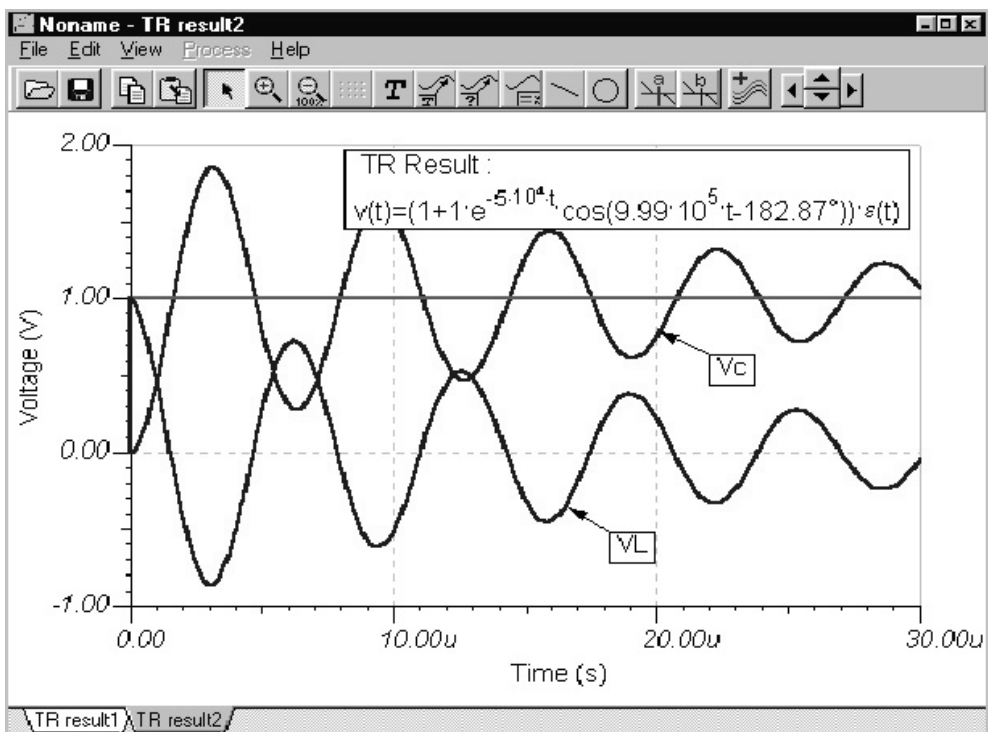
Megjegyzés: A görbék hozzáadásához még az is szükséges, hogy az Analízis/Analízis Opciók dialógusban be legyen állítva az „Összes analízis eredmény tárolása” opció.


Görbék feldolgozása dialógus baloldalán megjelenik az elérhető, már kiszámolt görbék neve.



A $V_label[i,j]$ és $I_label[i,j]$ nevek az i és j számú csomópontok közötti feszültséget és áramot jelölik. A VP_n alakú szimbólumok az n sorszámú csomópont csomóponti feszültségét jelöli.

Adjuk most hozzá a tekercs feszültségének függvényét a diagramhoz. Válasszuk ki a $V_L[2,3]$ nevet és nyomjuk meg a *Hozzáad* » gombot a felül a dialógus közepén. **OK** megnyomásával megjelenik az új görbe is a diagramban.



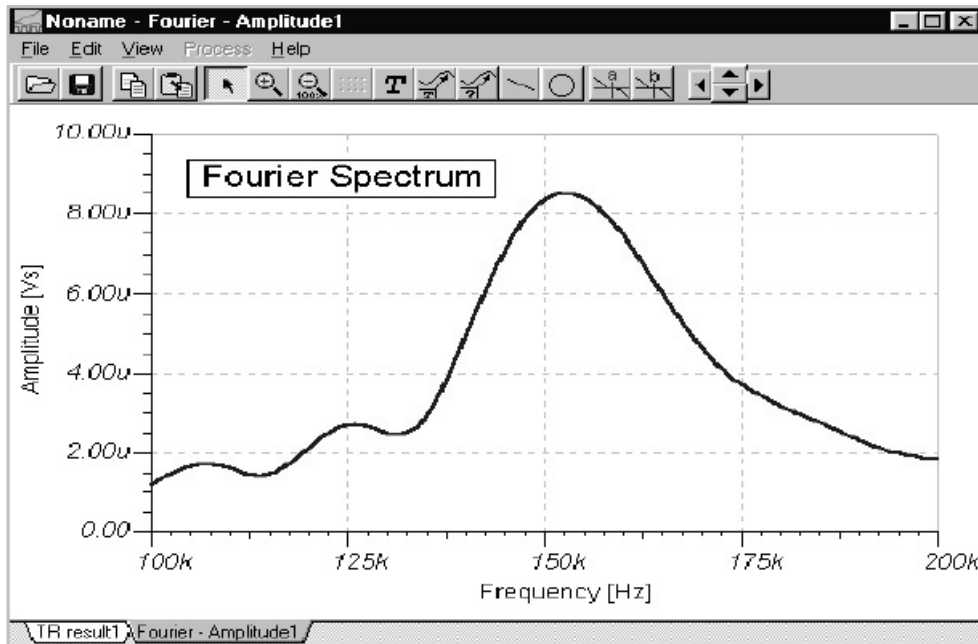
A  gomb lenyomásával a megjelenő ~ alakú kurzorral a megfelelő görbére kattintva címkét helyezhetünk el a görbén. A címkére duplát kattintva nevét megváltoztathatjuk.

A most nyert nem periodikus transziens válasz Fourier spektrumának vizsgálatával bemutatjuk a TINA további lehetőségeit. Először jelöljük ki a csillapított kimenőjelet oly módon, hogy mozgassuk a kurzort a görbe fölé, és nyomjuk meg a bal oldali egérgombot, amikor a kurzor + alakot mutat. A kijelölt görbe pirosra változik. Most nyomjuk meg a jobb oldali egérgombot, és válasszuk ki a *Fourier Spektrumot* a megjelenő menüből. A *fourier Spektrum* dialógus jelenik meg. Állítsuk a maximális frekvenciát 200 kHz-re, és nyomjunk **OK**-t. A transziens válasz Fourier spektruma jelenik meg. (Finomabb görbét kaphatunk, ha megismételjük a transziens analízist 500 mikro-szekundum analízis idővel.) A Fourier spektrumot az *Analízis* főmenüből is előállíthatjuk.

A **Nagyítás** ikont használva emeljük ki a spektrumot 100 kHz és 200kHz között. Jegyezzük meg, hogy a beállítást úgy is meg tudjuk változtatni, ha a koordináta tengelyekre duplán kattintunk. Ha az eredmény egy folyamatos frekvencia spektrum, amely az ábrán

látható. Mint várható volt a *Fourier* spektrum maximuma a hálózat rezonancia frekvenciája.

Megjegyzés: A Fourier Spektrum és Fourier Sor közvetlenül az *Analízis/Fourier* analízis menüről is behívható. Ebben az esetben a TINA automatikusan végrehajtja a Fourier analízishez szükséges tranziens analízist.

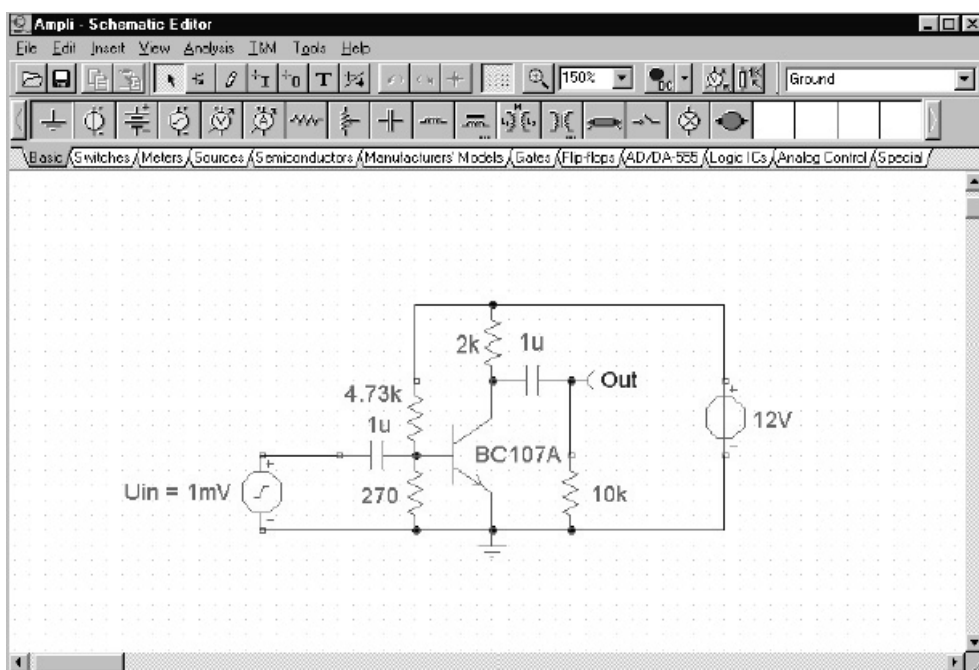


Megjegyzés: Meglepő lehet, hogy a frekvencia spektrum dimenziója Vs (feszültség szorozva idővel). Ez azért van, mert a folyamatos Fourier spektrum a frekvenciához tartozó sűrűség függvény. Ha szeretnénk egy keskeny frekvenciasávhoz tartozó közelítő amplitúdó, akkor a keskeny sáv közepes amplitúdóját (amelyet Vs-ban mérünk) szorozzuk meg a sáv szélességgel (amely 1/s-ban adott).

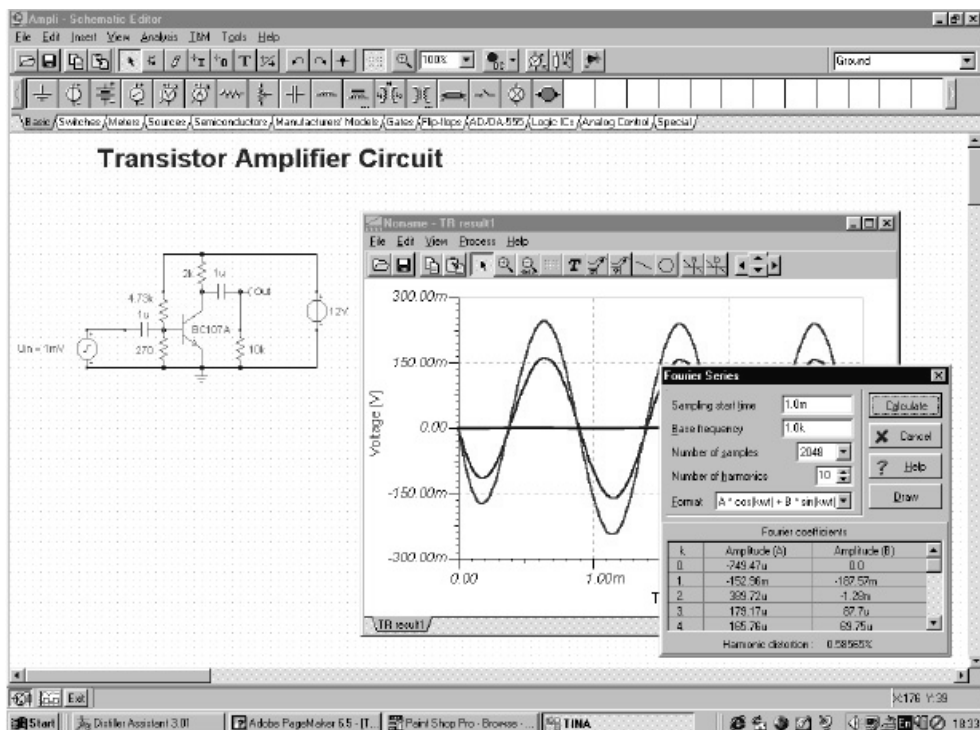
Szerencsére a Fourier analízis sokkal egyszerűbb periodikus jelek esetén. Periodikus jel Fourier sorával adható meg, azaz, az alaphfrekvencia és annak felharmonikusaiból álló szinusz és koszosz hullámok összegeként. A Fourier analízis ezen lehetőségének bemutatására töltjük be az *AMPLI.TSC* fájlt az *EXAMPLES* könyvtárból.

Az *Analízis/Üzem mód* -ra kattintva látni fogjuk, hogy ez a példa egy erősítő hőmérsékletfüggésének analízise. Futtassuk le a

tranziens analízist és válasszuk ki a kimenő görbét a legnagyobb amplitúdóval. Az egér jobboldali gombjának megnyomása után válasszuk a *Fourier Sort* a legördülő menüből, ekkor megjelenik a Fourier sor dialógusa. A Fourier Spectrum és Fourier Sor közvetlenül az *Analízis/Fourier* analízis menüről is behívható. Ebben az esetben a TINA automatikusan végrehajtja a Fourier analízishez szükséges tranziens analízist. Állítsuk a kezdő időt 1 ms-ra és a minták számát vegye 2048-ra. Megjegyezzük, hogy a jobb pontosság érdekében a Fourier sor analízis kezdeti időpontját úgy kell beállítani, hogy a kezdeti tranziens addigra lecsengjen. Ha most megnyomjuk a **Számol** gombot, akkor a Fourier komponensek listája jelenik meg.



Ha megnyomjuk a **rajzol** gombot, megkaphatjuk a bázisfrekvenciához és felharmonikusaihoz tartozó komponensek diagrammját is.

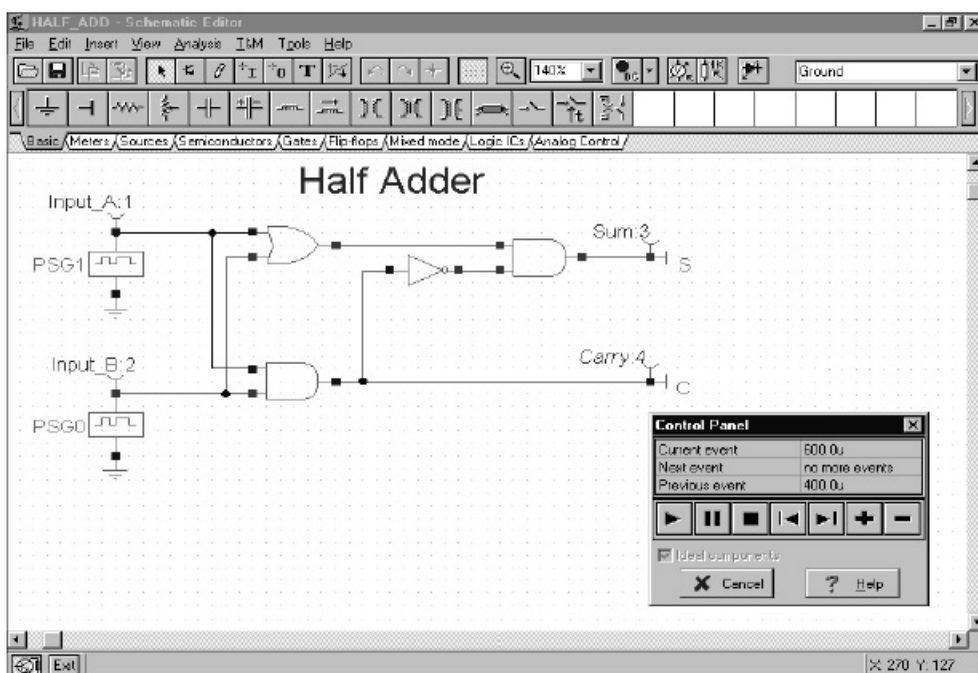


3.4 Digitális hálózat vizsgálata

Vizsgáljunk meg egy digitális példát is. Töltsük be az *EXAMPLES* alkönyvtárból a *HALF_ADD.TSC* nevű állományt.

Vizsgáljuk meg az áramkör működését lépésenként az **Analízis|Digitális** nyomkövetés menüpont segítségével.

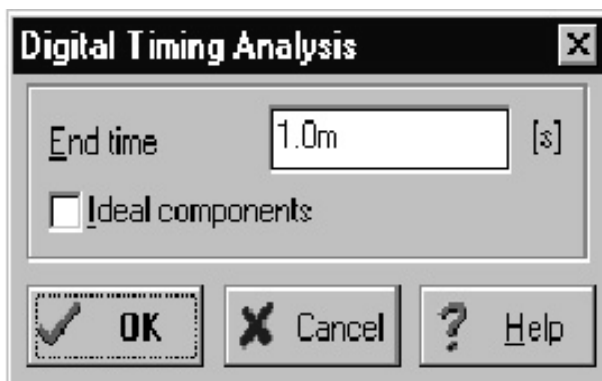
A megjelenő vezérlőpult segítségével lépésenként követhetjük nyomon az áramkör (*FÉLÖSSZEADÓ*) viselkedését.



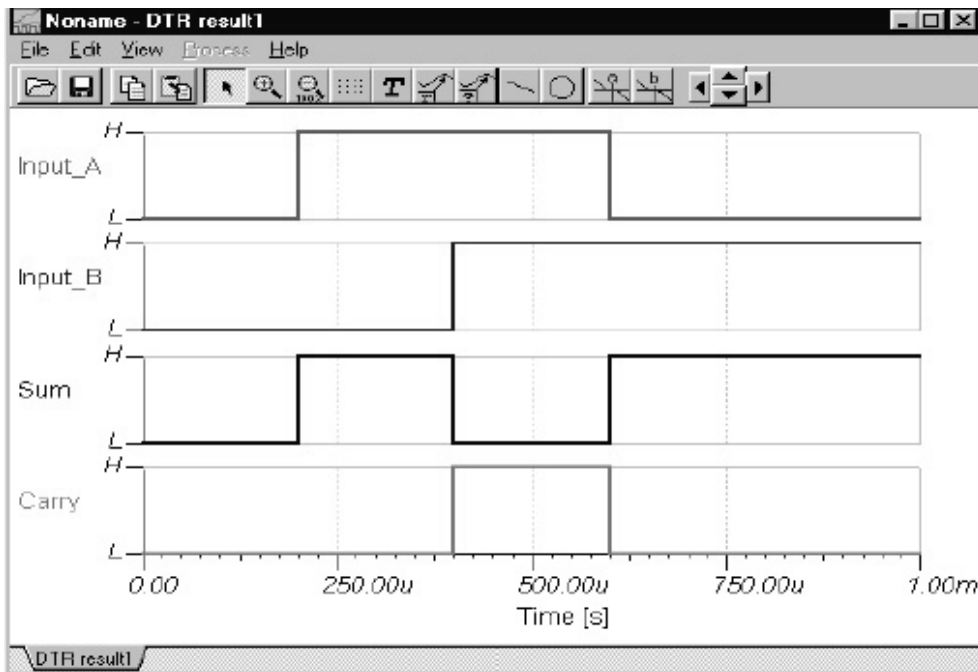
Ezután rajzoljuk fel a teljes idődiagramot. Válasszuk ki az **Analízis|Digitális idődiagram** (*Digital Timing Analysis*) menüpontot.

