

***Segédanyag a Budapesti Műszaki Főiskola Kandó Kálmán
Villamosmérnöki Kar BSC képzésében résztvevő hallgatók
számára Elektronikus laboratóriumi gyakorlathoz***



Műszertechnikai és Automatizálási Intézet



Készítette: Varga László Zoltán

Kelt: 2006



"Egyetlen egy dolog viszi előbbre ezt a Világot, és az a mérnöki lustaság"

Tartalomjegyzék

Spice áttekintés	3
Összefoglalás az áramkörszimulációs programokról	4
B2 Spice használata	5
Alkatrészválaszték	21
Áramkörépítés	23
Szimulációs menü	30
Szimuláció futtatása	52
Digitális mód	58
Melléklet	76
Tárgymutató	103

B2 Spice A/D v.4 – az EAGLE-hez kapcsolható szimulációs program

A B2 Spice A/D v.4 program az analóg, digitális és vegyes áramkörök tervezéséhez, elemzéséhez és szimulációjához készült. A szimulátor analóg része a Berkeley SPICE és Xspice szimulátorok algoritmusát, a digitális rész pedig a saját B2 Logic algoritmust használja.

A programmal a következő szimulációk végezhetők: DC Sweep, AC Sweep, Transient, Sensitivity, Pole-Zero, Fourier, Distortion analysis és mások.

Az alkatrész modellek adatbázisa a következő gyártók alkatrészei alapján készültek: Analog Devices, Burr Brown, Comlinear, Motorola, National Semiconductor, Texas Instruments, Apex, Amp, Elantec, Maxim, Linear Technology, Zetex és mások.

„A mikroelektronikában az áramkörszimuláció a villamosmérnök legtermészetesebb vizsgáló eszköze. Elemi alkatrészekből felépített áramkörökben feszültségek és áramok alakulását, időbeli lefutását lehet vele ellenőrizni. Az elmúlt évtizedekben sok áramkörszimulációs programot fejlesztettek ki, de csak néhány ért el általános (nemzetközi szintű) elterjedtséget. A legismertebb a Berkeley egyetemen 1970 körül kifejlesztett **SPICE** program, amely nyílt, de csak a szimulációs magra korlátozódik.”

A fenti idézet a **BME** Elektronikus Eszközök Tanszékén kiadott dokumentumból származik. Néhány megjegyzés:

- A villamosmérnök legfontosabb, és legtermészetesebb vizsgáló eszköze bármely területen a **műszer**, és a **gyakorlati** megvalósítás!!!
- A szimuláció megkönnyítheti munkánkat, de sohasem helyettesítheti a gyakorlatot!
- Soha ne felejtsük el, hogy egy szimuláció **matematikai közelítéseket**, és nem áramköri elemeket, műszereket használ! Emiatt előfordulhat eltérés a szimulált, és a gyakorlatban vizsgált áramkör között (mint ahogy az elméletben megalkotott és később megvalósított áramkör működése között is tapasztalhatunk eltérést)
- Mindig vessük össze a szimulációban tapasztalt értékeket, jeleket, karakterisztikákat az **elméletben megtanult ismereteinkkel** (amennyiben lehetőségünk van rá ellenőrizzük a gyakorlatban való működést, vagyis végezzünk „**valódi mérést**” az áramkörön).

Amennyiben a fentieket figyelembe vesszük az áramkörszimuláció valóban **megkönnyíti**, és nem megnehezíti **tanulmányainkat** és későbbi **munkáinkat**.

Összefoglalás az áramkörszimulátorokból

Szimulációs programok előnyei:

- *Az áramköröket nem kell megépíteni ahhoz, hogy működésükről információt szerezzünk.*
- *Feladatmegoldás esetén könnyen és gyorsan ellenőrizhetjük magunkat*
- *Hagyományos mérési feladataink eredményeit jól ellenőrizhetjük.*
- *Tervezési feladatokat egyszerűen végezhetünk.*
- *A megjelenítés látványos, a vizsgált eredmények könnyen értékelhetőek.*
- *Olyan műszerek alkalmazását is lehetővé teszik, amelyekkel a mindennapos gyakorlatban ritkán találkozhatunk (elsősorban áruk miatt).*
- *Alkalmazásuk a beszerzés után olcsó és egyszerű, az adott szinten könnyen kezelhető*
- *A hallgatók hozzá szoknak a számítástechnikai eszközök alkalmazásához.*

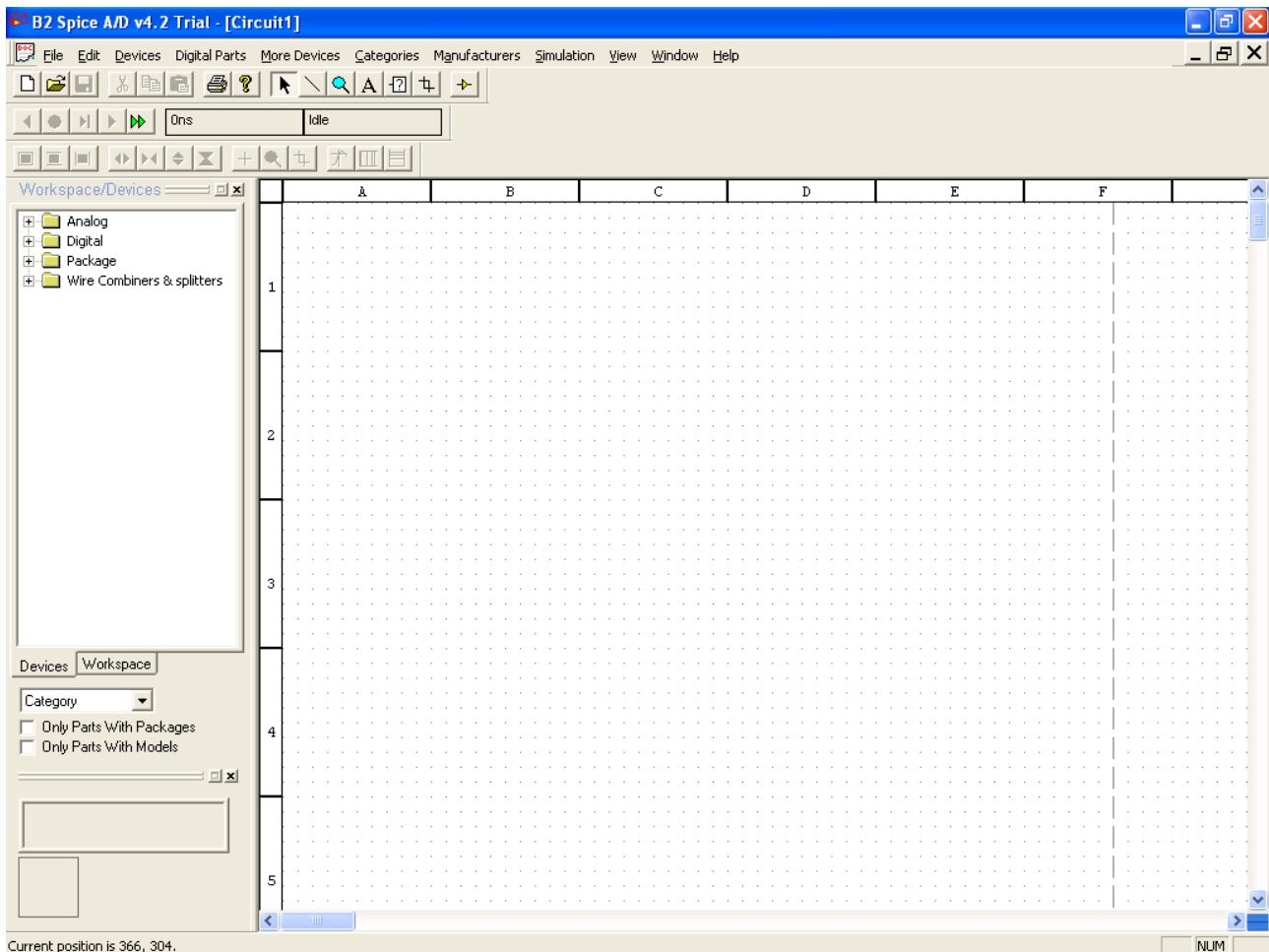
Természetesen a programoknak alkalmazási korlátjai is vannak:

- *A programok egyszerűbb (de olcsóbb), tanulói, esetleg demo változatai elsősorban a vizsgálható áramkörök csomópontjainak számában jelenthetnek korlátot, bár adott feladatokra kiválóan megfelelnek*
- *Összetettebb hálózatoknál az analízis hosszabb időt vesz igénybe.*
- *A programok használata megfelelő felkészültséget igényel az alkalmazótól.*
- *Nem szabad megfeledkezni arról, hogy a szimuláció csak modelleket alkot, az analízis során matematikai egyenleteket old meg, de ez nem a valóság. A gyakorlatban szerzett tapasztalatok nem helyettesíthetők.*

B2 Spice használata:

I. Fejezet Xspice (Mixed mód)

Kezelőfelület

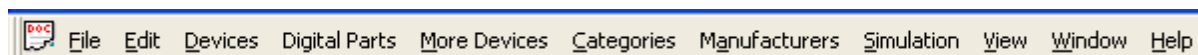


1.1. ábra

B2 Spice kezelőfelülete

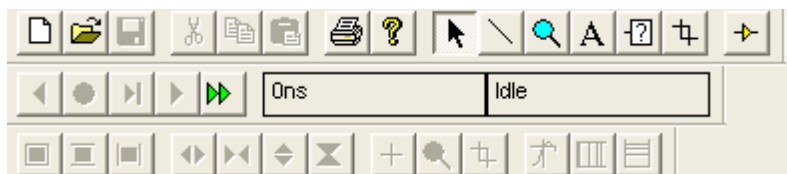
A B2 Spice áramkörszimulátor elindítása után egy általános felülettel (**1.1. ábra**) találkozhatunk, mely hasonlóan más műszaki programokhoz az alábbi részekre bontható:

- Menüsor /1.2. ábra/
- Kihelyezett ikonok /1.3. ábra/
- Munkatér/eszközök /1.4. ábra/
- Áramkörhöz szükséges rajzoló felület /1.5. ábra/



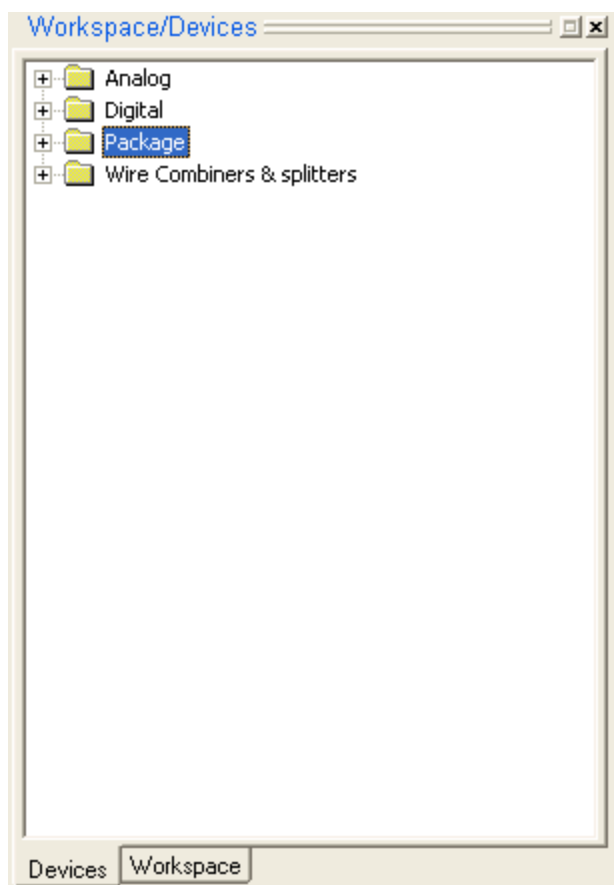
1.2. ábra

Menüsor



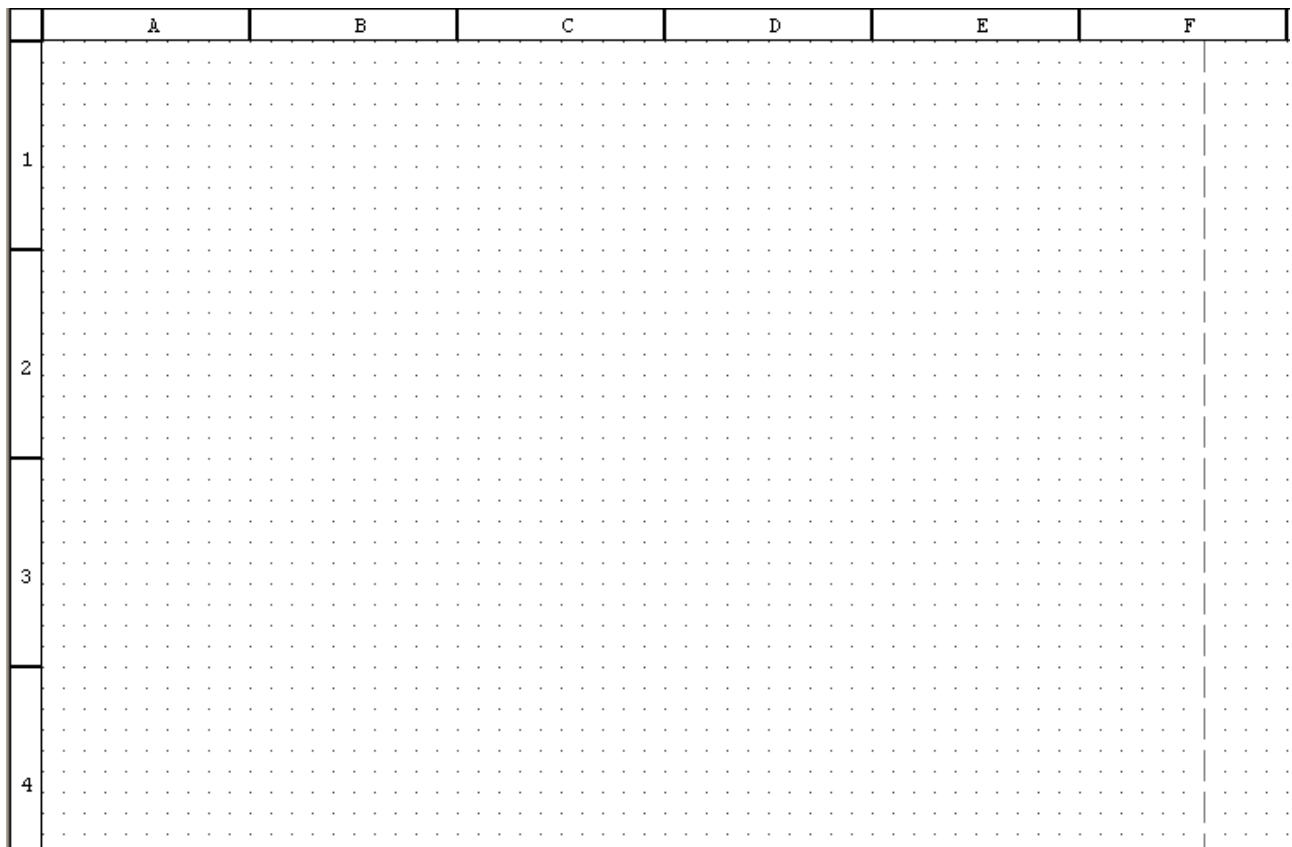
1.3. ábra

Ikonok (eszköztárak)



1.4. ábra

Munkatér/eszközök



1.5. ábra

Rajzoló felület

A program hatékony használatához elengedhetetlen ezen részek általános ismerete. A **menüsor** (1.2. ábra) ismételten két - jól elkülönülő – egységet alkot:

- Általános menüpontok, melyek minden Windows alapú, grafikus felülettel rendelkező program esetében megtalálhatóak:

- **File** (Fájl)
(1.2.1. ábra)
- **Edit** (Szerkesztés)
(1.2.2. ábra)
- **View** (Nézet)
(1.2.3. ábra)
- **Window** (Ablak)
(1.2.4. ábra)
- **Help** (Segítség)
(1.2.5. ábra)

- Speciális menüpontok, melyek az **IDE** (Integrated Development Enviroment – integrált fejlesztő környezet) elveket követve segítséget nyújtanak az áramkörszimuláció hatékony és teljes körű elvégzéséhez:
 - **Devices** (Eszközök)
(1.2.6. ábra)
 - **Digital Parts** (Digitális alkatrészek)
(1.2.7. ábra)
 - **More Devices** (Kiegészítő eszközök)
(1.2.8. ábra)
 - **Categories** (Kategorizált alkatrészek)
(1.2.9. ábra)
 - **Manufacturers** (Gyártók szerinti csoportosítás)
(1.2.10. ábra)
 - **Simulation** (Szimulációk)
(1.2.11. ábra)

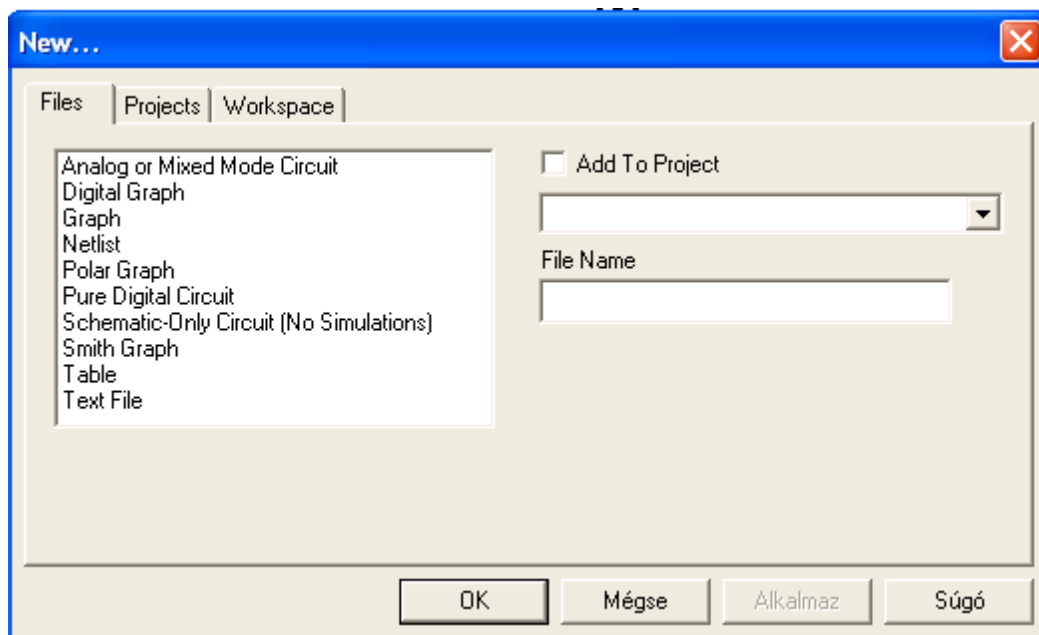
New...	
New	▶
Open	▶
Close	Ctrl+W
Close All Windows for this Circuit	
Save	Ctrl+S
Save As...	
Switch To Mixed (Xspice) Mode	
Switch To Digital Mode	
Print...	Ctrl+P
Print to Fit...	
Print Preview	
Print Setup...	
Get Printer Info...	
Create Circuit from Eagle file	
Update Circuit from Eagle file	
Export to Eagle Schematic	
Create EDIF file...	
Create Netlist document	
Export to PCB	▶
Create Bill of Materials...	
Create Part From Circuit...	
Set Netlist Title...	
Send...	
Select Database...	
Set Paths...	
Open B2 Spice 1.1 circuit...	
Open B2 Logic 3 circuit...	
Exit	
Update Circuit from Eagle file	

1.2.1. ábra

Fájl

- New – új áramkör létrehozása
- New
- Open – létező áramkör, projekt, tábla, text file megnyitása
- Close – File bezárása
- Close Circuit Projekt – Az áramkörünkhöz tartozó project bezárása, amennyiben ilyen nem létezik, akkor az áramköri file bezárása
- Save – File mentése
- Save As... – File mentése más néven
- Switch To Schematic-only Mode – Átváltás csak kapcsolási rajz üzemmódba
- Switch To Digital Mode – Átváltás digitális módba
- Print... – Nyomtatás
- Print to Fit... – Az aktuális file optimális elhelyezésű nyomtatása.
- Print preview – Nyomtatási kép
- Print Setup... – Nyomtatás beállításai
- Get Printer Info... – Nyomtató tulajdonságainak lekérdezése
- Create Circuit from Eagle file – Eagle nyáktervező programmal elkészített file-ból áramkör elkészítése
- Update Circuit from Eagle file – Eagle nyáktervezővel készült file-ból az áramkör feltöltése
- Export to Eagle Schematic – Áramkör exportálása (konvertált mentése) Eagle formátumba
- Create Netlist document – Hálózati lista készítése
- Create Part From Circuit... – Önálló alkatrészt készíthetünk az áramkörünkből
- Export to PCB – Áramkör exportálása PCB formátumba
- Create Bill of Materials... – Alkatrészjegyzék készítése az áramkörből.
- Set Netlist Title... – Hálózati lista címének megadása, módosítása
- Save Spice Netlist... – Hálózati listájának mentése
- Save Subcircuit Netlist...
- Send... – Küldés Email-ben
- Recent File
- Select Database... – A Spice által használt adatbázis kiválasztása
- Set Paths... – Xspice elérési útjának, ill. szimulációs adatok mentési helyének megadása
- Exit – Kilépés a programból

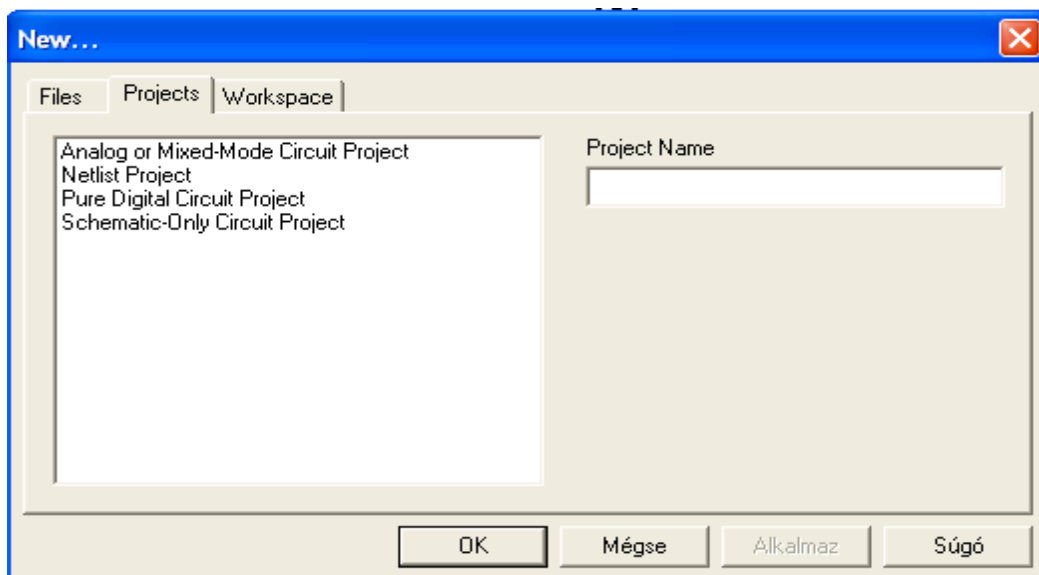
A digitális mód leírása az 58. oldalon található!



1.2.1.1. ábra

Új File

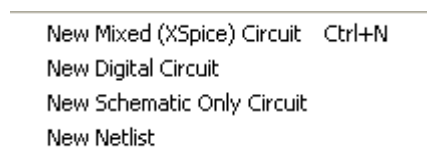
Analog or Mixed Mode Circuit:	Analóg, vagy vegyes áramkör létrehozása
Digital Graph:	Digitális grafikon létrehozása
Graph:	Grafikon (karakterisztika) létrehozása
Netlist:	Hálózati lista létrehozása
Polar Graph:	Nyquist-diagram létrehozása
Pure Digital Circuit:	Tisztán digitális áramkör létrehozása
Schematic-Only Circuit (No Simulations):	Csak kapcsolási rajz, szimuláció nélkül
Smith Graph:	Impedanciagörbe létrehozása
Table:	Táblázat
Text File:	Szöveges fájl



1.2.1.2. ábra

Új Projekt

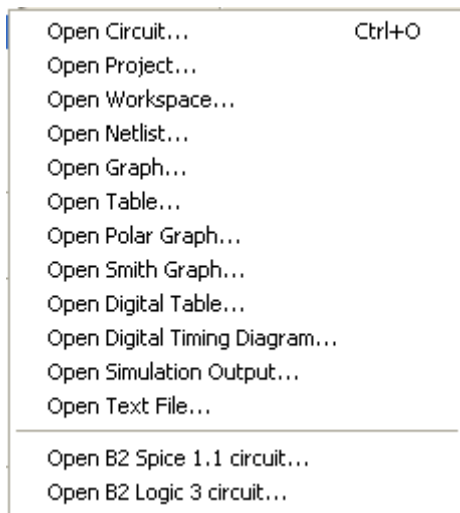
Analog or Mixed-Mode Circuit Project:	Analóg, vagy vegyes áramköri projekt létrehozása
Netlist Project:	Hálózati lista projekt létrehozása
Pure Digital Circuit Project:	Tisztán digitális áramköri projekt létrehozása
Schematic-Only Circuit projekt:	Kapcsolási rajz projektjének létrehozása



1.2.1.3. ábra

Közvetlenül létrehozható fileok

- New Mixed (Xspice) Circuit:** Új vegyes (analóg és digitális) áramkör létrehozása
- New Digital Circuit:** Új digitális áramkör létrehozása
- New Schematic-Only Circuit:** Új kapcsolási rajz létrehozása – szimuláció nélkül
- New Netlist:** Új hálózati lista létrehozása



1.2.1.4. ábra

Megnyitás menüpont

Open Circuit...: Áramkör megnyitása

Open Project...: Projekt megnyitása

Open Workspace...: Munkaterület megnyitása

Open Netlist...: Hálózati lista megnyitása / Spice nyelv /

Open Graph...: Grafikon megnyitása (pl. karakterisztika)

Open Table...: Táblázat megnyitása (pl. DC-feszültségtérkép)

Open Polar Graph...: Polár grafikon megnyitása

Open Smith Graph...: Smith grafikon megnyitása

Open Digital Graph...: Digitális grafikon megnyitása

Open Digital Timing Diagram...: Digitális idődiagram megnyitása (szaloncukor)

Open Simulation Output...: Szimuláció kimenetének megnyitása (log)

Open Text File...: Szövegfile megnyitása

Open B2 Spice 1.1 circuit...: Régebbi verzió fájljának megnyitása

Open B2 Logic 3 circuit...: Régebbi verzió digitális áramkörének megnyitása

Edit	Devices	Digital Parts	More Devices	Categ
Undo			Ctrl+Z	
Redo			Ctrl+Y	
Cut			Ctrl+X	
Copy			Ctrl+C	
Paste			Ctrl+V	
Delete			Del	
Copy Circuit Picture				
Repeat Place Device			SPACE	
Select All			Ctrl+A	
Select Wire				
Find Part in Circuit			Ctrl+F	
Edit Part Properties...			F9	
Edit Device Properties...			Shift+F9	
Choose Section of Package...				
Edit Simulation Model...			F7	
Edit Symbol...			F8	
Select Alternate Symbol...				
Edit Device Defects...				
Rotate Clockwise			Ctrl+R	
Rotate CounterClockwise			Ctrl+Shift+R	
Rotate 180				
Flip Horizontal				
Flip Vertical				
Scale Symbol Size...				
Options...				
Set Initial Filter...				
Set Fonts For Selection...				
Set Default Circuit Fonts...				
Edit Title Block...				
User-Defined Parameters...				
Password...				
✓ Selection Arrow				
Magnifying Glass				
Wire Drawing tool				
Text Tool				
Signal Probe				
Zoom to Rectangle tool				

1.2.2. ábra

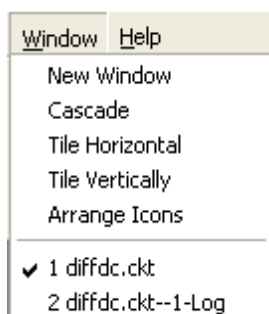
Szerkesztés

- Undo – Visszavonás
- Redo – Ismét
- Cut – Kivágás
- Copy – Másolás
- Paste – Beillesztés
- Delete – Törlés
- Copy Circuit Picture – Áramköri kép másolása
- Repeat Place Device – A legutóbb használt alkatrész, eszköz ismételt elhelyezése
- Select All – Minden kijelölése
- Select Wire – Vezetékezés kijelölése
- Find Part in Circuit – Alkatrész keresése az áramkörben
- Edit Part Properties... – Alkatrész tulajdonságok módosítása
- Choose Section of Package –
- Edit Simulation Model... – Az alkatrész, eszköz modelljének, annak tulajdonságainak módosítása
- Edit Symbol... – Az alkatrész, eszköz jelképi jelölésének megváltoztatása
- Select Alternate Symbol... – A jelképi jelölés megváltoztatása előre definiált szimbólummá.
- Edit Device Defects... – Alkatrész minőségének (hibájának) beállítása (alapértelmezetten ideális)
- Rotate Clockwise – Forgatás az óramutató járásával megegyezően
- Rotate CounterClockwise – Forgatás az óramutató járásával ellentétesen
- Rotate 180 – 180 fokos forgatás
- Flip Horizontal – Vízszintes tükrözés
- Flip Vertical – Függőleges tükrözés
- Scale Symbol Size – A jelképi jelölés méret módosítása az eredeti mérethez megadható viszonyzámmal
- Options... – Beállítások
- Set Initial Filter... – Alkatrészekhez kulcsszó rendelése.
- Set Fonts For Selection... – A kiválasztott alkatrész, eszköz nevének értékének, a hozzá rendelt szövegnek a betűkészlet megadása
- Set Default Circuit Fonts... – Az aktuális áramkörben szereplő text-es forma betűkészletének módosítása
- Edit Title Block... – Az áramkör címének, készítőjének megadása, megjegyzés mellékelése
- User-Defined Parameters... – Felhasználó által definiált paraméterek
- Password... – Jelszó rendelése az áramközhöz
- Selection Arrow – Kiválasztó nyíl használata
- Magnifying Glass – Zoomolás
- Wire Drawing tool – Vezetékezés
- Text Tool – Szöveg beszúrása



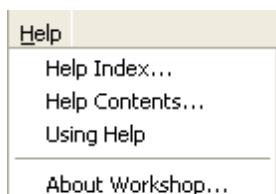
1.2.3. ábra

Nézet



1.2.4. ábra

Ablakok



1.2.5. ábra

Segítség

- Signal Probe – Szimuláció futtatása esetén az áramkör földhöz képesti potenciálviszonyainak vizsgálata, egy próba eszközzel.
- Zoom to Rectangle tool – Téglalap alakú kijelölést és arra való ráközelítés végrehajtása
- Main Toolbar – Fő eszköztár (**1.3. ábra**)
- Simulation Toolbar – Szimulációs eszköztár (**1.3. ábra**)
- Status Bar – Az egér aktuális pozícióján lévő ikon, koordináta, stb jelzése
- Parts List – Alkatrészlista (**2.1. ábra**)
- Workspace – Munkaterület (**2.3. ábra**)
- Zoom... – Nagyítás
- Fit Circuit in View – Áramköri rajz középre
- Show Node Name – Csomópont mutatása
- Show Schematic Border – Minden kijelölése
- Show TitleBox – Vezetékezés kijelölése
- Clear State Display – Alkatrész keresése az áramkörben
- Show Steady State. – Alkatrész tulajdonságok módosítása
- Steady State Display Options... – Megjeleníti az állandósult állapotban kifejezhető mennyiségeket
- Circuit State Display Scaling Options... – Az áramkörhöz tartozó határértékeket állíthatjuk be
- New Window – A meglévő szerkesztési terület másolása egy új ablakba
- Cascade – Ablakok sorba rendezése
- Tile Horizontal – Vízszintes rendezés
- Tile Vertically – Függőleges rendezés
- Arrange Icons – Ikonos rendezés
- Help Index... – Tárgy és névmutató
- Help Contents... – Tartalomjegyzék
- Using Help – Segítség a help használatához
- About Workshop... – Névjegy

Devices	Digital Parts	More Devices	Categories	Manu
Choose Part by name...			Ctrl+Shift+C	
Browse for Part...				
Current Source (I)				
Ground (0)				
Voltage Source (V)				
Ammeter (Horizontal) (1)				
Ammeter (Vertical) (1)				
Marker / voltage probe				
Network Analyzer				
Voltmeter (Horizontal) (2)				
Voltmeter (Vertical) (2)				
Capacitor (C)				
Inductor (L)				
Mutual Inductor (K)				
Resistor (simple) (R)				
Resistor (Temperature dependent) R				
BJT npn (Q)				
BJT pnp (Q)				
Controlled Sources				
Diode (D)				
JFET njf (J)				
JFET pjf (J)				
MOSFET (Level 2 nmos) (M)				
MOSFET (Level 2 pmos) (M)				
Op Amp (5-pin parameterized)				

1.2.6. ábra

Eszközök

- Choose Part by Name – Alkatrészkeresés az elem neve és azon belül a típusa szerint
- Browse for Part – Keresés típus szerint
- Current Source (I) – Áramforrás
- Ground (0) – Hidegpont
- Voltage Sources (V) – Feszültségforrás
- Ammeter (Horizontal) (1) – Ampermérő (vízszintes elhelyezkedésű)
- Ammeter (Vertical) (1) – Ampermérő (függőleges elhelyezkedésű)
- Marker / voltage probe – Jelzőpont elhelyezése
- Network Analyzer – Hálózat analizátor
- Voltmeter (Horizontal) (2) – Voltmérő (vízszintes elhelyezkedésű)
- Voltmeter (Vertical) (2) – Voltmérő (függőleges elhelyezkedésű)
- Capacitor (C) – Kondenzátor
- Inductor (L) – Tekercs (Induktivitás)
- Mutual Inductor (K) – Közös tekercs
- Resistor (simple) (R) – Ellenállás
- Resistor (Temperature dependent) R – Hőmérsékletfüggő ellenállás
- BJT npn (Q) – Bipoláris NPN Tranzisztor
- BJT pnp (Q) – Bipoláris PNP Tranzisztor
- Controlled Sources – Vezérelt Forrás (CCC; CCV; VCC; VCV)
- Diode (D) – Dióda
- JFET njf (J) – N-csatornás Záróréteg FET
- JFET pjf (J) – P-csatornás Záróréteg FET
- MOSFET (Level 2 nmos) (M) – Szigetelt kapuelektrodás N-csatornás térvezérlésű tranzisztor
- MOSFET (Level 2 pmos) (M) – Szigetelt kapuelektrodás P-csatornás térvezérlésű tranzisztor
- Op Amp (5-pin parameterized) – 5 kivezetéssel ellátott műveleti erősítő

Digital Parts	More Devices
Digital Input Source	
Digital Probe	
Combiner (2->1)	
Combiner (4->1)	
Splitter (1->2)	
Splitter (1->4)	
Ground	
Vcc (power source)	
And	
Buffer	
Inverter	
Nand	
Nor	
D flip flop	
JK flip flop	
Adder	
ALU	
Comparator	
Gates...	
Flip Flops...	
Encoders...	
Decoders...	
Counters...	
Registers...	
Buffers...	
Comparators...	
Adders...	
Miscellaneous...	