A következő dialógus jelenik meg:

→ → →

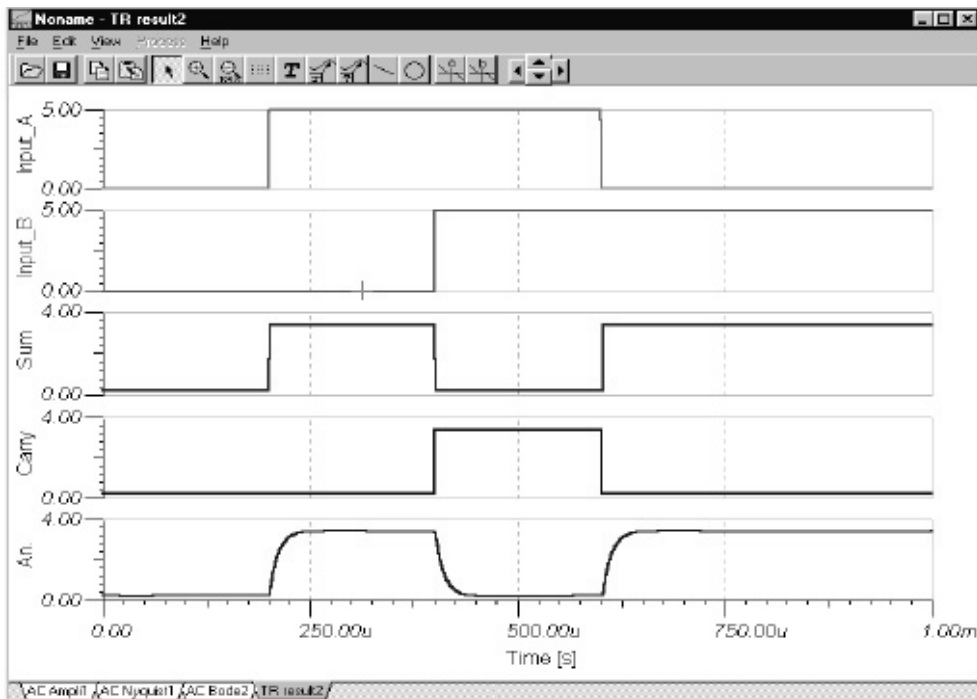


Itt be kell állítani az analízis időt. Fogadjuk el a már beállított értéket. Az eredmény grafikon formájában jelenik meg.



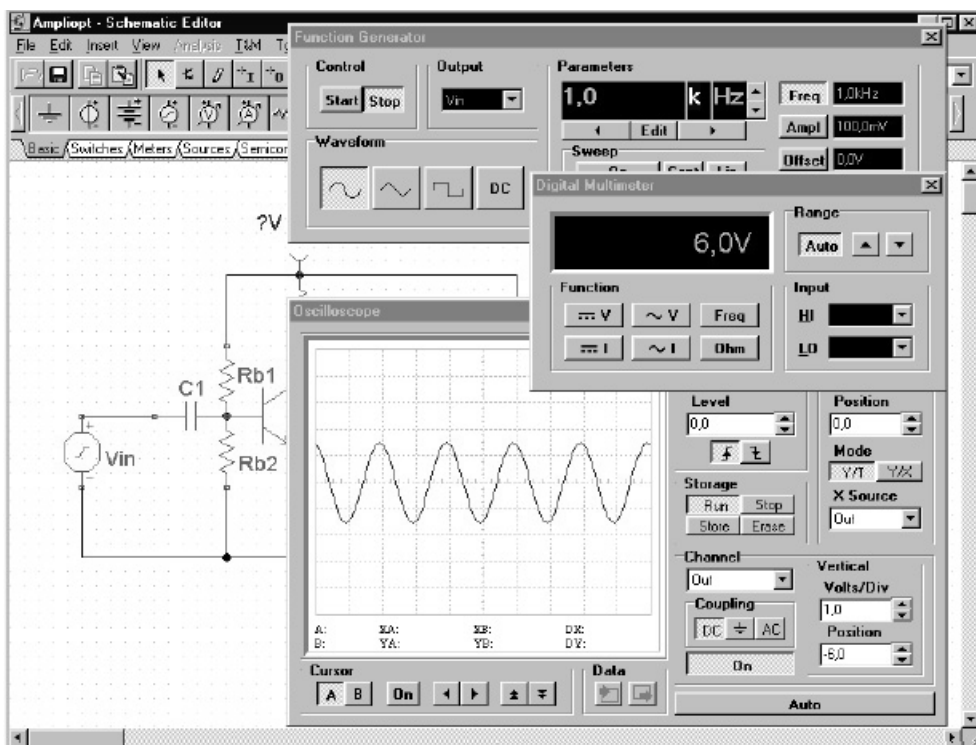
Kiválaszthatjuk a *Tranziens* módot is a digitális idődiagram helyett. Ekkor a program végrehajt egy analóg analízist, amelynek eredményeként az idealizált logikai szintek helyett részletes, folyamatos jeleket ad. Megjegyezzük, hogy a csak digitális elemeket tartalmazó áramkörök analizálhatók mind digitális mind analóg módszerrel. Azon áramkörök viszont, amelyek mind analóg mind digitális elemeket tartalmaznak csak analóg módszerrel analizálhatók.

A továbbiakban vizsgáljunk meg két passzív elemmel (ellenállás, kondenzátor) rendelkező áramkört. Töltsük be az *EXAMPLES* alkönyvtárból a *HALFADMX.TSC* nevű állományt. Ebben az esetben -a passzív elemek miatt-, a *TINA*-val, *analóg*, vagy „*mixed-mode*” típusú tranziens analízist kell végeztetnünk. Az eredmény a következő idődiagramban látható.



3.5 Virtuális és valóságos mérések

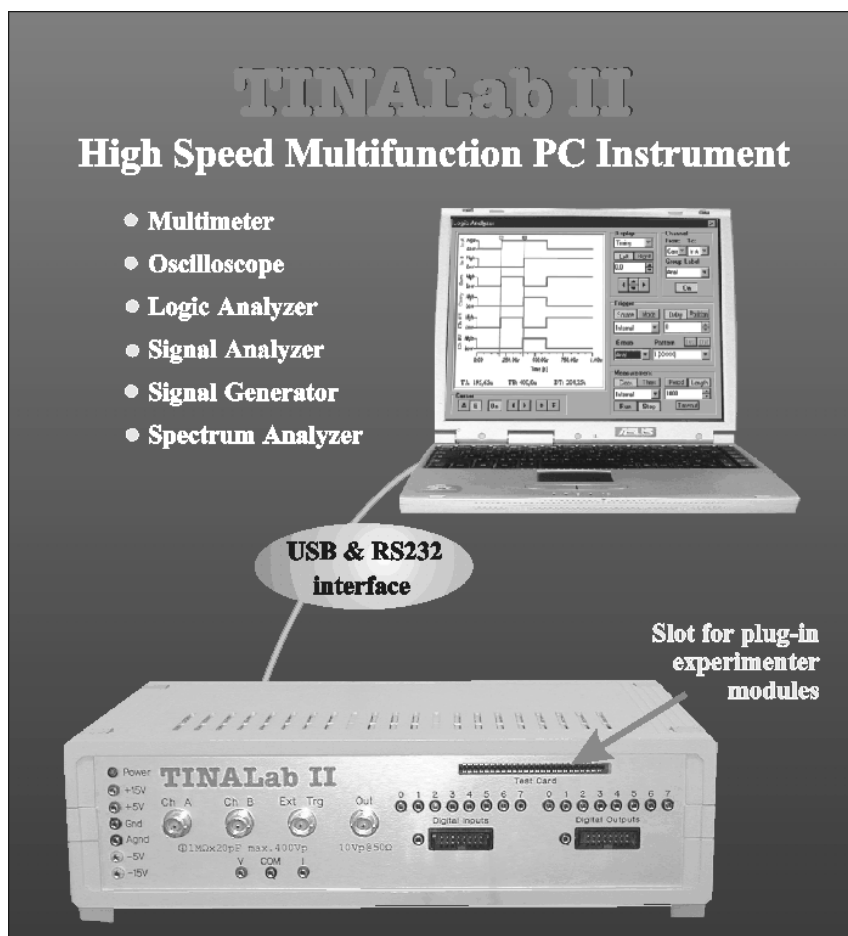
A „TINA for Windows” a *Diagram Ablakon* túlmenően virtuális műszereken is lehetővé teszi az áramkörök vizsgálatát. A rendszer egyedülálló tulajdonsága, hogy a műszerek akár szimulált akár pedig -ha a TINA kiegészítő hardver installálva van-, valóságos mérési eredményeket is mutathatnak. A virtuális műszerek a T&M menün találhatók. Behívásuk esetén automatikusan átveszik a kapcsolási rajzon található generátorok ill. mérőműszerek, kimenetek szerepét. A műszereken azonnal látható bármilyen változás, amit a generátorokon illetve az áramkörön végrehajtunk. Ha a TINA kiegészítő hardver installálva van, akkor ugyanazon műszerekkel és beállításokkal a mérések a **valóságos áramkörön** is elvégezhetők.



A virtuális mérések tanulmányozásához töltsük be az *AMPLIOPT.TSC* áramkört az *EXAMPLES* könyvtárból. Válasszuk ki a *T&M* menüből és helyezzük el a fenti ábra szerint a *Függvénygenerátor*, *Oszilloszkóp* és *Multiméter* műszereket. Nyomjuk meg a **Run** (futtat) gombot az oszcilloszkópon. Az eredmény torzított szinusz-jel. Nyomjuk meg az **=V** jel gombot a *Multiméteren*. A multiméter *0,721 V*-ot mutat, ami nyilvánvalóan túl alacsony, tehát a torzítás oka a rossz munkapont. Állítsuk be a helyes munkapontot virtuális mérés segítségével. Duplán kattintsunk az *Rb₁* ellenállásra majd a megjelenő dialóguson az *Ellenállás* sor érték mezőjére. A dialógus jobb oldalán megjelenő nyilakkal most folyamatosan állíthatjuk az *Rb₁* ellenállást, és eközben figyelhetjük a változás hatását a multiméteren. Állítsuk be a munkapontot *6V*-ra és nyomjuk meg az **OK** gombot! Ezután térjünk vissza az oszcilloszkóphoz, nyomjuk meg az **AC** gombot majd ismét a **Run** gombot: az ekkor megjelenő szinusz jelen már nem látunk torzítást. Próbáljunk meg különböző jelformákat és amplitúdókat az áramkör tesztelésére.

3.5.1 Mérések valós környezetben

A *TinaLab II*. (szoftver + hardver) programcsomag [6] segítségével méréseket végezhetünk valós áramköri kapcsolásokon. A valós áramköri kapcsolások nyomtatott áramkör formájában beleilleszthetők egy *tesztgépbe*, amely a PC-hez csatlakozik. A mérőeszközök ugyanúgy, mint a *Tina* környezetben, virtuálisak (vagyis a PC monitorán jelennek meg) és egérrel választhatóak.



3.5.1.a A mérőrendszer összetevői

- **tesztgép (próbadpad):** ebbe a berendezésbe tudjuk belehelyezni azokat a gyárilag elkészített nyomtatott áramköröket, melyeken

az egyes kapcsolások találhatók. A tesztgéphez, *A* és *B* csatornán mérőszondák csatlakoztathatók. A nyomtatott áramkörökön találunk mérőpontokat (jumpereket), melyekre a *mérőszondákkal* csatlakozhatunk. A tesztgép *RS232*, vagy *USB* porton keresztül csatlakozik a PC-hez.

A *TINALab II* nagyteljesítményű, többfunkciós mérőeszközzé alakítja asztali vagy hordozható számítógépét. Csupán egy kattintás és lehetősége nyílik multiméter, oszcilloszkóp, spektrum-, jel- és logikai analízátor valamint szabadon programozható analóg és digitális jelgenerátor használatára az Ön számítógépe és a *TINALab II* segítségével. A *TINALab II* együtt használható a *TINA* áramkör szimulátorral a valós mérések és a szimuláció összehasonlítására.



A 10/12 bit felbontású, 50MHz analóg sávszélességű két csatornás digitális oszcilloszkóp ekvivalens mintavételi sebessége ismétlődő jelek esetén 4GS/s, míg tranziens vizsgálatoknál a mintavételi sebesség 20MS/s. A bemeneti jel tartománya +400V, a mérési tartomány 5mV és 100V/div között állítható.

A jelszintézisen alapuló függvénygenerátor szinusz, négyszög, fűrész, háromszög, valamint tetszőleges programozott jelet hoz létre egészen 4MHz-ig. A generátor logaritmikus vagy lineáris *sweep* üzemben is működtethető, a kimeneti jel modulálható, maximális amplitúdója 10Vpp. A *TINA* program fordítójának segítségével magas szinten programozhatók a generátor jelformái.

A jelanalízátor, a függvénygenerátor automatikus vezérlésével *Bode*, amplitúdó és fázisdiagram, valamint *Nyquist* diagram mérését és megjelenítését teszi lehetővé, és mint *spektrum-analízátor* is használható.

A digitális jelgenerátor 16 kimeneti, a logikai analízátor 16 bemeneti digitális csatornát kezel maximum 40MHz-es sebességgel.

Az opcionális multiméter, DC/AC feszültség (1mV..400V) és áram (100 μ A..2A), mérésére használható.

A *TINALab II* előlapján lévő csatlakozóba kísérleti áramkörök, tesztártyák (*lapka*) csatlakoztathatók. Ezekkel analóg és digitális áramkörök széles skáláján végezhető szimuláció, mérés, és hibakeresés.

- **mérőeszközök:** megtalálhatók ugyanazok a mérőműszerek, mint a *TINA* mérési környezetben, talán kicsit bővebben. Amivel bővült a csomag, az analízátorok. A virtuális mérőműszerek:
 - *digitális multiméter* (Ampér–Volt–Ohm-Frekvencia mérés)
 - *függvény generátor* (szinusz-háromszög-négyszög-választható hullámforma, DC- szint beállítás)
 - *oszilloszkóp*

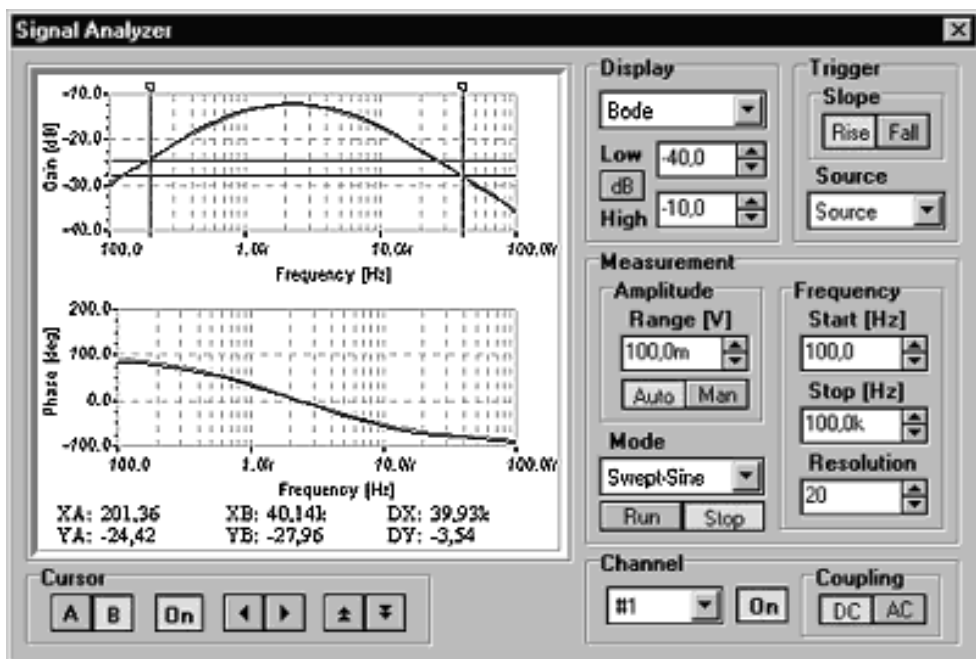
Amivel bővült ez a csomag

- *Jelanalizátor* – általában ha egy elektromos jel, ami lehet analóg vagy nem analóg, *időbeli* lefolyását vizsgáljuk, azt oszcilloszkóp segítségével végezzük. Sok esetben azonban a jelek *frekvenciatartomány*-béli lefolyását szeretnénk elemezni. Ilyenkor használjuk a jel-analizátort, ami (a mi esetünkben grafikusán) a jelek amplitúdóját ábrázolja a frekvencia függvényében. Alapjában két módszert használunk az ilyenfajta méréseknél: Alapmódszer, Fourier Transzformáció (dinamikus jelelemzés).

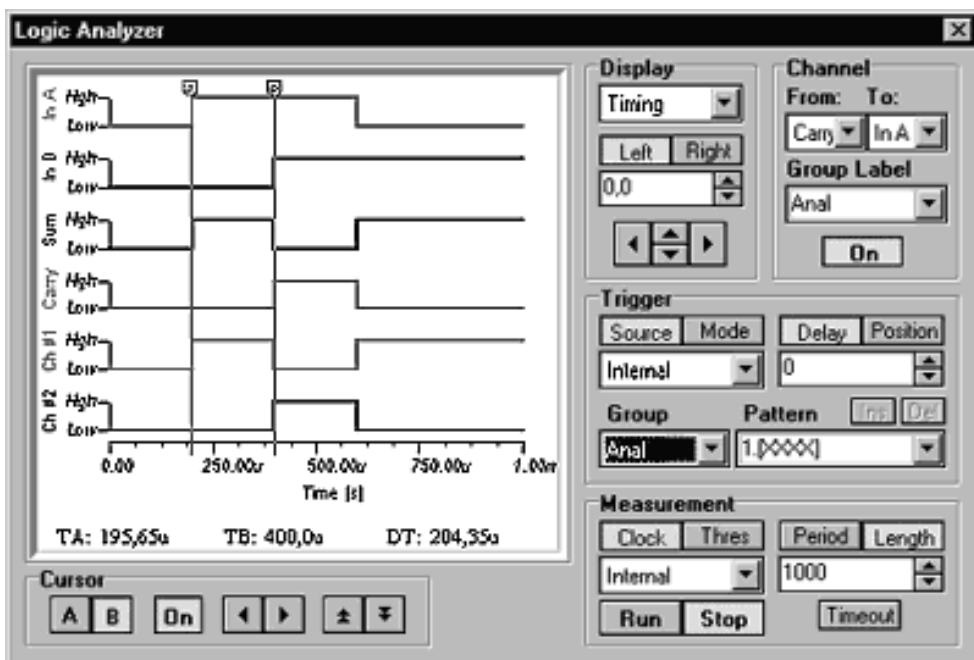
Alapmódszer- végighalad a frekvenciatartományon és ábrázolja az amplitúdót a frekvencia függvényében.

Fourier transzformáció- digitalizálja az időalapú jelet digitális mintavételezés segítségével, utána egy matematikai transzformáció (*FFT*) után ábrázolja a kapott spektrumot. Előnye, hogy periodikus, tranziens, és véletlenszerű jelek elemzésére is alkalmas.

A valós idejű jelanalizátor az áramkör frekvencia-átvitelének valós idejű mérésére szolgál [7]. A *TINALab* függvénygenerátora valós szinuszos söprési (*sweep*) jelet állít elő, méri az ennek hatására keletkező kimenőjelet, és megjeleníti azt a jelanalizátorban, ahol össze lehet hasonlítani a szimulált mérések eredményeivel.