1.2.7. ábra

Digitális alkatrészek

- Digital Input Source – Digitális bemenet
- Digital Probe – Digitális kimenet
- Combiner (2->1) – Összekötő (2->1)
- Combiner (4->1) – Összekötő (4->1)
- Splitter (1->2) – Osztó (1->2)
- Splitter (1->4) – Osztó (1->4)
- Ground – Földpont
- Vcc (power source) – Tápellátás
- And – ÉS kapu
- Buffer –
- Inverter –
- Nand – NEM-ÉS kapu
- Nor – NEM VAGY kapu
- D flip flop – D-tároló
- JK flip flop – JK tároló
- Adder – 4 bites teljes összeadó
- ALU – Aritmetikai és logikai egység
- Comparator – Komparátor
- Gates... – Kapuk
- Flip Flops... – Tárolók
- Encoders... – Kódolók
- Decoders... – Dekódolók
- Counters... – Számlálók
- Registers... – Léptető regiszterek
- Buffers... –
- Comparators... – Komparátorok
- Adders... – Összeadó áramkörök
- Miscellaneous... – Vegyes alkatrészek, eszközök

More Devices	Categories	Manufacturers	Sim
Continuous Time Transfer Function			
Current Controlled Switch (W)			
Discrete Time Transfer Function			
Inductor Coupling (K)			
Lossless Transmission Line (T)			
Lossy Transmission Line (O)			
MESFET (Z)			
MOSFET (Level 1 nmos) (M)			
MOSFET (Level 1 pmos) (M)			
MOSFET (BSIM3v3 nmos) (M)			
MOSFET (BSIM3v3 pmos) (M)			
Non-linear dependent voltage source (B)			
Non-linear dependent current source (B)			
Op Amp (3 pin parameterized)			
Piecewise Linear			
Voltage Controlled Switch (S)			
Transformer			
Uniform RC line (U)			

1.2.8. ábra

Kiegészítő eszközök

- Continuous Time Transfer Function – Időben folyamatos átviteli függvény
- Current Controlled Switch (W) – Árammal vezérelt kapcsoló
- Discrete Time Transfer Function – Szakaszos átviteli függvény
- Inductor Coupling (K) – Tekercspár
- Lossless Transmission Line (T) – Veszteségmentes vivővezeték
- Lossy Transmission Line (O) – Veszteséges jelvezeték
- MESFET (Z) – Fém félvezetős térvezérlésű tranzisztor
- MOSFET (Level 1 nmos) (M) – Szigetelt kapuelektrodás N-csatornás térvezérlésű tranzisztor (egyfokozatú)
- MOSFET (Level 1 pmos) (M) – Szigetelt kapuelektrodás P-csatornás térvezérlésű tranzisztor (egyfokozatú)
- MOSFET (BSIM3v3 nmos) (M) – Szigetelt kapuelektrodás n-csatornás térvezérlésű tranzisztor
- MOSFET (BSIM3v3 pmos) (M) – Szigetelt kapuelektrodás P-csatornás térvezérlésű tranzisztor
- Non-linear dependent voltage source (B) – nemlineáris feszültségforrás
- Non-linear dependent current source (B) – nemlineáris áramforrás
- Op-Amp (3 pin parameterized) – 3 kivezetéssel ellátott műveleti erősítő
- Piecewise Linear – időfüggvény-effektív érték átalakító
- Voltage Controlled Switch (S) – Feszültséggel vezérelt kapcsoló
- Transformer – Transzformátor
- Uniform RC line (U) – Csatlakozó

Categories	Manufacturers	Simul.
Analog Instruments...		
Analog Meters...		
Analog Misc...		
Analog Multiplexers...		
Analog Multiplier...		
Buffer...		
Comparator...		
Connector...		
Crystal...		
Diode...		
fuse...		
Instrumentation Amplifier...		
JFET...		
Line Driver...		
Mesfet...		
Mixed Mode...		
Modulator Demodulator...		
MOSFETs...		
Multiplier Divider...		
OpAmp...		
Passive...		
Rectifier...		
Reference...		
RF Diode...		
RF Mosfet...		
RF Transistor (BJT)...		
SCR (Thyristor)...		
Sources...		
Switches...		
Timer...		
Transformer...		
Transistor...		
Triac...		
Vacuum Tube...		

1.2.9. ábra

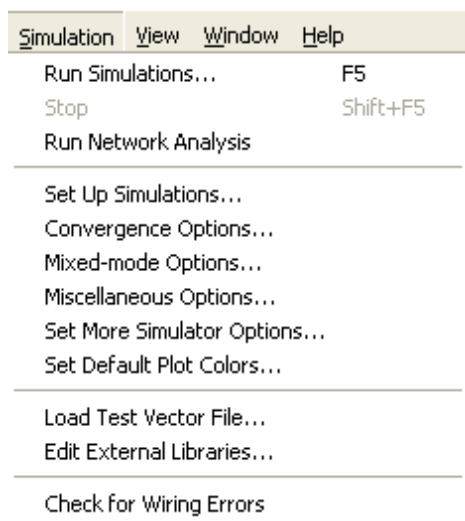
***Alkatrészválaszték
kategória szerinti***

- Analog Instruments... – Analóg műszerek
- Analog Meters... – Analóg mérőeszközök
- Analog Misc... – Egyéb analóg eszközök
- Analog Multiplexers... – Analóg MUX-ok
- Analog Multiplier... – Analóg szorzók
- Buffer... –
- Comparator... – Komparátor
- Connector... – Csatlakozó
- Crystal... – Kvarcoszcillátor
- Diode... – Dióda
- fuse... – Biztosíték
- Instrumentation Amplifier... – Műszererősítő
- JFET... – Zárórteges térvezérlésű tranzisztorok
- Line Driver... – Buszmeghajtó
- Mesfet... – Fém félvezetős térvezérlésű tranzisztorok
- Mixed Mode... – ADC; DAC
- Modulator Demodulator... –
- MOSFETs... – Szigetelt kapuelektródás térvezérlésű tranzisztorok
- Multiplier Divider... – Szorzók-osztók
- OpAmp... – Műveleti erősítő
- Passive... – Passzív elemek
- Rectifier... – Egyenirányítók
- Reference... – Referenciák
- RF Diode... – Rádiófrekvenciás diódák
- RF Mosfet... – Rádiófrekvenciás szigetelt kapuelektródás térvezérlésű tranzisztorok
- RF Transistor (BJT)... – Rádiófrekvenciás tranzisztorok
- SCR (Thyristor)... – Tirisztorok
- Sources... – Generátorok
- Switches... – Kapcsolók
- Timer... – Időzítők
- Transformer... – Transzformátorok
- Transistor... – Tranzisztorok
- Triac... –
- Vacuum Tube... – Elektroncsövek

Manufacturers	Simulation	View
3M...		
Advanced Linear Devices...		
Agilent...		
Altera...		
AMD...		
Amp...		
Amphenol...		
Analog Devices...		
Apex...		
Atmel...		
Bourns...		
Burr Brown...		
Comlinear...		
Cypress...		
Deutsch...		
Elantec...		
Exar...		
Fairchild...		
Fujitsu...		
Generic...		
Harris...		
Harting...		
Hirschmann...		
Hitachi...		
Honeywell...		
HP...		
IDT...		
Infineon...		
Intel...		
International Rectifier...		
Intersil (Harris)...		
jst...		
Lattice...		
Linear Dev...		
Linear Tech...		

1.2.10. ábra

***Alkatrészválaszték
gyártók szerint***



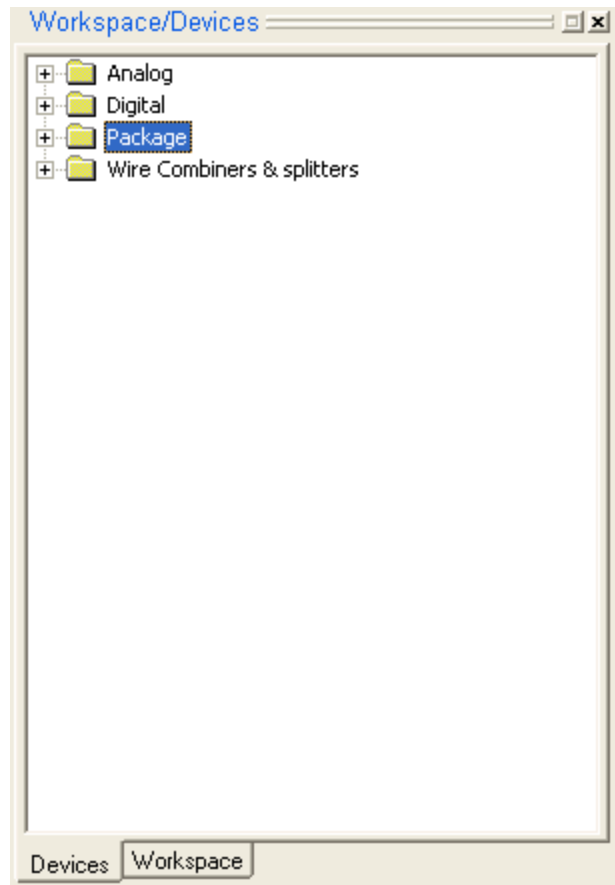
1.2.11. ábra

Szimulációk

- Run Simulations... – Szimulációk futtatása
- Stop – Szimulációk leállítása
- Run Network Analysis – Hálózat-analízis indítása
- Set Up Simulations... – Szimulációk és azok paramétereinek, jellemzőinek kiválasztása és/vagy módosítása
- Convergence Options... – Konvergencia beállítások (max hibahatár; stb.)
- Mixed-mode Options... – Vegyes-mód beállításai
- Miscellaneous... – Egyebek
- Set More Simulator Options... – Szokásos szimulációs beállítások
- Set Default Plot Colors... – Grafikon színeinek beállítása
- Load Test Vector File... – teszt vektorfájl betöltése (txt)
- Edit External Libraries... – Külső könyvtár szerkesztése
- Check for Wiring Errors – Vezetékezés hibáinak ellenőrzése

II. Fejezet

Alkatrészválaszték



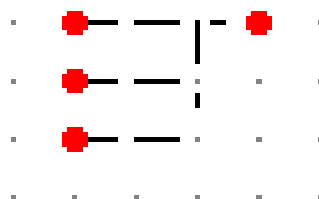
2.1. ábra

B2 Spice eszközei

Az alkatrészeket, melyeket az áramkörökben láthatunk a kezelőfelület bal oldalán található ablakból (**2.1. ábra**) választhatjuk ki.

- **Analog:** analóg alkatrészeket tehetünk le, itt találjuk meg a passzív elemeket (R;L;C), aktív elemeket (Dióda;Tranzisztor) valamint az analóg integrált elemeket (műveleti erősítő).
- **Digital:** digitális alkatrészek közül válogathatunk (kombinációs és szekvenciális hálózathoz szükséges elemeket tartalmaz)
- **Package:** komplett integrált áramköröket tartalmaz, amelyeket nem lehet besorolni, se az analóg, se a digitális eszközök közé (pl A/D átalakító)

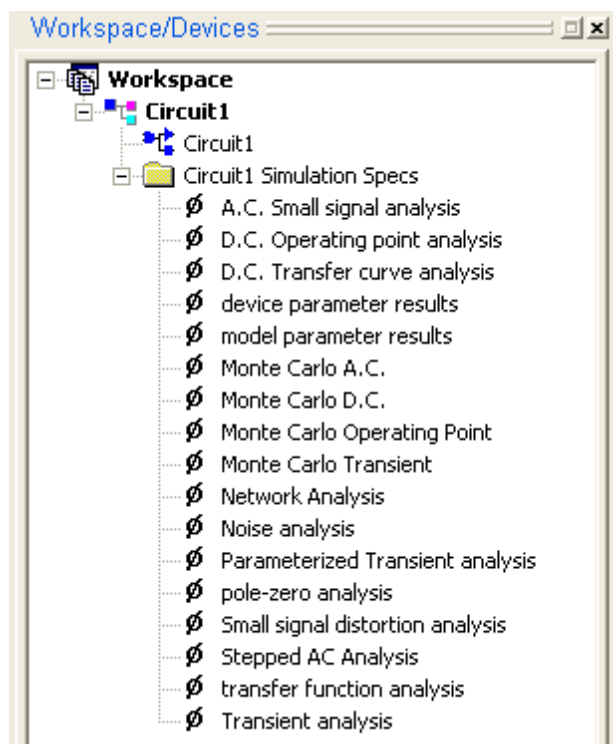
- **Wire combiners & splitters:** vezetékösszeköttetéseket rakhatunk az áramkörünkbe (2.2. ábra) (pl. 3-ból 1 stb.):



2.2. ábra

3-ból 1 vezetékezés

Amennyiben az ablak aljában látható **workspace** fülre kattintunk a következő felületváltás történik (2.3. ábra):



2.3. ábra

Munkaterület

Beállíthatjuk a szimulálni kívánt áramkört (jelen esetben ez a Circuit1), valamint a fenti szimulációs beállítások közül válogathatunk (2.3. ábra).

III. Fejezet

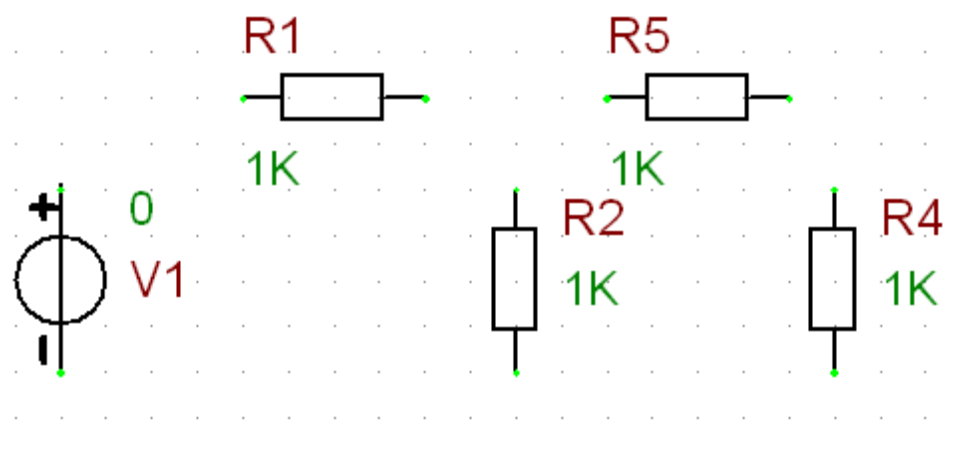
Áramkörépítés

Első lépésként állítsuk át az amerikai (ANSI) szabványt európaira (DIN)!

Megjegyzés: az amerikai szabvány (ANSI) sok problémát okoz az elektronika területén, a legtöbb szakirodalom angol nyelvű, és a kapcsolási rajzokban lévő jelképi jelölések az ANSI szabványt alkalmazzák. Ettől függetlenül egész Európában a német szabvány (DIN) terjedt el, hazánkban is ezt tartjuk elfogadhatónak, s igen zavaró lehet, ha egyesek - sokszor érthetetlen okokból - ragaszkodnak az amerikai szabványhoz. Műszaki ember számára elengedhetetlen mindkét szabványos jelképi jelölés ismerete, azonban illik a DIN szabványt alkalmazni !!!

Edit -> Options -> General

Építsünk egy egyszerű aktív áramkört:



3.1. ábra

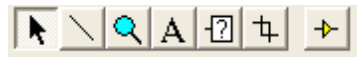
Alkatrészek elhelyezése

Az áramkörépítést az elemek kikeresésével és elhelyezésével (3.1. ábra) kezdjük, egyelőre még ne kössük össze az alkatrészeket! Az **View** menüpont **Fit circuit in view** (vagy Home gomb) segítségével az áramkörkészítő ablakban optimálisan elhelyezhetjük a kapcsolást!

Ellenállások: **Analog -> Resistor** vagy **Devices** menüpont - > Resistor

Tápegység: **Devices -> Voltage Source (V)**

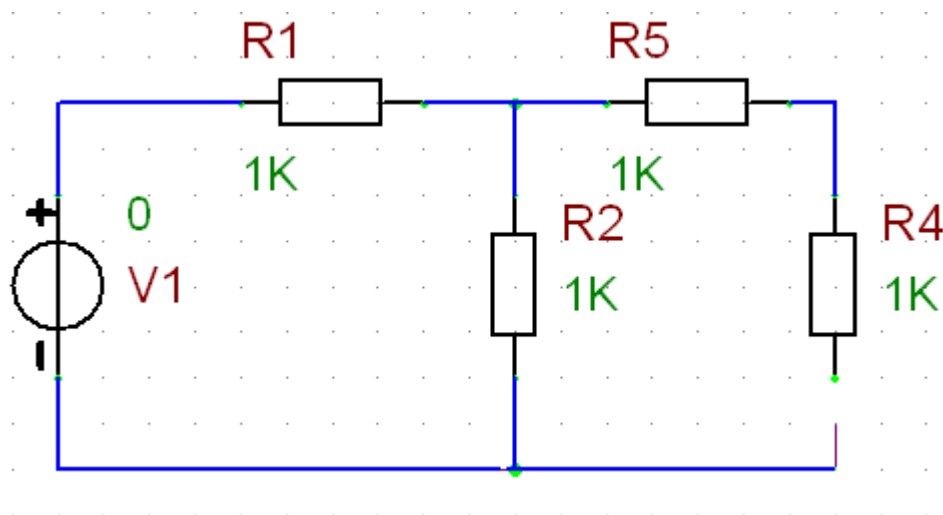
Mind az alkatrészek elhelyezése, mind az összeköttetések lerakása raszteres kialakítású! Amennyiben nem sikerült jó helyre lerakni az elemet, változtathatunk az elhelyezkedésen a nyíl ikonra (**3.2. ábra**) kattintva mozgathatjuk az alkatrészeket:



3.2. ábra

*Áramkörépítéshez
tartozó ikonok*

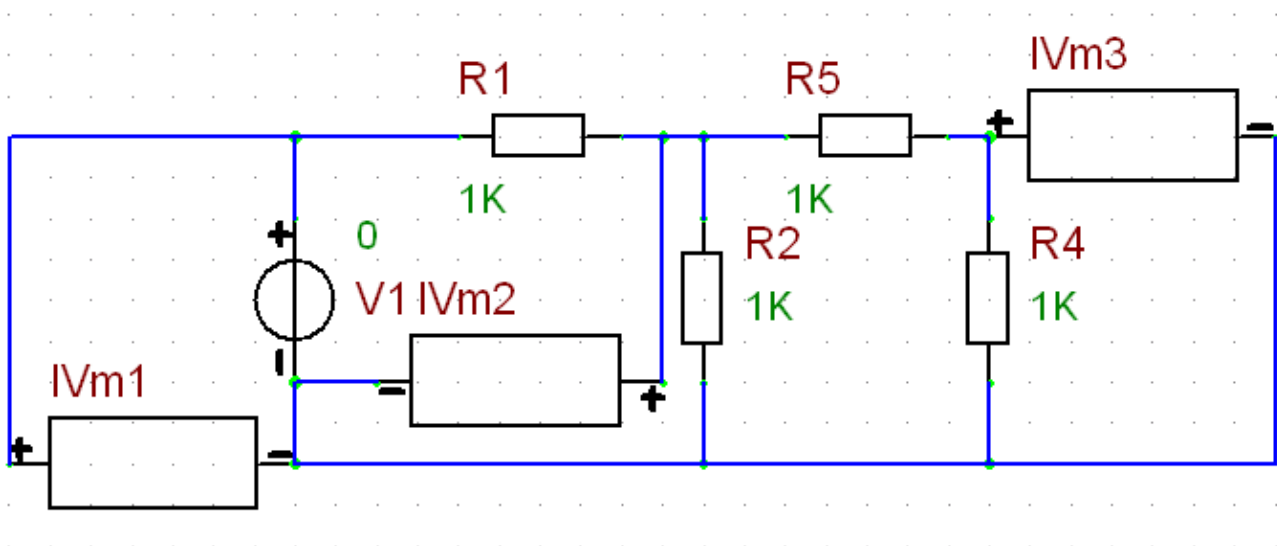
Összeköttések létesítése: A fenti ikonok (**3.2. ábra**) közül balról a másodikra kattintva vezetékeket rakhatunk le az áramkörbe. A csatlakozópontokra egyet kattintva lehet összeköttetéseket létrehozni, valamint megtörni a vezetéket. Amennyiben be akarjuk fejezni a vezetéket kattintsunk kettőt az egérrel (**3.3. ábra**)!



3.3. ábra

Kapcsolás vezetékezése

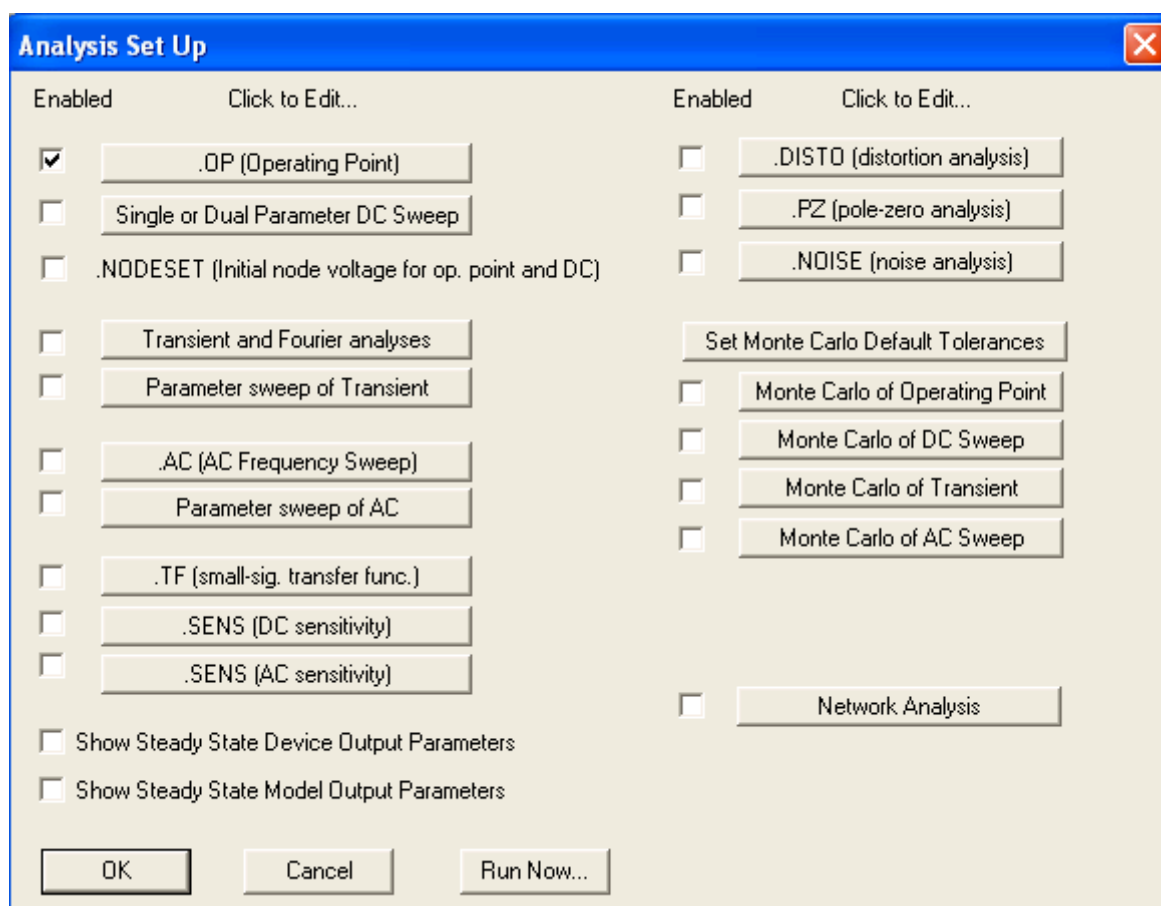
Végezzük el az áramkör bemérését! Vegyük fel a DC-Feszültségtérképet!



3.4. ábra

Műszerek elhelyezése

A B2 Spice (a Multisimhez hasonlóan) lehetőséget nyújt ún. műszeres bemérésre (3.4. ábra) (**Devices -> Voltmeter (V)**), valamint analízisek elvégzésére! Jelöljük be a **Simulation -> Set Up Simulations (3.5. ábra)** menüpontban az alkalmazni kívánt analízist:

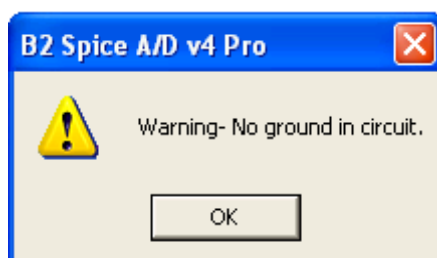


3.5. ábra

Analóg vizsgálatok

Jelen esetben ez a **.OP** (Operating Point) (ezen analízis segítségével lehet az egyes csomópontok földhöz képesti feszültségértékét lekérdezni!). Futtassuk a szimulációt (**Simulation -> Run Simulation**).

Hibaüzenetet kapunk, mely szerint az áramkörünk nem rendelkezik föld ponttal (**3.6. ábra**)!

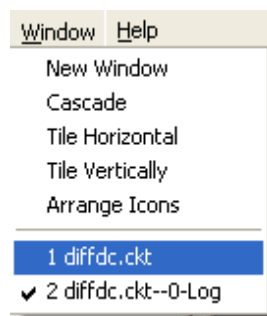


3.6. ábra

**Veszély- az áramkörben
nincs hidegpont**

Fontos, minden áramkörnek meg kell adnunk a hidegpontját! A **Devices -> Ground (0)** menüpont segítségével helyezzük el az áramkörünk közös pontját, majd futtassuk újra a szimulációt!

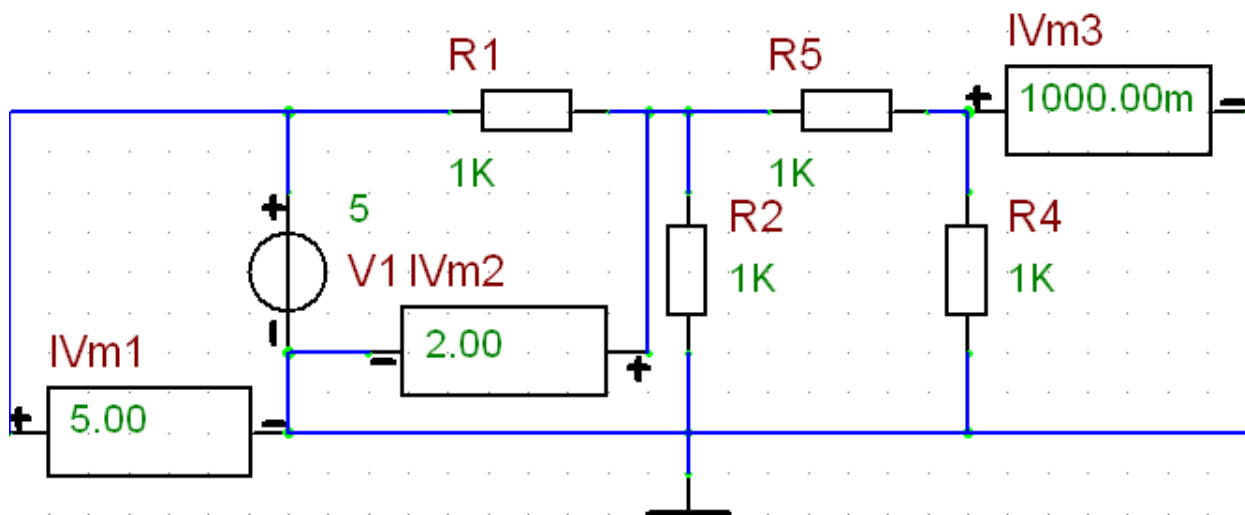
Fontos, ha egy szimulációból vissza akarunk térni az áramkörünk szerkesztéséhez, vagy egy másik szimuláció elindításához, használjuk a Window menüpontot, és kattintsunk az általunk használt áramkör nevére (3.7. ábra) !



3.7. ábra

***Váltás az
ablakok között***

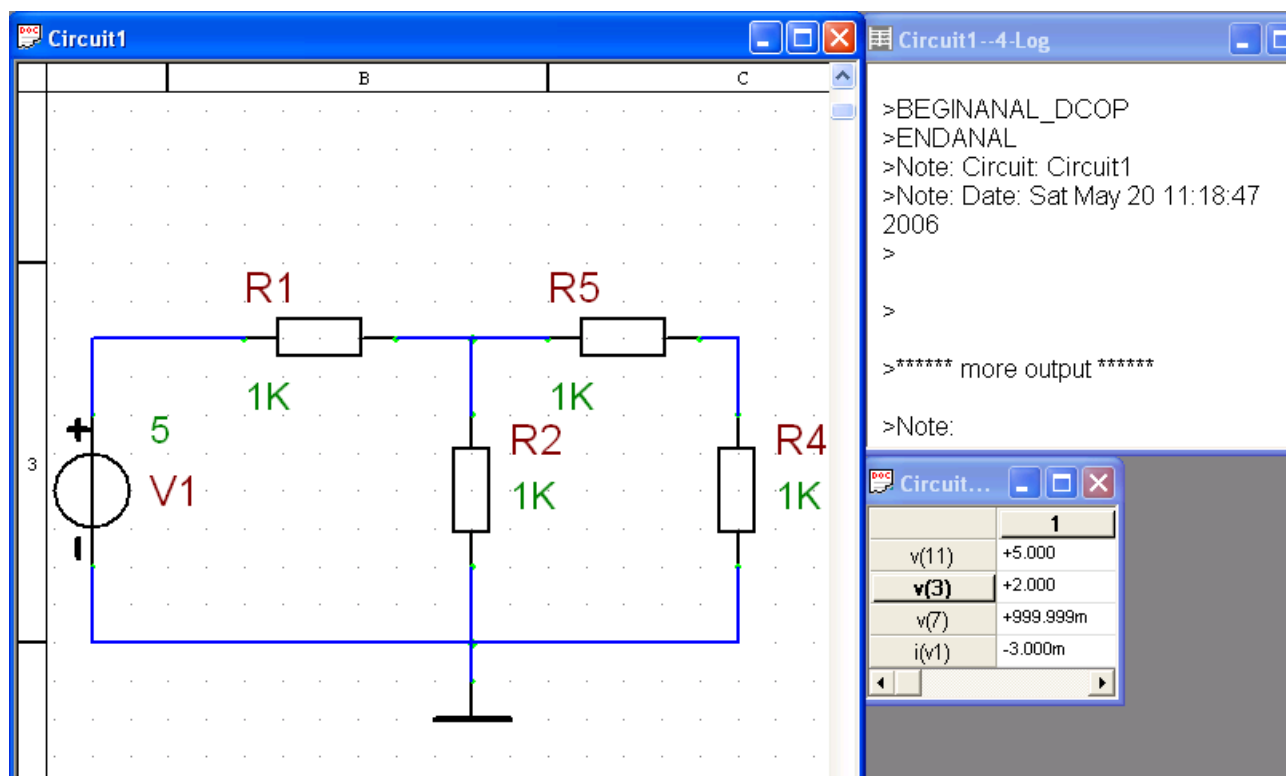
Kimenetként két ablakot látunk, és megjelennek a műszerekben az egyes feszültségértékek a kapcsolási rajzban (**3.8. ábra**)



3.8. ábra

Analízis elvégzése

Már ennél az egyszerű kapcsolásnál is megfigyelhető, hogy a Spice áramkörszimulátorral nem érdemes „műszeres méréseket” végezni – átláthatatlanná, feleslegesen bonyolulttá válik az áramköri rajz! Vegyük ki a voltmérőket, majd futtassuk újra a szimulációt! Vizsgáljuk meg a kimenetként kapott két fílet (3.9. ábra)!

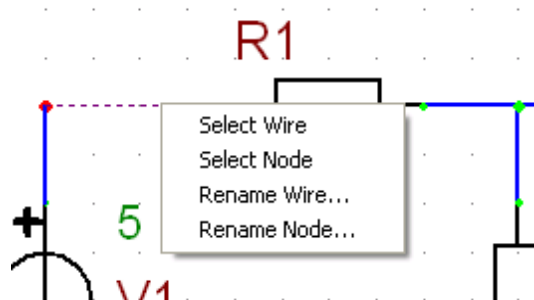


3.9. ábra

Analízis során kapott kimenet

Az egyik az ún. **log** file, mely tartalmazza a szimuláció végrehajtását, melyik áramkörön, milyen analízist végeztünk, valamint az esetleges hibaüzeneteket. A másik az ún. **doc** file, mely a mérési eredményeket foglalja össze.