- *Digitális jel-generátor* – segítségével a képernyőn megválaszthatjuk a kívánt jelalakot.
- *Logikai analizátor (valós idejű)* – Ha a logikai áramkörök vezérlő bemenőjelét a digitális jelgenerátorral beállítottuk a logikai analizátorral egyidejűleg az áramkör nyolc csatornájának valós idejű digitális kimenőjelét is megtekinthetjük



3.5.1.b A mérés rövid menete

Összekötjük a tesztgépet a számítógéppel (PC), beállítjuk milyen porton kommunikálunk (amennyiben lehet, a gyorsabb adatátvitel (működés) érdekében inkább az *USB* portot preferáljuk). Kiválasztjuk a mérendő áramkört, belehelyezzük a tesztgépbe. Csatlakoztatjuk a mérőszondákat is a tesztgéphez. A sikeres csatlakoztatás után a monitoron beállítjuk a mérőszondák osztási arányát (1/10). Tovább lépve megjelennek a mérő- illetve analízáló- műszerek ikonjai. A szondát csatlakoztatjuk a mérésben megadott mérőponthoz, és kiválasztva a megfelelő mérőműszert, elvégezzük a mérésben megadott feladatot. Amennyibe a mérendő elemek az előre elkészített nyomtatott áramkörökön vannak (*teszt-lapka*), a külső mérőszondát nem minden esetben kell alkalmaznunk.

Amennyiben a *TinaLab II* programcsomag mellett rendelkezésünkre áll a *TINA*, elektronikus áramkör-szimuláló programcsomag is, abban a szerencsés helyzetben vagyunk, hogy összehasonlítást tudunk végezni a szimuláció és a valós idejű (környezetű) működés között.

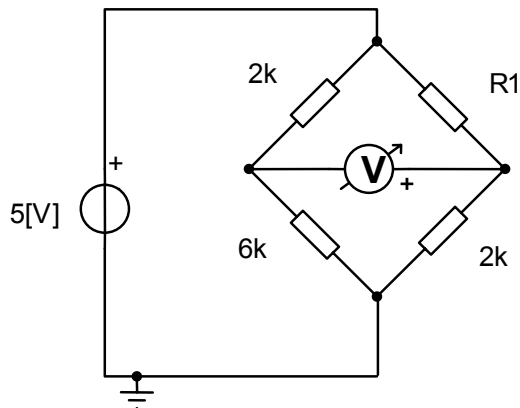
4. MINTAFELADATOK

4.1. Analóg technikával kapcsolatos mérési feladatok

4.1.1 DC/AC/TRANZIENS analízisek gyakorlására

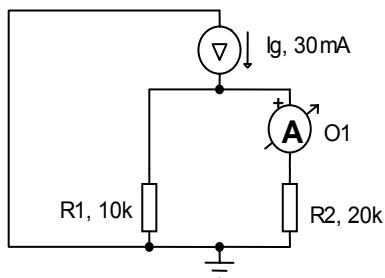
M4.1.1. Állítsa be az M4.1-1 ábrán látható hídkapcsolású áramkör R_1 ellenállását olyan értékre, hogy a hídban szereplő voltméteren a lehető legkisebb feszültség essen.

M4.1-1. ábra



M4.1.2. Az M4.1-2 ábrán látható **áramosztó** áramkörre végezze el a szimbolikus analízist a megadott pontok alapján.

M4.1-2. ábra



1. Válasszuk a *DC csomóponti analízist* az *Analízis* menüről. Vizsgáljuk meg a csomóponti feszültségeket a megjelenő mérőfejjel.
2. Válasszuk ki a *Szimbolikus analízis* majd a *DC eredmény* menüpontokat a képlet formájú eredményhez. Az eredmény elhelyezéséhez használjuk fel a vágólapot. Ez a *Szerkeszt* menü *Másol* illetve *Beilleszt* parancsaival lehetséges.

DC eredmény

$$I = \frac{R_1}{R_2 + R_1} \cdot I_g \text{ [A]}$$

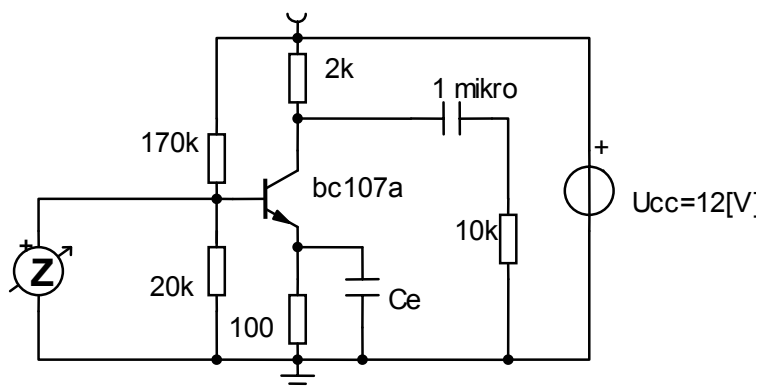
M4.1.3. Határozzuk meg az M4.1-3. ábrán lévő kapcsolás bemenő impedanciáját (Z = ohm-méter) a következő leírás segítségével:

- Futassa le az *AC Analízis / AC transzfer karakterisztika* menüpontokat. Megkapjuk 6 különböző C_e értékre a bemenő impedanciákat. Ezeket külön is vizsgáljuk meg, az *ANALÍZIS / Üzem mód / Léptetés menü* ponttal.
- Kattintsunk az *Analízis / AC analízis / Csomóponti fesz. Számítása* menüpontra, majd a mérőszondával $2x$ az impedancia-mérőre és így részletes leírást kapunk a bemenő impedanciáról / admittanciáról:

az impedancia komplex algebrai alakja
 az admittancia komplex algebrai alakja
 az impedancia abszolút értéke
 az impedancia szöge
 az admittancia abszolút értéke
 az admittancia szöge.

- Állítsuk be az impedancia-mérés frekvenciáját más értékre (dupla kattintás az impedancia-mérőre és a frekvencia paraméter átírása), majd ismételjük meg a mérést.

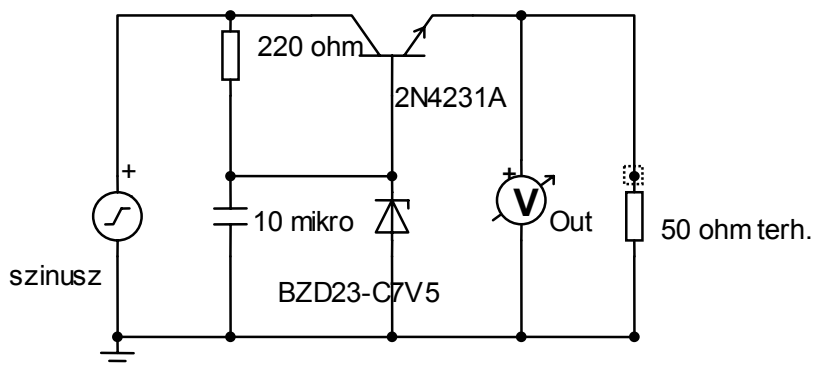
M4.1-3. ábra



M4.1.4. Az M4.1-4. ábrán látható stabilizált tápegység kapcsolására végezze el az adott feladatokat.

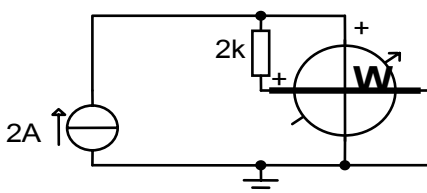
- DC analízis segítségével vizsgálja meg a terhelésen lévő feszültséget.
- Változtassa meg a terhelő ellenállás értékét és végezze el újra a mérést.
- Adjon a bemenetre egy $1[V]/50[Hz]$ amplitúdójú $7[V]$ egyenösszetevőjű bemenő szinusz jelet, majd oszcilloszkóp segítségével vizsgálja a terhelésen „esetlegesen” fellépő változást. Az oszcilloszkóp „volt/div” kapcsolóját válassza kb. $10[mV]$ -os értékre.

M4.1-4. ábra



M4.1.5. Egy terhelés egyenáramú teljesítményének mérésére végezzük el az alábbi feladatot. Vegyük figyelembe, hogy a teljesítménymérő két tekercse közül az egyikre a feszültséget a másikra az átfolyó áramot kötjük. A kapcsoláshoz és a feladathoz lásd az M1-5 ábrát.

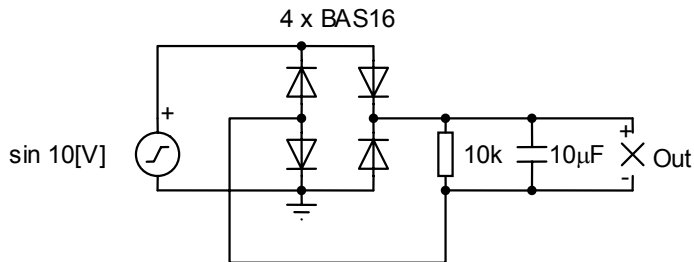
M4.1-5. ábra



- Válasszuk a DC csomóponti analízist az Analízis menüről.
- Vizsgáljuk meg a csomóponti feszültségeket a megjelenő mérőfejjel.
- A teljesítménymérő kimenetén megjelenik az ellenállás teljesítménye.

M4.1.6. Vizsgáljuk meg az M4.1-6 ábrán megadott *Graetz* -kapcsolás terhelésen lévő feszültségét a megadott adatok segítségével. A bemenő feszültségünk legyen egy szinuszos jel 10[V] –os amplitúdóval.

M4.1-6. ábra

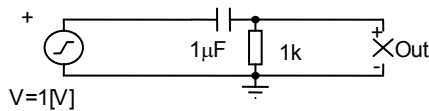


- A kimeneti hullámforma megjelenítéséhez válasszuk a *Tranziens analízist* az *Analízis* menüből és a *Tranziens analízis* dialógus-dobozban nyomjuk meg az *OK* gombot.
 - Az eredményt az oszcilloszkópon is megjeleníthetjük.
- Válasszuk ki az *Oszcilloszkópot* kattintsunk a *Run* gombra.

M4.1.7. Vizsgáljuk meg az M4.1-7 ábrán megadott deriváló áramkör kimenetén lévő feszültséget, ha a bementre $1[V]$ amplitúdójú $500[Hz]$ frekvenciájú négyszögjelet adunk.

Ismételjük meg a feladatot különböző frekvencián, terhelő ellenálláson és kapacitáson.

M4.1-7. ábra



AC átviteli függvény

$$W(s) = \frac{R.Cs}{1 + R.Cs}$$

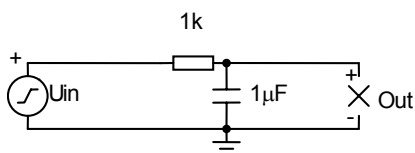
Az áramkör egy differenciáló kapcsolást valósít meg egy RC tag segítségével.

- 1. A kimeneti hullámforma megjelenítéséhez válasszuk a *Tranziens analízist* az *Analízis* menüből és a *Tranziens analízis* dialógus-dobozban nyomjuk meg az *OK* gombot.
- 2. Az eredményt az oszcilloszkópon is megjeleníthetjük. Válasszuk ki az *Oscilloszkópot* a *T&M* menüről, kattintsunk a *Run*, majd az *Auto* gombra. A szinkronizáláshoz állítsuk a *Trigger Mode*-ot *Normal*-ra.
- 3. Az AC transzfer karakterisztika ábrázolásához Válasszuk az *AC transzfer karakterisztika* menüpontot az *Analízis* menüről vagy hozzuk be a *Jel-analizátort* a *T&M* menüről és kattintsunk a *Run* gombra.
- 4. Végül az átviteli függvény képlet formájú előállításához válasszuk ki a *Szimbolikus analízis* menüpont alatti *AC átviteli függvény* parancsot. Az eredmény elhelyezéséhez használjuk a vágólap *Másol* ill. *Beilleszt* parancsait.

M4.1.8. Vizsgáljuk meg az M4.1-8 ábrán megadott integráló áramkör kimenetén lévő feszültséget, ha a bemenre $1[V]$ amplitúdójú $500[Hz]$ frekvenciájú négyszögjelet adunk.

Ismételjük meg a feladatot különböző frekvencián, terhelő ellenálláson és kapacitáson.

M4.1-8. ábra



AC transzfer függvény

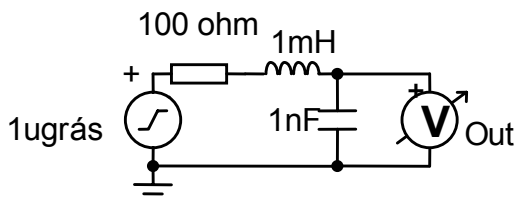
$$W(s) = \frac{1}{1 + C.Rs};$$

Az áramkör egy integráló kapcsolást valósít meg egy RC tag segítségével.

- 1. A kimeneti hullámforma megjelenítéséhez válasszuk a *Tranziens analízist* az *Analízis* menüből és a *Tranziens analízis* dialógus-dobozban nyomjuk meg az *OK* gombot.
- 2. Az eredményt az oszcilloszkópon is megjeleníthetjük. Válasszuk ki az *Oscilloszkópot* a *T&M* menüről, kattintsunk a *Run* majd az *Auto* gombra. A szinkronizáláshoz állítsuk a *Triger Mode*-ot *Normal*-ra.
- 3. Az *AC transzfer karakterisztika* ábrázolásához Válasszuk az *AC transzfer karakterisztika* menüpontot az *Analízis* menüről vagy hozzuk be a *Jel-analizátort* a *T&M* menüről és kattintsunk a *Run* gombra.
- 4. Végül az átviteli függvény képlet formájú előállításához válasszuk ki a *Szimbolikus analízis* menüpont alatti *AC átviteli függvény* parancsot. Az eredmény elhelyezéséhez használjuk a *vágólap Másol* ill. *Beilleszt* parancsait.

M4.1.9. A kapcsolásban megadott soros rezgőkörön végezzünk el először egy *Analízis/ AC-Analízis/ Tranziens* analízist, majd vizsgáljuk meg a kapcsolás átviteli karakterisztikáját, az *Analízis/ AC-Analízis/ AC transzfer karakterisztika*, segítségével, ha a bemeneten mindegyik esetben $I[V]$ –os egységugrás van. Az eredményben kapott görbéket a *Nézet / Görbék szétválasztása* segítségével különválaszthatjuk. Számoljuk ki matematikailag a fázisfordítás helyét és a rezonancia frekvenciát.

M4.1-9. ábra

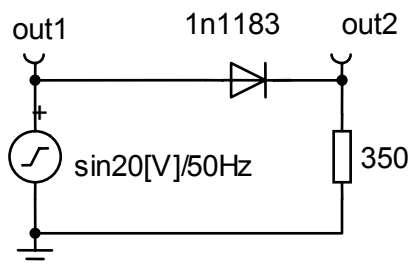


M4.1.10. Végezzük el az M4.1-9. ábrán megadott rezgőkör optimalizálását arra az esetre, ha a bemenetre $1[V]$ amplitúdójú $100[kHz]$ frekvenciájú szinusz jelet kapcsolunk. A feladatot a következőképpen végezzük:

- Kattintsunk az *Analízis/ Tranziens* majd az *Analízis/ AC-Analízis/ AC transzfer karakterisztika* menüpontokra, az eredeti válaszfüggvény vizsgálata érdekében.
- Kattintsunk 2x a jelgenerátorra és változtassuk meg a bemenő függvény frekvenciáját $200[kHz]$ -re., majd ismételjük meg a méréseket.
- A különbségeket (ábrákat) rögzítsük.
- Optimalizáljuk az áramkört a kimenő feszültségre a kondenzátor kapacitásának változtatásával.
- Futassuk újra az első pontban megadott módon az átviteli függvény *Bode* és *Nyquist* diagramjának vizsgálatát.

M4.1.11. Készítsünk diódás egy-utas egyenirányító áramkört az M4.1-11. ábra alapján, majd az *Analízis/ Tranziens* menüpontok segítségével ellenőrizzük a dióda előtti és utáni (out_1 , out_2 pontokban) jelalakokat. Végezzük el a mérést az oszcilloszkóp segítségével is.

M4.1-11. ábra



M4.1.12. Egészítsük ki az M4.1-11. ábrán látható kapcsolást egy szűrőkondenzátorral, amit kapcsoljunk párhuzamosan a terhelő ellenállás elé. A szűrőkondenzátor kezdő kapacitása legyen $C=50[\mu F]$.

- Mérjük le, és számítással ellenőrizzük a ΔU feszültségingadozás nagyságát.

- Fokozatosan változtassuk a szűrőkondenzátor kapacitását addig, míg a ΔU feszültség-ingadozásunk (0-2)mV közé nem csökken.
- Növeljük a terhelő ellenállás nagyságát a duplájára és végezzük el újra a mérést, vizsgáljuk a ΔU nagyságát.

4.2. Digitális technikával kapcsolatos mérési feladatok

4.2.1 Általános tudnivalók:

A digitális áramköröknél tápegységként általában jelgenerátort használunk.



Ügyelnünk kell arra, hogy a jelgenerátort beállítsuk (dupla kattintás a jelgenerátorra) a számunkra megfelelő jelek előállítására a „MINTA” mező segítségével. Itt valójában egy eseménynaptárt kell létrehoznunk a „HASZNÁLAT” címszó alatt.



Mindezek után az „Analízis/digitális nyomkövetés” menüpontunk már működik, különböző színekkel jelölve a magas (piros) és alacsony (kék) szinteket. Az „Analízis/digitális idődiagram” futtatásához viszont meg kell választanunk az áramkör BE/KI –meneti pontjait is.

A digitális mérési feladatok nagyjából a következő folyamatot követik:

- egyenlet/ ek felállítása
- egyszerűsítés/ ek
- BE/KI meneti pontok megnevezése
- A bemenetek idődiagramjainak megtervezése
- jelgenerátorok hozzárendelése és az idődiagramok szerinti beállítása a bemeneteken
- „digitális nyomkövetés”- sel a feladatok ellenőrzése
- hiba esetén a „digitális idődiagram”- mal a bemenetek és kimenetek ellenőrzése (Ez kerül a jegyzőkönyvbe is).

4.2.2 Kódtáblázatok:

	<i>Aiken</i>				<i>Stibitz</i>				<i>White</i>				<i>Gray</i>			
<i>Súly</i>	2	4	2	1	<i>Nincs</i>				5	2	1	1				
0																
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																

M4.2.1. Készítse el azokat a minimális kapulétszámmal rendelkező logikai áramköröket, amelyek a 0..9-ig lévő bináris számokat (BCD kód), átalakítják a megadott kódokba (Megj.: a 10..15-ig lévő bináris számok, közömbös kombinációk.)

- a.) BCD -> Aiken -> Stibitz
- b.) BCD -> Stibitz -> White
- c.) BCD -> White -> Gray

A feladatok megoldásánál, a kódtáblázatok alapján, készítse el a kívánt logikai függvényeket, majd a függvények kapcsolási rajzát a

TINA program segítségével. A kapcsolási rajzon felhasználhatók a *TINA*-ban található *KAPU* áramkörök, a lényeg, hogy az áramkörök a lehető legkevesebb kaput használják fel.

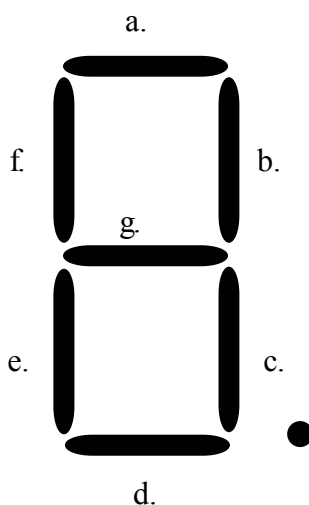
Végezze el a végleges feladatokra a digitális analízist (Digitális nyomkövetés, Digitális idődiagram), majd az eredményeket tüntesse fel a jegyzőkönyvben.

M4.2.2. Készítsen olyan kódoló áramkört, amely a 0..F-ig lévő hexadecimális számokat megjeleníti a 7 szegmenses kijelzőn. A 9-től nagyobb számokat a tizedesponttal jelezze.