Átláthatóbbá tehetjük az analízist, illetve elősegíthetjük a mérési eredmények kiértékelését, amennyiben az egyes vezetékeknek, pontoknak saját magunk által is felismerhető nevet adunk (például be; ki; stb.). Kattintsunk valamelyik vezetékre, majd jobb egérgomb (3.10. ábra):



3.10. ábra

Vezeték átnevezése

A **Rename Wire** (3.10. ábra) opcióval írjuk át a vezetékhivatkozási nevét v1-re, majd nevezzük át a többi mérési pontot is! Futtassuk újra a szimulációt:

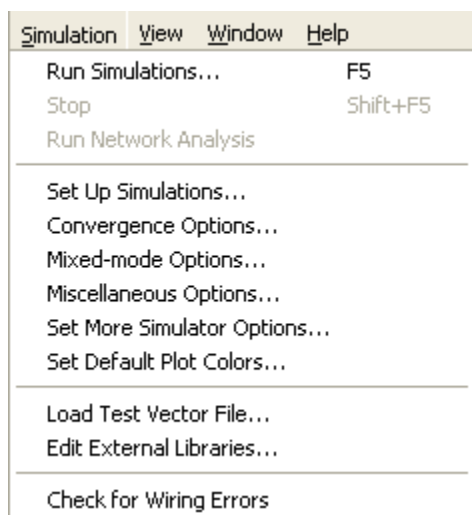
Circuit...	
	1
i(v1)	-3.000m
v(v1)	+5.000
v(r2)	+2.000
v(r4)	+999.999m

3.11. ábra

Analízis dokumentuma

IV. Fejezet

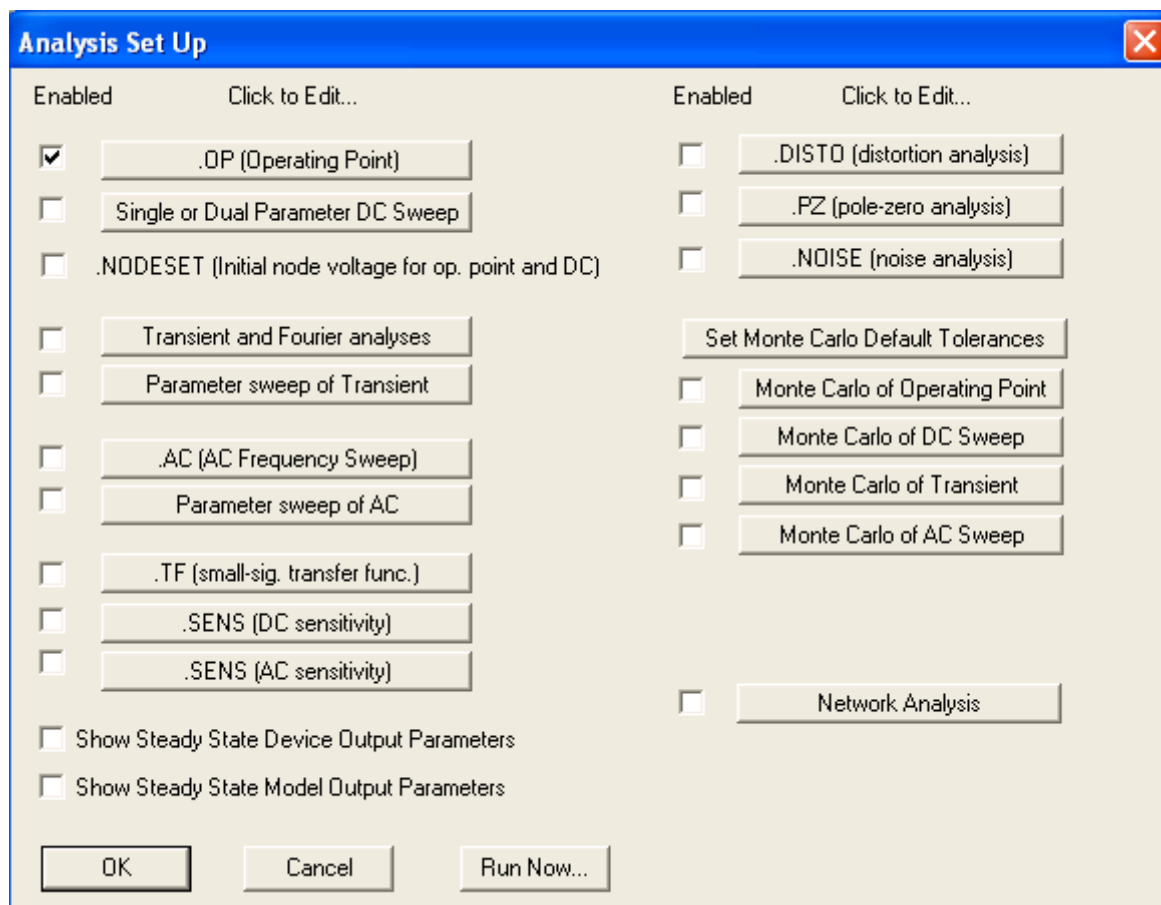
Szimulációs menü ismertetése



4.1. ábra

Szimuláció elérése

Első lépésként mindig válasszuk ki a használni kívánt szimulációt a **Set Up Simulations...** menüponttal (4.1. ábra):



4.2. ábra

Analízis kiválasztása

Az **Enabled** opcióval jelöljük ki az alkalmazni kívánt szimulációt, majd rákattintva állítsuk be a megfelelő paramétereket!

Választható szimulációk (4.2. ábra):

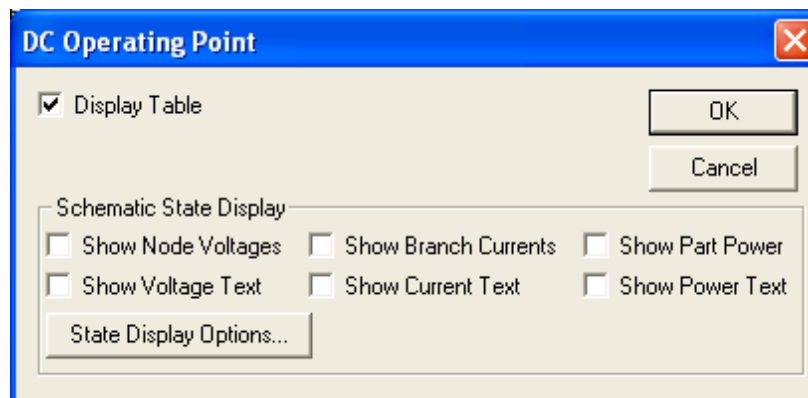
- **.OP (Operating Point):** az áramkör DC-feszültség- és áramtérképét vehetjük fel a segítségével.
- **Single or Dual Parameter DC Sweep:** egy, vagy két paraméter függvényében vizsgálhatjuk az áramkört (pl. hogyan változik a kimeneti feszültség egy ellenállás függvényében).
- **Transient and Fourier analyses:** általában jelalakfelvételre használatos, valamint a fourier spektrumot tudjuk meghatározni.
- **Parameter sweep of Transient:** az átmeneti viselkedést tudjuk vizsgálni a

paraméterek változásának függvényében.

- **.AC (AC Frequency Sweep):** az áramkör váltakozó áramú viselkedését vizsgálhatjuk (pl BODE-diagram).
- **Parameter sweep of AC:** paraméterek változásának függvényében való váltakozóáramú vizsgálat.
- **.TF (small-sig. transfer func.):** egy áramkör transzferkarakterisztikáját vehetjük fel a segítségével.
- **.SENS (DC sensitivity):** egyenáramú érzékenység
- **.SENS (AC sensitivity):** váltakozó áramú érzékenység
- **.DISTO (distortion analysis):** torzítás mérése
- **.PZ (pole-zero analysis):** meghatározhatjuk egy áramkör pólus-zérus frekvenciáit (pl. egy szűrő esetén).
- **.Noise (noise analysis):** áramkör zajviszonyainak meghatározására szolgáló analízis.
- **Monte Carlo analízisek:**
- **Network analysis:** hálózat analízis, megvizsgálhatjuk, hogy a hálózatunk miképp viszi át az egyes csomagokat.

Szimulációs paraméterek:

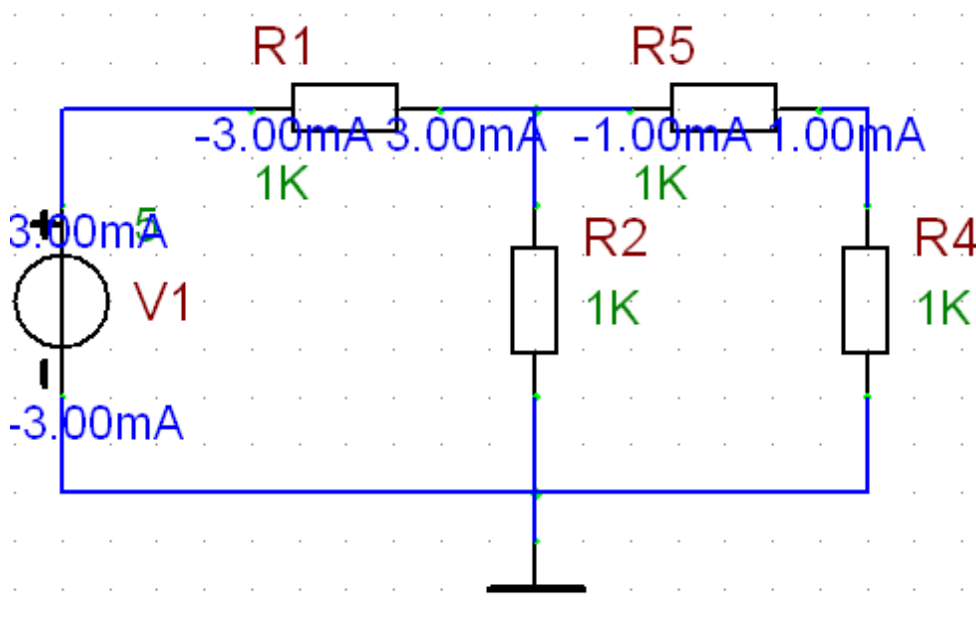
.OP (4.3. ábra) esetén:



4.3. ábra

DC viszonyok

- Display Table:** A legtöbb analízis esetén választhatunk megjelenítési típust, mely lehet táblázatos forma, ill. grafikon. Természetesen egy DC-feszültségtérkép, valamint áram- és teljesítményviszonyok esetében nincs értelme a grafikus kijelzésnek, ezért ezen opciót nem is választhatjuk. Amennyiben engedélyezzük a Display Table funkciót, kimeneti fájlként a szimuláció futtatása után megkapjuk a mérési eredményeket táblázatban rögzítve.
- Show Node Voltages:** Kiemeli a pozitív (piros) és a negatív (kék) tápvezeték vonalát.
- Show Voltage Text:** Láthatóvá válnak a kapcsolási rajzon a feszültségértékek szöveges formában
- Show Branch Currents:** Nyomon követhetjük az áram(ok) irányát.
- Show Current Text:** Az áramok értékét láthatjuk a kapcsolási rajzon (4.3.1. ábra). Ezt a lehetőséget nem célszerű alkalmazni, mert minden vezetékhez hozzárendel egy áramot, annak irányának megfelelően, és ez igen zavaró lehet:



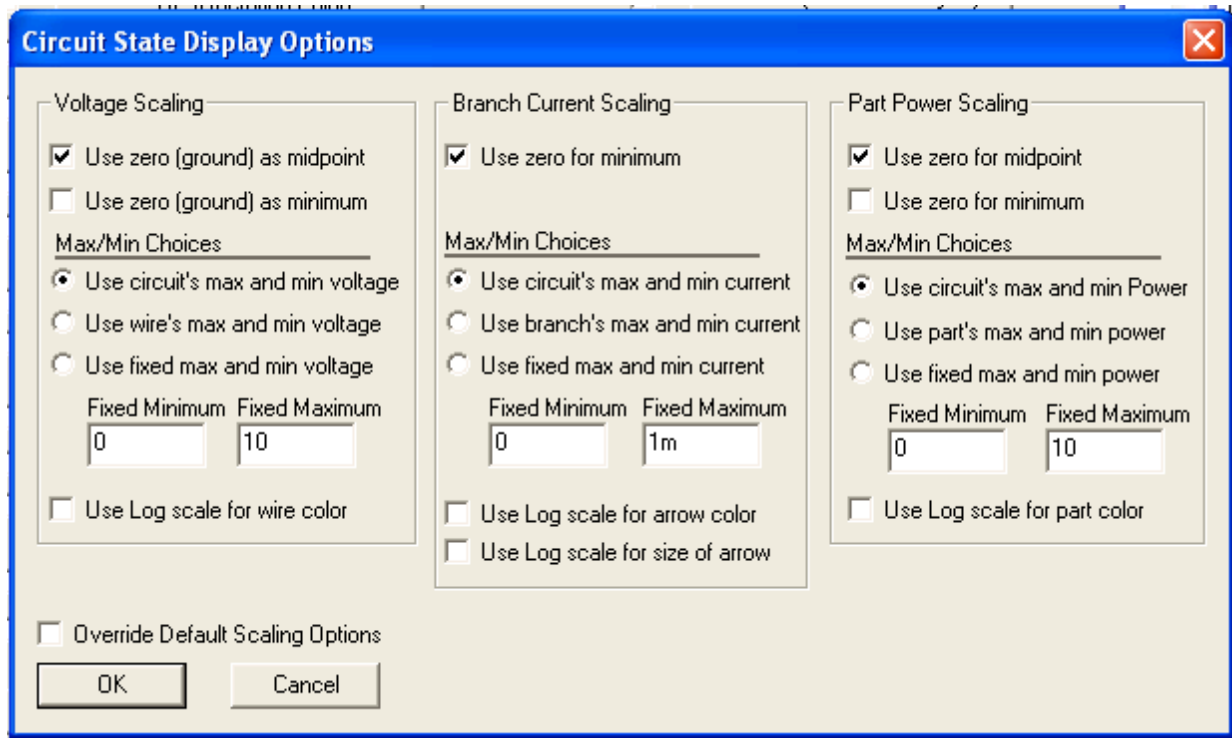
4.3.1. ábra

Áramviszonyok ábrázolása az áramkörben

Show Part Power: kiszámolja a teljesítményt, és a hozzá szükséges áramot is.

Show Power Text: megjeleníti az áramkör teljesítményviszonyait a kapcsolási rajzon.

State Display Options... (4.3.2. ábra):



4.3.2. ábra

Áramkör állapotának kalibrálása

Az áramkörünk szimulációja során meghatározott feszültség, áram, teljesítmény értékei skálázásának (beosztásának) maximumát, minimumát és jelzésének módját állíthatjuk be. Általában nem szükséges módosítanunk az alapbeállításokat.

Single or Dual **Parameter DC Sweep** (4.4. ábra) esetén:

Dual Stepped DC Sweep

Parameter #1

Source Name: R2

Property Name:

Start Value: 0

Stop Value: 5

Step Value: .1

Parameter #2 (This section is optional)

Source Name:

Property Name:

Start Value:

Stop Value:

Step Value:

If this section is used, then Parameter #1 is swept through its range for each value of Parameter #2. In the graph, Parameter #1 becomes the x-axis and Parameter #2 is used for indexing the plots

☒ Display Graph ☐ Display Table

☐ Show Node Voltages ☐ Show Branch Currents ☒ Show Part Power

☐ Show Voltage Text ☐ Show Current Text ☐ Show Power Text

State Display Options...

4.4. ábra

DC paraméterek léptetése

A szimuláció során a beállítási menüt vizsgálva 4 jól elkülönülő részt különböztethetünk meg:

- 1. parameter
- 2. parameter
- Kijelzés módja
- Kijelzendő jellemzők

Az első és második – mely opcionális, vagyis megadása nem kötelező - paraméter esetén megadható beállítások:

- **Source Name:** Az elem, melynek jellemzőjét változtatni kívánjuk
- **Property Name:** A konkrét jellemző, melyet léptetünk.

- **Start Value:** Kiindulási érték
- **Stop Value:** Végérték
- **Step Value:** Lépésköz

Kijelzés módja:

- **Display Graph:** Grafikus megjelenítés
- **Display Table:** Táblázatos forma

Kijelzendő jellemzők: megegyeznek a **.OP** esetén megadhatókkal (40.old)

Transient and Fourier analyses (4.5. ábra) esetén:

Transient Sweep

Results Delay (Start time) OK Cancel

Stop Time

Linearization Step (Used with Linearize Results for Table)

Step Ceiling (Used to control simulation accuracy)

☒ Use Initial Conditions (uses initial conditions defined inside of devices)

☐ Linearize Results (Performed after simulation is complete)

☒ Display Graph ☐ Display Table

Schematic State Display

☐ Show Node Voltages ☐ Show Branch Currents ☒ Show Part Power

☐ Show Voltage Text ☐ Show Current Text ☐ Show Power Text

State Display Options...

☐ Enable Fourier

Fourier analysis

Fundamental Frequency

☐ Output Probe

Or ☒ Output Voltage Output positive node Output reference node

☒ Display Graph ☐ Display Table

4.5. ábra

Transiens és Fourier analízis paraméterek

A beállítási menüt ismét négy részre osztva:

- Időtartományban megadható jellemzők
- Kijelzés módja
- Kijelzendő jellemzők
- Fourier analízis

Időtartományban megadható jellemzők:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| - Results Delay (Start Time): | Vizsgálat kezdete a bekapcsolástól számítva |
| - Stop Time: | Vizsgálat vége a bekapcsolástól számítva |
| - Linearization Step: | Linearis lépések |
| - Step Ceiling: | Lépésköz felső határa |
| - Use Initial Conditions: | Kezdeti feltételek alkalmazása |
| - Linearize Results: | Linearizált eredmények |

A kijelzés módja és a kijelzendő mennyiségek megegyeznek az előző analízis esetén (42. o.) megadhatókkal.

Fourier analízis során beállítható paraméterek:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| - Enable Fourier: | Fourier analízis engedélyezése |
| - Fundamental Frequency: | Alapfrekvencia (ω_0) |
| - Output probe: | Kimeneti jellemző (áram) |
| - Output Voltage: | Kimeneti feszültség |
| - Output pozitiv node: | Kimeneti meghatározott pont |
| - Output reference node: | Kimeneti referencia pont |

Parameter sweep of Transient (4.6. ábra) esetén:

4.6. ábra

***Átmeneti viselkedés vizsgálata egy elem
változtatásának függvényében***

Az elem melynek függvényében vizsgálódunk:

- **Source Name:** Az elem, melynek jellemzőjét változtatni kívánjuk
- **Property Name:** A konkrét jellemző, melyet léptetünk.
- **Start Value:** Kiindulási érték
- **Stop Value:** Végérték
- **Step Value:** Lépésköz

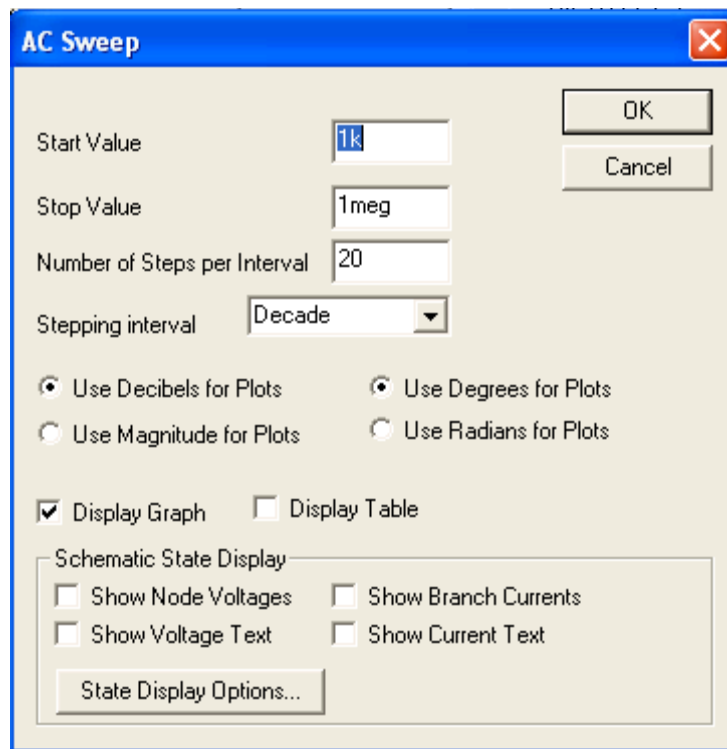
Az átmeneti tartomány, melyben vizsgálódunk:

- **Start Time:** Vizsgálat kezdetének ideje
- **Stop Time:** Vizsgálat végének ideje
- **Step Time:** Vizsgálat során alkalmazott lépésköz
- **Step Ceiling:** A lépésköz maximuma

Kijelzés:

- **Use Initial Conditions:** Kezdeti feltételek (körülmények) alkalmazása
- **Display Graph:** Grafikus megjelenítés
- **Display Table:** Táblázatos forma

.AC (4.7. ábra) esetén:



4.7. ábra

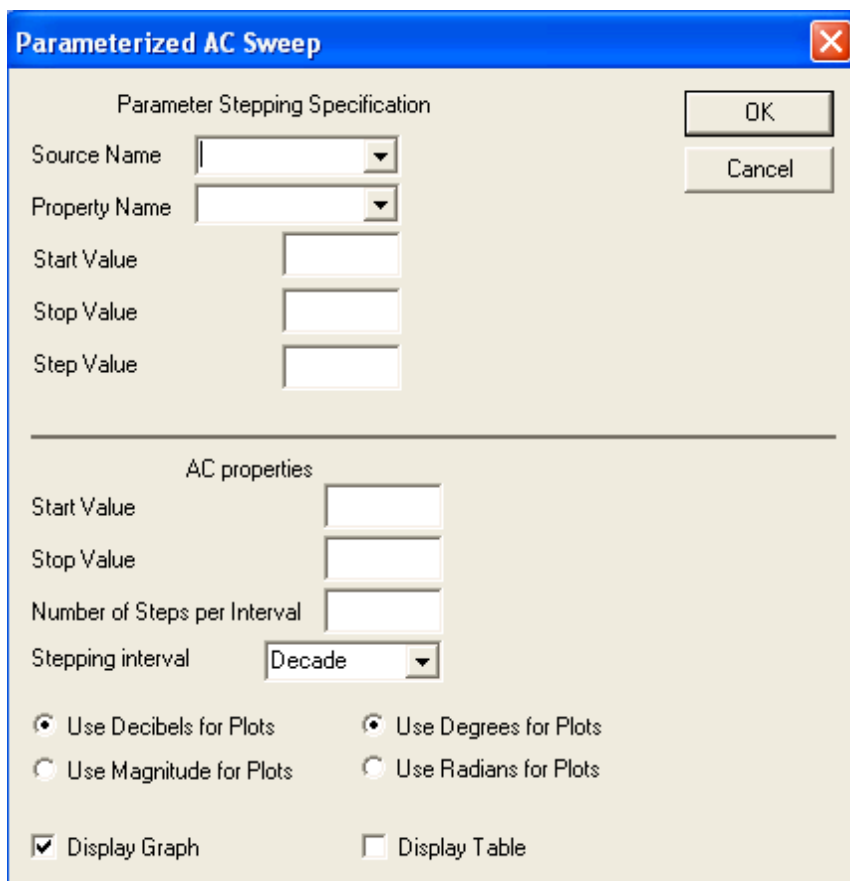
Bode diagram felvétele

- **Start Value:** Vizsgálat kezdetének frekvenciája
- **Stop Value:** Vizsgálat végének frekvenciája
- **Number of Steps per Interval:** A megadott intervallumon belüli lépések száma
- **Stepping interval:** Az intervallumon belüli „lépcsők” száma
- **Use Decibels for Plots:** Léptékezés decibelben
- **Use Magnitude for Plots:** Léptékezés lineárisan
- **Use Degrees for Plots:** Léptékezés fokban
- **Use Radians for Plots:** Léptékezés radiánban

A kijelzendő mennyiségek megegyeznek a .OP analízis esetén (40. o), a kijelzés módja pedig az átmeneti viselkedés vizsgálatánál (44. o.) megadhatókkal.

FONTOS: AHHOZ, HOGY HELYES EREDMÉNYT KAPJUNK A VEZÉRLŐGENERÁTOR AMPLITUDÓJÁT 1-RE KELL VÁLASZTANUNK!!!!!!
AHHOZ, HOGY 1 VOLT AMPLITUDÓT BEÁLLÍTSUNK, 707mV RMS ÉRTÉKET KELL FELVENNÜNK

Parameter sweep of AC (4.8. ábra) esetén



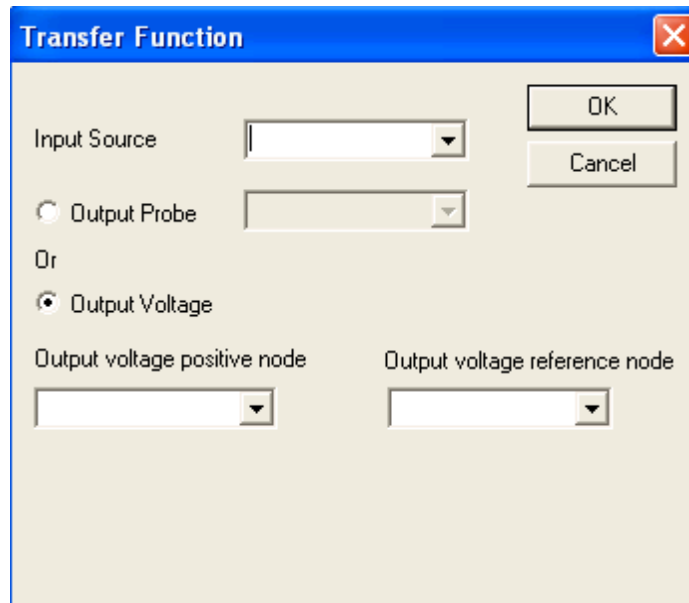
4.8. ábra

Bode diagram felvétele egy elem változtatásának függvényében

Parameter stepping specification: Paraméter léptetésének előírásai, melyek megegyeznek a **Parameter Sweep**-nél (43. o.) megadottakkal.

AC properties: Váltakozóáramú tulajdonságok, melyek megegyeznek a **.AC** (46. o.) felsoroltakkal.

.TF (4.9. ábra) esetén:

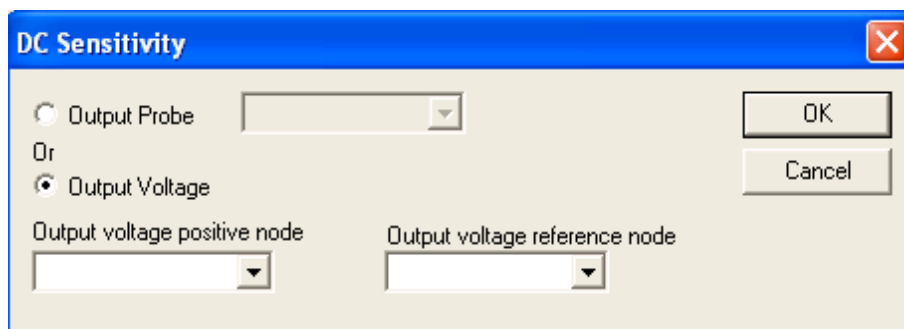


4.9. ábra

Átviteli függvény felvétele

- **Input Source:** Bemenetként definiált jellemző
- **Output Probe:** Kimenetként megadott jellemző (áram)
- **Output Voltage:** Kimenetként megadott feszültség
- **Output voltage positiv node:** Kimeneti feszültség meghatározott pontja
- **Output voltage reference node:** Kimeneti feszültség referencia pontja

.SENS (DC sensitivity) (4.10. ábra) esetén:

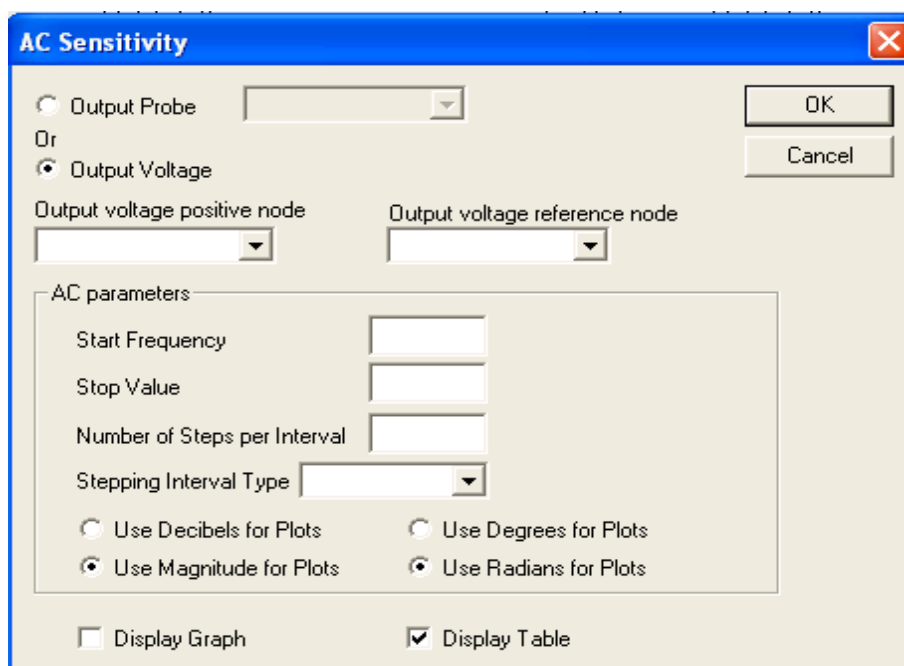


4.10. ábra

Egyenáramú érzékenység

A beállítható paraméterek megegyeznek az előbb felsoroltakkal (48. old.)

.SENS (AC sensitivity) (4.11. ábra) esetén:

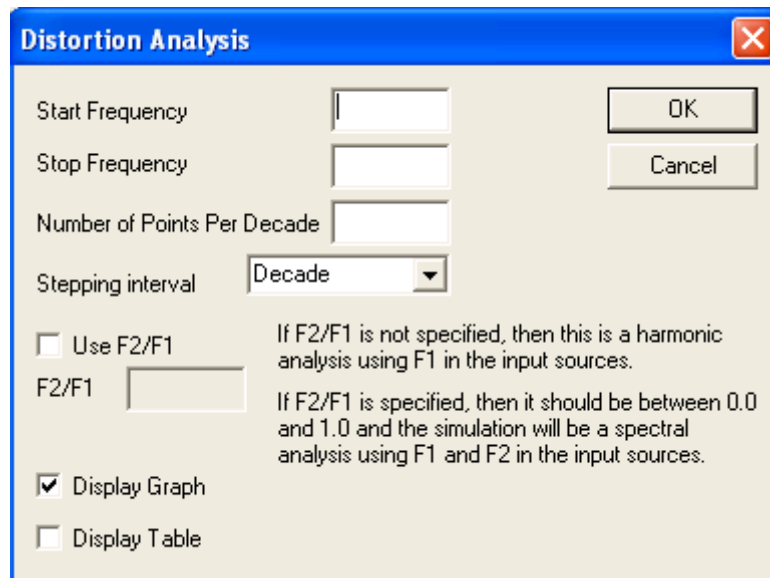


4.11. ábra

Váltakozóáramú érzékenység

Az érzékenységre vonatkozó paraméterek megegyeznek a **Transfer Function**-nél megadottakkal (48. old.), míg a váltakozóáramú paraméterek a .AC (46. old.) esetén alkalmazottakkal.

.DISTO (distortion analysis) (4.12. ábra) esetén:



Distortion Analysis

Start Frequency

Stop Frequency

Number of Points Per Decade

Stepping interval

☐ Use F2/F1

F2/F1

☒ Display Graph

☐ Display Table

If F2/F1 is not specified, then this is a harmonic analysis using F1 in the input sources.

If F2/F1 is specified, then it should be between 0.0 and 1.0 and the simulation will be a spectral analysis using F1 and F2 in the input sources.

OK Cancel

4.12. ábra

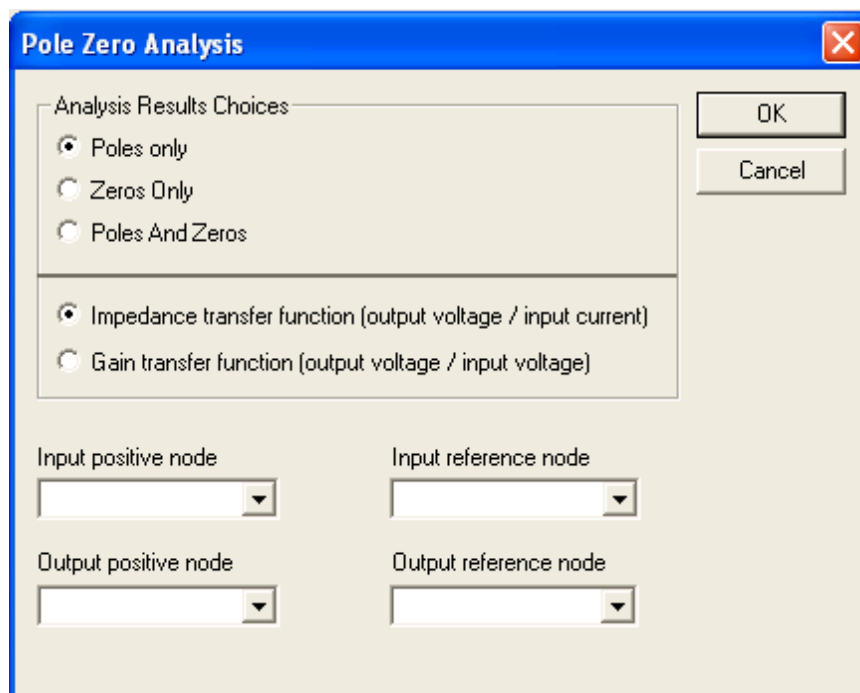
Torzítás mérése

- **Start Frequency:** A vizsgálat során alkalmazott minimális frekvencia
- **Stop Frequency:** A vizsgálat során alkalmazott maximális frekvencia
- **Number of Points Per Decade:** Egy Dekádon belüli pontok száma
- **Stepping interval:** Léptékezés

- **Use F1/F2:** amennyiben az F2/F1 nincs megadva, akkor a harmonikus analízis esetén szokásos F1 (alapharmónikus) a bemeneti forrás. Ha F2/F1 meg van adva, akkor 0 és 1 közé kell esnie, és a spektrális analízis során az F2 és az F1 lesz a bemeneti forrás.

- **Display Graph:** Kijelzés garfikonon
- **Display Table:** Táblázatos forma

.PZ (pole-zero analysis) (4.13. ábra) esetén:



4.13. ábra

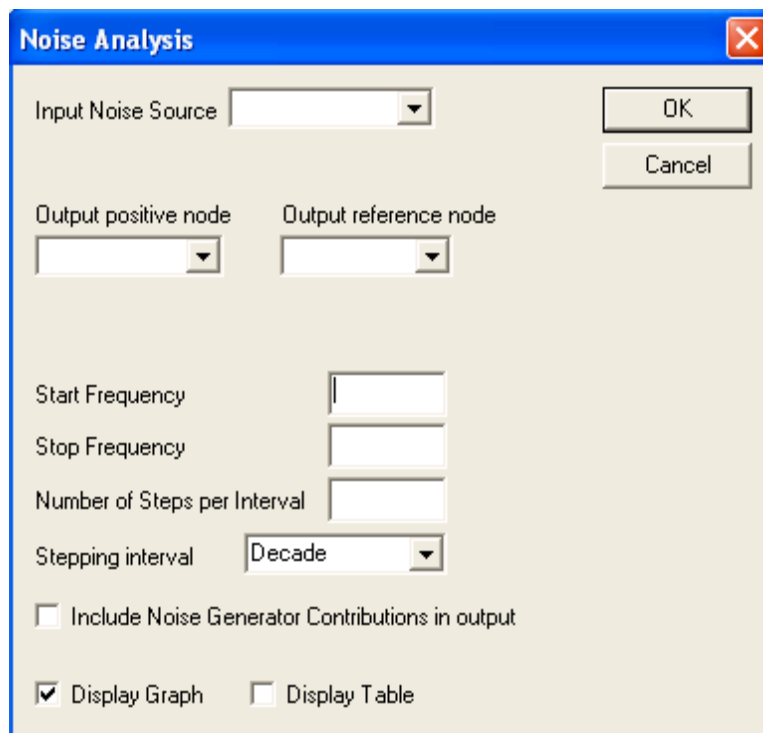
Pólus-zérus frekvenciák meghatározása

Analysis Results Choise:

Az analízis eredményeinek kiválasztása

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Poles only: - Zeros only: - Poles And Zeros: | <p>Csak a pólusok megjelenítése</p> <p>Csak a zérusok megjelenítése</p> <p>Pólusok és zérusok megjelenítése</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Impedance transfer function: | <p>Impedancia átviteli függvény alkalmazása (kimeneti feszültség/bemeneti áram)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Gain transfer function: | <p>Erősítés átviteli függvény alkalmazása (kimeneti feszültség/bemeneti feszültség)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> - Input positiv node: - Input reference node: - Output positiv node: - Output reference node: | <p>Bemeneti stabil pont</p> <p>Bemeneti referencia pont</p> <p>Kimeneti stabil pont</p> <p>Kimeneti referencia pont</p> |

.Noise (noise analysis) (4.14. ábra) esetén:



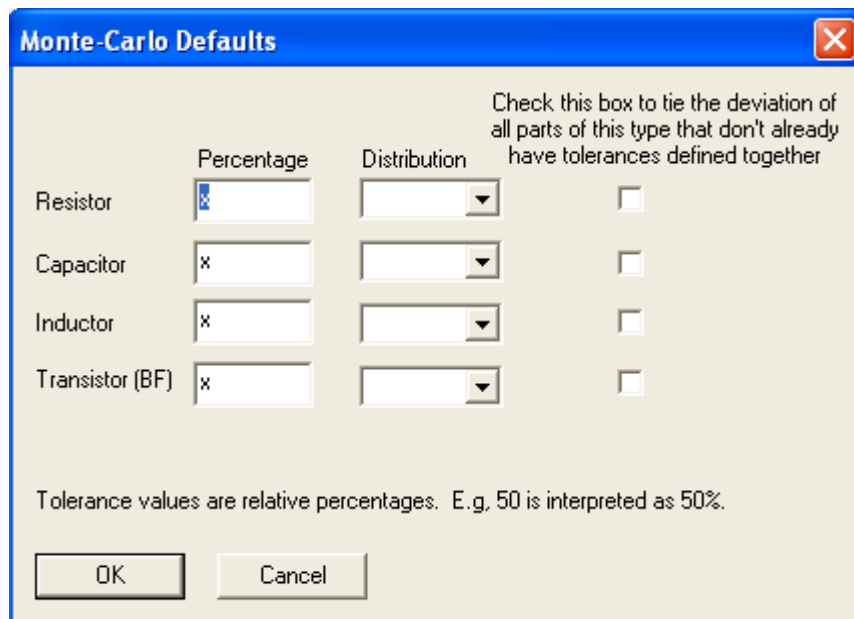
4.14. ábra

Zajviszonyok az áramkörben

- | | |
|---|--|
| – Input Noise Source: | Bemeneti zajforrás |
| – Output positiv node: | Kimeneti feszültség biztos pontja |
| – Output reference node: | Kimeneti feszültség referencia pontja |
| – Start Frequency: | Kezdeti frekvencia |
| – Stop Frequency: | Vizsgálat során alkalmazott maximális frekvencia |
| – Number of Steps per Interval: | A megadott intervallumon belüli lépések száma |
| – Stepping interval: | |
| – Include Noise Generator Contributions in output: | |
| – Display Graph: | Grafikus megjelenítés |
| – Display Table: | Táblázatban való ábrázolás |

Monte Carlo analízisek:

Monte Carlo Defaults Tolerances (4.15.1. ábra): alapértelmezett tűrés az analízisek során.

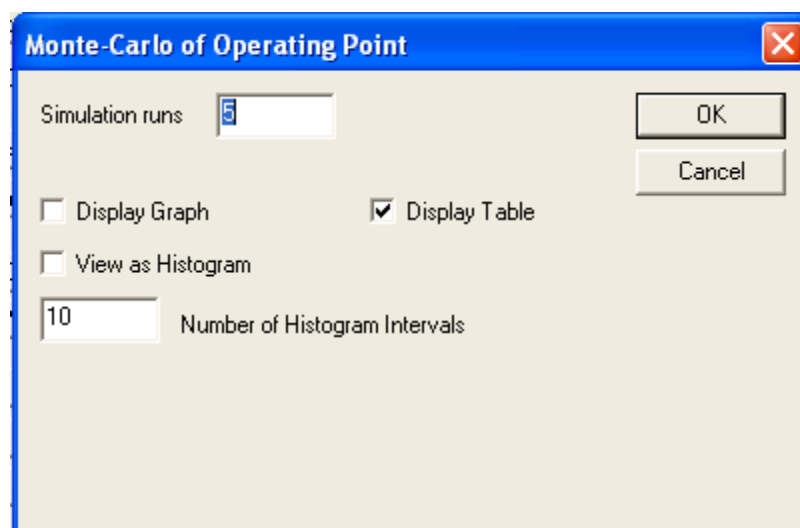


4.15.1. ábra

Alapértelmezett tolerancia

- **Percantagle:** megengedett százalékos eltérés.
- **Distribution:** eloszlás fajtája.

OP (4.15.2. ábra) esetén:



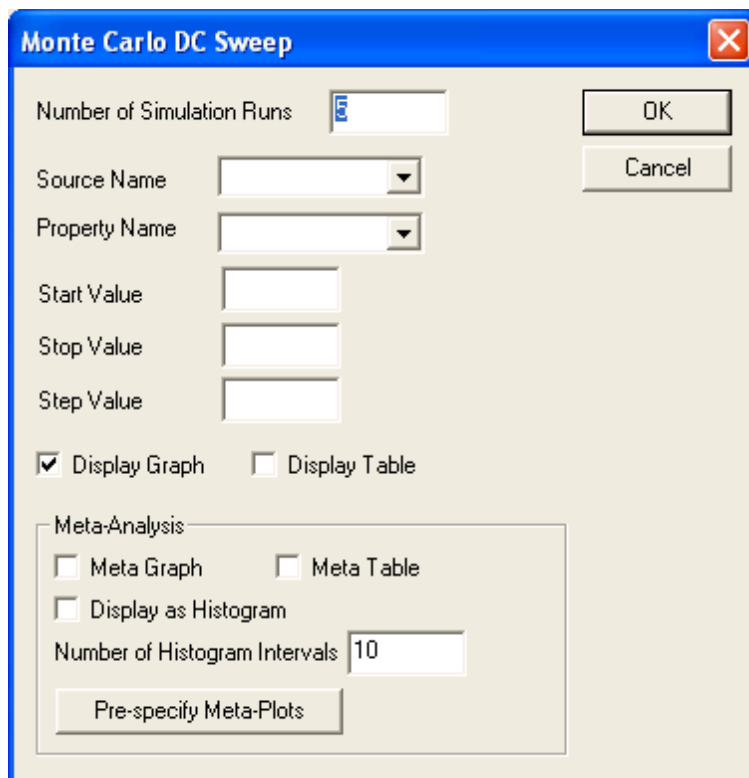
4.15.2. ábra

Monte-carlo egyenáramú jellemzők esetén

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| - Simulation runs: | Analízis elvégzésének száma |
| - Display Graph: | Grafikus kijelzés |
| - Display Table: | Táblázatos forma |
| - View as Histogram: | Hisztogram készítése |

- **Number of Histogram Intervals:** A hisztogramban szereplő intervallumok száma

DC Sweep (4.15.3.1. ábra) esetén:



4.15.3.1 ábra

Monte Carlo DC letapogatás esetén

- **Number of Simulation Runs:** Szimuláció lefuttatásának száma
- **Source Name:** Az aktuális alkatrész, eszköz melynek függvényében a vizsgálatot elvégezzük
- **Property Name:** A jellemző, melyet változtatunk
- **Start Value:** A léptetés kezdő értéke
- **Stop Value:** A léptetés végértéke
- **Step Value:** Lépésköz
- **Display Graph:** Grafikus megjelenítés
- **Display Table:** Táblázatban való rögzítés

Meta-Analysis: A meta analízis az a tudományos módszer, melynek során a hasonló céllal végzett, bizonyos követelményeknek megfelelő összes tanulmány összegzésével jutnak el a kutatók egy végső következtetésre.

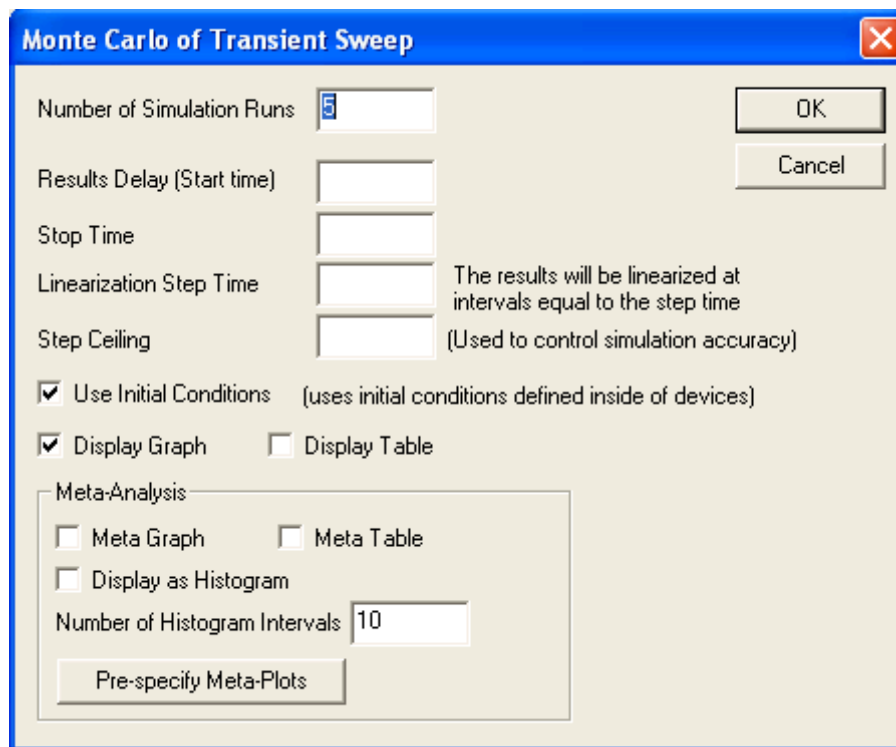
- **Meta Graph:** Grafikus megjelenítés
- **Meta Table:** Táblázatban ábrázolás
- **Display as Histogram:** Hisztogram készítése
- **Number of Histogram Intervals:** A hisztogramban elhelyezkedő intervallumok száma
- **Pre-specify Meta-Plots (4.15.3.2 ábra):**

4.15.3.2. ábra

Meta-Analízis során megjeleníteni kívánt jellemzők

- **Primary Simulation Result:** Elsődleges szimulációs eredmény
- **Graph Name:** Grafikon neve
- **Signals from Simulation Result:** A szimulációs eredményekből választható jelek
- **Plots in graph:** A grafikonon ábrázolandó jelek

Tranziens léptetés (4.15.4. ábra) esetén:



4.15.4. ábra

Monte Carlo analízis léptetés során történő átmeneti viselkedés esetén

AC (4.15.5. ábra) léptetés esetén:

Monte Carlo AC Sweep

Number of Simulation Runs: 5

Start Frequency:

Stop Frequency:

Number of Steps per Interval:

Stepping interval: Decade

☒ Use Decibels for Plots ☐ Use Degrees for Plots

☐ Use Magnitude for Plots ☐ Use Radians for Plots

☒ Display Graph ☐ Display Table

Meta-Analysis

☐ Meta Graph ☐ Meta Table

☐ Display as Histogram

Number of Histogram Intervals: 10

Pre-specify Meta-Plots

OK Cancel

4.15.5. ábra

*Monte Carlo analízis frekvenciasöprés
esetén*

Monte Carlo analízisek esetén a beállítható paraméterek megegyeznek a „normál” analízis esetén választhatóakkal, valamint lehetőségünk van még megadni hogy pontosan mennyi vizsgálatot végezzen a szimulátor:

Number of Simulation Runs: Szimulációk elvégzésének száma

Network Analysis (4.16. ábra) esetén:

Network Analysis

AC parameters

Start Frequency: 1k Stop Frequency: 1meg Number of Steps per Interval: 20

Stepping interval: Decade

Output variable type

☒ S ☐ H ☐ Z ☐ Y

☒ Use Decibels for Amplitude ☒ Use Degrees for Phase

☐ Use Magnitude for Amplitude ☐ Use Radians for Phase

Graph Type

☒ Amplitude ☐ Phase ☐ Amplitude / Phase ☐ Smith ☐ Polar

☒ Display Graph ☐ Display Table Z0: 50

4.16. ábra

Hálózat analízis

Start Frequency:

Kezdő frekvencia

Stop Frequency:

Végfrekvencia

Number of Steps per Interval:

Két lépés közötti szünet

Stepping interval:

Léptékezés

Use Decibels for Amplitude:

Kijelzés decibelben (pl. a_v)

Use Magnitude for Amplitude:

Kijelzés normálértékben (pl. A_v)

Use Degrees for Phase:

Fázis kijelzése fokban

Use Radians for Phase:

Fáziskarakterisztika radiánban

Amplitude:

Amplitudókarakterisztika

Phase:

Fáziskarakterisztika

Amplitude/Phase:

Amplitúdó/fázis karakterisztika

Smith:

Grafikus megjelenítés típusa: Impedanciagörbe

Polar:

Grafikus megjelenítés típusa: Nyquist-diagram

Display Graph:

Grafikonon történő megjelenítés

Display Table:

Táblázatos forma

V. Fejezet

Szimuláció futtatása

Kattintsunk a szimulációs menün belül a szimulációk futtatására (4.1. ábra)!

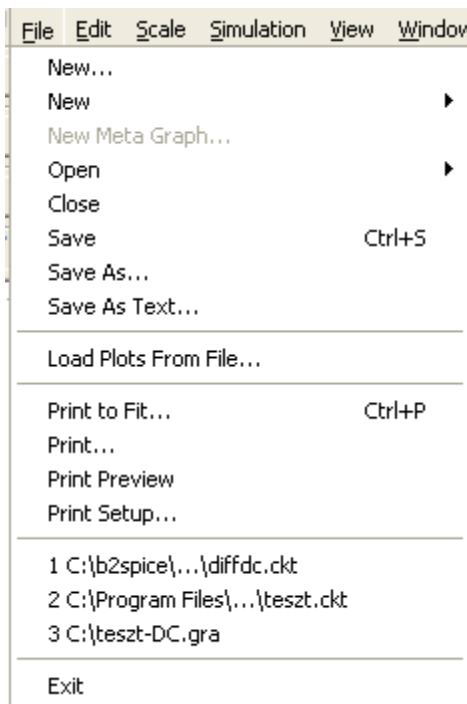
A szimuláció futtatása alatt a menüsor, illetve az abban szereplő néhány menüpont megváltozik (ezeket csillaggal jelöljük):

File Edit Scale Simulation View Window Help

5.1. ábra

Szimulációs menüsor

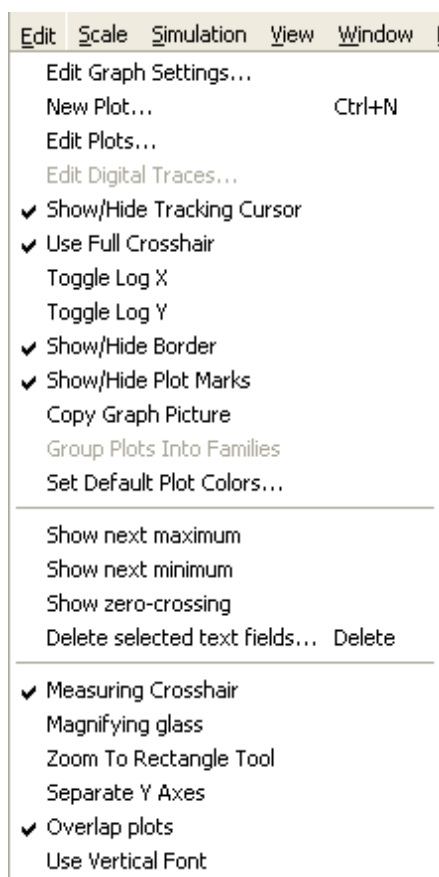
File (Fájl) menü ismertetése:



- New – Új
- New –
- New Meta Graph * – l. 54.o.
- Open – Megnyitás
- Close – Az aktuális fájl bezárása
- Save – Az aktuális file mentése
- Save As... – Mentés más néven
- Save As Text... * – Mentés másnéven textként
- Load Plots From File * – Ábra betöltése fileból
- Print... – Nyomtatás
- Print to Fit... – Az aktuális file optimális elhelyezésű nyomtatása.
- Print preview – Nyomtatási kép
- Print Setup... – Nyomtatás beállításai
- Exit – Kilépés a B2 Spice programból

5.1.1. ábra

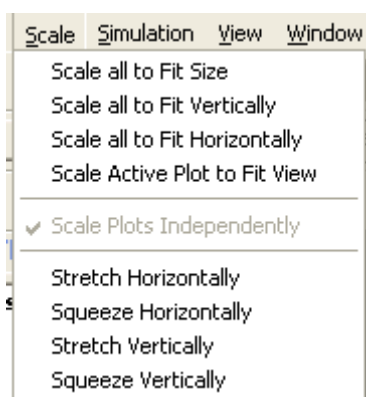
Fájl menü



5.1.2. ábra

Szerkesztés menü

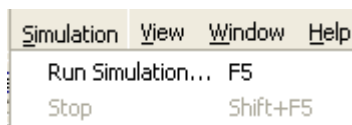
- Edit Graph Settings... – Grafikon beállításai
- New Plot... – Új grafikon
- Edit Plot... – Grafikon szerkesztése
- Edit Digital Traces... –
- Show/Hide Tracking Cursor – Grafikonon történő kattintásra a kurzor által kiválasztott pont mutatása/elrejtése
- Use Full Crosshair –
- Toggle Log X – megadhatjuk a grafikon x,y tartományát; grafikonon ábrázolandó mennyiségeket és azok jellemzőit (szin ; stb.)
- Toggle Log Y –
- Show/Hide Border – szegély mutatása/elrejtése
- Show/Hide Plot Marks – A mintavételi pontok mutatása/elrejtése
- Copy Graph Picture – Grafikon másolása
- Group Plots Into Families –
- Set Default Plot Colors... – a grafikon alapértelmezett színe
- Show next maximum – Maximumpont mutatása (szöveges)
- Show next minimum – Minimumpont jelzése (szöveges)
- Show zero crossing – Nullátmenet mutatása
- Delete selected text fields... Delete –
- Measuring Crosshair –
- Magnifying glass – Nagyító üveg
- Zoom To Rectangle Tool – Zoomolás
- Separate Y Axes – az Y tengely optimális kitöltése
- Overlap plots – Átfedő ábra
- Use Vertical Font – Függőleges skálázás mutatása



5.1.3. ábra

Lépték (beosztás) menü

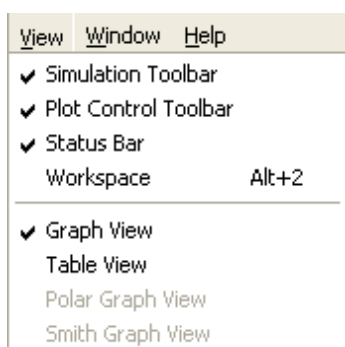
- Scale all to Fit Size – Mindent a megfelelő (optimális) méretre skáláz
- Scale all to Fit Vertically – Mindent az optimális függőleges mérete szerint állít be
- Scale all to Fit Horizontally – Mindent az optimális vízszintes mérete szerint állít be
- Scale Active Plot to Fit View – Az aktív ábrát a megfelelő (optimális) méretre skálázza
-
- Scale Plots Independently – Skálázás ábrától függetlenül
- Stretch Horizontally – Vízszintes nyújtás
- Squeeze Horizontally – Vízszintes összenyomás
- Stretch Vertically – Függőleges nyújtás
- Squeeze Vertically – Függőleges összenyomás



5.1.4. ábra

Szimulációs menü

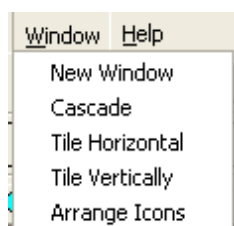
- Run Simulation... – Szimuláció futtatása
- Stop – Szimuláció leállítása



5.1.5. ábra

Nézet menü

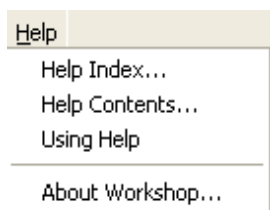
- Simulation Toolbar – Szimulációs eszköztár
- Plot Control Toolbar – Jelleggörbe eszköztár
- Status Bar – Állapot jelző
- Workspace – Munkaterület
- Graph View – Grafikus nézet
- Table View – Táblázatos forma
- Polar Graph View –
- Smith Graph View –



5.1.6. ábra

Ablakok menü

- New window – Új ablak
- Cascade – Ablakok sorba rendezése
- Tile Horizontal – Vízszintes elrendezés
- Tile Vertically – Függőleges elrendezés
- Arrange Icons – Ikonos rendezés

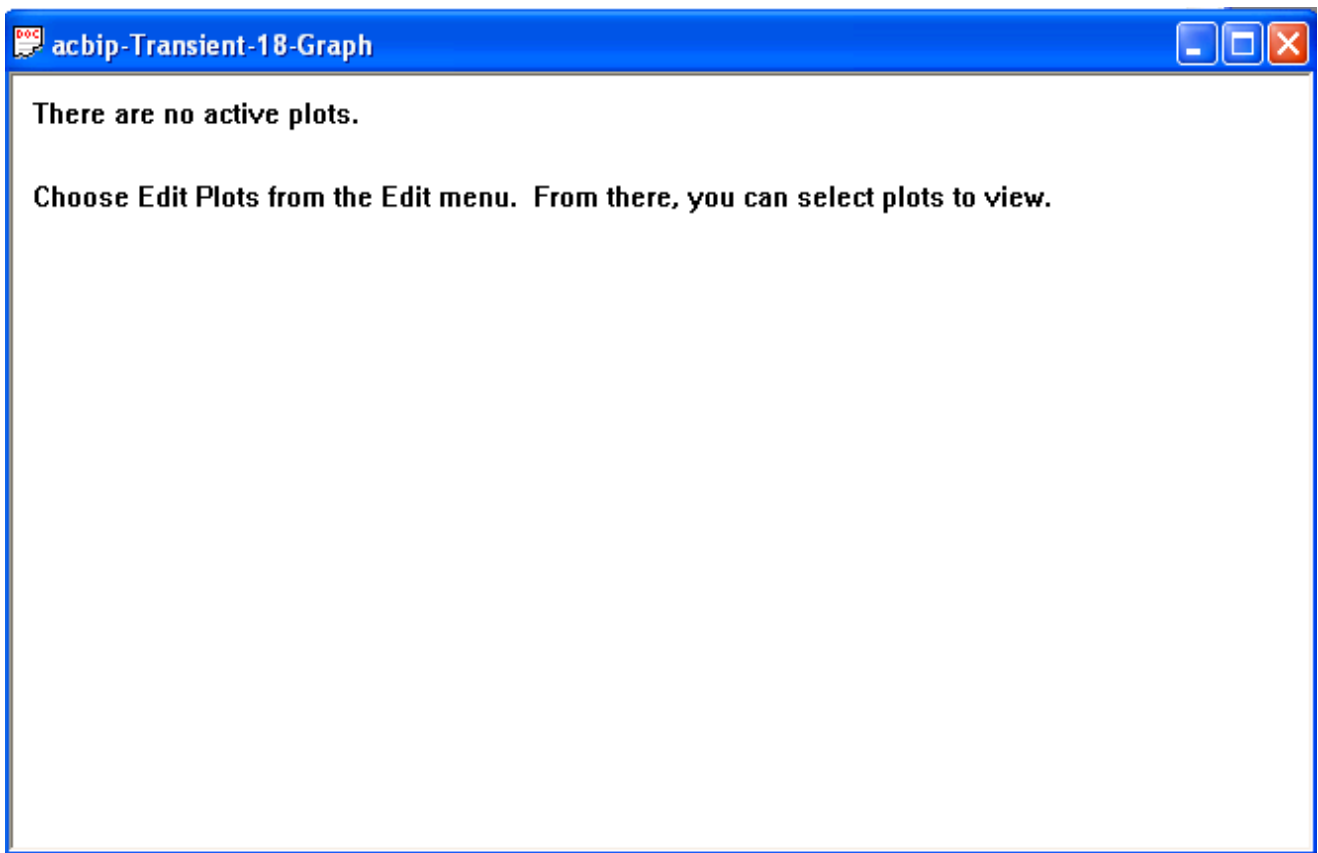


5.1.7. ábra

Segítség menü

- Help Index... – Tárgy névmutató
- Help Contents... – Segítség tartalomjegyzéke
- Using Help – A help használatához nyújt segítséget
- About Workshop – Névjegy

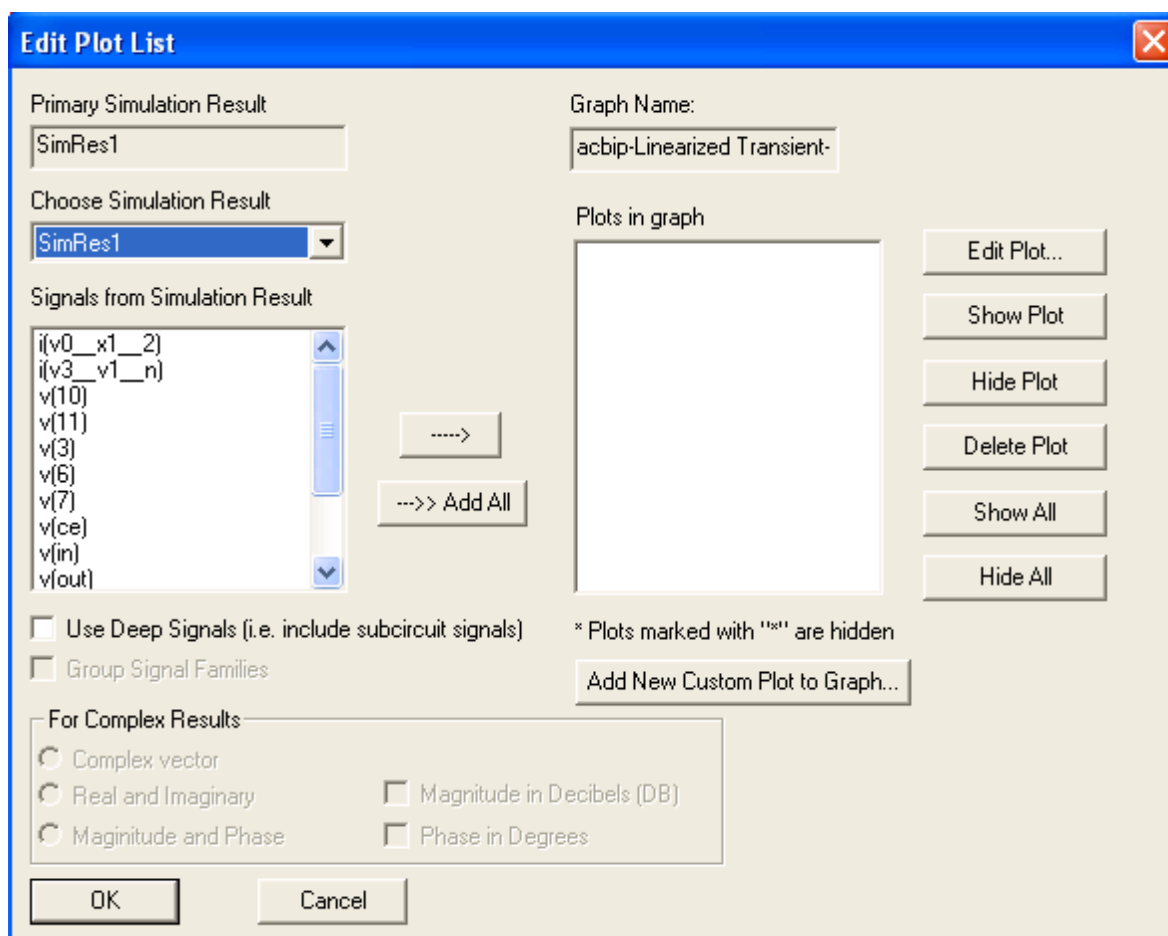
Amennyiben grafikus megjelenítést (pl. jelalakot) kértünk a szimuláció eredményeként a következő ablak jelenik meg (**5.2.1. ábra**):



5.2.1. ábra

Nincs kijelölve ábrázolandó jel

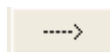
Nincs kiválasztott jellemző, amit ábrázoljon a program, ezt az **Edit** menüpont **Edit plots** menüjében (**5.2.2. ábra**) orvosolhatjuk!



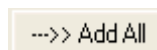
5.2.2. ábra

Edit plots

Primary Simulation Result:	Elsődleges szimulációs eredmény
Graph Name:	Grafikon neve
Choose Simulation Result:	Szimuláció eredményének kiválasztása
Plots in graph:	Ábrát a grafikonra
Signals from Simulation Result:	A szimuláció eredményéből származó jelek
Edit Plot...:	Ábra szerkesztése
Show Plot:	Ábra mutatása
Hide Plot:	Ábra elrejtése
Delete Plot:	Ábra törlése
Show All:	Minden mutatása
Hide All:	Minden elrejtése



5.2.2.1.
ábra
Jel
hozzáa
dása



5.2.2.2.
ábra

Az
áramkör
ben lévő
összes jel
hozzáadá
sa

VI. Fejezet

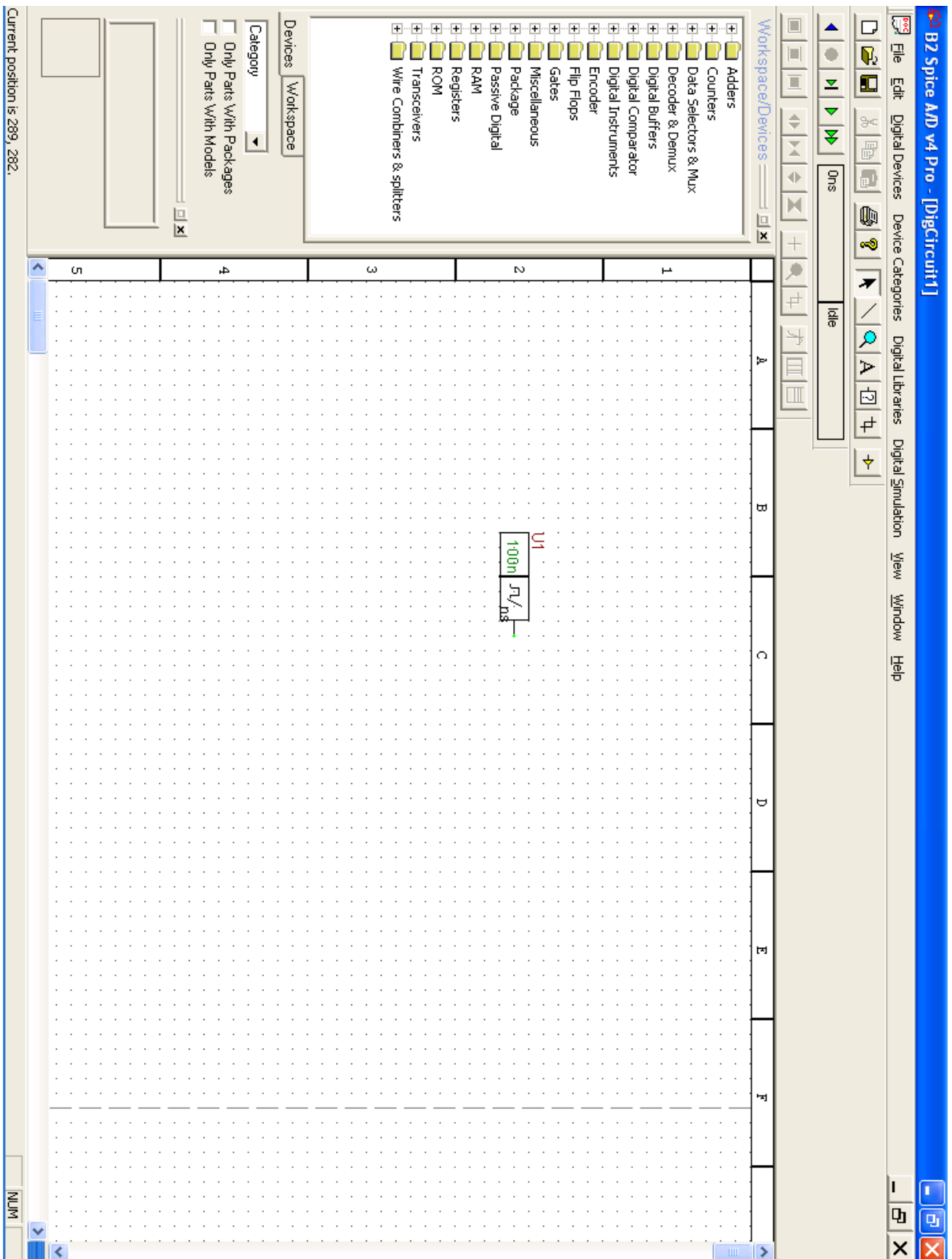
Digitális mód

Digitális módba a File - > Switch To Digital Mode menüponttal válthatunk át.