A feladat megoldásánál el kell készíteni az igazságtáblázatot, továbbá a szegmenseket és a tizedespontot vezérlő logikai függvényeket. A logikai kapcsolás elkészítésénél felhasználhatóak a *TINA*-ban található *KAPU* áramkörök, csak arra kell törekednie, hogy minimális kapuszámmal érje el a kódolást. Figyeljen arra, hogy a *TINA*-ban található 7 szegmenses kijelző *COM* bemenetére menjen a táplálás (Figyelem! *A szegmensek tehát a földre kapcsolnak, vagyis „0”-ra aktívak, ezt vegyük figyelembe a tervezésnél is.*), és hogy a kijelző mindig (az *ANALÍZIS* elindítása után) az aktuális állapotot jelzi.

Végezze el a végleges feladatra a digitális analízist (Digitális nyomkövetés, Digitális idődiagram), majd az észrevételeit tüntesse fel a jegyzőkönyvben. A szegmensek jelölését lásd a M4.2-2. ábrán.

M4.2-2. ábra



7 szegmenses kijelző
decimális ponttal

M4.2.3. Tervezzen olyan aritmetikai teljes összeadó áramkört, amely két egybites számot összead és az eredményt, ugyanúgy az átvitelt is, kijelzi egy-egy 7 szegmenses kijelzőn.

A feladat megoldásánál készítse el az összeadó áramkör igazságtáblázatát, figyelembe véve az A , B összeadandókat, a C_{k-1} áthozatalt, illetve a C_k átvitelt és az S összeget. (Nehézségek esetén lapozza fel a [2] irodalmat.). Felhasználható áramkörök, a *TINA*-ban található *KAPU* áramkörök. Törekedjen a minimális kapuszám elérésére, továbbá figyeljen a 7 szegmenses kijelző vezérlésére.

Ellenőrzésképpen végezze el az áramkör digitális analízisét, amit a jegyzőkönyvben részletezzen.

M4.2.4. Készítse el a [3] irodalomban megadott 3.11 feladat (68. old.) logikai kapcsolási rajzát a *TINA*-ban található *KAPU* áramkörök segítségével, majd elemezze a megoldást a digitális analízis segítségével (Digitális nyomkövetés, Digitális idődiagram).

A feladat megoldásánál az $L1$, $L2$, illetve VL lámpák működtetése helyett használja a *TINA*-ban található *Műszerek/Közlekedési lámpa* színeit, ahol a hiba VL legyen a piros szín. A hiba törlése után a piros szín se világítson. Figyeljen arra, hogy a közlekedési lámpa táplálását 5[V]-ra állítsa.

- - -

M4.2.5. Készítsen a *TINA*-ban található *KAPU* áramkörök segítségével egy *JK* tároló áramkört.

A feladat megoldásánál visszacsatolást kell alkalmazni. Először vázolja az *MS-SR* tárolót, majd készítse el ennek kapcsolási rajzát kapuszinten, majd ehhez csatolja a szükséges további kapukat, hogy *JK* tárolót kapjon. Ismernie kell a *JK* tároló igazságtáblázatát, majd az igazságtáblázat és a *Digitális analízis* segítségével ellenőrizze az áramkör helyes működését. Az analízis eredményét jegyzőkönyvben rögzítse.

M4.2.6. Készítsen a *TINA*-ban található *FLIP-FLOP* áramkörök segítségével, egy 4 bites oda-vissza léptető regisztert.

A feladat megoldásánál egy 4 bites léptető regisztert kell megtervezni, melynek lesz egy irányváltó bemenete is. Nehézségek esetén lapozza fel a [2], [4] irodalmat. A tervezés után a működés helyességének ellenőrzését a *Digitális analízis* segítségével végezze el. Az eredményeket a jegyzőkönyvben is fel kell tüntetni.

M4.2.7. Készítsen a *TINA*-ban található *FLIP-FLOP* áramkörök segítségével, egy 4 bites oda-vissza számlálót.

A feladat megoldásánál egy 4 bites számlálót kell megtervezni, mely a 9-es szám elérése után visszafelé kezd számolni. Nehézségek esetén lapozza fel a [2], [4] irodalmat. A tervezés után a működés helyességének ellenőrzését a *Digitális analízis* segítségével végezze el. Az eredményeket a jegyzőkönyvben is fel kell tüntetni.

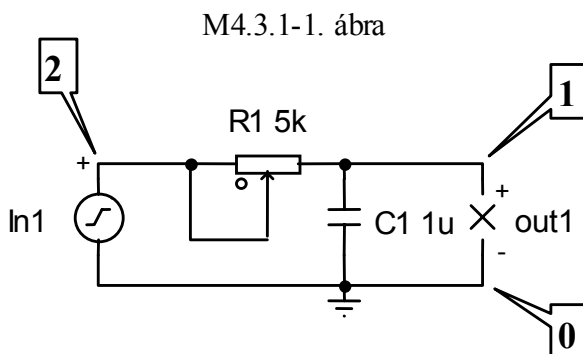
M4.2.8. Készítsen a *TINA*-ban található *JK* tárolók segítségével, egy 4 bites aszinkron számlálót, amely 0..9-ig körbeszámol.

A feladat megoldásánál elkészíti a számlálót, majd a számláló kimenetére a *Logikai IC-k / Dekóderek-demultiplexerek* –ben található *BCD/7szegm* dekóder segítségével a kimenetet rákapcsolja a 7 szegmenses kijelzőre. A tervezés után a működés helyességének ellenőrzését a *Digitális analízis* segítségével végezze el. Az eredményeket a jegyzőkönyvben is fel kell tüntetni.

4.3. Szabályozástechnikával kapcsolatos mérési feladatok

Ebben a fejezetben azokkal a szabályozástechnikában előforduló alaptagokkal foglalkozunk melyeknek elektrotechnikai modelljeit, legalább megközelítőleg, össze tudjuk állítani. Az összeállítást követően vizsgáljuk a kapcsolás tipikus vizsgálófüggvényekre adott válaszfüggvényeit.

M4.3.1. Elemezze a M4.3.1-1 ábrán megadott kapcsolást szabályozástechnikai szempontból.



Vizsgálja meg a bemeneti és kimeneti jelek viszonyát!

1. Tranziens karakterisztika:

- Dirack impulzus (Bemeneti jel)
- Egységugrás (Bemeneti jel)

2. AC analízis:

(Bemeneti jel szinusz görbe 1[V]/50 [Hz])

- Fázorábra
- AC transzfer karakterisztika
 - Amplitúdó és fázis
 - Nyquist diagramm

3. Ugyanaz, mint a 2. pont (Bemeneti jel szinusz görbe 12[V]/1 [kHz], R_1 - legyen a duplája, C_1 , pedig az ötszöröse).

FELADAT:

- Írja fel a kapcsolást leíró differenciálegyenleteket,
- Az egyenletek alapján állapítsa meg milyen tagról van szó,
- Nyomtassa ki / mentse el a kapott analízis eredményeit, majd:
 - Számítással ellenőrizze a fázorábra fázisszögét
 - Számítással ellenőrizze a kapott Bode és Nyquist diagrammok jellegzetes pontjait
Bode: Fázisfordítási pontok (törési frekvencia)
Nyquist: X és Y tengellyel való metszéspontok és egy általános pont a görbén.

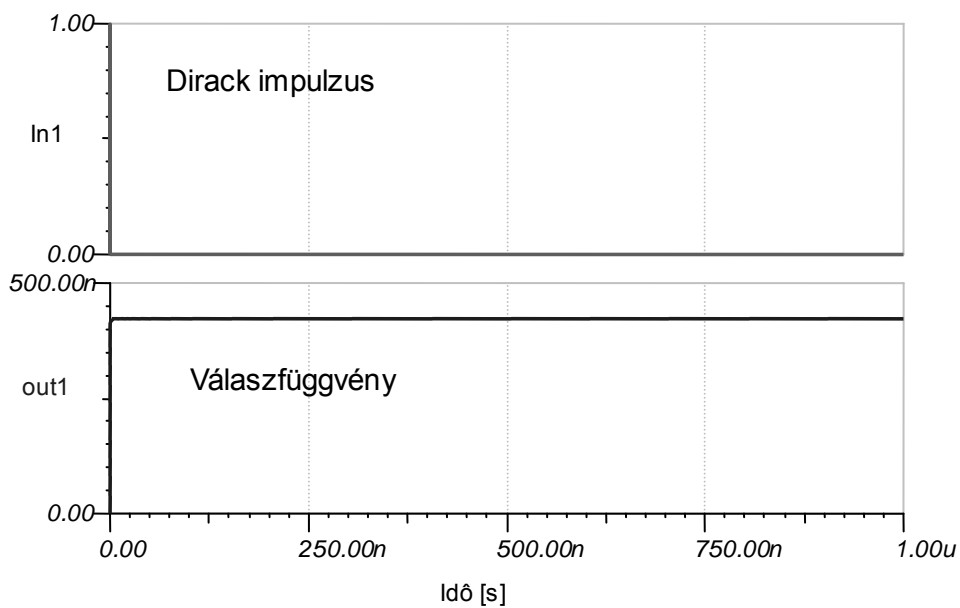
A jegyzőkönyvben leadandó:

Az egyes kapcsolási rajzok. Az analízis alapján kapott fázorok és görbék nyomtatott formái. A számítások képletei és eredményei (megjelölve a kinyomtatott görbéken).

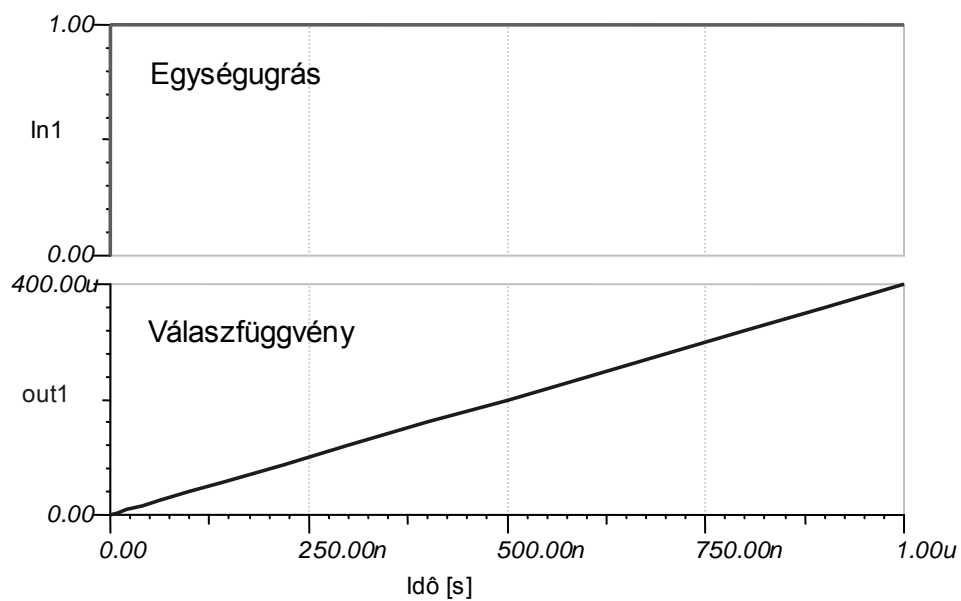
* * *

A kapcsolat eredményei:

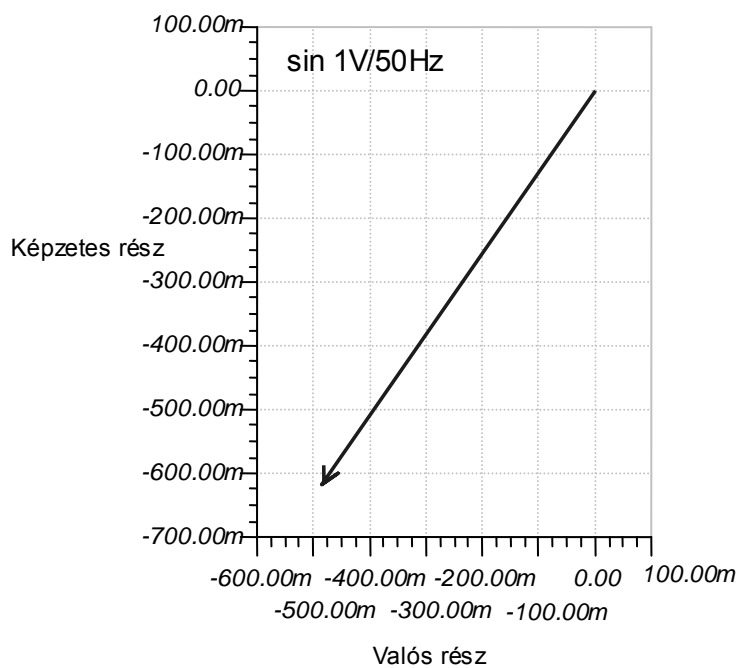
M4.3.1-2.



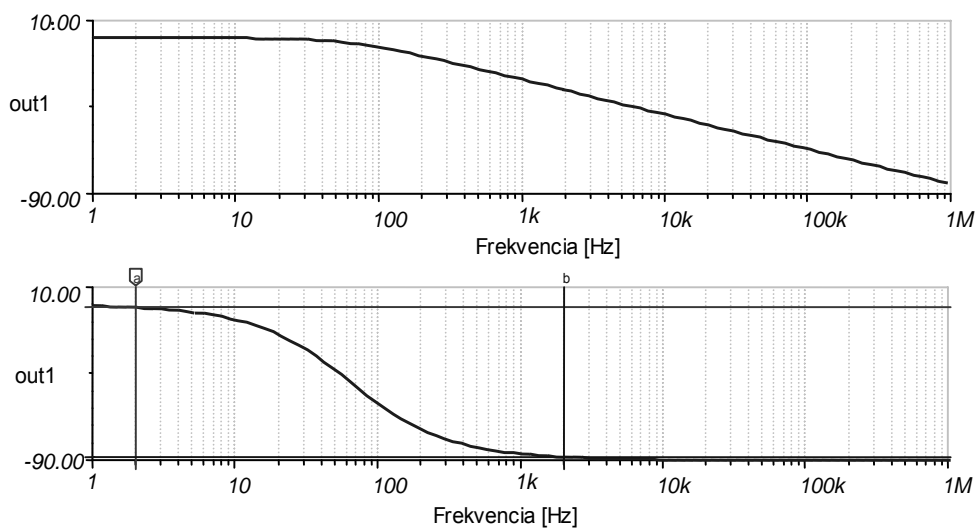
M4.3.1-3. ábra



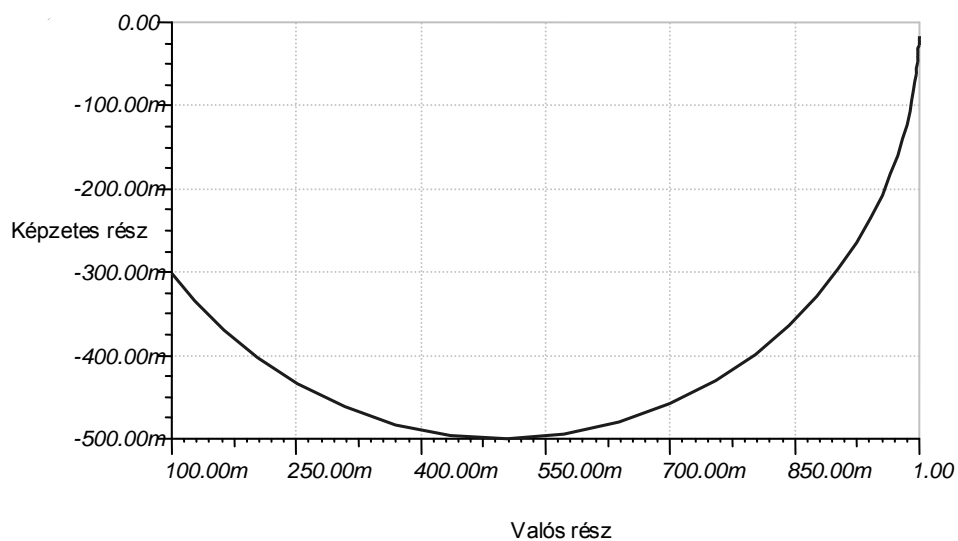
M4.3.1-4. ábra
Fázorábra



M4.3.1-5. ábra
Bode diagramok:
Amplitúdó
Fázis



M4.3.1-6. ábra
Nyquist diagram



A számításhoz szükséges képletek (általánosan):

1. A bemenő feszültség:

$$U_{m1} = U_R + U_c;$$

Ahol U_c egyben a kimenő feszültségünk is (U_{out}).

$$U_R = i.R;$$

$$U_c = \frac{1}{C} \int i.dt;$$

ahol :

$$i = C. \frac{dU_{out}}{dt};$$

2. A rendszert leíró differenciálegyenlet:

$$U_{in} = R.C. \frac{dU_{out}}{dt};$$

3. Az egyenlet átírható:

$$U_{in} = U_{out} + T_1.DU_{out};$$

Ebből az alakból kifejezhető az *átviteli függvény* általános alakja, ahol

az átvitel: $A = \frac{U_{out}}{U_{in}};$

$$U_{in} = U_{out} + T_1.DU_{out}; / U_{in}$$

$$1 = \frac{U_{out}}{U_{in}} (1 + T_1 D);$$

$$A = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{1}{1 + T_1 D};$$

ahol: $T_1 = R_1.C_1$ -időállandó, D – a deriválást képviseli

A törési frekvencia (az átviteli függvény nevezőjéből):

$$1 = \omega.R_1.C_1;$$

$$\omega = \frac{1}{R_1 C_1};$$

Az átviteli függvény alakjából már kiolvasható, hogy a kapcsolás milyen tagot képvisel. Jelen esetben egytárolós P-tagról (PTI) beszélhetünk, melynek differenciál-egyenlettel leírható általános alakja:

$$T_1 \cdot D x_2(t) + x_2(t) = A_p \cdot x_1(t) ;$$

(esetünkben: x_2 -kimenő változók, x_1 -bemenő változók, $A_p=1$)

Számbeli értékeket a képletekbe való behelyettesítés után kapunk. (Az R és C értékeit lásd a kapcsolási ábrán)

A Nyquist diagramm ellenőrzését a frekvencia tartományban való számolással ellenőrizzük.

Általános alak:

$$A(j\omega) = \frac{A_2}{A_1} \cdot e^{j\phi} = \frac{x_2(j\omega)}{x_1(j\omega)} ;$$

Ami a mi esetünkben:

$$A(j\omega) = \frac{U_{in}}{T_1 \cdot (j\omega) + 1} ;$$

Ebből kifolyólag a Nyquist diagramm egy U_{out} átmérőjű félkör lesz, melyen számolhatunk valamely ω_0 paraméterhez tartozó $|\frac{A_2}{A_1}|$; viszonyt, illetve ϕ fáziseltolódást a következők alapján:

$$\left| \frac{A_2}{A_1} \right|_{\omega_0} = A_{(j\omega_0)} = \sqrt{(\operatorname{Re} A_{(j\omega_0)})^2 + (\operatorname{Im} A_{(j\omega_0)})^2} ;$$

$$\frac{U_{in}}{T_1(j\omega_0) + 1} \cdot \frac{T_1(j\omega_0) - 1}{T_1(j\omega_0) - 1} = \underbrace{\frac{U_{in}}{1 + T_1^2 \cdot \omega_0^2}}_{\operatorname{Re}} - \underbrace{\frac{U_{in} \cdot T_1 \omega_0}{1 + T_1^2 \cdot \omega_0^2}}_{\operatorname{Im}} \cdot j ;$$

$$a(\omega_0) = 20 \log \frac{U_{in}}{\sqrt{1 + \omega_0^2 T_1^2}} = -20 \log U_{in} \sqrt{1 + \omega_0^2 T_1^2} ;$$

$$\phi(\omega_0) = \arctg \frac{\operatorname{Im} A(j\omega_0)}{\operatorname{Re} A(j\omega_0)};$$

$$\phi(\omega_0) = -\arctg \frac{U_{in} \cdot T_1 \cdot \omega_0}{U_{in}} = -\arctg T_1 \cdot \omega_0;$$

A levezetett képletekbe való számbeli behelyettesítéssel megkaphatjuk a Nyquist diagramm pontjait.