Az átváltás hatására eszközeink a digitális technikában használatosakra korlátozódtak – valamint a menüpontok, lehetőségek kiegészültek néhány funkcióval, melyek a digitális alkalmazások könnyebb mérését, vizsgálatát teszik lehetővé.

A dokumentációban nem csak azokra az újdonságokra térünk ki, melyek az Xspice típusú kezelőfelületen nem voltak megtalálhatóak - hanem teljes körűen be kívánjuk mutatni a digitális kezelési módot, annak érdekében, hogy a leírás egyes részei akár önállóan is használhatóak legyenek!

A szimulációk elvégzéséhez egy egyszerű áramkört prezentálunk, melyen bemutatjuk a legfontosabb méréseket. Az analóg módban történő szimulációk elvégzéséhez a mellékletben nyújtunk segítséget!



6.1. ábra

Kezelőfelület

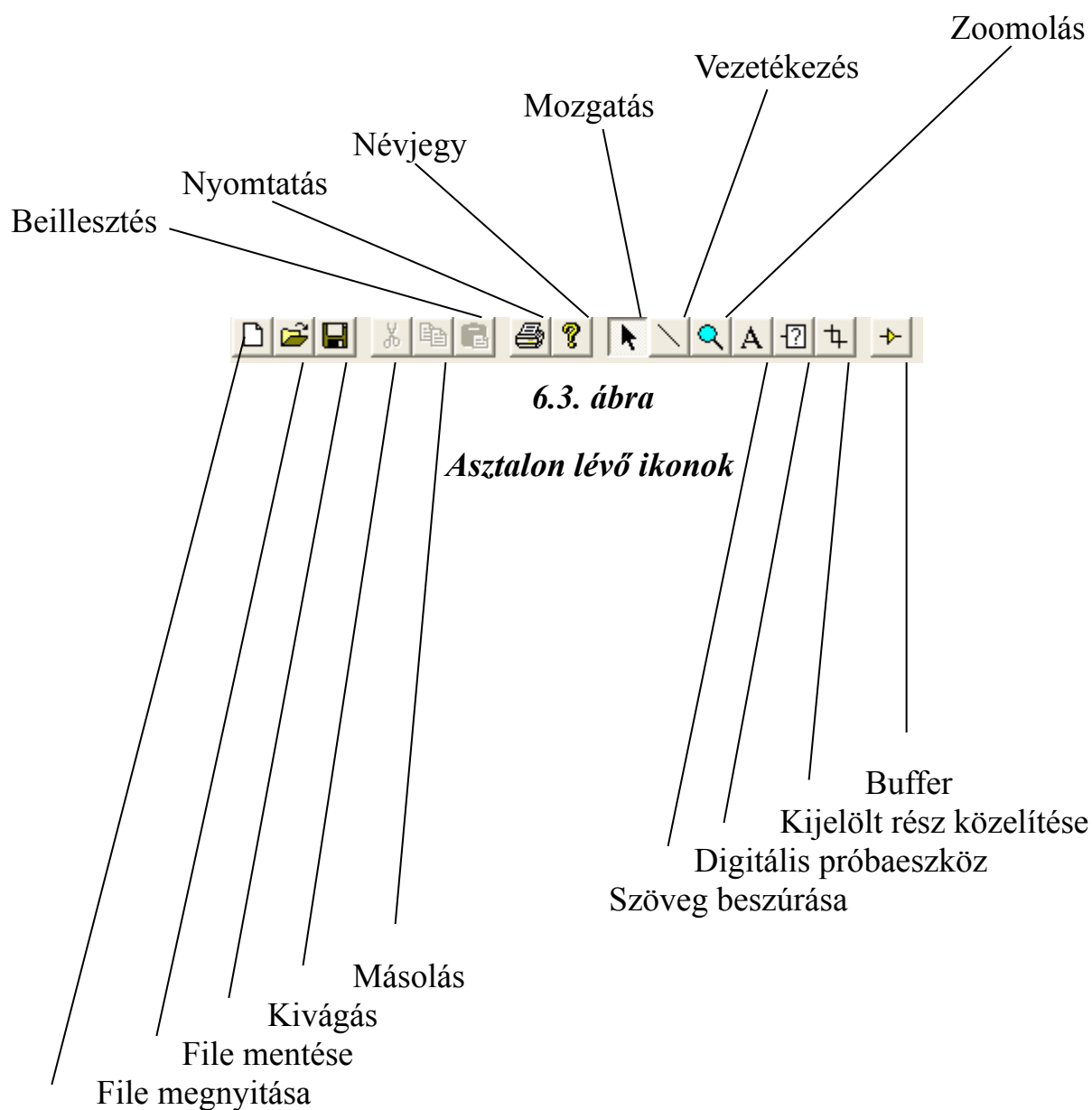
Kezelőfelület felbontása:

- Menüsor /6.2. ábra/
- Kihelyezett ikonok /6.3. ábra/
- Munkatér/eszközök /6.4. ábra/
- Áramkörhöz szükséges rajzoló felület /6.5. ábra/

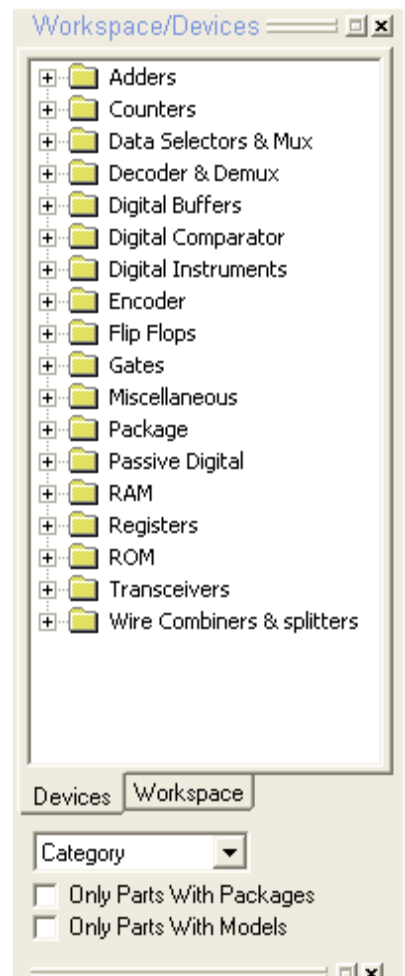


6.2. ábra

Menüsor



Új file létrehozása



6.4. ábra

Munkatér/eszközök

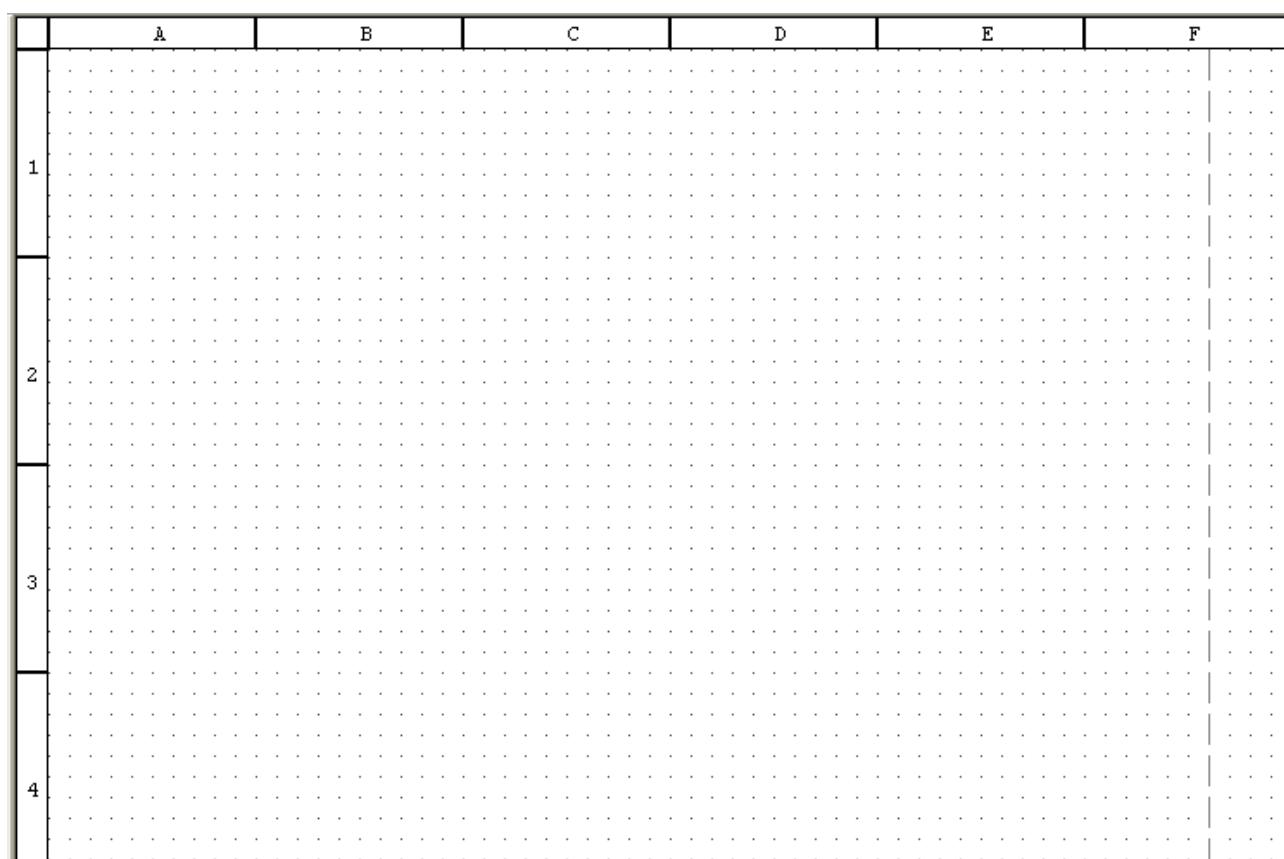
Az eszközeinket csoportosíthatjuk:

- Kategória szerint (Category)
- ABC sorrendben (Device Name (first letter))
- Gyártók szerint (Manufacturer)

Célszerű kategóriák alapján választani:

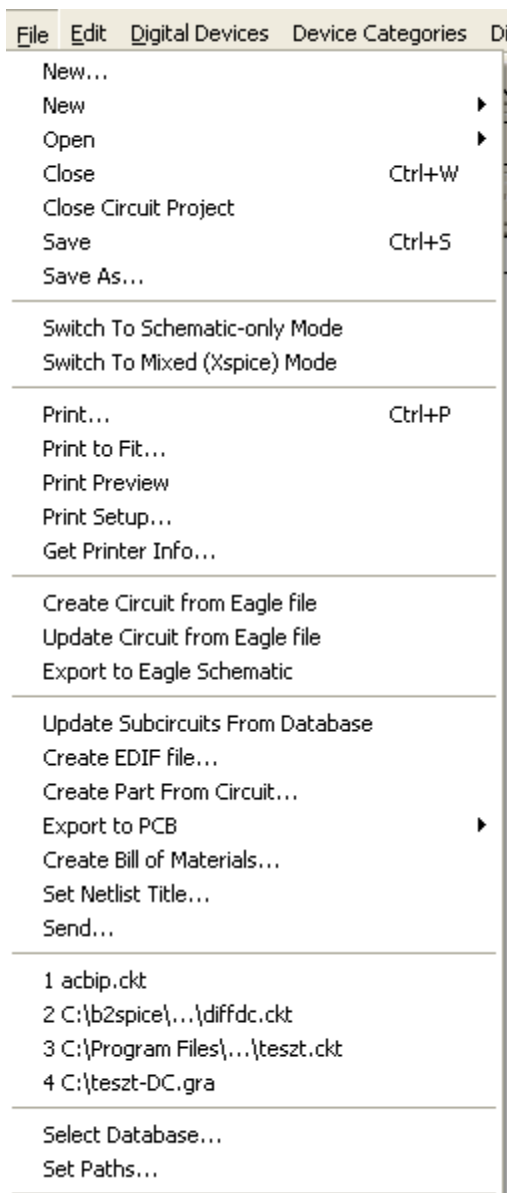
- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| - Adders: | Összeadók |
| - Counters: | Számlálók |
| - Data Selectors & Mux: | Adatkiválasztók és Multiplexerek |
| - Decoder & Demux: | Dekódolók és Demultiplexerek |
| - Digital Buffers: | Digitális bufferek |
| - Digital Comparator: | Digitális komparátorok |

- **Digital Instruments:** Digitális műszerek
- **Encoder:** Kódolók
- **Flip Flops:** Billenő áramkörök (tároló)
- **Gates:** Kapuk
- **Miscellaneous:** Különféle, máshova nem sorolható eszközök ()
- **Package:** Integrált eszközök
- **Passive Digital:** Passzív digitális alkatrészek (közvetlenül tápra, vagy földre kötött ellenállás)
- **RAM:** RAM-ok (Random Access Memory – véletlen (általános) hozzáférésű memóriák)
- **Registers:** Regiszterek
- **ROM:** ROM (Read Only Memory – Csak olvasható memória)
- **Transceivers:** Adatátviteli eszközök
- **Wire Combiners & splitters:** Vezeték összeköttetések



6.5. ábra

Rajzoló felület



6.2.1. ábra

File

- New – új áramkör létrehozása
- New – közvetlen megnyitás
- Open – létező áramkör, projekt, tábla, text file megnyitása
- Close – File bezárása
- Close Circuit Project – Az áramkörünkhöz tartozó project bezárása, amennyiben ilyen nem létezik, akkor az áramköri file bezárása
- Save – File mentése
- Save As... – File mentése más néven
- Switch To Schematic-only Mode – Átváltás csak kapcsolási rajz üzemmódba
- **Switch To Mixed (Xspice) Mode – Átváltás vegyes (analóg-digitális) módba**
- Print... – Nyomtatás
- Print to Fit... – Az aktuális file optimális elhelyezésű nyomtatása.
- Print preview – Nyomtatási kép
- Print Setup... – Nyomtatás beállításai
- Get Printer Info... – Nyomtató tulajdonságainak lekérdezése
- Create Circuit from Eagle file – Eagle nyáktervező programmal elkészített file-ból áramkör elkészítése
- Update Circuit from Eagle file – Eagle nyáktervezővel készült file-ból az áramkör feltöltése
- Export to Eagle Schematic – Áramkör exportálása (konvertált mentése) Eagle formátumba
- **Update Subcircuits From Database –**
- **Create EDIF file -**
- Create Part From Circuit... – Önálló alkatrészt készíthetünk az áramkörünkből
- Export to PCB – Áramkör exportálása PCB formátumba
- Create Bill of Materials... – Alkatrészjegyzék készítése az áramkörből.
- Set Netlist Title... – Háózáti lista címének megadása, módosítása
- Send... – Küldés Emaile-ben
- Select Database... – A Spice által használt adatbázis kiválasztása
- Set Paths... – Xspice elérési útjának, ill szimulációs adatok mentési helyének megadása
- Exit – Kilépés a programból

Edit	Digital Devices	Device Categories	Digital Li
Undo Delete		Ctrl+Z	
Redo		Ctrl+Y	
Repeat Place Device		SPACE	
Cut		Ctrl+X	
Copy		Ctrl+C	
Paste		Ctrl+V	
Delete		Del	
Copy Circuit Picture			
Select All		Ctrl+A	
Select Wire			
Find Part in Circuit		Ctrl+F	
Rotate Clockwise		Ctrl+R	
Rotate CounterClockwise		Ctrl+Shift+R	
Rotate 180			
Flip Horizontal			
Flip Vertical			
Edit Part Properties...		F9	
Edit Device Properties...		Shift+F9	
Choose section of package...			
Edit Simulation Model...		F7	
Edit Device Defects...			
Scale Symbol Size			
Edit Symbol...		F8	
Toggle IEEE-Graphic Symbol			
Next DeMorgan Symbol			
Select Alternate Symbol...			
Set Fonts For Selection...			
Options...			
Edit Title Block...			
Password...			

6.2.2 ábra

Szerkesztés

- Undo – Visszavonás
- Redo – Ismét
- Repeat Place Device – A legutóbb használt alkatrész, eszköz ismételt elhelyezése
- Cut – Kivágás
- Copy – Másolás
- Paste – Beillesztés
- Delete – Törlés
- Copy Circuit Picture – Áramköri kép másolása
- Select All – Minden kijelölése
- Select Wire – Vezetékezés kijelölése
- Find Part in Circuit – Alkatrész keresése az áramkörben
- Rotate Clockwise – Forgatás az óramutató járásával megegyezően
- Rotate CounterClockwise – Forgatás az óramutató járásával ellentétesen
- Rotate 180 – 180 fokos forgatás
- Flip Horizontal – Vízszintes tükrözés
- Flip Vertical – Függőleges tükrözés
- Edit Part Properties... – Alkatrész tulajdonságok módosítása
- **Edit Device Properties...** –
- Choose section of package... –
- Edit Simulation Model... – Az alkatrész, eszköz modelljének, annak tulajdonságainak módosítása
- Edit Device Defects... – Alkatrész minőségének (hibájának) beállítása (alapértelmezetten ideális)
- Scale Symbol Size – A jelképi jelölés méret módosítása az eredeti mérethez megadható viszonysszámmal
- Edit Symbol... – Az alkatrész, eszköz jelképi jelölésének megváltoztatása
- **Toggle IEEE-Graphic Symbol** – átváltás az IEEE szabványos szimbólumra
- **Next DeMorgan Symbol** – DeMorgan szimbólum használata
- Select Alternate Symbol... – A jelképi jelölés megváltoztatása előre definiált szimbólummá.
- Set Fonts For Selection... – A kiválasztott alkatrész, eszköz nevének értékének, a hozzá rendelt szövegnek a betűkészlet megadása
- Options... – Beállítások
- Edit Title Block... – Az áramkör címének, készítőjének megadása, megjegyzés mellékelése

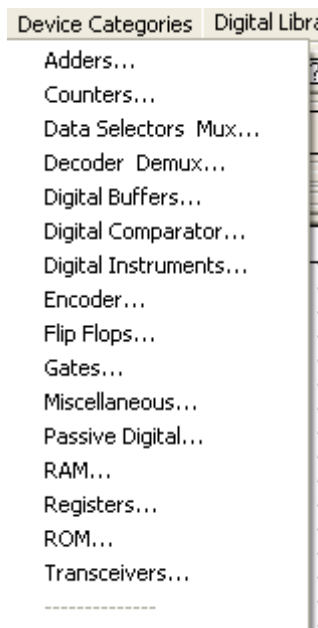
- Password... – Jelszó rendelése az áramközhöz

Digital Devices	Device Categories	Digital Lib
Choose Part by name... Ctrl+Shift+C		
Browse for Part...		
Create Part From File		
Bidirect Port		
Clock		
Input Port		
Output Port		
Combiner (2->1)		
Combiner (4->1)		
Splitter(1->2)		
Splitter (1->4)		
Ground		
Vcc (power source)		
Pullup Resistor		
Pulldown Resistor		
And		
Buffer		
Inverter		
Nand		
Nor		
Or		
XOR (Exclusive Or)		
D flip flop		
JK flip flop		
Adder		
ALU		
Comparator		
Programmable Device		
RAM		
ROM		

6.2.3. ábra

Digitális eszközök

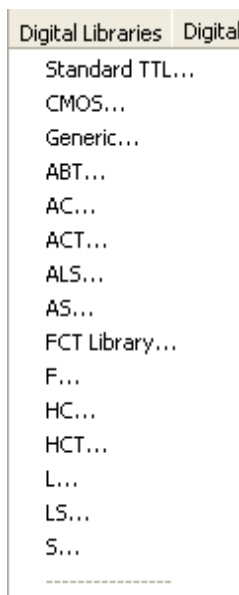
- Choose Part by name... – Alkatrész név szerinti kiválasztása
- Browse for Part... – Tallózás az alkatrészek között
- Create Part From File – Alkatrész behívása fileból
- ***Bidirect Port*** –
- ***Clock*** – Órajelgenerátor
- ***Input Port*** – ***Bemeneti port***
- ***Output Port*** – ***Kimeneti port***
- Combiner (2->1) – Összekötő (2->1)
- Combiner (4->1) – Összekötő (4->1)
- Splitter (1->2) – Osztó (1->2)
- Splitter (1->4) – Osztó (1->4)
- Ground – Földpont
- Vcc (power source) – Tápellátás
- ***Pullup Resistor*** – ***Tápra kötött ellenállás***
- ***Pulldown Resistor*** – ***Földre kötött ellenállás***
- And – ÉS kapu
- Buffer –
- Inverter –
- Nand – NEM-ÉS kapu
- Nor – NEM VAGY kapu
- ***Or*** – ***VAGY kapu***
- ***XOR (Exclusive Or)*** – ***Kizáró vagy kapu***
- D flip flop – D-tároló
- JK flip flop – JK tároló
- Adder – 4 bites teljes összeadó
- ALU – Aritmetikai és logikai egység
- Comparator – Komparátor
- Programmable Device – Programozható eszközök
- RAM – Általános hozzáférésű memóriák
- ROM – Csak olvasható memóriák



6.2.4. ábra

Alkatrészkategóriák

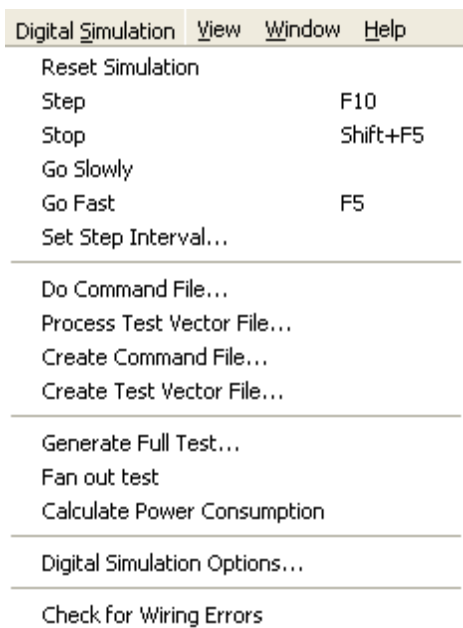
- **Adders:** Összeadók
- **Counters:** Számlálók
- **Data Selectors & Mux:** Adatkiválasztók és Multiplexerek
- **Decoder & Demux:** Dekódolók és Demultiplexerek
- **Digital Buffers:** Digitális bufferek
- **Digital Comparator:** Digitális komparátorok
- **Digital Instruments:** Digitális műszerek
- **Encoder:** Kódolók
- **Flip Flops:** Billenő áramkörök (tároló)
- **Gates:** Kapuk
- **Miscellaneous:** Különbféle, máshova nem sorolható eszközök ()
- **Package:** Integrált eszközök
- **Passive Digital:** Passzív digitális alkatrészek (közvetlenül tápra, vagy földre kötött ellenállás)
- **RAM:** RAM-ok (Random Access Memory – véletlen (általános) hozzáférésű memóriák)
- **Registers:** Regiszterek
- **ROM:** ROM (Read Only Memory – Csak olvasható memória)
- **Transceivers:** Adatátviteli eszközök, csatlakozók
- **Wire Combiners & splitters:** Vezeték összeköttetések



6.2.5. ábra

Digitális könyvtárak

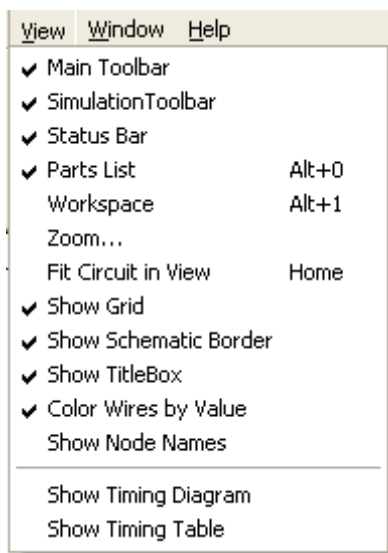
- **Standard TTL...**
- **CMOS...**
- **Generic...**
- **ABT...**
- **AC...**
- **ACT...**
- **ALS...**
- **AS...**
- **FCT Library...**
- **F...**
- **HC...**
- **HCT...**
- **L...**
- **LS...**
- **S...**



6.2.6. ábra

Digitális szimulációk

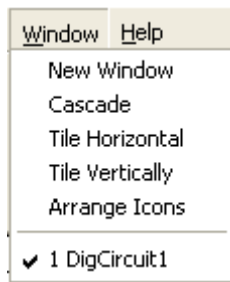
- Reset Simulation – Szimuláció újraindítása
- Step – Szimuláció léptetése
- Stop – Szimuláció megállítása
- Go Slowly – Futtatás lassan
- Go Fast – Szimuláció futtatása ($1\mu s = 1s$)
- Set Step Interval... – Egy lépés időközének beállítása
- Do Command File... –
- **Process Test Vector File** –
- Create Command File... – Parancs file készítése
- Create Test Vector File... – Vektor file készítése
- **Generate Full Test** –
- **Fan out test** – Kaputerhelhetőség tesztelése
- **Calculate Power Consumption** –
- **Digital Simulation Options...** – szimulációs beállítások
- **Check for Wiring Errors...** – vezetékezés ellenőrzése



6.2.7. ábra

Nézet

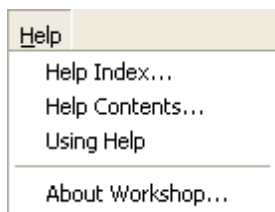
- Main Toolbar – Fő eszköztár (1.3. ábra)
- Simulation Toolbar – Szimulációs eszköztár (1.3. ábra)
- Status Bar – Az egér aktuális pozícióján lévő ikon, koordináta, stb jelzése
- Parts List – Alkatrészlista (2.1. ábra)
- Workspace – Munkaterület (2.3. ábra)
- Zoom... – Nagyítás
- Fit Circuit in View – Áramköri rajz középre
- **Show Grid – Rácsponok mutatása**
- Show Schematic Border – Minden kijelölése
- Show TitleBox – Vezetékezés kijelölése
- **Color Wires by Value** –
- **Show Node Names** –
- **Show Timing Diagram – Idődiagram mutatása**
- **Show Timing Table – Idődiagram táblázatos formában történő ábrázolása**



- New Window – A meglévő szerkesztési terület másolása egy új ablakba
- Cascade – Ablakok sorba rendezése
- Tile Horizontal – Vízszintes rendezés
- Tile Vertically – Függőleges rendezés
- Arrange Icons – Ikonos rendezés

6.2.8. ábra

Ablakok



- Help Index... – Tárgy és névmutató
- Help Contents... – Tartalomjegyzék
- Using Help – Segítség a help használatához
- About Workshop... – Névjegy

6.2.9. ábra

Segítség

Digitális szimuláció ismertetése:

Első lépésként váltsunk át digitális módba (File -> Switch To Digital Mode)!

Hozzunk létre egy egyszerű kombinációs hálózatot, melyen gyakorolhatjuk a digitális szimulációk elvégzését!

Feladat: kódoló áramkör tervezése, mely a 8421 súlyozású BCD-kódot Johnson kóddá alakítja!

Johnson kód: a Gray-kódhoz hasonlóan egy lépéses kód.

<i>Decimális szám</i>	<i>Johnson-kód</i>				
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
2	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	1
4	0	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	0
7	1	1	1	0	0
8	1	1	0	0	0
9	1	0	0	0	0

A kódoló áramkör igazságtáblázata:

<i>Decimális szám</i>	<i>BCD-kód</i> <i>8 4 2 1</i> <i>A B C D</i>	<i>Johnson-kód</i>				
		F_1^4	F_2^4	F_3^4	F_4^4	F_5^4
0	0 0 0 0	0	0	0	0	0
1	0 0 0 1	0	0	0	0	1
2	0 0 1 0	0	0	0	1	1
3	0 0 1 1	0	0	1	1	1
4	0 1 0 0	0	1	1	1	1
5	0 1 0 1	1	1	1	1	1
6	0 1 1 0	1	1	1	1	0
7	0 1 1 1	1	1	1	0	0
8	1 0 0 0	1	1	0	0	0
9	1 0 0 1	1	0	0	0	0

Függvényegyszerűsítés Karnaugh-tábla segítségével

$$F_1^4 = \bar{A} \cdot B \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$$

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	1	1	1
11	0	0	0	0
10	1	1	0	0

$$F_2^4 = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$$

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	0	0	0	0
10	1	0	0	0

$$F_3^4 = \bar{A} \cdot B + \bar{A} \cdot C \cdot D$$

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	1	1	1	1
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$$F_4^4 = \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot C \cdot \bar{D}$$

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	1	1	0	1
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

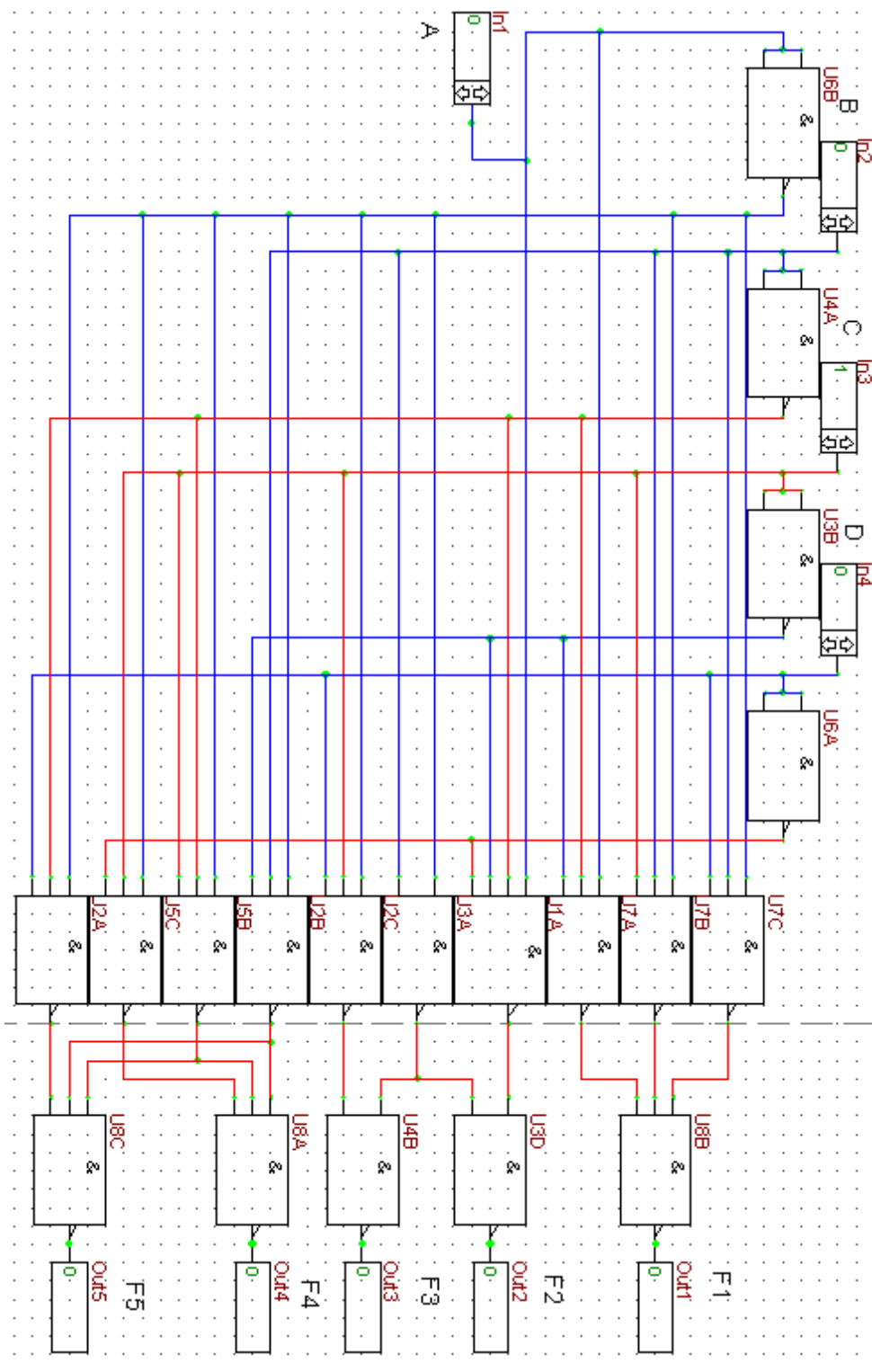
$$F_5^4 = \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C$$

$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	1	1	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Megvalósítás Nand kapukkal (6.3.1. ábra):

Eszközök:

- Digital Devices - > Input Port /4db/
- Digital Devices - > Output Port /5db/
- Gates - > 4011 (2 bemenetű Nand kapu /7 db/)
- Gates - > 4023 (3 bemenetű Nand kapu /11 db/)
- Gates - > 4012 (4 bemenetű Nand kapu /1 db/)



6.3.1. ábra

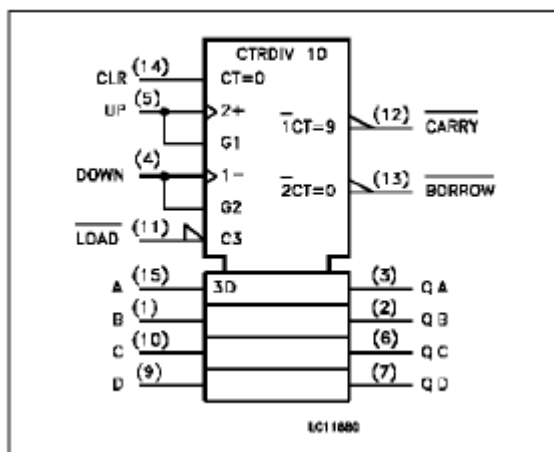
BCD-Johnson kódoló áramkör megvalósítása Nand kapukkal

A Digital Simulation menü Go Fast (F5) menüpontjára kattintva elindíthatjuk a szimulációt!

A bemeneti portokon a nyilakra kattintva tudjuk változtatni azok szintjeit (0;1) – ennek hatására megjeleni a kimeneti portokon a logikai válasz!

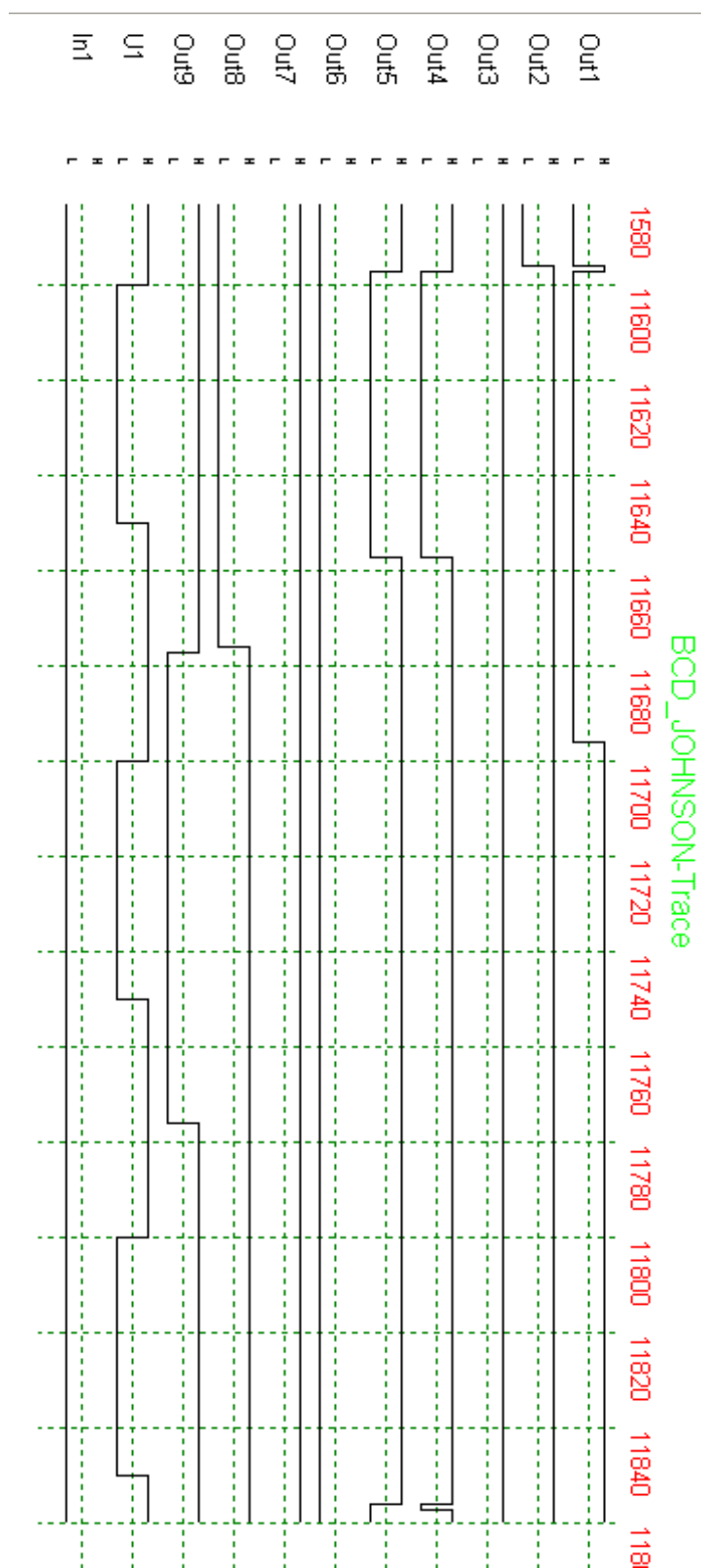
Vizsgáljuk meg idődiagramon a kódoló-áramkör működését – a bemenetre tegyünk egy bináris számlálót (6.3.2. ábra) (Counters - > 74192)! A számláló törlőbemenetét ne húzzuk le stabil nullára – bemeneti portra kössük és a szimuláció megkezdésekor adjunk rá H-L átmenetet!

IEC LOGIC SYMBOL (HC191)



6.3.2. ábra

Logikai szimbólum megfeleltetése a tanult szabványos jelölésnek



6.3.4. ábra

Idődiagram működés közben

Idődiagramot a View menü Timing diagram view menüpontjával kérhetünk! Amennyiben az adatokat táblázatos formában kívánjuk megjeleníteni kattintsunk a View menü Timing Table menüpontra!

Melléklet

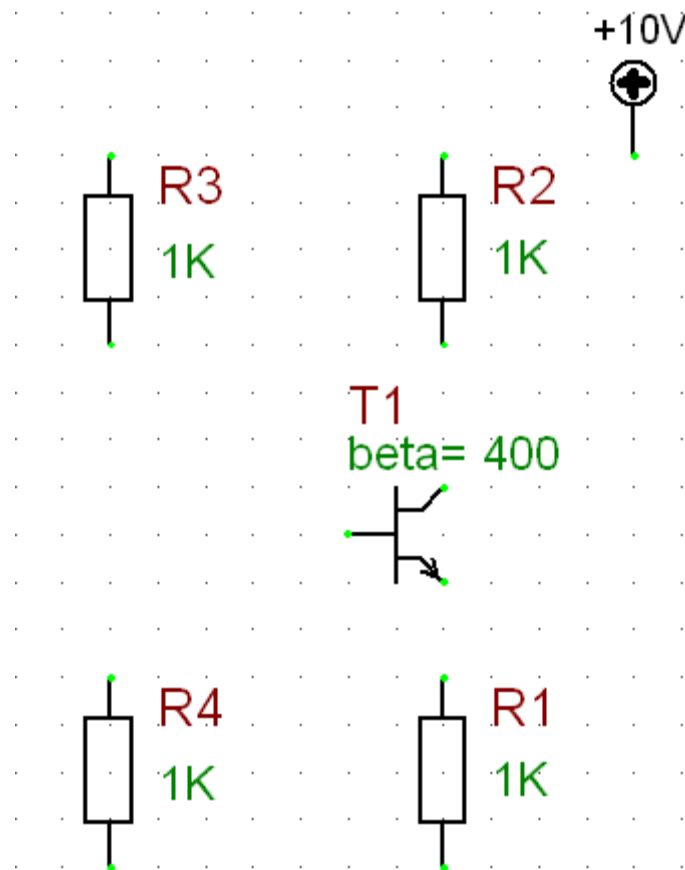
A melléklet tartalmazza egy analóg áramkör megépítését és teljes körű bemérését. A szimulációs mérések során alkalmazott összes analízisre mutatunk példát, annak részletes ismertetésével és a hozzá tartozó elméleti ismeretek kifejtésével. A mellékletben felhívjuk a figyelmet a leggyakrabban elkövetett hibákra, és méretezési sajátosságokra! Bármely áramkör bemérését is kell elvégeznünk, amennyiben az itt ismertetett logikus gondolkodás, szerint járunk el, nem követünk el hibát – azonban szükséges felhívni a figyelmet arra a tényre, hogy a mérést nem tekinthetjük önálló feladatnak. ***Egy műszaki ember tudásában az elmélet-mérés-gyakorlat szoros egységet kell hogy alkosson*** – amennyiben valamely részen problémával találkozunk a másik két terület segítségével minden akadályt sikeresen vethetünk!

I. MÉRÉS

AC erősítő alapkapcsolás megépítése, és bemérése:

I.1 Bipoláris tranzisztoros váltakozóáramú erősítő:

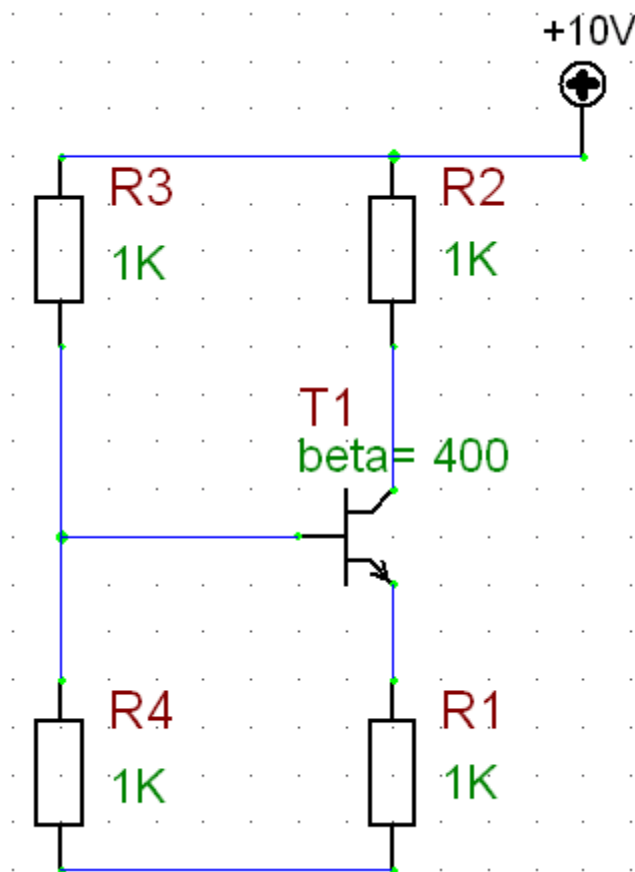
- Válasszuk ki az alkatrészeket, majd helyezzük el a munkaasztalon (**I.1.1. ábra**):
 - Bipoláris tranzisztor / Analog -> Transistor -> BC182BP 1db /
 - Ellenállások / Analog -> Passive -> Resistor 4db /
 - Egyenáramú tápegység / Devices -> Voltage Source ; vagy Analog -> Sources (1.) /



I.1.1. ábra

Alkatrészek elhelyezése

- Vezetékezzük be a hálózatot (**I.1.2. ábra**)!



I.1.2. ábra

Vezetékezés

- Vegyük fel a munkaponti adatokat / Simulation - > Set Up Simulation - > OP. ; majd Simulation - > Run Simulation /!

Az áramkörben lévő elemek feladata:

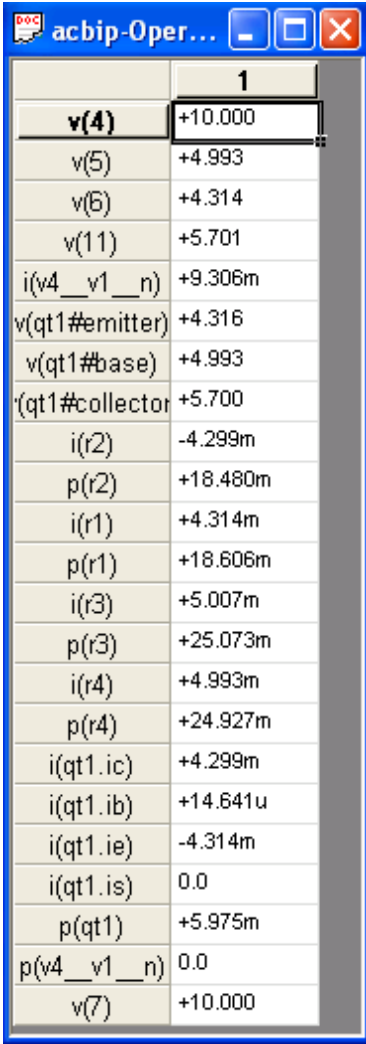
- T_1 : erősítő elem
- R_3 ; R_4 : bázisosztós munkapontbeállító ellenállások
- R_1 : munkapontbeállító és stabilizáló ellenállás
- R_2 : munkaellenállás

R_1 ellenállás stabilizációs hatása: amennyiben valamilyen külső vagy belső hatás miatt megváltozik a kollektoráram, megváltozik az emitteráram is, mely a tranzisztor bemenetén olyan irányú feszültséget hoz létre, mely az eredeti hatással ellentétesen változtatja meg a kollektoráramot – a szakirodalomban ezt hívják negatív soros áramvisszacsatolásnak / árammal arányos feszültséget csatolunk vissza a hálózatba /.

Érzékletesebben: $I_C \uparrow \rightarrow I_E \uparrow \rightarrow U_{R1} \uparrow \rightarrow U_{BE} \downarrow$ /mert a tranzisztor nemlineáris elem/ $\rightarrow T_1$ kevésbé nyit $\rightarrow I_C \downarrow$

Programhiba miatt ilyenkor 3 dolog történhet:

- A program jelzi, hogy az áramkör nem rendelkezik hidegponttal!
- Az értékek melyeket kapunk ellentmondásosak, ellenőrizzük a kapcsolást!
A vizsgálat során kiderül, hogy **elfelejtettük megadni az áramkör földpontját!** Pótoljuk a hiányosságot, majd futtasuk újra a szimulációt és tekintsük meg a mért értékeket!
- Értékileg helyes eredményt kapunk a szimuláció futtatása során (**I.1.3. ábra**)!



	1
v(4)	+10.000
v(5)	+4.993
v(6)	+4.314
v(11)	+5.701
i(v4__v1__n)	+9.306m
v(qt1#emitter)	+4.316
v(qt1#base)	+4.993
v(qt1#collector)	+5.700
i(r2)	-4.299m
p(r2)	+18.480m
i(r1)	+4.314m
p(r1)	+18.606m
i(r3)	+5.007m
p(r3)	+25.073m
i(r4)	+4.993m
p(r4)	+24.927m
i(qt1.ic)	+4.299m
i(qt1.ib)	+14.641u
i(qt1.ie)	-4.314m
i(qt1.is)	0.0
p(qt1)	+5.975m
p(v4__v1__n)	0.0
v(7)	+10.000

I.1.3. ábra

***Munkaponti adatok
táblázata***

Jó tanács: Bármilyen analóg kapcsolást, áramkört akarunk bemérni, először mindig helyezzük el a forrást, és a hidegpontot!

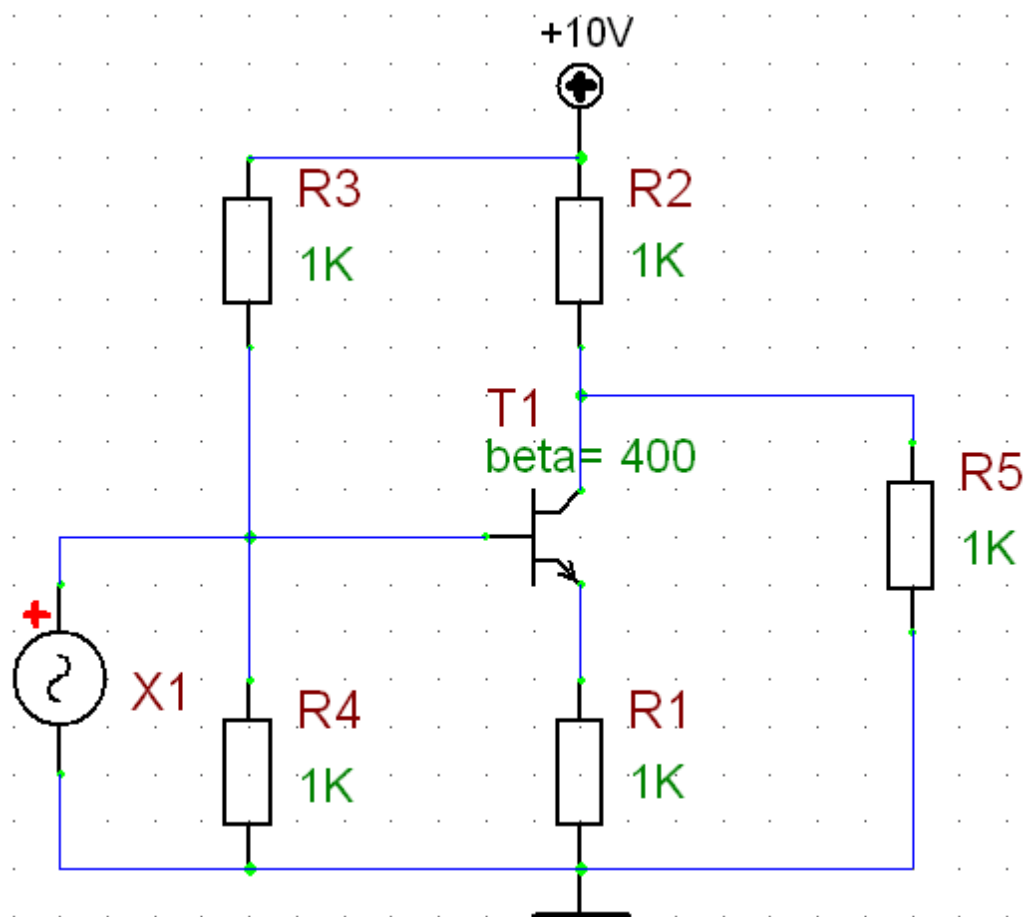
A hálózatunk jelenleg nem erősítő, csupán egy munkapontbeállító alapkapsolás! Készítsünk belőle földelt emitteres erősítőt!

<i>Alapkapcsolás</i>	<i>Gerjesztés (bemenet)</i>	<i>Terhelés (kimenet)</i>
FE (földelt emitter)	Bázis és a föld között	Kollektor és a föld között
FB (földelt bázis)	Emitter és föld között	Kollektor és föld között
FC (földelt kollektor)	Bázis és föld között	Emitter és föld között

A fenti táblázat foglalja össze az alapkapcsolások által meghatározott jellemzőket. Gyakran elkövetett hiba, hogy mindenáron le szeretnénk földelni az egyik elektródát - bár ez nem kötelező, gondoljunk csak a visszacsatolásokra! Ez a probléma az elnevezésből (földelt) adódik, amennyiben ez gondot okoz, használjuk a másik elterjedt megnevezést (közös).

A gerjesztés (vezérlőgenerátor) és a terhelés (tisztá ohmos ellenállás) elhelyezése után megkapjuk a jól ismert földelt emitteres alapkapcsolást (**I.1.4. ábra**)

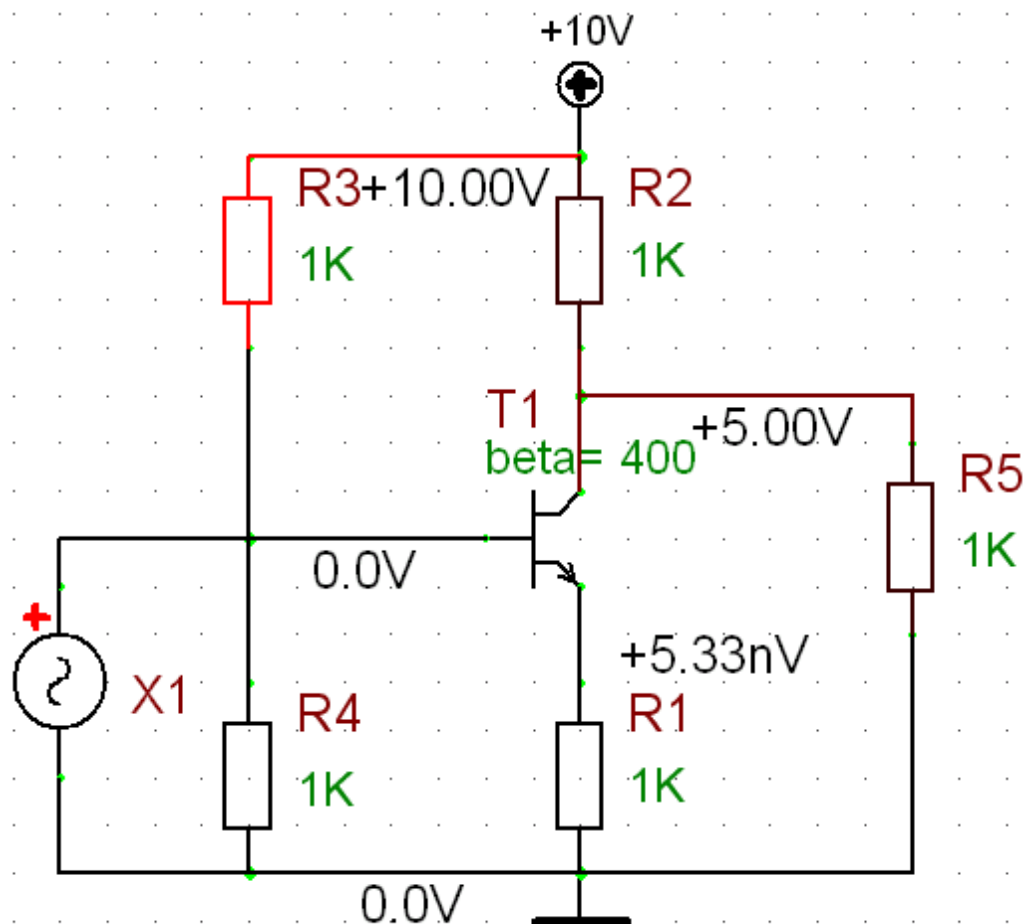
Vezérlőgenerátor: Analog - > Sources - > AC voltage sources



I.1.4. ábra

Földelt emitteres alapkapcsolás a szükséges lezárásokkal

Vegyük fel ismét a munkaponti adatokat (**I.1.5. ábra**)!



I.1.5. ábra

Munkaponti adatok felvétele

Megint egy gyakran elkövetett hibával találkozunk:

Az AC generátor (ideális esetben) nem tartalmaz DC feszültséget, vagyis **egyenáramú szempontból hidegpont!** Mivel nem használunk negatív feszültséget a körben, lehetetlen, hogy a tranzisztor BE átmenete kinyisson (A bázis nullán van, ehhez képes az emitternek 0,6-0,7 V-tal kisebb potenciálon kellene lennie, de a kapcsolásban a nulla potenciál a legalacsonyabb!).

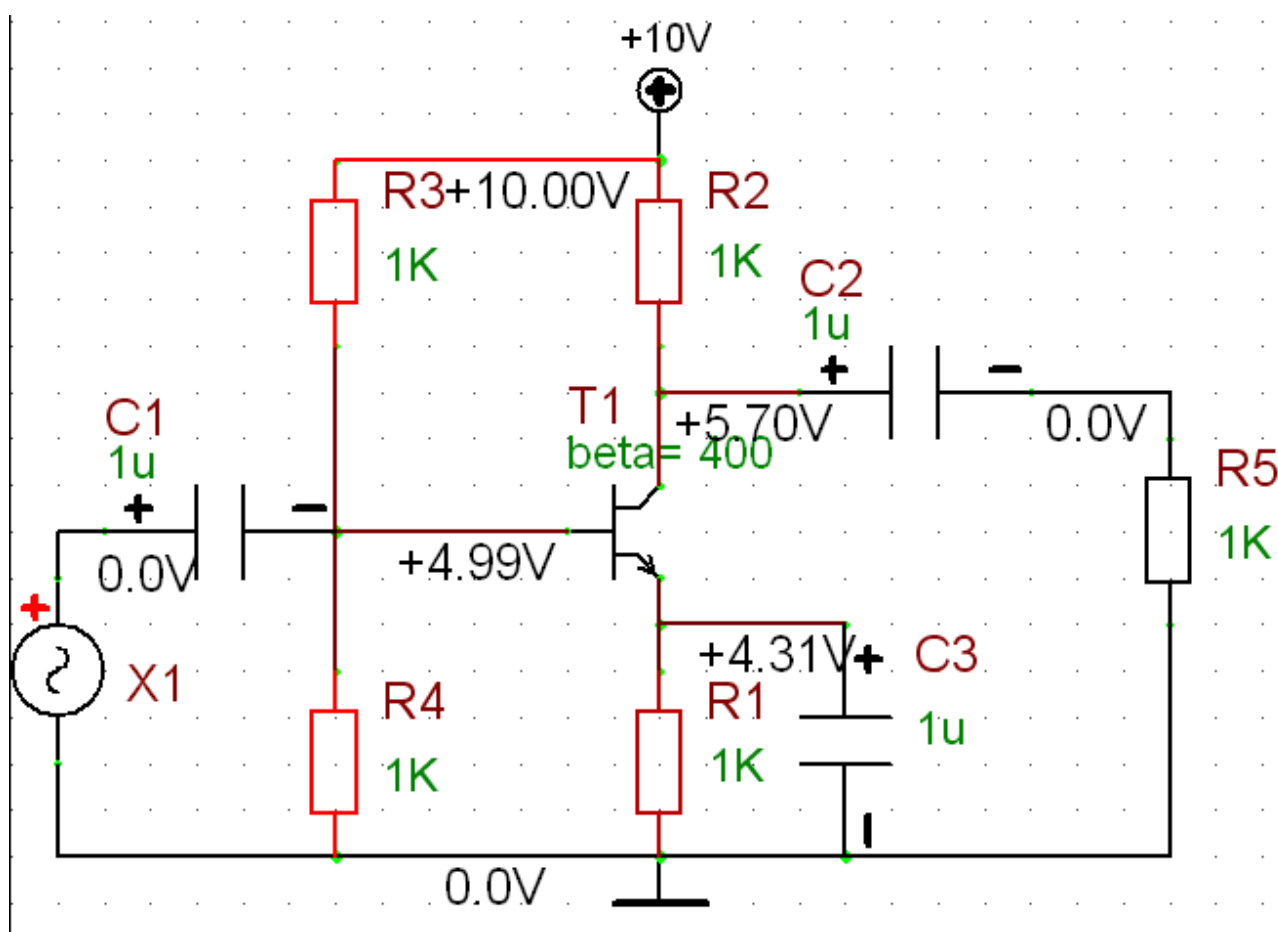
Váltakozóáramú erősítő építése a célunk, de nem szeretnénk, ha **a vezérlőjel „eltolná” a munkapontot** – ennek fényében szükségünk van egy AC-DC leválasztó elemre (pontosabban egy olyan alkatrészre, mely az AC összetevőt átengedi, vele szemben rövidzárként viselkedik, míg a DC összetevőt levágja, vele szemben szakadásként viselkedik). A kondenzátor reaktanciáját megvizsgálva rájöhettünk, hogy pont megfelel a csatoló/leválasztó szerepre. A kimeneten se szeretnénk DC-összetevőt, hiszen tisztán AC erősítő a cél, ezért a kimeneten is szükség van egy csatoló/leválasztó elemre!

A munkapontbeállításnál szót ejtettünk róla, hogy az emitterkörbe kötött ellenállásnak stabilizáló szerepe van (negatív soros áramvisszacsatolás) – AC szempontból azonban ez előnytelen számunkra, hiszen az erősítést is „visszahúzza”! Gondoskodjunk róla, hogy a stabilizációs hatás csak DC szempontból érvényesüljön – ismét a kondenzátorhoz, mint áramköri elemhez kell fordulnunk!

Megjegyzés: az elektronikában AC szempontból is alkalmazzuk a negatív soros áramvisszacsatolást erősítőknél, mert ez az erősítés mellett csökkenti a torzítást, és a zajok káros hatását!

Kapacitás: Analog - > Passive - > C

A fentiek figyelembevételével a következőképpen módosul a kapcsolásunk **(I.1.6. Ábra)**:



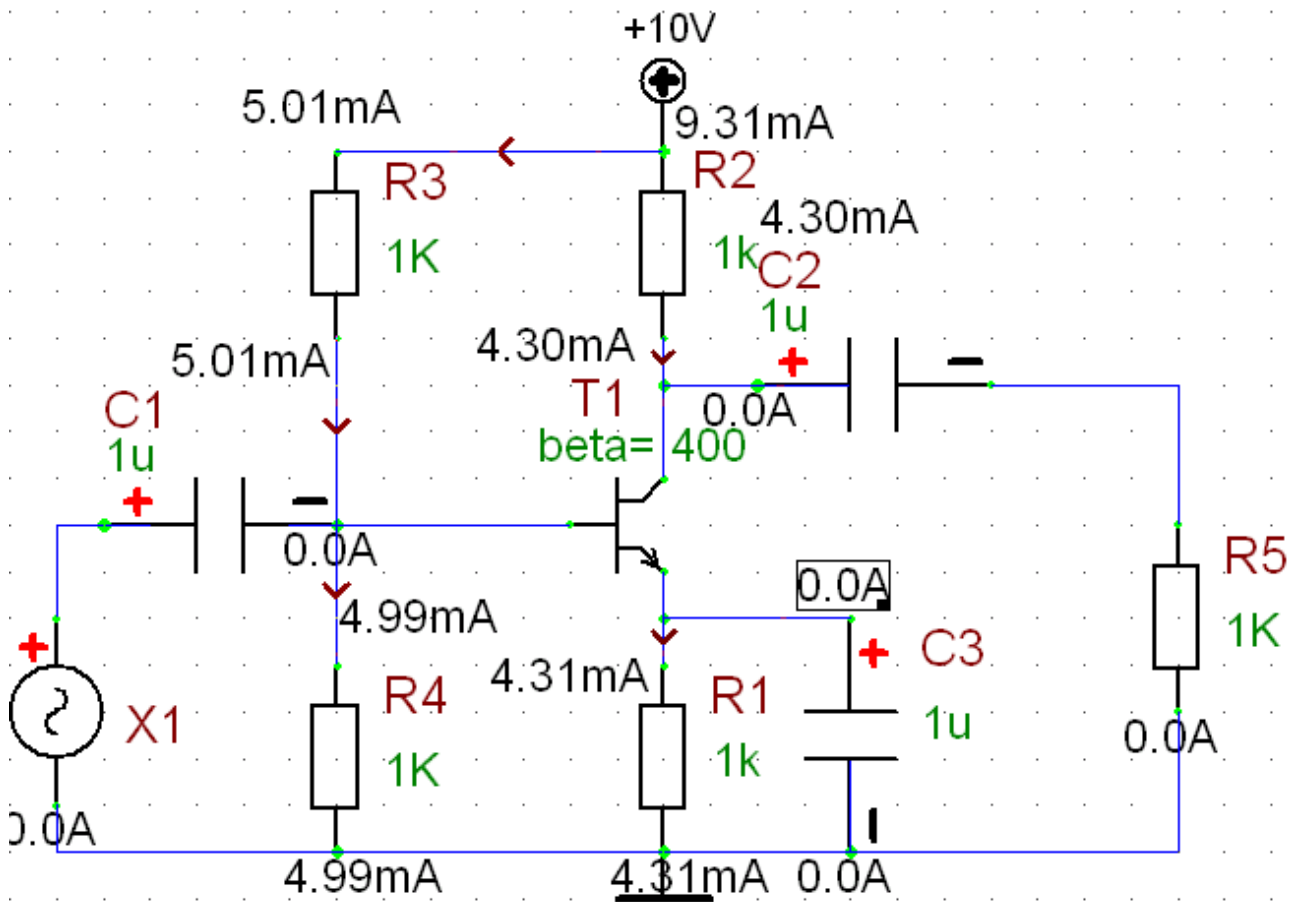
I.1.6. ábra

Csatoló/leválasztó kondenzátorokkal ellátott AC erősítő

Vizsgáljuk meg a tranzisztor munkapontját: BE nyitott, CB zárt átmenet – vagyis a tranzisztor erősítő üzemben dolgozik!