A frekvenciatartományban lévő számolásra használhatjuk még a következő, az ún. feszültségosztás alapján felírható összefüggéseket is:

$$A(j\omega) = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC};$$

$$A = |A| \cdot e^{j\varphi};$$

$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}};$$

$$\varphi = -\arctg \omega RC;$$

A számításhoz szükséges képletek (konkrétan ehhez a példához):

1. A rendszer AC átviteli függvénye:

$$W(s) = \frac{1}{1 + C_1 \cdot R_1 \cdot s};$$

2. A rendszer AC időfüggvénye:

$$out_1(t) = In_{1(A)} \cdot \left| \frac{1}{1 + C_1 \cdot R_1 \cdot (j\omega)} \right| \cdot \cos \left(\omega t + In_{1(\phi)} + \operatorname{Arc} \left(\frac{1}{1 + C_1 \cdot R_1 \cdot (j\omega)} \right) \right);$$

3. Fél-szimbolikusan behelyettesítve:

a.) az átviteli függvény:

$$W(s) = \frac{1}{1 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot s};$$

b.) az időfüggvény:

$$\begin{aligned} out_1(t) &= In_{1(A)} \cdot 5,37 \cdot 10^{-1} \cdot \cos(\omega t + In_{1(\phi)} - 147,52^\circ) = \\ &= 5,37 \cdot 10^{-1} \cdot \cos(\omega t - 147,52^\circ); \end{aligned}$$

4. Táblázat, a kapott eredmények ellenőrzésére:

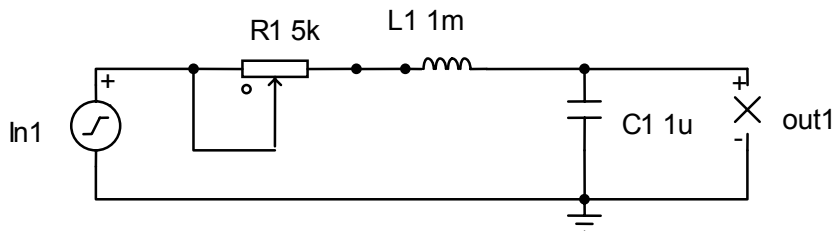
Megjegyzés: A táblázatban lévő csomópontok $\{[2, 0]; [2, 1], \dots\}$ értelmezésére, lásd M4.3.1-1. ábra.

TAB. 4.3.1-T1.

Nodes	Values
I_In1[2,0]	168,71uA / 122,48°
I_R1[2,1]	168,71uA / -57,52°
Out1	537,03mV
V_C1[1,0]	537,03mV / -147,52°
V_In1[2,0]	1V / -90°
V_Out1[1,0]	537,03mV / -147,52°
V_R1[2,1]	843,56mV / -57,52°
VP_1	537,03mV / -147,52°
VP_2	1V / -90°

M4.3.2. Elemezze a M4.3.2-1. ábrán látható kapcsolást szabályzástechnikai szempontból, írja le a kapcsolat differenciálegyenletét, állapítsa meg milyen alaptagról van szó és végezze el a M4.3.1 feladatban felírt feladatokat.

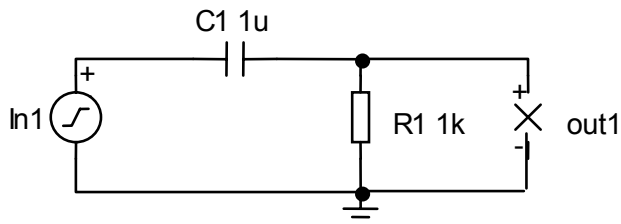
M4.3.2-1. ábra



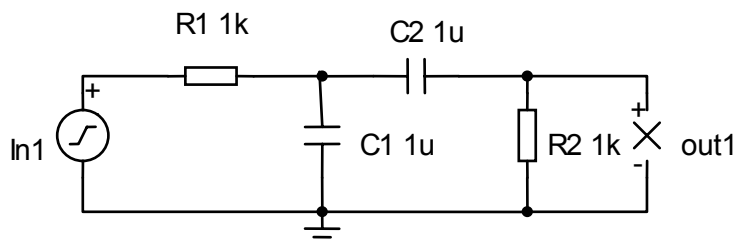
Az elemzés elvégzése után számítsa ki a rendszer csillapítási tényezőjét.

M4.3.3. Elemezze a M4.3.3-1, M4.3.3-2, M4.3.3-3, M4.3.3-4, M4.3.3-5. ábrán látható kapcsolást szabályzástechnikai szempontból, írja le a kapcsolás differenciálegyenletét, állapítsa meg milyen alaptagról van szó és végezze el a M4.3.1 feladatban felírt feladatokat.

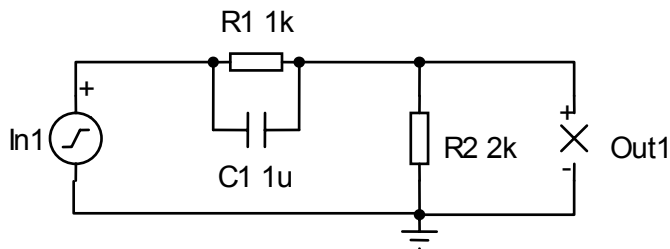
M4.3.3-1. ábra



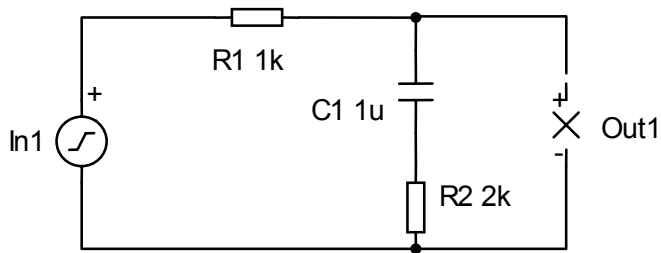
M4.3.3-2. ábra



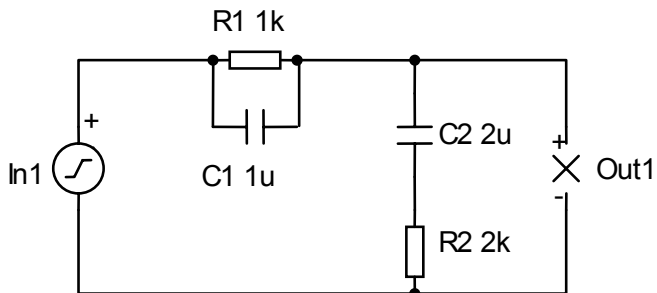
M4.3.3-3. ábra



M4.3.3-4. ábra



M4.3.3-5. ábra



Megjegyzés: A fáziseltolódásokat a bemeneti és kimeneti jelek között ellenőrizhetők az oszcilloszkóp segítségével is. A feladatokhoz segítséget nyújthat az irodalomjegyzék [5] pontján megadott irodalom.

4.4. Valós környezetben megvalósított mérési feladatok

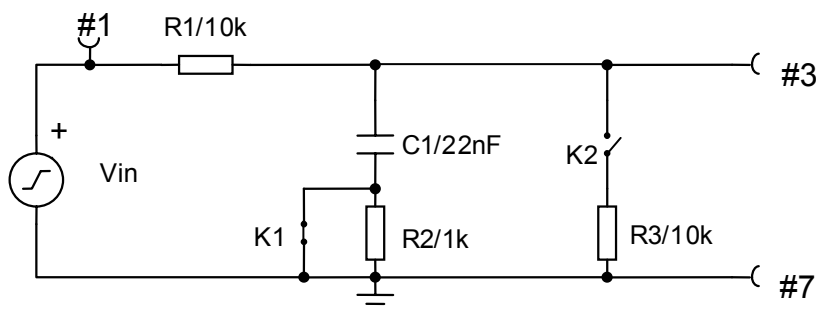
Ebben a fejezetben 2 mintafeladat kerül bemutatásra, egy analóg és egy digitális mintafeladat formájában.

M4.4.1. Vizsgáljuk meg a TC-0030 lapkán elhelyezett aluláteresztő szűrő átviteli karakterisztikáját számítások és mérések (a mérőszondák megfelelő lábra való csatolásával) segítségével. A kapott eredményeket rajzolja be a *frekvencia - amplitúdó/fázis* diagrammokba. A mérésben vizsgált kapcsolás ábrája az M4.A-1. ábrán látható. A mérést K1-zárt, K2-nyitott állapotú kapcsolóállásokban végezzük.

Továbbá a mérésnél, tápfeszültségként használjunk $\sin 1[V]$ amplitúdójú bemenő jelet, és különböző felvett frekvenciákon, $20[Hz]-20[kHz]$ -ig, mérjük le a fáziseltolást, majd számítsuk ki az amplitúdó decibeles értékét (ezeket az értékeket rajzoljuk be a diagrammokba). Számoljuk ki az alapállapotban lévő kapcsolás

$W(s) = \frac{U_{ki}}{U_{be}}$; átviteli karakterisztikáját is.

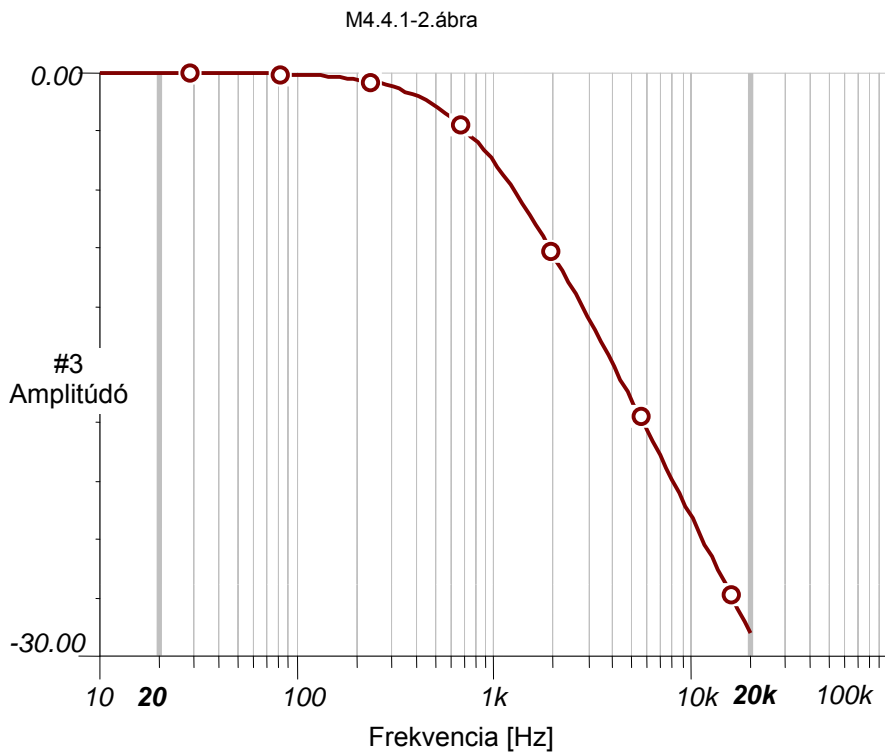
M4.4.1-1. ábra



Megjegyzés: Ismeretes, hogy a kondenzátor kis frekvenciákon szakadásként viselkedik, így az áramkör csillapítása 0 közeli. Érdeemes megállapítani a *törésponti* frekvenciát (vagy *határfrekvencia* – ahol $|Z_R|=|Z_C|$, vagyis a két impedancia abszolút értéke megegyezik),

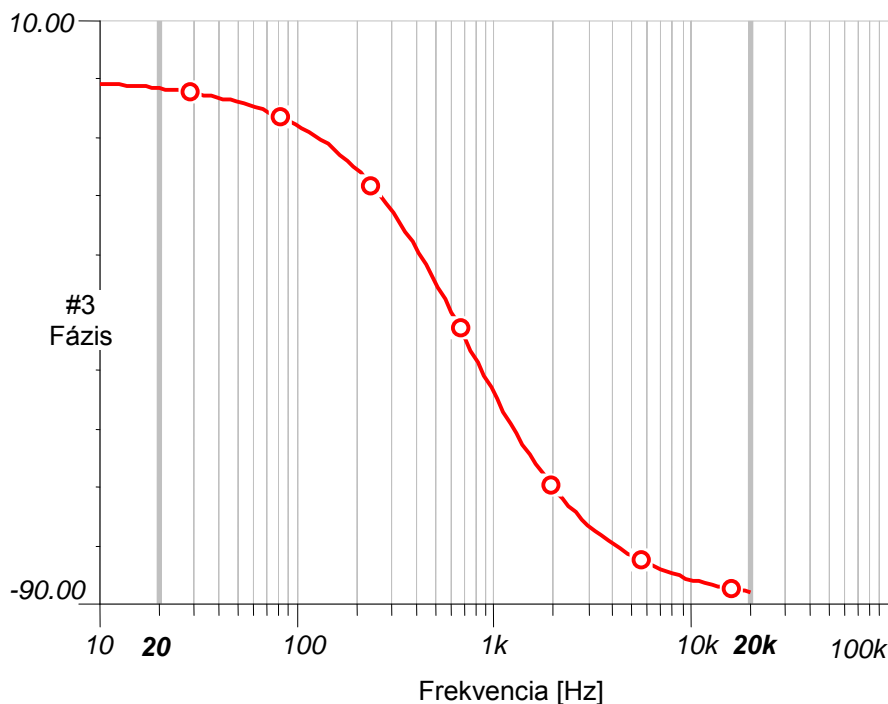
$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$; ahol a csillapítás 3[dB]. A törésponti frekvencia felett pedig a csillapítás már 20dB/dekád mértékben következik.

A mérés eredményeit az M4.4.1-2 ábrán, ami a frekvencia [Hz] és amplitúdó [dB] arányát mutatja,



illetve, az M4.4.1-3 ábrán, ami a frekvencia és fázis egymáshoz való viszonyát mutatja, láthatóak. Az ábrán látható #3, a hármas mérőpontot jelzi, lásd M4.4.1-1. ábra.

M4.4.1-3. ábra



A rendszer átviteli karakterisztikájának kiszámolásához írjuk fel a rendszer ki- és bemenő feszültségeit, majd ezeknek operátoros alakjából kapjuk az átviteli karakterisztikát:

$$U_{be} = U_R + U_C$$

$$U_R = I \cdot R_1;$$

$$U_C = \frac{1}{C_1} \cdot \int i \cdot dt;$$

Ezekből az átviteli függvény:

$$W = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{\frac{1}{C_1} \int i \cdot dt}{i \cdot R + \frac{1}{C_1} \int i \cdot dt};$$

$$W(s) = \frac{1}{1 + R_1 C_1 \cdot s};$$

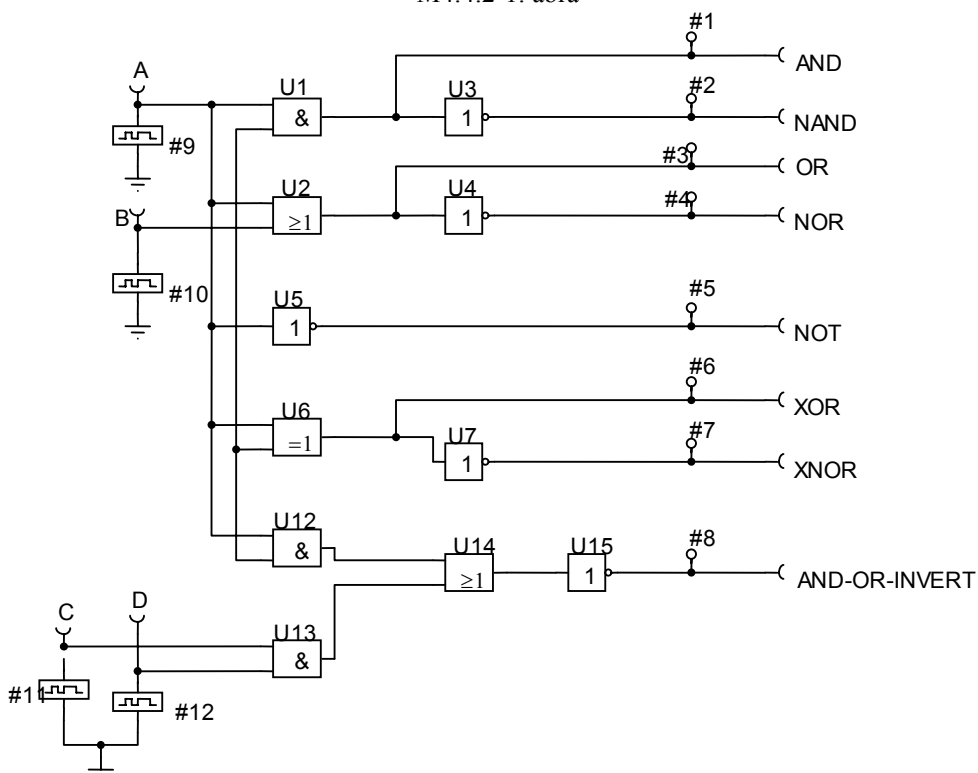
Az amplitúdó *dB-es* átalakítására a következő összefüggés érvényes:

$$a(\omega) = 20 \cdot \log \frac{A_2}{A_1};$$

ahol „*a*” a kimenőjel, A_2/A_1 a bemenő, illetve a kimenő jelek amplitúdói.

M4.4.2. Vizsgáljuk meg a TC-0410 lapkán elhelyezett áramkör (logikai alapelemek) működését. Írjuk fel az egyes kimenetek igazságtábláit és, a mérőszondák megfelelő lábhoz való csatolásával, ellenőrizzük a működésüket. Figyeljük meg, hogy az egyes inverterek milyen időkésettetéssel dolgoznak. A mérésben vizsgált kapcsolást az M4.4.2-1. ábra mutatja.

M4.4.2-1. ábra



A logikai analizátor segítségével vizsgáljuk meg a kimenetek, #1-#8, időbeli lefolyását, és ismét ellenőrizzük az igazságtábla alapján a helyes működést. Ugyanúgy a *logikai analizátoron* láthatjuk az egyes

kapuk időbeli késleltetését. A logikai függvények igazságtáblázatait, lásd *TAB. M4.4.2-T1*.

TAB.M4.4.2-T1.