Nézzük meg a munkaponti adatoknál az áramviszonyokat is **(I.1.7. ábra)**! A bázisosztó körében folyó áram csupán a munkapont beállításához kell, a vezérlőjel megerősítéséhez (a hasznos munkához) nem! Ezt az áramot - melyet a

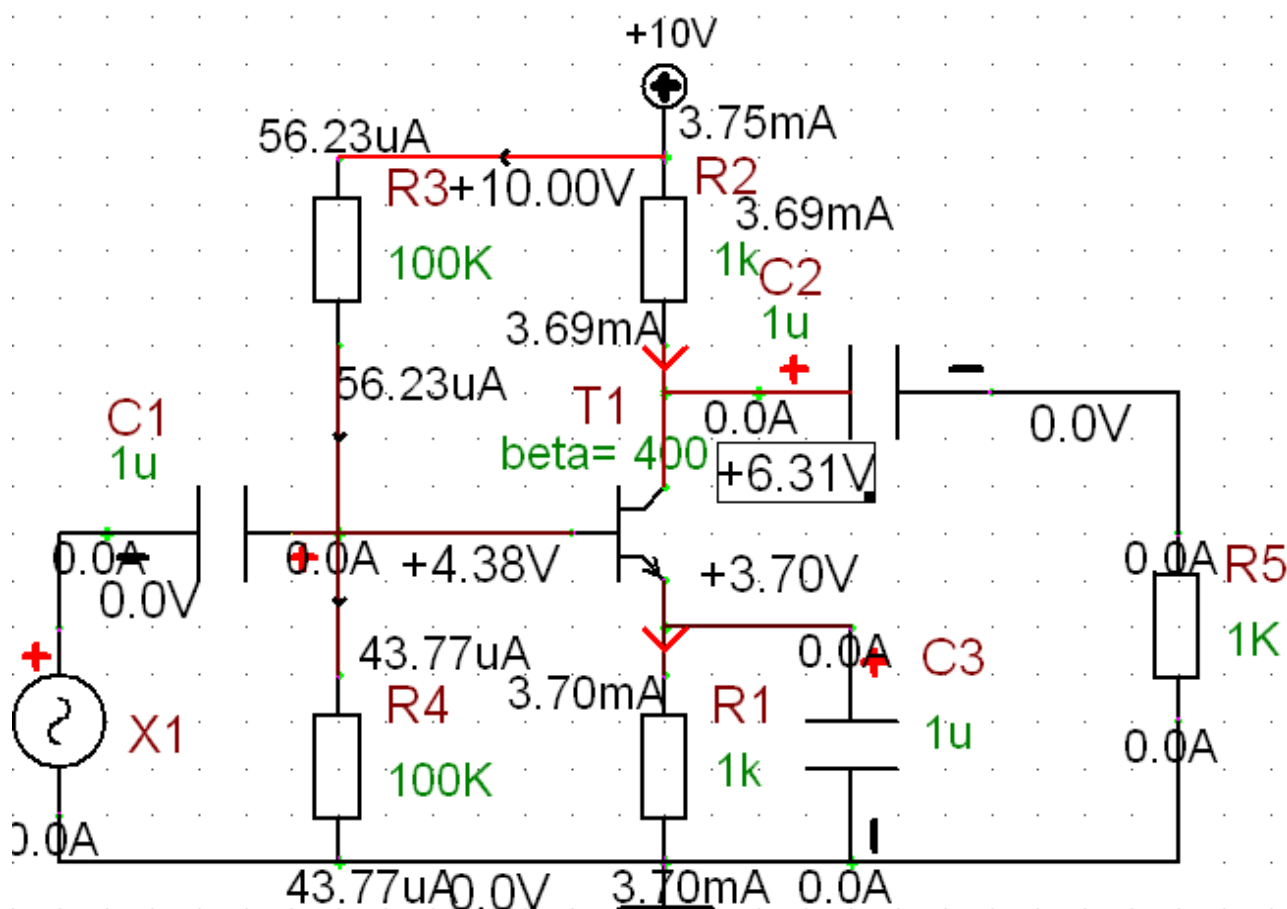
szakirodalomban I_0 -nak neveznek – célszerű kis értéken tartani, a felesleges disszipáció elkerülése végett! Ohm törvénye alapján, ha megnöveljük az osztó ellenállásait, csökkennie kell a rajtuk átfolyó áramnak – hiszen a tápfeszültség állandó! **Cseréljük le az ellenállásainkat** ($R_3; R_4$) 100k értékűekre (Dupla kattintás az alkatrészen - > Resistance Ohm: 100k)!



I.1.7. ábra

Áramviszonyok az erősítőben

Nem beszéltünk még a kondenzátorok polaritásáról (a csatoló és leválasztó kondenzátor nem feltétlenül ELKO) – vizsgáljuk meg, hogy milyen irányban célszerű bekötni őket! A + jelzést mindig a magasabb potenciál felé kell kötnünk! A három kondenzátor közül a bemeneten lévő C1 esetében a Bázis mindig pozitívabb lesz mint a bemeneti feszültség (kisjelű üzemmód)! Fordítsuk meg a C1 jelzésű kondenzátort!



I.1.8. ábra

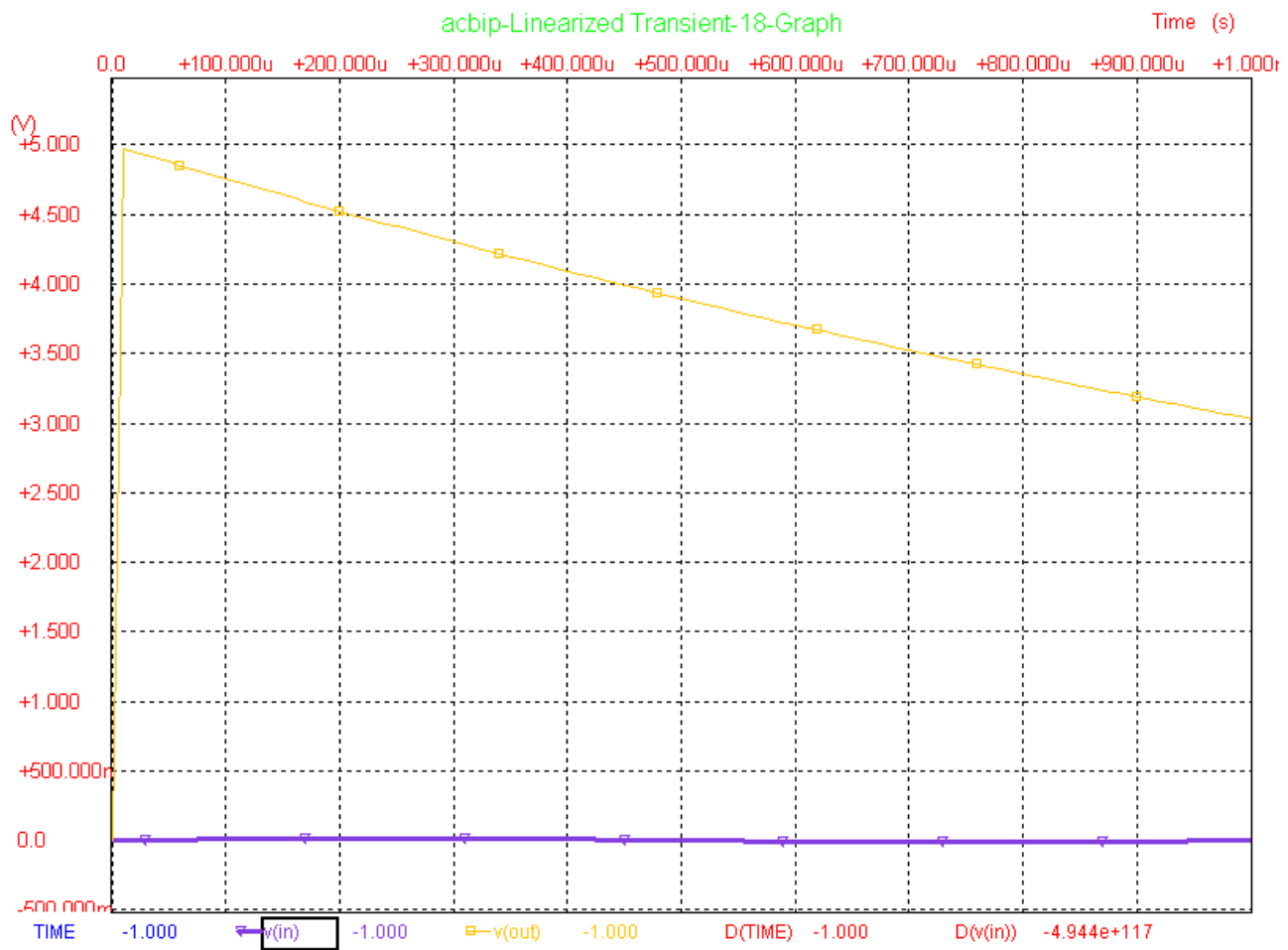
Munkapontbeállító ellenállások helyes méretezése, helyes polaritás (C1)

A munkapont helyes beállítása után következhet a jelalakvizsgálat!

Állítsuk be a jelgenerátort **10mV**-os amplitudóval és sávközépi (**1kHz**) frekvenciával (dupla kattintás a generátoron)!

A könnyebb azonosíthatóság kedvéért nevezzük el a bemeneti vezetéket **in**-nek, a kimenet pedig **out**-nak (jobb klikk -> Rename Wire)

Set Up Simulations... -> Transient and Fourier Analysis (ahhoz, hogy egy teljes periódust lássunk a **stop time** legyen: **1m**). Futtassuk a szimulációt (**I.1.9. ábra**)!



I.1.9. ábra

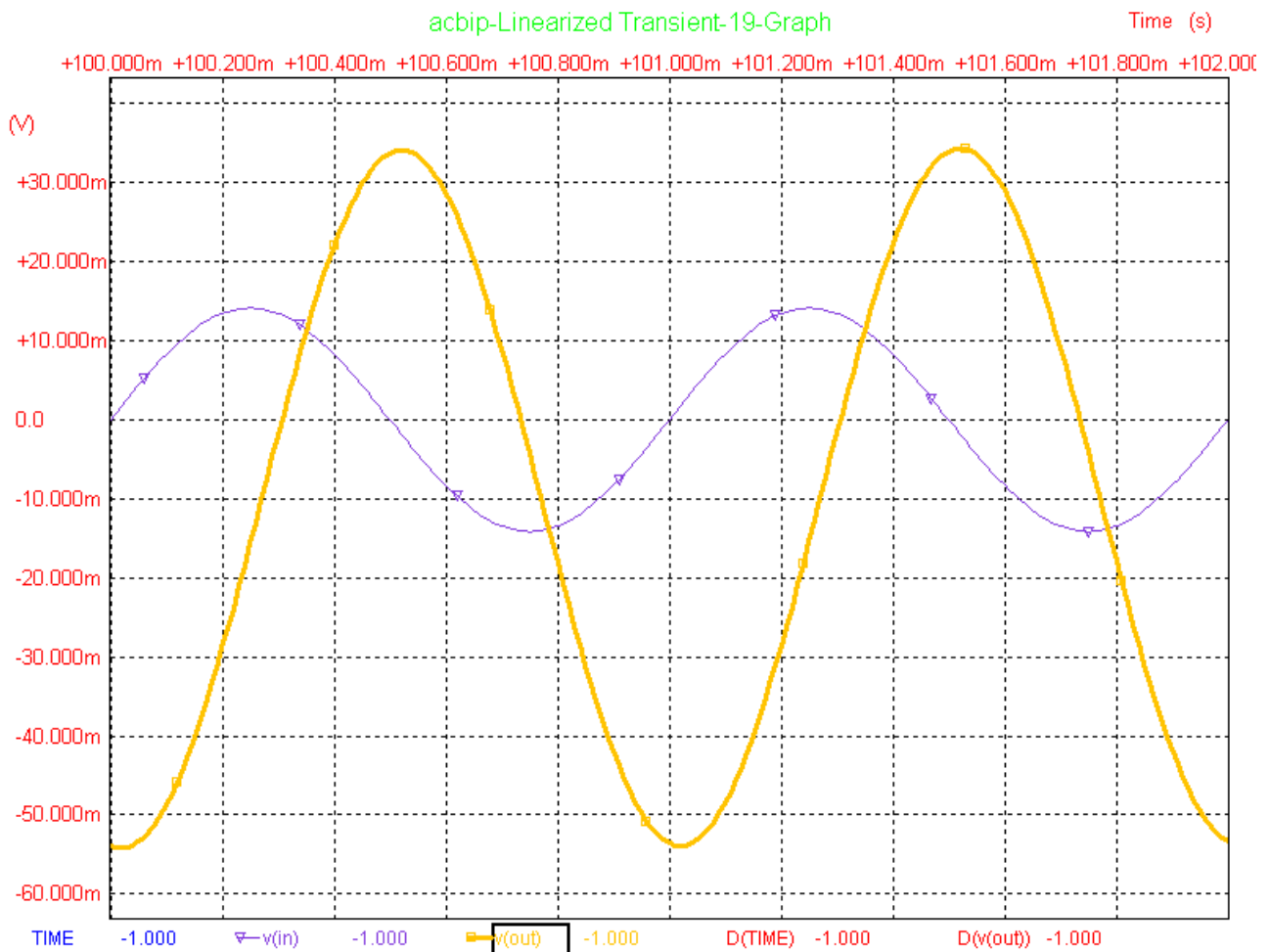
Jelalakvizsgálat

A következő problémával találjuk szembe magunkat: a csatoló/leválasztó és a hidegítő kondenzátorok időállandót hoztak be a körbe, ezáltal a beállítás nem „azonnali”!

Változtassuk meg a kezdeti és vég időt (törekedjünk mindig arra, hogy egy-két periódust ábrázoljunk, ez nem csak a kiértékelést könnyíti meg, de feleslegesen bonyolult számításoktól is megkíméljük a számítógépet):

Start Time: 100m

Stop Time: 102m



I.1.10. ábra

Jelalakfelvétel az áramkör beállása után

Két problémát figyelhetünk meg az időfüggvények kiértékelésénél:

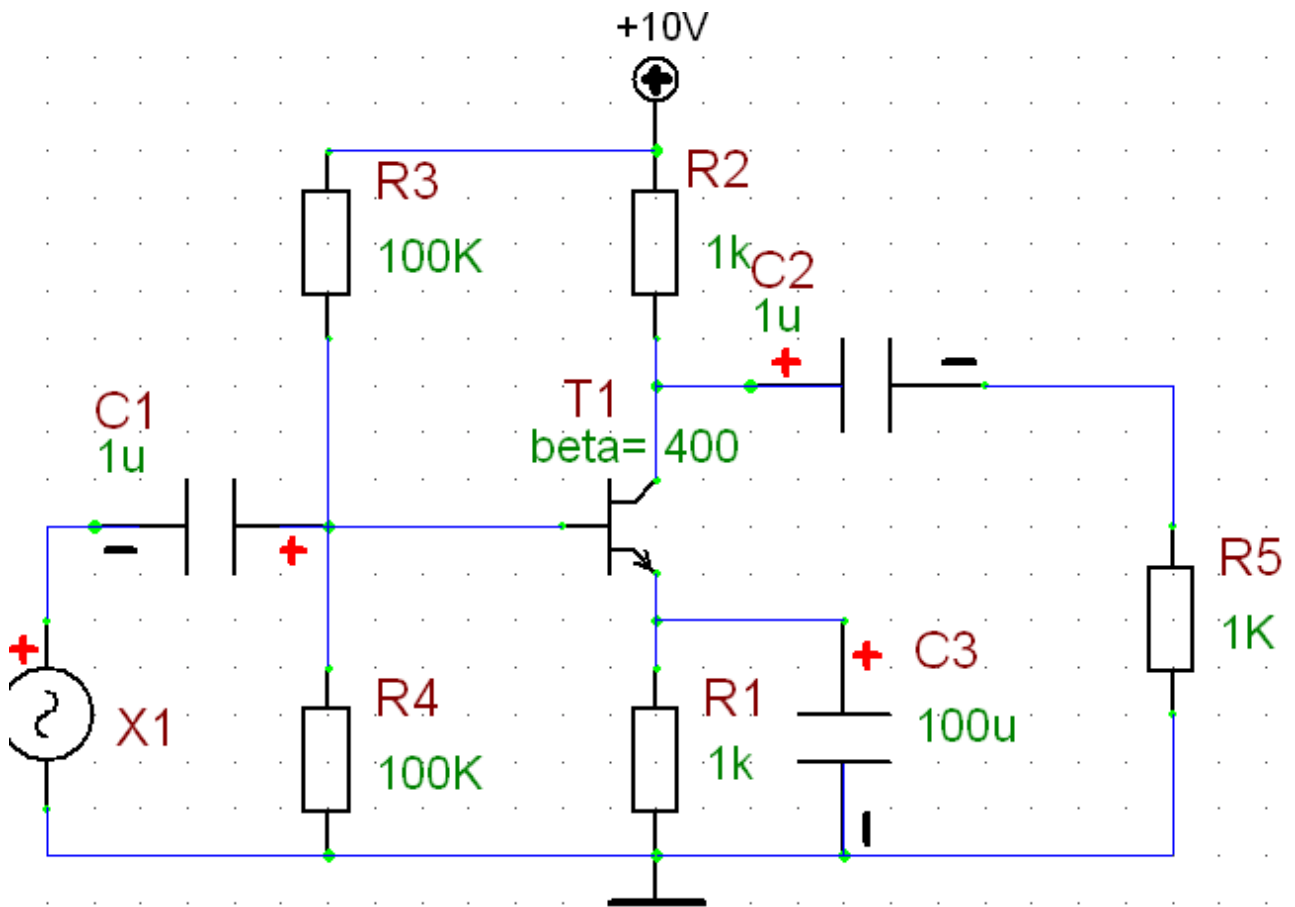
- Kis értékű erősítés: cca. 3-4-szeres / Földelt emitteres erősítő feszültségerősítése n^* (50-100) körüli érték /
- Erőtéljes fázistolás

Fázistolást csak **frekvenciafüggő** elem okozhat (kondenzátor, induktivitás), erősítés csökkenésről már beszéltünk, ez negatív soros áramvisszacsatolás esetén áll fenn, amennyiben az emitter pont nincs kellően hidegítve AC szempontból (el van emelve a földponttól)!

Ahhoz, hogy a hidegítőkondenzátor (C3) **AC** esetben közelebb kerüljön a **rövidzár**hoz nagyobb kapacitásra van szükségünk! Amennyiben a kondenzátor rezisztanciája (X_c) összemérhető a vele párhuzamosan lévő emitterkörü ellenállással, akkor a két alkatrész együttesen egy **komplex impedanciát** hoz létre - ezzel **fázistolást** is okoz.

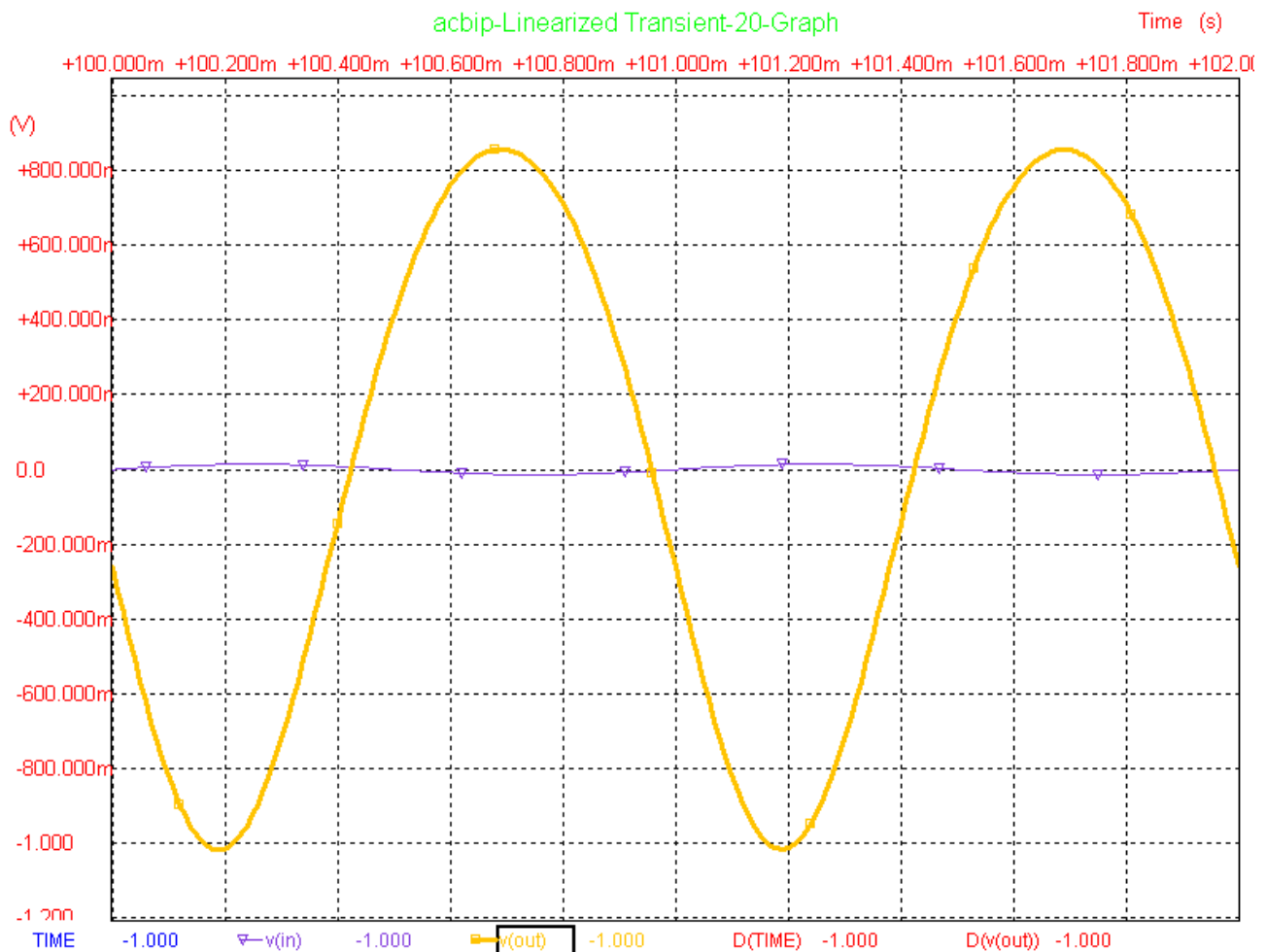
Összegezve: **mindkét probléma megoldható az emitterkörü kondenzátor**

kapacitásának növelésével (I.1.11. ábra)!



I.1.11. ábra

Emitterkondenzátor megfelelő értékre állítása



I.1.12. ábra

Jelalakfelvétel megfelelő hidegítéssel

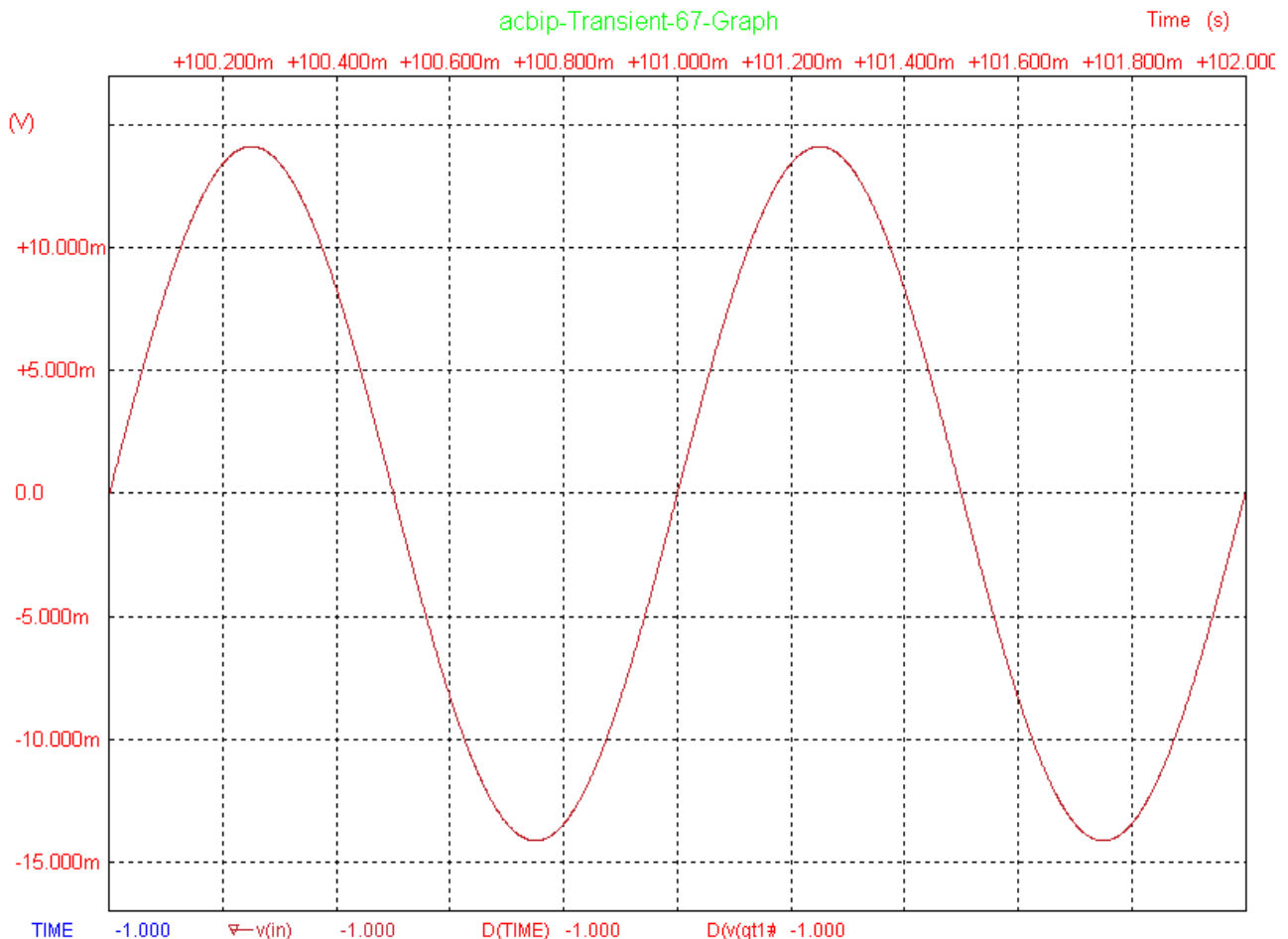
A jelalakokat (**I.1.11. ábra**) elemezve megfigyelhetjük, hogy az erősítésünk nagymértékben megnőtt (90-100 szoros), a fázistolás pedig lecsökkent (ne feledjük el, hogy a földelt emitteres alkapcsolás 180-fokos fázistolást, ún. fázisfordítást hoz létre)!

Megjegyzés: a jelalaktorzulás – mikor a „szinusz beveri a fejét” - általában túlvezérlés esetén lép fel. Vizsgáljuk meg mi történik, ha túl nagy vezérlőjelet alkalmaztunk (40 mV). A negatív félperiódus maximuma -4 V, míg a kollektor munkaponti adatok szerint 6,31 V-on van, a bázis pedig 4,38 V-on. Érdekes jelenséget figyelhetünk meg, a negatív félperiódusban ahogy növekszik az amplitúdó, egyre kevésbé zár a CB átmenet, majd elkezd kinyitni! Megszűnik a tranzisztor erősítő üzeme – melynek feltétele: CB átmenet zárt, BE átmenet nyitott!

Megfigyelhető, hogy DC-eltolódás történt a kimeneti jelben (nem nullszimmetrikus)! Amennyiben a kimeneti csatoló kondenzátorral lenne probléma, az eltolódás pozitív irányú lenne – mert a kollektor pozitív potenciállal rendelkezik.

Visszatérve a munkaponti adatokhoz vegyük észre, hogy nem DC-feszültség került az AC jelünkbe, hiszen az adatokból látszik, hogy a kondenzátorok nem engedik át a DC-feszültséget!

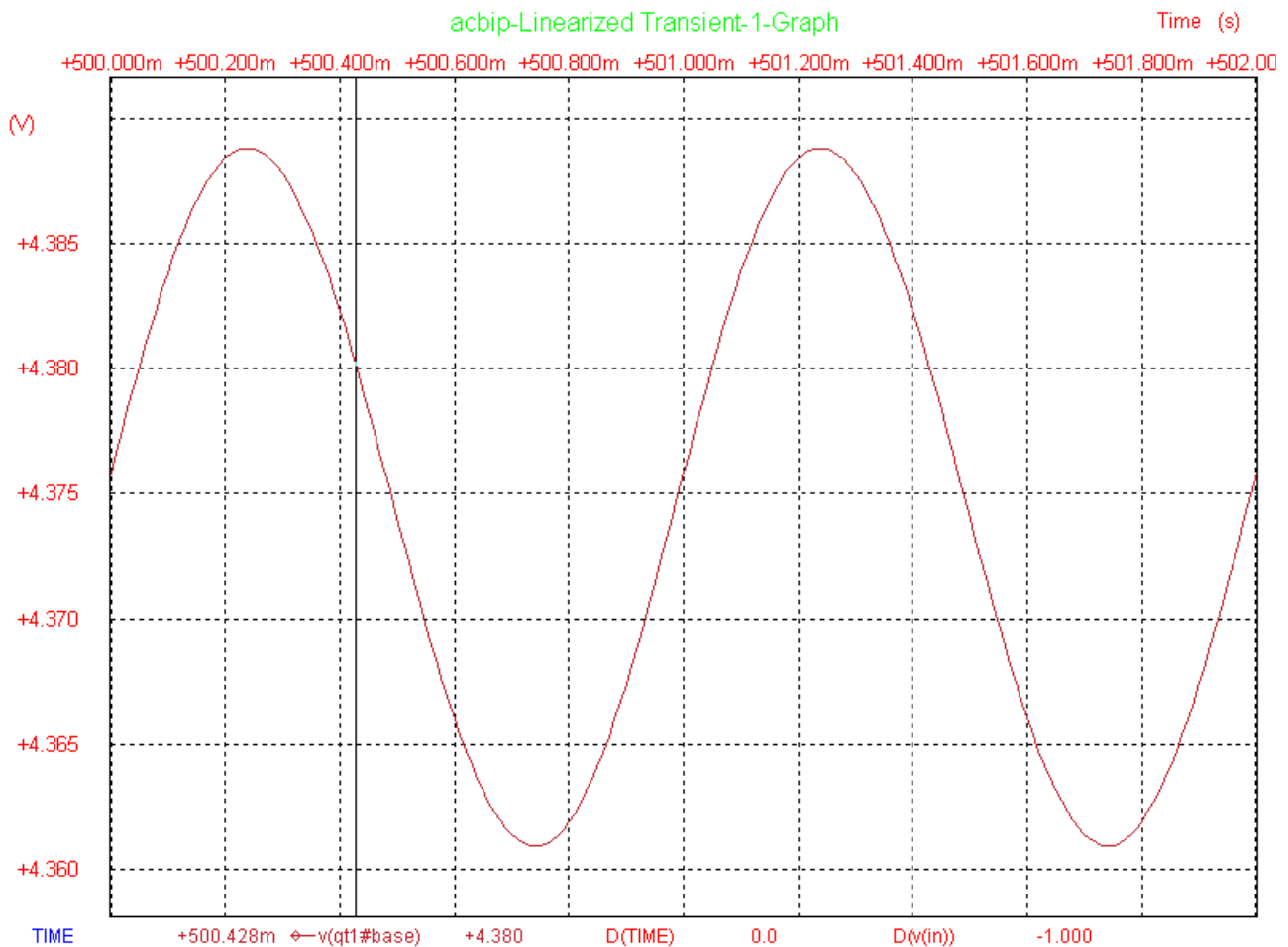
A probléma felderítését kezdjük a bemeneten! Mérjük a generátor feszültségét (**I.2.1. ábra**)!



I.2.1. ábra Hibakeresés: Generátor jele

A generátor jele tökéletesen nullszimmetrikus!

Vizsgáljuk meg a bázison lévő jelalakot (**I.2.2. ábra**)!



I.2.2. ábra Hibakeresés:

A Bázison lévő jelalak

A bázis „AC nullpontja” jól láthatóan (**I.2.3. ábra**) nem a nyugalmi munkaponti 3,444 V-on van! – a rákapcsolt váltakozó feszültségnek erre szimmetrikusnak kell lenni.

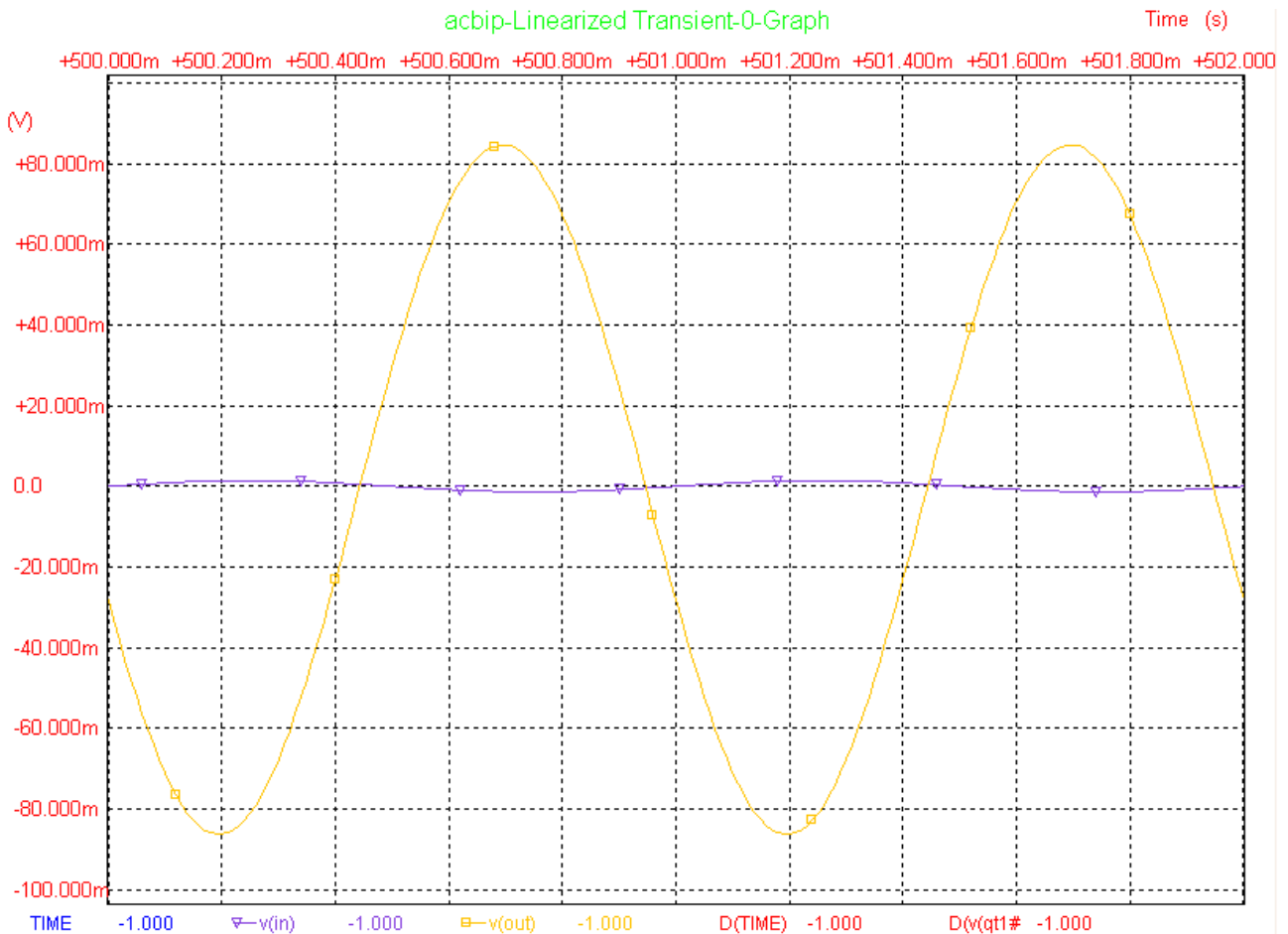
acbp-Ope...	
	1
v(6)	+2.778
v(qt1#emitter)	+2.780
v(qt1#base)	+3.444
v(qt1#collector)	+7.230

I.2.3. ábra

Tranzisztor feszültségviszonyai

A probléma valószínűleg a programozók által alkalmazott számábrázolási módszerben keresendő! A generátorunk jele nullszimmetrikus volt – amennyiben nem lett volna az, akkor a csatoló kondenzátor szűrte volna ki a nemkívánt DC összetevőt!