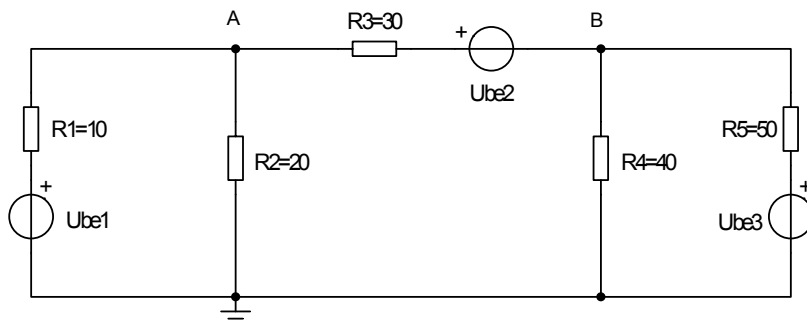
LOGIKAI FÜGGVÉNY	BOOLEAN ALGEBRAI KIFEJEZÉS	IGAZSÁGTÁBLA		
		BEMENETEK		KIMENET
		B	A	Y
AND	$Y = A * B$	0	0	0
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	1
OR	$Y = A + B$	0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	1
INV	$Y = \overline{A}$		0	1
			1	0
NAND	$Y = \overline{A * B}$	0	0	1
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0
NOR	$Y = \overline{A + B}$	0	0	1
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	0
XOR	$Y = A \oplus B$	0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0
XNOR	$Y = \overline{A \oplus B}$	0	0	1
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	1

5. Házi Feladatok

5.1. Egyenáramú áramkörökkel kapcsolatos feladatok

HF5.1.1 A megadott kapcsolási rajzon végezze el a leírt feladatokat:

HF5.1.1-1 ábra



Feladat:

1. Számolja ki az áramkör áramait
 - 1.1. Maxwell ciklusok segítségével
 - 1.2 Szuperpozíció segítségével
2. Hasonlítsa össze a kiszámolt adatokat
3. Számolja ki az "A" és "B" pontokban lévő feszültségeket.

Mérés:

- m1. Mérje le az egyes ágakban folyó áramokat (árammérő)
- m2. DC analízis segítségével mérje le a csomópontokban lévő feszültségeket.

Eredmény:

Készítse el a számolt és mért adatok táblázatát.

HF5.1.2. Végezze el, az [1]-s irodalomban a 44. oldalon az I/1.33. ábrán megadott áramkör DC- analízisét! Az eredményeket és kapcsolási rajzot a mérési jegyzőkönyvben kell feltüntetni.

Feladat:

- Számolja ki: az eredő-ellenállást, az egyes ágakban folyó áramokat, az egyes csomópontokban lévő feszültségeket.
- A *TINA* -ban, helyezzen az egyes ágakba árammérőt(ket)/feszültségmérőt(ket), és ellenőrizze a kiszámolt adatokat.
- Az eredő-ellenállást a tápegység helyére bekötött impedancia-mérővel tudjuk ellenőrizni.

HF5.1.3. Tetszőleges értékekkel, végezze el, az [1]-s irodalomban a 48. oldalon az I/1.37. ábrán megadott áramkör DC- analízisét! Az eredményeket és kapcsolási rajzot a mérési jegyzőkönyvben kell feltüntetni.

Feladat:

- Számolja ki a megadott áramkör áramait:
 - o Szuperpozíciós elv segítségével
 - o Maxwell ciklusos módszerrel
- Ellenőrizze a kiszámolt adatokat a *TINA* szimulációs program segítségével

HF5.1.4. Végezze el, az [1]-s irodalomban az 52. oldalon az I/1.40. ábrán megadott áramkör DC- analízisét! Méréssel ellenőrizze a példában kiszámolt adatok helyességét, és az eredményeket és kapcsolási rajzot a mérési jegyzőkönyvben tüntesse fel!

HF5.1.5.. Végezze el, az [1]-s irodalomban az 55. oldalon az I/1.42. ábrán megadott áramkör DC- analízisét! Az eredményeket és kapcsolási rajzot a mérési jegyzőkönyvben kell feltüntetni. Ellenőrizze, hogy a példában kiszámolt értékek megfelelnek-e a mért értékeknek.

HF5.1.6. A csomóponti feszültségek lemérésével, végezze el az [1]-s irodalomban az 57. oldalon, az I/1.44. ábrán megadott áramkör DC- analízisét, majd ellenőrizze a kiszámolt áramok helyességét.

Feladat:

- Számolja ki a megadott áramkör áramait:
 - o Szuperpozíciós elv segítségével
 - o Maxwell ciklusos módszerrel
- Ellenőrizze a kiszámolt adatokat a *TINA* szimulációs program segítségével

HF5.1.7. A DC- analízis segítségével mérje le az [1]-s irodalomban a 62. oldalon az I/1.48. ábrán megadott áramkör 1, 2, 3 pontjaiban a csomóponti feszültségeket, majd számítással győződjön meg az eredmények helyességéről. A számításhoz szükséges képleteket a képletszerkesztővel szerkessze meg, és a jegyzőkönyvben helyezze a kívánt csomópontok mellé.

HF5.1.8. Végezze el, az [1]-s irodalomban a 65. oldalon az I/1.51. ábrán megadott áramkör (leegyszerűsített emberi test) DC- analízisét az a.), b.), c.), d.) esetekre úgy, hogy az egyes csomópontokban

állapítsa meg a csomóponti feszültségeket, és a jegyzőkönyvben tüntesse fel azokat. Számolással győződjön meg egy-egy csomóponti feszültség helyességéről.

A HF5.1. Feladatoknak tartalmaznia kell:

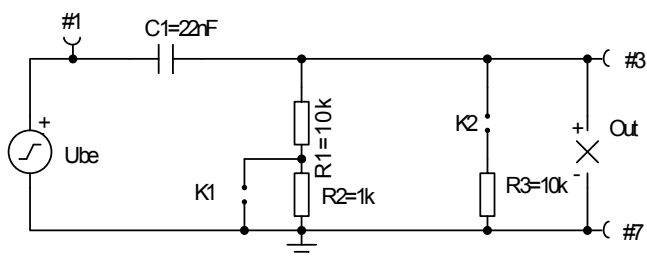
- A megadott feladat *TINA* -ban megrajzolt kapcsolási rajzát, az egyes jellegzetes csomópontok megjelölésével.
- A mért és kiszámított eredmények összehasonlítását (táblázat)
- A feszültségmérés alapján kiszámított áramok nagyságát, és a kapcsolási rajzon megjelölt irányukat.
- Esetleges észrevételeket az áramkörrel kapcsolatban.

A *DC analízis* segítségével az egyenáramú/feszültségű környezetben dolgozó *tranzistorok csomóponti feszültségei* ugyanígy ellenőrizhetőek, sőt munkapont beállításai is *optimalizálhatóak*. Egy mintapéldán keresztül nézzük meg ennek működését.

5.2. Váltakozó áramú áramkörökkel kapcsolatos feladatok

HF5.2.1. A megadott kapcsolási rajzon végezze el a leírt feladatokat:

HF5.2.1-1 ábra

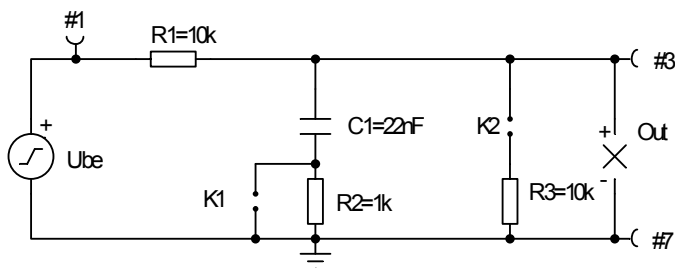


Feladatok:

1. Vizsgálja meg mind a négy kapcsolóállásban a Bode diagrammot!
 - 1.1. A bemenőjel legyen $\sin 1V/50Hz$
 - 1.2. Az adott alkatrészek adatai alapján, és a bemenőjel alapján számolja ki
 - a törési frekvenciát (mind a négy kapcsolóállásban)
 - Az eredőimpedanciát (csak 2 adott kapcsolóállásban)
 - 1.3. Ellenőrizze a mért (Bode diagramm) és számolt adatokat
 - 1.4. Számolja ki két adott kapcsolóállásban a tápegységből kijövő komplex áramot

HF5.2.2. A megadott kapcsolási rajzon végezze el a leírt feladatokat:

HF5.2.2-1



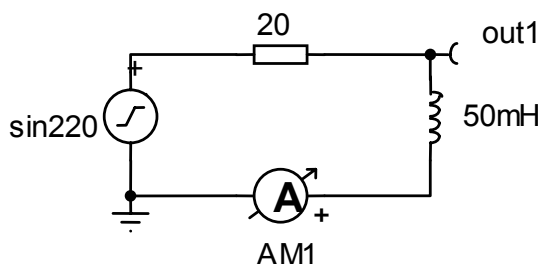
Feladatok:

1. Vizsgálja meg mind a négy kapcsolóállásban a Bode diagrammot!
 - 1.1. A bemenőjel legyen $\sin 1V/50Hz$
 - 1.2. Az adott alkatrészek adatai alapján, és a bemenőjel alapján számolja ki
 - a törési frekvenciát (mind a négy kapcsolóállásban)
 - Az eredőimpedanciát (csak 2 adott kapcsolóállásban)
 - 1.3. Ellenőrizze a mért (Bode diagramm) és számolt adatokat
 - 1.4. Számolja ki két adott kapcsolóállásban a tápegységéből kijövő komplex áramot

HF5.2.3. Állítsák össze az [1]-s irodalomban a 83. oldalon a 2.7. példában megadott rezgőkört, (lásd HF5.2.3-1. ábra) és ellenőrizték az *Analízis/ AC analízis*, illetve, *Analízis/ Tranzients*, menüpontok segítségével a kiszámított adatok helyességét.

- Mérjék le a komplex eredő impedancia nagyságát impedancia-mérővel. (Figyelem: Ekkor a jelgenerátort ki kell iktatni az áramkörből.)
- Mérjék le a komplex áram nagyságát és irányát
- Állapítsák meg a tekercsen eső feszültség nagyságát és irányát.
- Elemezzék a kapott adatokat.

HF5.2.3-1. ábra



HF5.2.4. Végezzük el mérésekkel, illetve az *AC analízis* segítségével az az [1]-s irodalomban a 84. oldalon a 2.8. példában megadott rezgőkör ellenőrzését és elemzését. Ellenőrizzük:

- A komplex eredő impedancia nagyságát.
- A komplex átfolyó áram nagyságát és irányát.
- A komplex eredő feszültség, és az egyes alkatrészeken eső feszültségek nagyságát és irányát.
- Minden esetben ellenőrizzük és elemezzük a fázorábrákat is.

HF5.2.5. Végezzük el mérésekkel, illetve az *AC analízis* segítségével az az [1]-s irodalomban a 85. oldalon a 2.9. példában megadott rezgőkör ellenőrzését és elemzését. Ellenőrizzük:

- A komplex eredő impedancia nagyságát.
- A komplex átfolyó áram nagyságát és irányát.
- A komplex eredő feszültség, és az egyes alkatrészeken eső feszültségek nagyságát és irányát.
- Minden esetben ellenőrizzük és elemezzük a fázorábrákat is.

HF5.2.6. Végezzük el mérésekkel, illetve az *AC analízis* segítségével az az [1]-s irodalomban a 85. oldalon a 2.10. példában megadott rezgőkör ellenőrzését és elemzését. Ellenőrizzük:

- A komplex eredő impedancia nagyságát.
- A komplex átfolyó áram nagyságát és irányát.
- A komplex eredő feszültség, és az egyes alkatrészeken eső feszültségek nagyságát és irányát.
- Minden esetben ellenőrizzük és elemezzük a fázorábrákat is.

HF5.2.7. Végezzük el mérésekkel, illetve az *AC analízis* segítségével az az [1]-s irodalomban a 85. oldalon a 2.11. példában megadott rezgőkör ellenőrzését és elemzését. Ellenőrizzük:

- A komplex eredő impedancia nagyságát.
- A komplex átfolyó áramok nagyságát és irányát.
- A komplex eredő feszültség, és áram nagyságát és irányát.
- Minden esetben ellenőrizzük és elemezzük a fázorábrákat is.

HF5.2.8. Optimalizáljuk az I/3.5 példában megadott áramkört. Kattintsunk az *Analízis/ Tranziens* majd az *Analízis/ AC-Analízis/ AC transzfer karakterisztika* menüpontokra, az eredeti válaszfüggvény vizsgálata érdekében.

- Kattintsunk 2x a jelgenerátorra és változtassuk meg a bemenő függvény frekvenciáját 100[Hz] -re., majd ismételjük meg a méréseket.
- A különbségeket (ábrákat) rögzítsük.
- Optimalizáljuk az áramkört a kimenő feszültségre a kondenzátor kapacitásának változtatásával.
- Futassuk újra az első pontban megadott módon az átviteli függvény *Bode* és *Nyquist* diagramjának vizsgálatát.

Figyelem: A transzfer karakterisztika és tranziensek vizsgálatánál válasszunk 20[ms]-os futási időt.

5.3 Jelleggörbékkel kapcsolatos mérési feladatok

HF5.3.1. -mintafeladat-

Szerkessze meg egy tetszőleges dióda nyitó-irányú jelleggörbét!

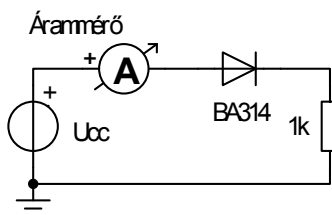
- Tervezze meg és állítsa össze a jelleggörbe mérésére alkalmas áramkört.
- Válassza meg a méréshatárokat és a feszültségléptetés nagyságát.
- Táblázatba írja bele az adatokat.
- Szerkessze meg a jelleggörbét.
- Amennyiben van rá lehetőség, számítással ellenőrizze a jelleggörbe néhány pontjának helyességét.

Megoldás:

A HF5.3.1-1.ábra a mérés lefolytatásához szükséges kapcsolási ábra. Az U_{cc} tápegységen veszem fel a mérendő feszültségeket, az árammérővel pedig mérem a diódán átfolyó áramot. Ellenőrzöm a *TINA* katalógusban a dióda adatait, majd mivel csak nyitóirányú jelleggörbére van szükség, megállapítom a mérési határokat. A kritikus szakaszon (nyitófeszültség környéke) megválasztok egy aránylag kicsi léptéket (pl.: 20mV).

A mérést 0,2[V]-os léptékkel végzem 0,5V-0,92V -ig. Ezeket az adatokat ábrázolja a HF5.3.1-T1 táblázat, és ezek az adatok kerülnek a diagrammra is.

HF5.3.1-1.ábra

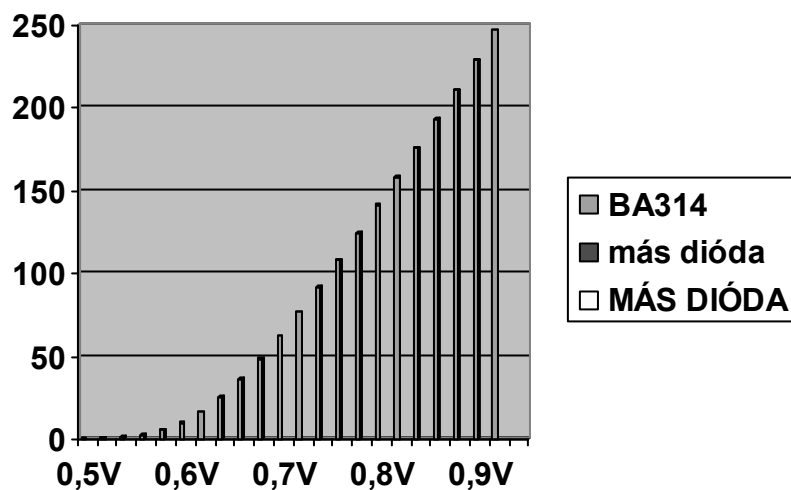


HF5.3.1-T1

U[V]	0,5	0,52	0,54	0,56	0,58	0,6	0,62
I[μA]	0,3	0,64	1,35	2,77	5,43	9,89	16,56
U[V]	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76
I[μA]	25,45	36,27	48,66	62,27	76,83	92,13	108,0
U[V]	0,78	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9
I[μA]	124,35	141,07	158,11	175,41	192,9	210,65	228,54

Az adatokból megszerkesztett diagramot lásd a HF5.3.1-2. ábrán.

HF5.3.1-2. ábra



Megjegyzés: A „más dióda” helyett egyéb diódák jelleggörbéit megszerkeszthetjük, így összehasonlítást tudunk végezni különböző diódák jelleggörbéi között.

A numerikus ellenőrzésre felhasználható képletek:

Letörési feszültség alatt:

$$I = \frac{U_D + U_z}{R_z}; \quad (U_D < -U_z)$$

Letörési és nyitófeszültség között:

$$I = I_s \cdot e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1; \quad (-U_z < U_D < U_{\max})$$

Nyitófeszültség felett:

$$I = I_s \cdot e^{\frac{U_{\max}}{U_T}} - 1 + I_s \cdot e^{\frac{U_D}{U_T}} \cdot (U_D - U_{\max}); \quad (U_D > U_{\max})$$

Ahol:

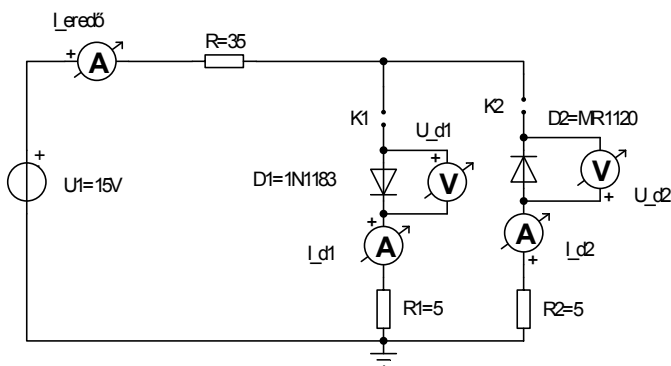
I_s - szivárgási áram; U_D - dióda feszültsége; U_z - Zéner (letörési) feszültség;

R_z - Zéner ellenállás; U_T - termikus feszültség (25[mV]);

U_{max} - nyitófeszültség + 0,35[V];

HF5.3.2. A megadott kapcsolási rajz alapján végezze el a leírt feladatokat.

HF5.3.2-1 ábra



Feladat:

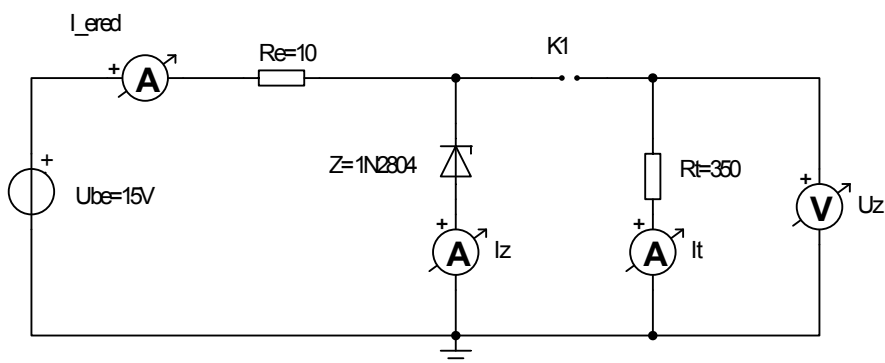
1. Ellenőrizze a kiválasztott diódák katalógusadatait (számoláshoz is szükséges)
2. A megadott értékekkel számolja ki az egyes (kiválasztott) diódákon átfolyó áramokat egy-egy különböző kapcsolóállásban, majd a megszerkesztett jelleggörbén ellenőrizze a kiszámolt adatokat
 - 2.1. A letörési (zárási) tartományban.
 - 2.2. Az áteresztő tartományban.
 - 2.3. A normál tartományban

Mérési feladatok:

1. Mérje ki mindkét dióda nyitó és letörési feszültségeit és vesse össze a katalógusadatokkal.
2. A mérésekhez a táp feszültségét a -letörési (zéner) feszültségtől, minimálisan a $+U_{max}$ -ig változtassa.
3. Ellenőrizze, hogy a záróirányba bekötött diódákon, tényleg csak a szivárgási áramok folynak-e!
4. Táblázatba írja be az egyik dióda zárási tartományú, majd a másik dióda nyitási tartományú mérési adatait, majd az adatokból szerkessze meg a jelleggörbéket.

HF5.3.3. A megadott kapcsolási rajz alapján végezze el a Zéner-diódával kapcsolatos mérési/számolási feladatokat.

HF5.3.3-1 ábra



Feladatok:

1. ellenőrizze a kiválasztott Zéner dióda katalógusadatait
2. A beállított U_{be} és megadott R_t és a katalógusból megkeresett U_z , illetve I_{zmax} alapján méretezze az R_e -t.
3. Növelje az R_e értékét és számolja ki újra az I_z illetve I_t áramokat.
4. Változtassa az R_t értékét és számolja ki újra az adott áramokat.

Mérések:

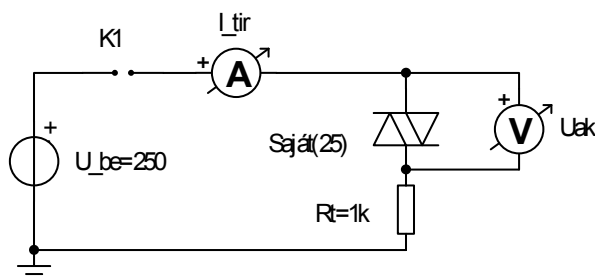
1. Állítsa be az eredetileg kiszámolt R_e -t és ellenőrizze az U_z értékét.
2. Folyamatosan változtassa az R_e -t addig amíg az U_z értéke be nem áll a katalógusban n
3. Kapcsolja szét K_1 -t, próbálja kimérni a Z dióda karakterisztikáját
4. A mért adatokat foglalja táblázatba, majd grafikonon ábrázolja.

Optimalizálás:

1. Optimalizálja az áramkört úgy, hogy a célfüggvény a megadott Zéner feszültség legyen a vezérlő berendezés pedig az előtétellenállás.
2. Optimalizálja az áramkört úgy, hogy a célfüggvény a megadott Zéner feszültség legyen, a vezérlő berendezés pedig a terhelő ellenállás.
3. Keresse meg az alsó és felső $I_{eredő}$ áram határát, ahol a Zéner feszültségünk még a k által megadott értéket képes tartani.

HF5.3.4. A megadott kapcsolási rajz alapján végezze el a DIAC kapcsolatos mérési feladatokat (A DIAC katalógusadatait saját belátása szerint beállíthatja, majd mérje ki a jelleggörbét).

HF5.3.4-1 ábra



Feladat:

1. Két kattintással a DIAC-ra, írjon be a DIAC katalógusába saját elgondolás szerint a kapcsolási feszültséget.
2. Válasza meg az R_t terhelő ellenállás nagyságát
3. Számolja ki, milyen bemenő feszültséget kell alkalmaznunk ahhoz, hogy a DIAC-on megjelenessen az $U_{ak} > U_s$ (vagyis, hogy bekapcsoljon a DIAC)

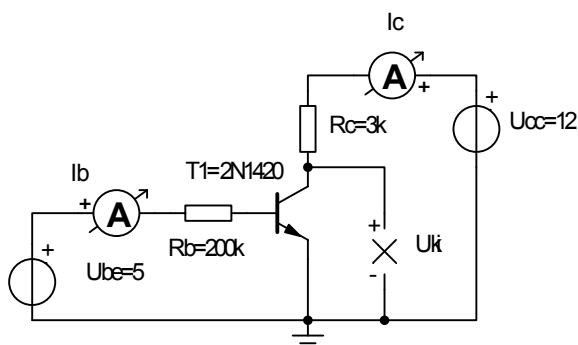
Mérés:

1. Fokozatosan növelje a bemenő feszültséget, egészen az U_s kapcsoló feszültségig, majd mérje a DIAC-on átfolyó áram nagyságát.
2. A kapott adatokat táblázatban ábrázolja, majd a táblázatból készítsen grafikont is.
3. A DC-transzfer karakterisztika segítségével ismételje meg a mérést, és értelmezze transzfer karakterisztikát.
4. Magyarázza meg miért különböznek a DC-transzfer karakterisztika, és az \bar{O}_n által kapott grafikonok alakjai.

HF5.3.5. A megadott kapcsolási rajz alapján végezze el a leírt feladatokat:

Segítség a méréssel kapcsolatban: Miután kiszámolta a tranzisztor bázisáramát, tegyen a bázis elektródára egy áramgenerátort a kiszámolt bázisáram értékére beállítva. Így tudja a kimenő jelleggörbén megszerkeszteni a bázisáram alakját.

HF5.3.5-1 ábra



Feladat:

1. Keresse meg a megadott tranzisztorhoz a katalógusadatokat (B , I_s)
- 1.1. A megadott adatok alapján számolja ki a tranzisztor áramait, feszültségeit
2. Hely ezzen el az emitteráramkörben egy emitter-ellenállást.
- 2.1. Számolja ki újra a tranzisztor áramait.
- 2.2. A kimenő feszültséggel kapcsolatos észrevételeit írja le.
3. Számolja ki, majd szerkessze meg a tranzisztor kimenő jelleggörbéjén a tranzisztor nyugalni munkaponti adatait.

Mérés::

1. Méréssel ellenőrizze az első számolás adatait
2. Méréssel ellenőrizze a második számolás adatait.

Optimalizálás:

1. Optimalizálja a kimenő feszültséget, az R_b értékének változtatásával:
- 1.1. Az első kapcsolásnál
- 1.2. A második (emitter-ellenállásos) kapcsolásnál.

HF5.3.6. Hasonlítsa össze a (*TINA*) katalógusból kiválasztott két tetszőleges dióda jelleggörbéjét, a vezető tartományban. A példát a fentiekben megadott mintapéllda alapján végezze el.

HF5.3.7. Készítse el egy, a (*TINA*) katalógusból tetszőlegesen kiválasztott dióda **teljes** jelleggörbéjét, a fenti mintapéllda alapján.

HF5.3.8. Készítse el egy tetszőleges NPN tranzisztor kimenő jelleggörbéjét. A méréshez szükséges kapcsolást lásd a 4/2-1 ábrán.

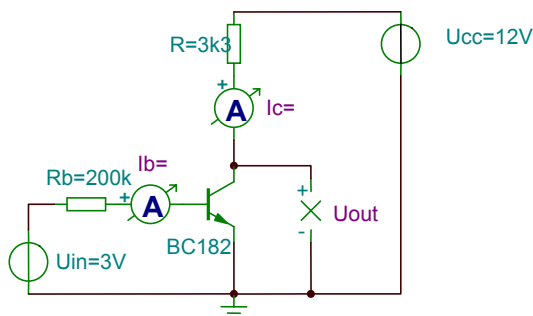
Feladat:

- A bemenő feszültséget (U_{in}) 0,3[V]-tól 5[V]-ig változtassa.
- Egy adott bázisáramnál, próbálja csak az I_c kollektoráramot változtatni, és mérje a kimenő feszültséget

(megkapja a paraméteres jellegű I_b alakját a kimenő jelleggörbén).

- A mért és felvett adatokat rögzítse táblázatban, majd szemléltesse diagramban.

HF5.3.8-1. ábra



HF5.3.9. Készítse el a *TINA* katalógusból egy tetszőleges PNP tranzisztor kimenő jelleggörbéjét.

Feladat:

- Tanulmányozza a PNP tranzisztor feszültségeit és áramait.
- Ez alapján tervezze meg a kapcsolást.
- A mért és a beállított adatokat ábrázolja táblázatban, majd diagramban is.

HF5.3.10. Ismételje meg a HF5.3.8 példában megadott mérést, azzal a különbséggel. Hogy az emitter-körbe iktasson be egy emitter ellenállást (R_e).

HF5.3.11. Ismételje meg a HF5.3.9 példában megadott mérést, azzal a különbséggel. Hogy az emitter-körbe iktasson be egy emitter ellenállást (R_e).

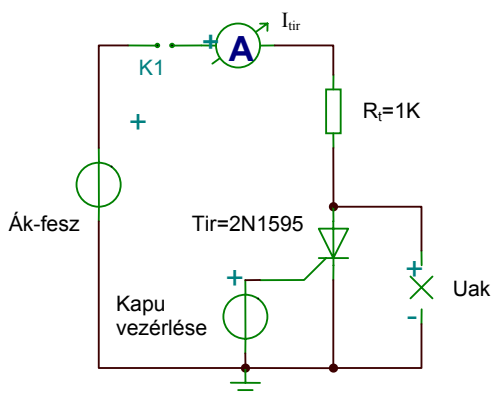
HF5.3.12. Készítse el egy tetszőleges NPN tranzisztor be és kimenő jelleggörbéit (az előzőek alapján), majd a mérések után a grafikonokba rajzolja be a tranzisztor nyugalmi munkaponti adatait.

HF5.3.13. Készítse el egy tetszőleges PNP tranzisztor be és kimenő jelleggörbéit (az előzőek alapján), majd a mérések után a grafikonokba rajzolja be a tranzisztor nyugalmi munkaponti adatait.

HF5.3.14. Egy tetszőleges NPN tranzisztoron, mérések segítségével állapítsa meg a tranzisztor működési tartományait. Vagyis keresse meg a tranzisztor normál aktív tartományának alsó és felső határát.

HF5.3.15. Válasszon a *TINA* katalógusból egy tetszőleges tirisztort, és mérje ki jelleggörbéjét, majd diagramban ábrázolja azt. Jelölje meg a kapott diagramon a blokkolási, vezetési, majd záró-tartományokat. A kapcsolást a HF5.3.15-1 ábra alapján össze lehet állítani. A *K1* kapcsoló a kezdőállapot visszaállításához szükséges (hogy a kritikus áram $-I_H$ - alá tudjunk menni). A kapott jelleggörbét vesse össze a tirisztor katalógusadataival.

HF5.3.15-1. ábra



HF5.3.16. Válasszon a *TINA* katalógusból egy tetszőleges *DIAC*-ot, és mérje ki jelleggörbéjét, majd diagramban ábrázolja azt. Jelölje meg a kapott diagramon a blokkolási, vezetési, majd záró-tartományokat. A kapott jelleggörbét vesse össze a tirisztor katalógusadataival.

HF5.3.17. Válasszon a *TINA* katalógusból egy tetszőleges *TRIAC*-ot, és mérje ki jelleggörbéjét, majd diagramban ábrázolja azt. Jelölje meg a kapott diagramon a blokkolási, vezetési, majd záró-tartományokat. A kapott jelleggörbét vesse össze a tirisztor katalógusadataival.

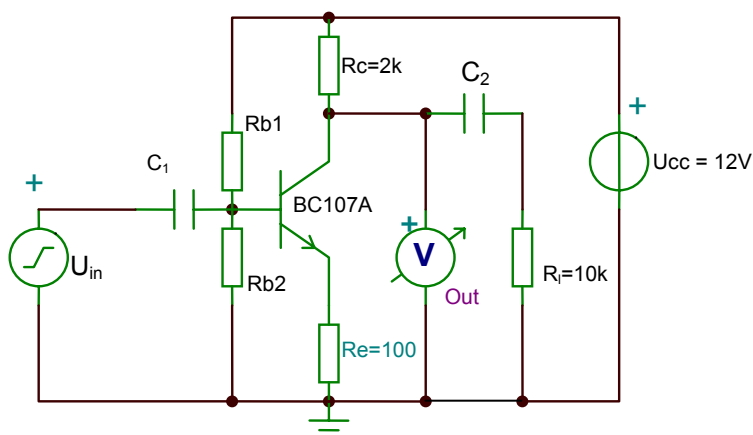
5.4. Félvezetőkkel kapcsolatos további feladatok

5.4.1. -mintafeladat-

Végezzük el az alábbi kapcsolás, 5.4.1-1. ábra, optimalizálását a nyugalmi munkaponti értékek beállításával.

Adott a kapcsolás, az ábrán látható adatokkal, ahol a bemenő feszültségünket (U_{in}) állítsuk 0[V]-ra, a C_1 , C_2 kondenzátorok értékei legyenek általánosan 1-1 [μ F], a terhelésünk 10[k Ω] és a tranzisztorunk BC 107A. A célunk az legyen, hogy a kapcsolás kimenő feszültsége elérje az, $U_{out}=6[V]$ -t.

HF5.4.1-1 ábra



A feladatot többféleképpen is elvégezhetjük:

a.) Próbálkozással:

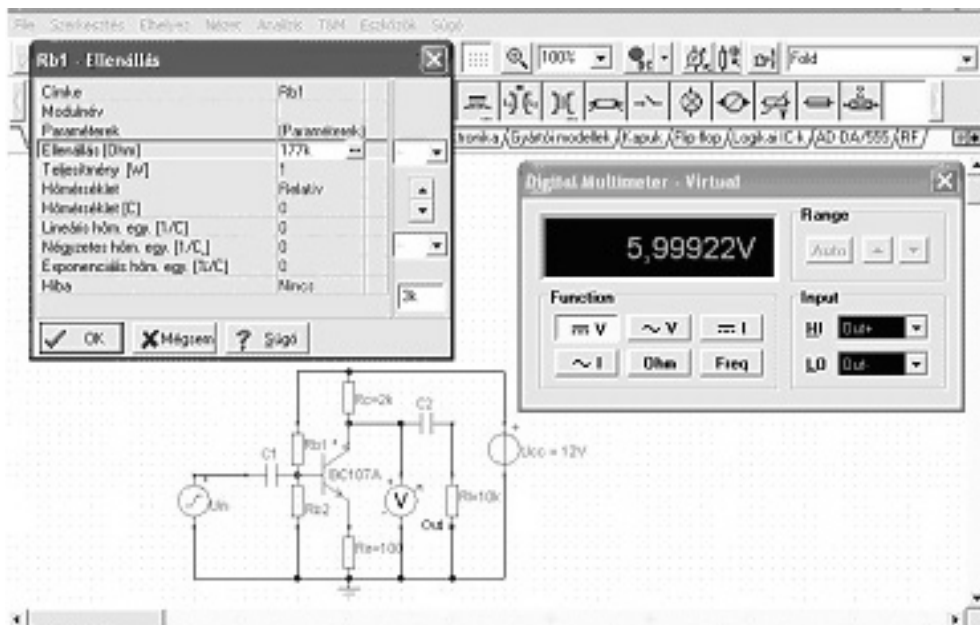
- A megadott adatokkal a felrajzolt áramkörre elvégezzük a *DC-analízis/csomóponti feszültségek számolása* műveletet. Ezzel ellenőrizzük a kimenő, bemenő és a bázisfeszültségünket. Látjuk, hogy a kimenő feszültségünk, $U_{out} \neq 6[V]$.

- A kimenő feszültség folyamatos ellenőrzése érdekében, kössünk a kimenetünkre egy multimétert. Mivel a példában az R_c és az R_e ellenállások határozottan adottak, így csak a két bázisellenállás értékén áll módunkban változtatni.

- A *T&M* menüből válasszuk a *MULTIMÉTER*-t, és állítsuk be rajta az egyenfeszültség mérését. Egyből megmutatja az aktuális kimenő feszültségünket.

- Kattintsunk kétszer az R_{b1} bázisellenállásra, majd folyamatosan addig növeljük/csökkentjük értékét, míg a kimenetre kapcsolt multiméteren el nem érjük (bizonyos megadott hibával), a kívánt 6[V] közeli értéket.

- Meghagyjuk a beállított értéken az ellenállásunkat.



Ha az első próbálkozásunk nem sikeres, próbálkozhatunk a többi paraméter módosításával is.

b.) Egy kiválasztott/megadott paraméter optimalizálásával:

- Válasszuk az *Analízis* menüből az *Optimalizálási cél választás*-t (az egérrel a választás után rámegyek a kapcsoláson szereplő voltméterre, kattintok). Itt kiválasztom, melyik paramétert milyen értékre szeretném optimalizálni. A mi esetünkben a kimenő feszültséget, *DC- célfüggvény*-t választom és beírom ide a 6[V]-os értéket. (Egyébként optimalizálhatok a *min.*, vagy *max.*, határértékekre is.)

- Az *Analízis* menüből választom az *Optimalizálás*-t, és amennyiben az iterációs lépéseken, ..etc., nem kívánok változtatni, az <ok> megnyomásával lefuttatom a programot.

A program a lefutás után jelzi, hogy melyik alkatrészt milyen értékre optimalizálta.

Egy másik lehetséges módszer az optimalizálás futtatására mikor nem a célfüggvényt, hanem az optimalizálni kívánt alkatrészt adom meg bemenetként.

- A továbbiakban beállíthatom, hogy melyik alkatrész értékét szeretném optimalizálni a *Vezérlő elem választás*.. segítségével. (Az egérrel a választás után rámegyek a kapcsoláson szereplő kiválasztott alkatrészre, kattintok.)
- Kijelölöm a kívánt alkatrészt, majd megadom az optimalizálási határokat és az *Analízis/Optimalizálás* segítségével lefuttatom a programot.

Az optimalizálási program eredményességét, újból a *DC-Analízis/Csomóponti feszültségek számolása* segítségével tudom ellenőrizni.

HF5.4.2. Végezze el, az [1]-s irodalomban a 111. oldalon a II/1.16. ábrán megadott áramkör optimalizálását a nyugalmi munkaponti értékek beállításával.

Feladat:

- Rajzolja meg a megadott áramkört, a megadott adatokkal, a *TINA* program segítségével. (A tápokra használjon elemeket, a tranzisztorra válasszon általános NPN tranzisztort $B=100$ értékkel.)
- Végezze el az áramkör DC analízisét és ellenőrizze, hogy a példában kiszámolt értékek megfelelnek-e a valóságnak.
- Végezze el a kapcsolás optimalizálását, úgy hogy az optimalizálási cél a maximális kimenő a feszültség, az optimalizálandó elem, pedig a bázis-ellenállás legyen.
- Végezze el újból az analízist.
- A feladatot ismételje meg 12[V]–os tápfeszültséggel is.
- Az eredményeket táblázatokban rögzítse és értékelje.

HF5.4.3. Végezze el, az [1]-s irodalomban a 114. oldalon a II/1.18. ábrán megadott áramkör optimalizálását a nyugalmi munkaponti értékek beállításával, majd hasonlítsa össze a kapott eredményeket az I/2.1. példa eredményeivel.

Feladat:

- Rajzolja meg a megadott áramkört, a megadott adatokkal, a *TINA* program segítségével. (A tápokra használjon elemeket, a tranzisztorra válasszon általános NPN tranzisztort $B=100$ értékkel.)
- Végezze el az áramkör DC analízisét és ellenőrizze, hogy a példában kiszámolt értékek megfelelnek-e a valóságnak.
- Végezze el a kapcsolás optimalizálását, úgy hogy az optimalizálási cél a maximális kimenő a feszültség, az optimalizálandó elem, pedig a bázis-ellenállás legyen.
- Végezze el újból az analízist.
- A feladatot ismételje meg 12[V]–os tápfeszültséggel is.
- Az eredményeket táblázatokban rögzítse és értékelje. Elemezze minek köszönhetőek az esetleges eltérések.

HF5.4.4. Végezze el, az [1]-s irodalomban a 116. oldalon a II/1.19. ábrán megadott áramkör *DC analízisét*,

- számolja ki a mért értékek alapján az U_{CB} feszültséget,
- hasonlítsa össze a kapott adatokat a könyvben számított adatokkal,
- elemezze miből adódhat(nak) az esetleges eltérés(ek).
- Optimalizálja az áramkört (a maximális kimenő feszültségre az R_B beállításával) a nyugalmi munkaponti értékek beállításával.
- Végezze el újból a *DC* –analízist.

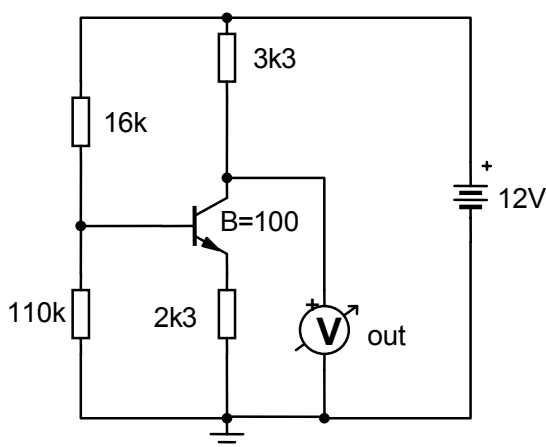
HF5.4.5. Végezze el, az [1]-s irodalomban a 119. oldalon a II/1.20. ábrán megadott kapcsolás *DC analízisét*, egy általános NPN tranzisztor segítségével, ahol az erősítési tényezőt állítsa $B=80$ –ra.

- Az analízis segítségével ellenőrizze a kiszámolt adatokat
- Számolja újra, a mért adatok alapján, a tranzisztor áramait.
- Elemezze az esetleges eltéréseket/irreális kimenő feszültséget.
- Optimalizálja az áramkört maximális kimenő feszültségre, először a 16K-s, majd a 110K –s ellenállások beállításával.
- Végezze el újból a *DC* –analízist.
- Az eredményeket táblázatban összegezze, majd elemezze.

HF5.4.6. A HF5.4.6-1 ábrán megadott kapcsolásra végezze el a következő feladatokat:

- *DC* -analízis segítségével ellenőrizze a csomóponti feszültségeket.
- Számolja ki a tranzisztor áramait.
- Optimalizálja az áramkört maximális kimenő feszültségre, először a 16k-s, majd a 110k –s ellenállások beállításával.
- Végezze el újból a *DC* –analízist.
- Az eredményeket táblázatban összegezze, majd elemezze.

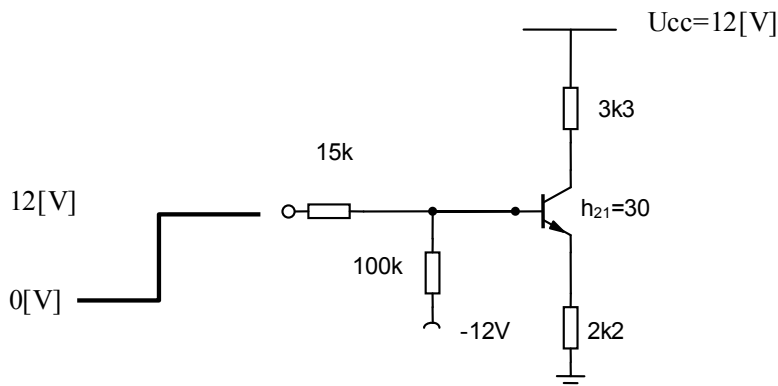
HF5.4.6-1. ábra



HF5.4.7. A HF5.4.7-1 ábrán megadott kapcsolásra végezze el a következő feladatokat

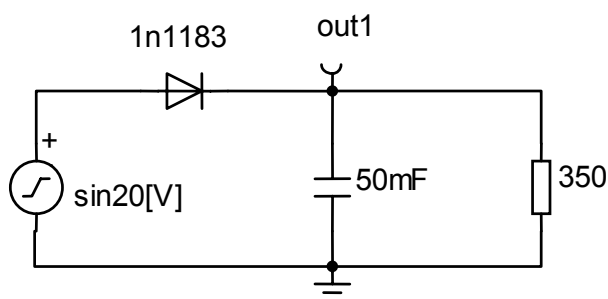
- Végezze el a 15k-s és 100k-s ellenállásokból álló feszültségosztóra (megszakított bázis vezeték mellett) a DC –analízist az adott kapcsolás esetében. Ellenőrizze, hogy az előfeszítés feszültsége meghaladja-e a 0,7[V] nyitófeszültséget mindkét esetben: 0[V] –bemenetre, 12[V] bemenetre.
- Végezze el a DC analízist először a 0[V], majd a 12[V] bemenő feszültségekre.
- A mért csomóponti feszültségek alapján számolja ki a 15k és a 100k ellenállásokon átfolyó áramokat.
- Optimalizálja az áramkört maximális kimenő feszültségre, először a 15k-s, majd a 100k –s ellenállások beállításával.
- Végezze el újból a DC –analízist.
- Állapítsa meg, hogy a tranzisztor milyen tartományokban dolgozik a 0[V], majd a 12[V] bemenő feszültségek esetében.

HF5.4.7-1. ábra



HF5.4.8. Készítsen egyutas egyenirányítót az [1]-s irodalomban a 99. oldalon a 3.4 példában megadott leírás alapján (lásd HF5.4.8-1 ábra) és oszcilloszkóp segítségével ellenőrizze a kiszámolt adatok (ΔU) helyességét.

HF5.4.8-1. ábra

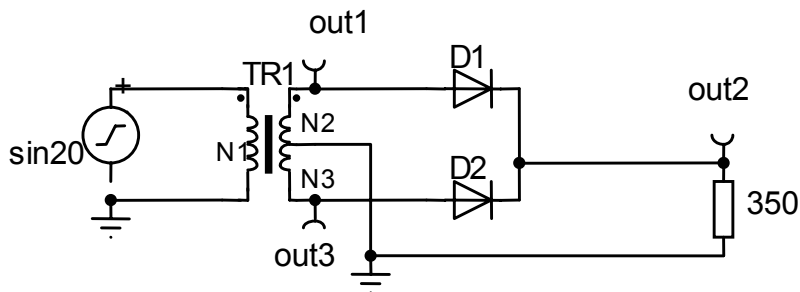


HF5.4.9. Állítsuk össze az HF5.4.9-1 ábrán látható kapcsolást (középkivezetéses egyenirányítás) és az *Analízis/Tranziens* menüpontok segítségével végezzük el a kapcsolás elemzését.

- Kapcsoljunk a terhelő ellenállással párhuzamosan egy szűrőkondenzátort, $C=50[\mu\text{F}]$ –os kezdőértékkel.
- Végezzük el a kapcsolás elemzését, számítással, ellenőrizzük a lemért ΔU nagyságát.
- Változtassuk addig a C kapacitás nagyságát, amíg a feszültségingadozásunk 0-ra nem csökken.

- Az eredeti ($C=50[\mu\text{F}]$ –os) kapacitás mellett változtassuk a terhelő ellenállás értékét addig, amíg a feszültségingadozásunk 0-ra nem csökken.
- Az eredeti ($C=50[\mu\text{F}]$ –os) kapacitás mellett és az eredeti terhelő ellenállás értéke mellett, változtassuk a bemenő frekvencia értékét addig, amíg a feszültségingadozásunk 0-ra nem csökken.
- Elemezzük ki az eredményeket.

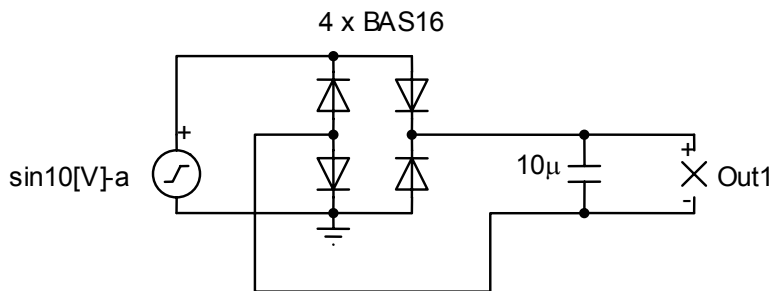
HF5.4.9-1. ábra



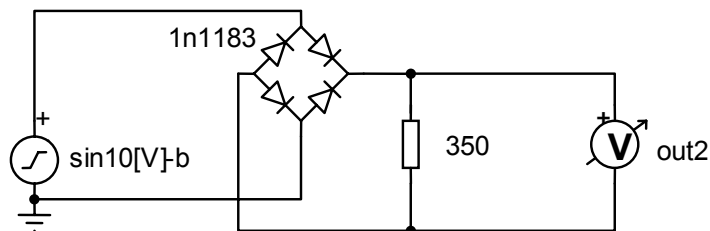
HF5.4.10. Állítsa össze a HF5.4.10-1, HF5.4.10-2 ábrákon látható kapcsolásokat.

- Végezze el a tranziens analízist, elemezze a kimeneteken lévő feszültségeket.
- Egészítse ki az HF5.4.10-1 ábrán lévő kapcsolást olyan terhelő ellenállással, hogy a ΔU feszültségingadozás értéke ne haladja meg a $300[\text{mV}]$ –ot.
- Egészítse ki az HF5.4.10-2 ábrán lévő kapcsolást olyan kapacitással, hogy a ΔU feszültségingadozás értéke ne haladja meg a $300[\text{mV}]$ –ot.
- A kiegészítéseket ellenőrizze a tranziens analízis segítségével, a kapott elemek értékeit számítással ellenőrizze.

HF5.4.10-1 ábra



HF5.4.10-2 ábra



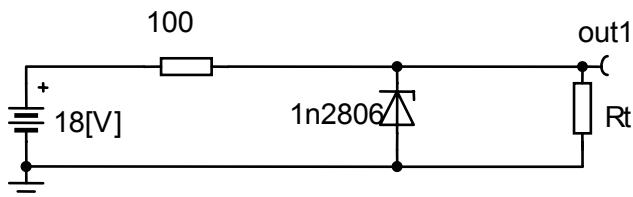
HF5.4.11. HF5.4.11-1 ábrán látható kapcsoláson határozza meg a terhelő ellenállás lehető legkisebb értékét, amikor még a Zéner-dióda stabilizáló hatása érvényesül, majd számítással bizonyítsa is be a mért értékeket.

a.) Készítsen grafikont, amely a terhelésen lévő feszültséget ábrázolja a terhelő ellenállás értékeinek függvényében.

b.) Cserélje ki a Zéner-diódát „bzv60b8v2” típusúra, majd ismétlje meg a méréseket, készítsen újból grafikont a mért adatokról.

Mindegyik diódán legalább 10 különböző adatot vegyen fel a mérés folyamán.

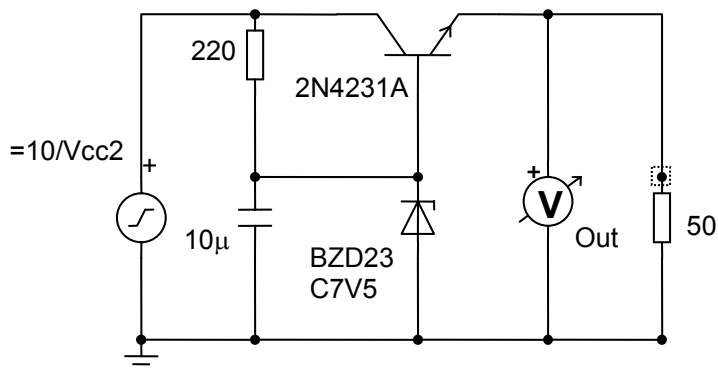
HF5.4.11-1. ábra



HF5.4.12. Állítsuk össze a HF5.4.12-1. ábrán látható stabilizáló áramkört a megadott értékekkel. A tápegység legyen először egy szinuszos jel, 10[V]-os egyenáramú összetevővel és 2[V]-os V_{cc} feszültséggel.

- A. Oszilloszkóp segítségével vizsgáljuk meg a terhelésen lévő feszültségingadozást különböző (még legalább 5 érték) V_{cc} bemenő feszültségeknél.
- B. Válasszunk egy másik Zéner diódát és ismételjük meg a méréseket.
- C. Táblázatban hasonlítsuk össze melyik Zéner diódánál kisebbek a feszültségingadozások

HF5.4.12-1 ábra



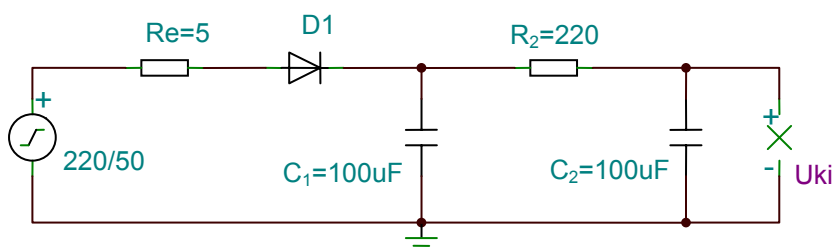
5.5 Különböző kapcsolások összeállítása és elemzése

HF5.5.1. Állítsa össze a HF5.5.1-1 ábrán megadott egy-utas egyenirányítás szűrőkörét, majd elemezze működését, a tranziens analízis segítségével.

Feladat:

- Elemezze a kimenő feszültséget a második fokozat (C_2) nélkül.
- Elemezze, hogy mit változtat a kimenő feszültségen, ha az R_2 ellenállás értékét változtatom (R_2/C_2 fesz. osztó).
- Mérje meg mindegyik esetben a ΔU feszültség-ingadozás nagyságát.
- Számítással igazolja a mért feszültség-ingadozásokat.

HF5.5.1-1. ábra



HF5.5.2. Állítson össze az HF5.5.1 példa alapján két-utas (GRAETZ / Középkivezetéses) egyenirányító szűrőkört, majd elemezze működését, a tranziens analízis segítségével.

HF5.5.3. Állítson össze egy működőképes emitter-kapcsolású erősítő fokozatot, majd elemezze működését.

Feladat:

- váltakozó feszültségű be- és kimenőjelek ábrázolása és elemzése.
- Kimenő feszültség és áram számítása, állandósult állapotban.
- Erősítés vizsgálata.

HF5.5.4. Állítson össze egy működőképes bázis-kapcsolású erősítő fokozatot, majd elemezze működését.

Feladat:

- váltakozó feszültségű be- és kimenőjelek ábrázolása és elemzése.
- Kimenő feszültség és áram számítása, állandósult állapotban.
- Erősítés vizsgálata.

HF5.5.5. Állítson össze egy működőképes kollektor-kapcsolású erősítő fokozatot, majd elemezze működését.

Feladat:

- váltakozó feszültségű be- és kimenőjelek ábrázolása és elemzése.
- Kimenő feszültség és áram számítása, állandósult állapotban.
- Erősítés vizsgálata.

HF5.5.6. Állítson össze egy működőképes ellenütemű teljesítményerősítőt, majd elemezze működését

Feladat:

- váltakozó feszültségű be- és kimenőjelek ábrázolása és elemzése.
- Kimenő feszültség és áram számítása, állandósult állapotban.
- Erősítés vizsgálata.

HF5.5.7. Állítson össze egy működőképes mono-stabil billenő-áramkört, majd ábrázolja a be és kimenő feszültségeket a *tranziens* menü, vagy az *oszcilloszkóp* segítségével. Írja le a szükséges számításokat is.

HF5.5.8. Állítson össze egy működőképes bi-stabil billenő-áramkört, majd ábrázolja a be és kimenő feszültségeket a *tranziens* menü, vagy az *oszcilloszkóp* segítségével. Írja le a szükséges számításokat is.

TARTALOM

BEVEZETÉS	3
1. ISMERKEDÉS A PROGRAMMAL	7
1.1 Kapcsolási rajzok szerkesztése	7
1.2 Az egér jobb gombjának használata	7
1.3 Az egér bal gombjának használata	8
1.4 Mértékegységek	9
1.5 A Képernyő alapformátuma	10
1.6 Az áramköri elemek elhelyezése	12
1.7 Vezetékek	13
1.8 Bemenetek és kimenetek	14
2. MÉRŐESZKÖZÖK	15
2.1 Multiméter	15
2.1.1 Mérési üzemmód kiválasztása	15
2.1.2 Mérési tartomány beállítás	15
2.1.3 Bemenet választás	16
2.2 Oszilloszkóp	16
2.2.1 Vertikális paraméterek beállítása	16
2.2.2 Horizontális paraméterek beállítása	17
2.2.3 Az oszcilloszkóp trigger beállítása	18
2.2.4 Az oszcilloszkóp kijelzési üzemmódjai	18
3. GYAKORLATOK A PROGRAM MEGISMERÉSÉHEZ	20
3.1 Egy hálózat beolvasása	20
3.2 Egy hálózat megszerkesztése és mentése	20
3.3 Analóg mérések - analízis futtatása	25
3.4 Digitális hálózat vizsgálata	34
3.5 Virtuális és valóságos mérések	36
3.5.1 Mérések valós környezetben	38
3.5.1.a A mérőrendszer összetevői	38
3.5.1.b A mérés rövid menete	42
4. MINTAFELADATOK	43
4.1. Analóg technikával kapcsolatos mérési feladatok	43
4.1.1 DC/AC/TRANZIENS analízisek gyakorlására	43
4.2. Digitális technikával kapcsolatos mérési feladatok	52
4.2.1 Általános tudnivalók:	52
4.2.2 Kódtáblázatok:	53
4.3. Szabályozástechnikával kapcsolatos mérési feladatok	57
4.4. Valós környezetben megvalósított mérési feladatok	68
5. Házi Feladatok	73

5.1. Egyenáramú áramkörökkel kapcsolatos feladatok.....	73
5.2. Váltakozó áramú áramkörökkel kapcsolatos feladatok.....	75
5.3 Jelleggörbékkel kapcsolatos mérési feladatok	78
5.4. Félvezetőkkel kapcsolatos további feladatok.....	87
5.5 Különböző kapcsolások összeállítása és elemzése	97
TARTALOM	99
IRODALOMJEGYZÉK	101
Függelék.....	102
<i>Az egységes Mérési Jegyzőkönyv formája.....</i>	<i>102</i>

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Nagy I.: Elektrotechnikai példatár, (Student kft., Budapest 2001.)
- [2] Bencsik A., Madarász L. : Irányítástechnikai Alapok (Egységes főisk. jegyzet) Digitális jelek, digitális áramkörök, (FIOM, Budapest 1995.)
- [3] Bencsik A., Felker P., Fűrész F., Harkay G., Kerekes S.: Laboratóriumi gyakorlatok és feladatok - az irányítástechnika és mechatronika alapismereteihez, (BDMF, GRT, Kézirat 1996)
- [4] Ajtonyi I.: Digitális rendszerek, (Miskolci Egyetem, 2002.)
- [5] Harkay G., Kégl T., Rostás I.: Automatizálás alapjai I., (Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola, GRI)
- [6] TinaLab II., High Speed Multifunction PC Instrument, (User Manual, Design Soft.)
- [7] www.DesignSoft.com

Függelék

Az egységes Mérési Jegyzőkönyv formája

1. Borító:

<p style="text-align: center;">BUDAPESTI MŰSZAKI FŐISKOLA BÁNKI DONÁT GÉPÉSZMÉRNÖKI FŐISKOLAI KAR GÉPÉSZETI ÉS RENDSZERTECHNIKAI INTÉZET</p> <p style="text-align: center;">MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV (Tantárgy neve) (Mérési feladat címe)</p> <p>Dátum:</p> <p style="text-align: right;">Név / tankör</p>

2. Mérés tartalma:

(a tartalomnak megfelelően több lap)

1. Feladat leírása

2. Kapcsolási rajz(ok).

3. Mérés(ek) megvalósítása

4. Számított – Mért eredmények összehasonlítása, táblázatok, grafikonok, esetleges észrevételek, javasolt új kapcsolási rajzok, megjegyzések.

5. Mérés kiértékelése