Válasszunk 1 mV bemeneti jelet (dupla kattintás a generátoron)!!!!!!



I.3.1. ábra

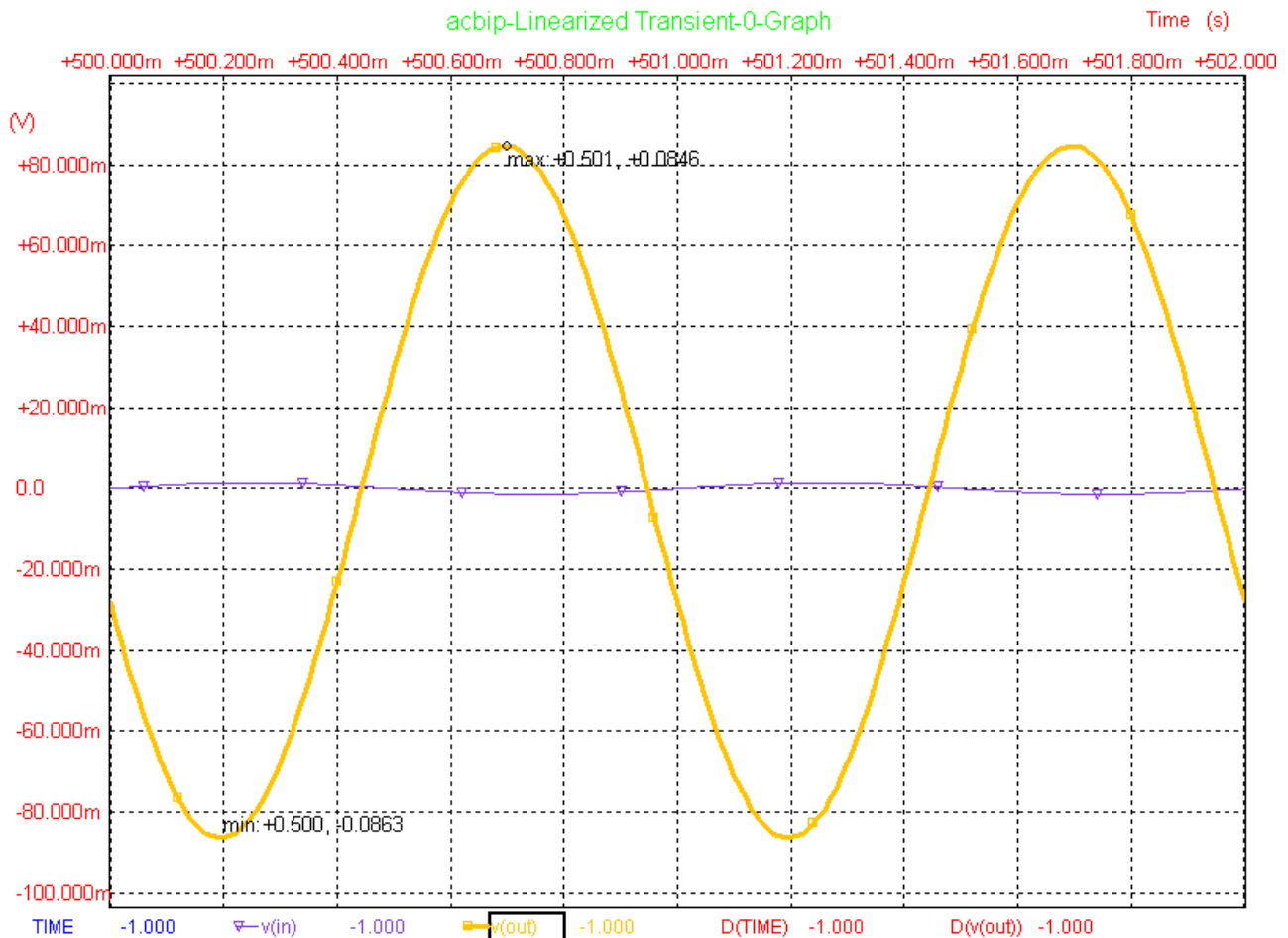
Jelalakvizsgálat 1 mV-os vezérlőjel mellett

A kimeneten (a terhelésen) mérhető jelünk most már nem tartalmaz DC összetevőt (**I.3.1. ábra**)!

Az erősítőnk működőképes, határozzuk meg a legfontosabb jellemzőit:

- Erősítés (AU;au)
- Bemeneti ellenállás
- Kimeneti ellenállás
- Alsó határfrekvencia
- Felső határfrekvencia
- Sávközépi frekvencia
- Maximális kivezérelhetőség
- Munkapont hőmérséklet- és alkatrész szórás függése
- Erősítés hőmérséklet- és alkatrész szórás függése

Az feszültségerősítést meghatározhatjuk a kimeneti és bemeneti jelalakból (**I.4.1. ábra**):



I.4.1. ábra

Feszültségerősítés meghatározása jelalakvizsgálat segítségével

A szimuláció futtatása után az **Edit** menü **Show next maximum** menüpontja segítségével meghatározhatjuk a kimeneti jel maximumpontját! A bemeneti jelünk maximumát már meghatároztuk (1mV RMS = 1,4142 mV csúcsérték)!

A feszültségerősítés: $A_U = U_{ki}/U_{be} = 84,6/1,4142 = \underline{-59,822}$

$$a_u = 20 \lg |A_U| = \underline{35,537 \text{ dB}}$$

A negatív előjel a fázisfordítás miatt jön be az erősítésbe!

Megjegyzés:

A DeciBell eredeti jelölése T. U. (ang, transmission unit = átviteli egység) volt, később azonban A. Graham Bell, a telefon feltalálójának emlékezetére nemzetközi egyezmény alapján DeciBellre változtatták. Az új egység ma már nemcsak Amerikában, hanem mindenütt a világon használatos. Németországban azonban akusztikai mérésekre a számszerűleg vele azonos phon-t használják, mely a DeciBellel ellentétben nem viszonylagos, hanem abszolút mértékegység, még pedig :

1 phon = 3.3×10^{-4} dyn/cm² hangnyomás, ill. 2.7×10^{-10} mikrowatt/cm² sugárzási sűrűség.

Nagyságának megítélésére tájékoztatásul a következőket : 1 phon a legkisebb, emberi fül által érzékelhető hangerősség ; minden további hangerősség-emelkedés, mint a DeciBellnél, az alapegységben fejeztetik ki, míg 130 phon már a fül számára tűrhetetlen, fájdalomérzést keltő hangerősséget jelent. Ez a felső határ a fül ingerküszöbének megfelelő hangerősségnél 10 billiószorta nagyobb.

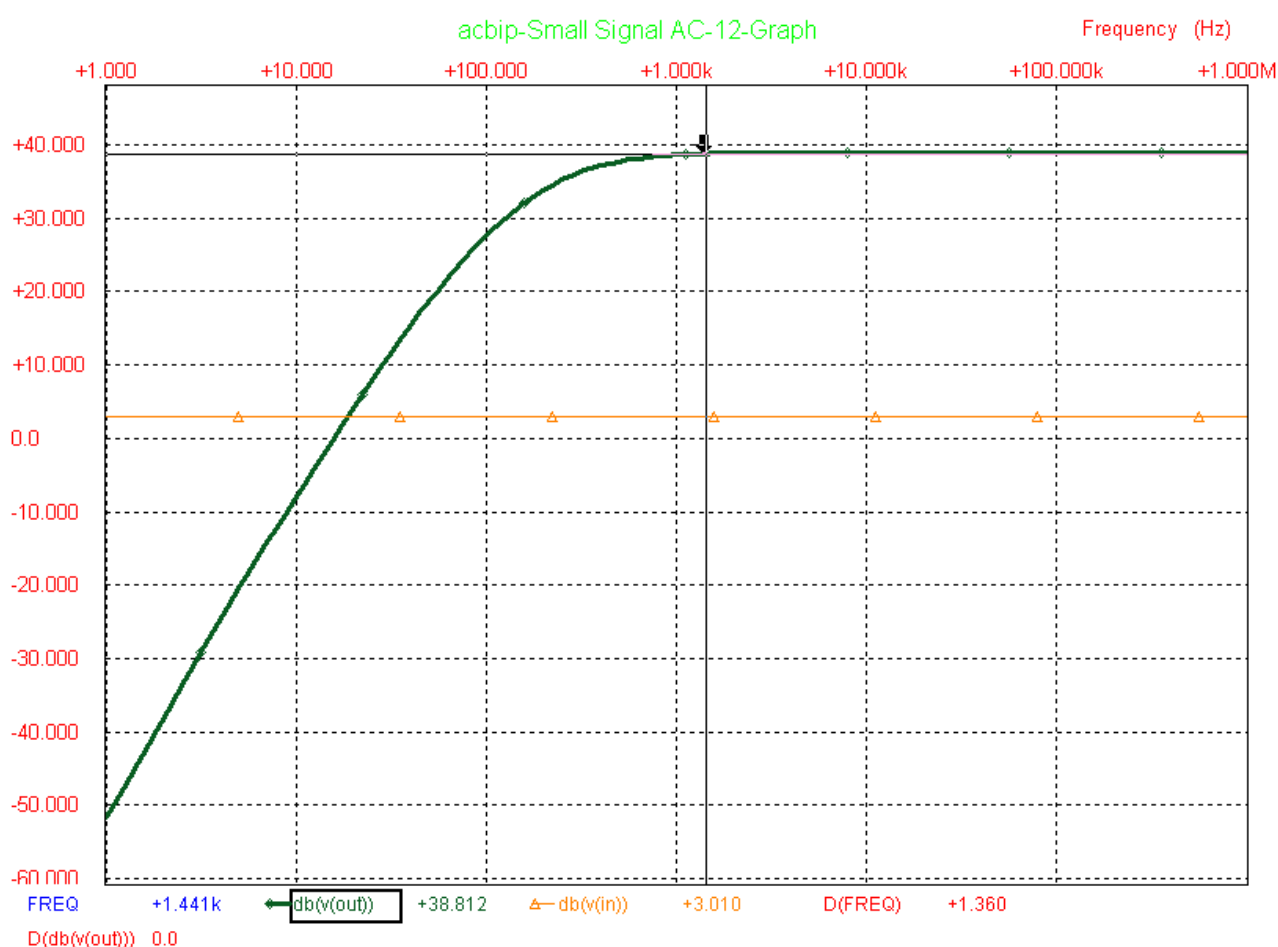
A telefontechnikában azelőtt használatos Neper-egység, valamint a DeciBell és a phon között a következő összefüggés áll fenn : 1 Neper = 8.686 db.=8,686 phon.

A neper John Napier (Neper) angol matematikusról kapta nevét.

Az erősítés decibellben meghatározhatjuk .AC analízis segítségével is:

FONTOS: AHOZ, HOGY HELYES EREDMÉNYT KAPJUNK A VEZÉRLŐGENERÁTOR AMPLITUDÓJÁT 1-RE KELL VÁLASZTANUNK!!!!

Érdeemes a léptékeztést logaritmikusra állítani az **Edit** menü **Edit Graph Settings** menüpontjának **Display Graph** opciójával!

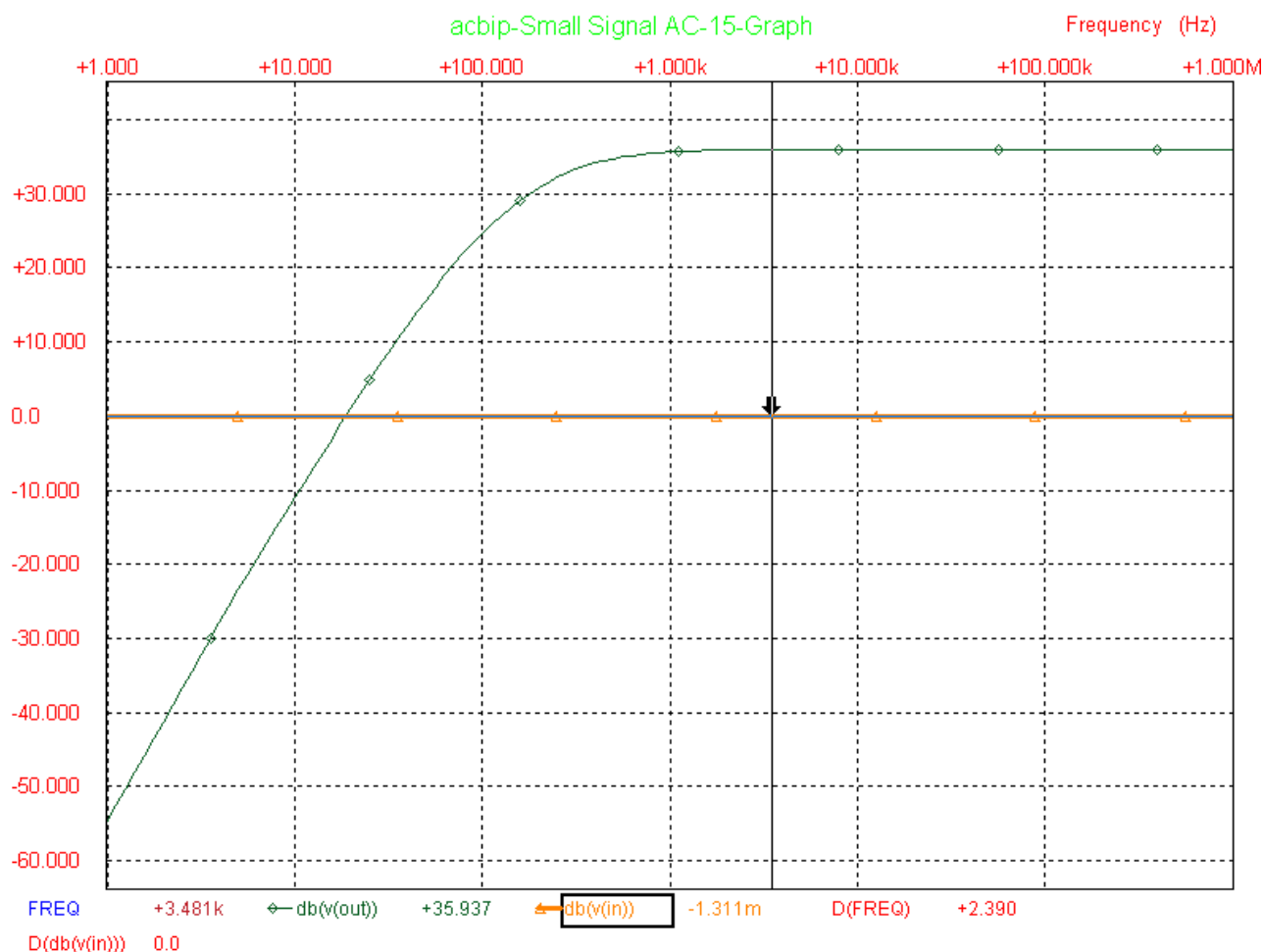


I.4.2. ábra

Az erősítés vizsgálata 1V RMS bemeneti vezérlőjel mellett

Az ábrából (**I.4.2. ábra**) látható, hogy a program a bemeneti jelet +3 dB-es értéknek veszi!

A probléma a következő: a bemeneti vezérlőjelet 1 Voltra állítottuk, azonban ez RMS érték ahhoz, hogy az amplitudó 1 volt legyen nekünk 707mV RMS értéket kell beállítanunk (**I.4.3. Ábra**)! Természetesen az I.4.2. ábra alapján is meghatározhatjuk az erősítést, ha a mért értékből 3 dB-el kivonunk



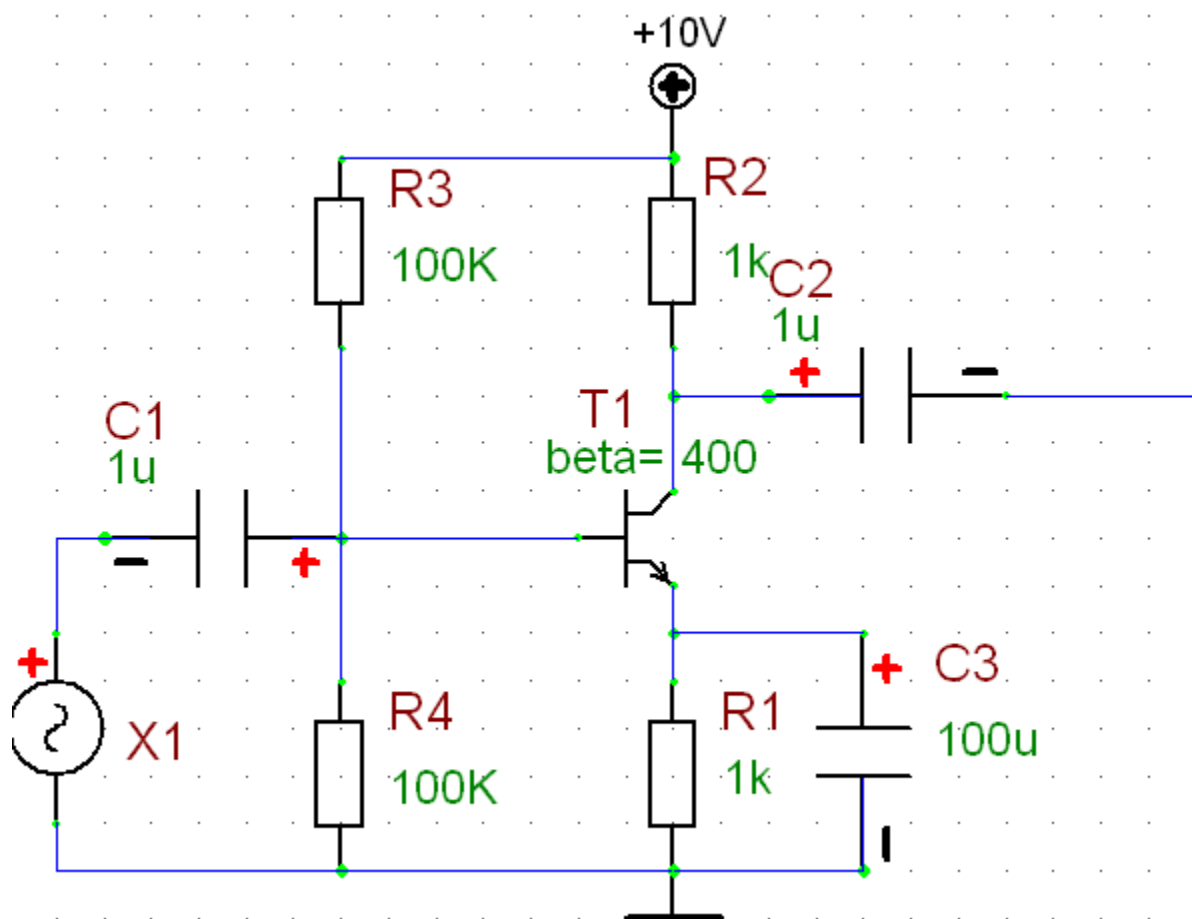
I.4.3. ábra

Az erősítés vizsgálata 1 V amplitudójú vezérlőjel mellett

Az így kapott erősítésünk: $a_u = \underline{35,937 \text{ dB}}$ /jelalakvizsgálat során 35,537 dB-el állapítottunk meg/

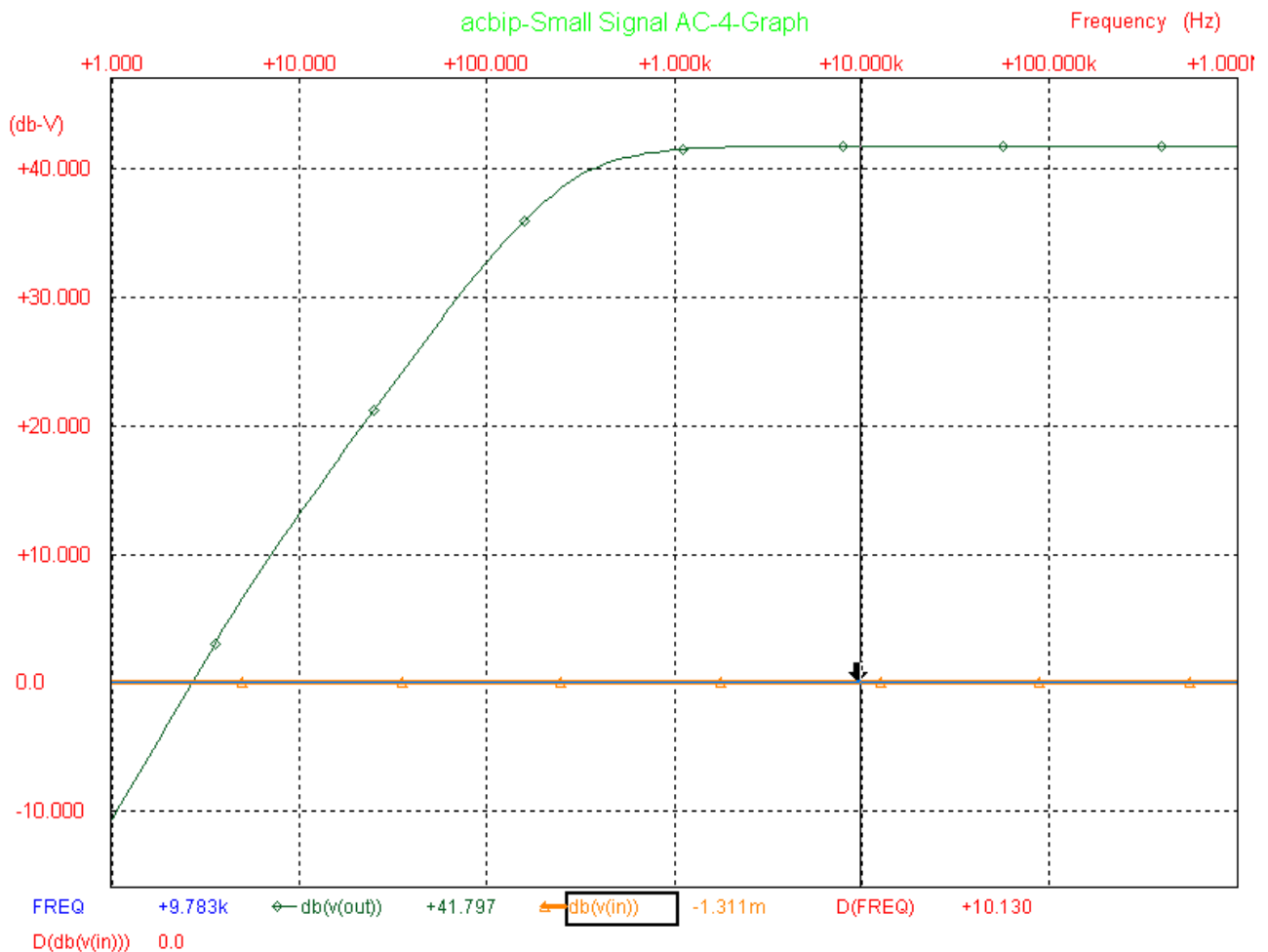
Az erősítés, melyet mértünk terhelt esetre vonatkozik, határozzuk meg az erősítést üresjárásban is!

Töröljük ki a terhelést (**I.4.4. ábra**) és futtassuk újra az .AC frekvencie sweep szimulációt (**I.4.5. ábra**)!



I.4.4. ábra

Terheletlen erősítő



I.4.5. ábra

Terheletlen erősítő feszültségerősítésének meghatározása

A feszültségerősítés üresjárásban (**I.4.5. ábra**): $a_{uüj} = \underline{41,8 \text{ dB}}$

Határozzuk meg az erősítőnk bemeneti ellenállását:

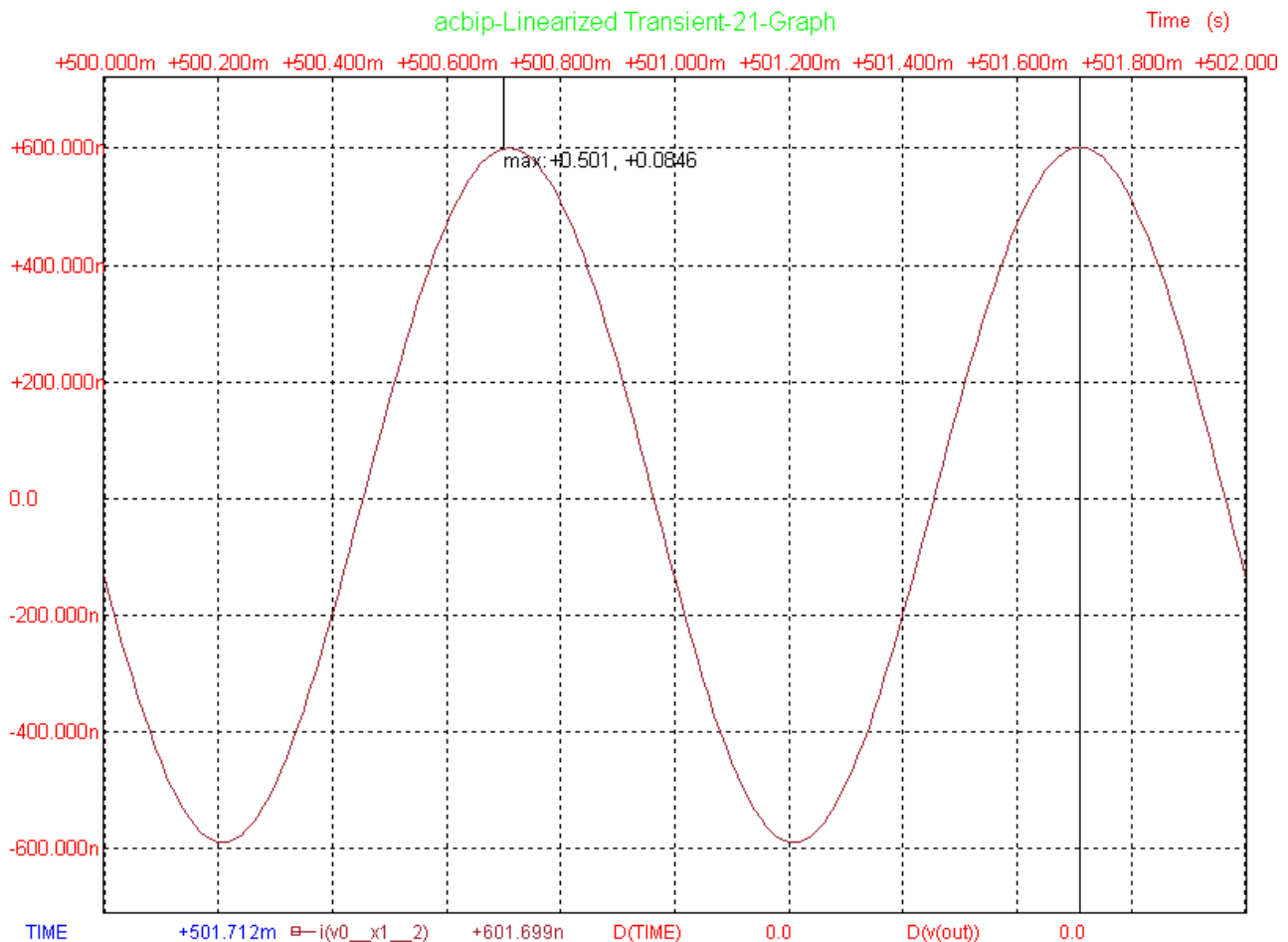
A mérési gyakorlatban többféle módszer terjed el egy négypólus be és kimeneti ellenállásának megállapítására:

- Definíció alapján történő meghatározás: $R_{be} = U_{be}/I_{be}$
 $R_{ki} = U_{kiüj}/I_{ki_{rz}}$
- Gyakori probléma, hogy az egyik jellemző megváltozásához a másik jellemző nagyon kis – nehezen mérhető - megváltozása tartozik (pl. nagy ellenállás esetén nagy feszültségváltozáshoz tartozik kis áramváltozás)! Ilyen esetekben alkalmazzuk Ohm törvényét! Kimeneti ellenállás meghatározásakor mérjük az üresjárási kimeneti feszültséget, majd egy dekádszékreny segítségével terhelést iktatunk a körbe, a terhelést addig

változtatjuk, míg a mérhető feszültség az üresjárási felére csökken, ekkor leolvassuk a dekádszekrényről az értéket, mely megegyezik a kimeneti ellenállással (két egyforma ellenállás párhuzamos eredője $R/2$ – fele akkora ellenálláshoz fele akkora feszültség tartozik)! Ugyanez igaz a bemeneti ellenállás meghatározásakor, a generátorral kell sorba kötnünk egy dekádszekrényt!!

Használjuk ki a szimuláció nyújtotta előnyöket – kis mennyiségeket is pontosan meg tudunk határozni – mérjük Ohm törvénye alapján!

Mérjük a vezérlés hatására létrejövő bemeneti áramot (**I.4.6. ábra**):



I.4.6. ábra

Bemeneti áram mérése

A bemeneti áram effektív értéke: 601,7 nA

A bemeneti feszültség effektív értéke: 1mV

A bemeneti ellenállás: $R_{be} = U_{be}/I_{be} = \underline{1,662 \text{ k}\Omega}$

Kimeneti ellenállás mérése:

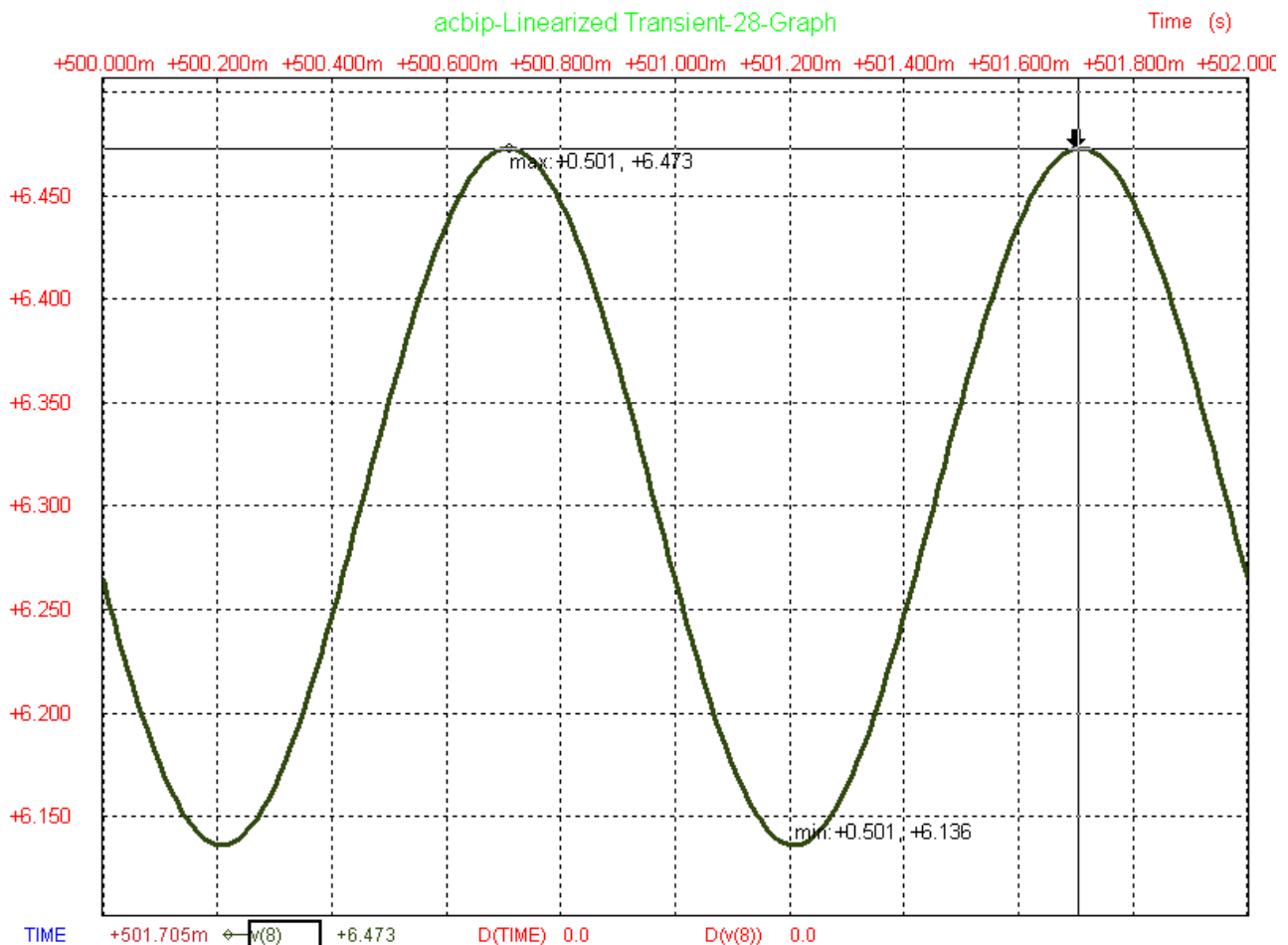
A kimeneti ellenállás mérésénél szükségünk lenne a rövidzárási áramra – azonban egy erősítőt nem illik rövidrezárni, még akkor se ha csak szimulációt végzünk!
Tegyük a következőt:

- Mérjük az üresjárási feszültséget
- Mérjük meg terhelt állapotban a kimeneti feszültséget és áramot

Ohm- és Kirrchoff-törvényei alapján a következő összefüggés írható fe:

$$R_{ki} = (U_{ki_{ij}} - U_{ki_t}) / I_{ki_t}$$

Üresjárási feszültség mérése (I.4.7. ábra):

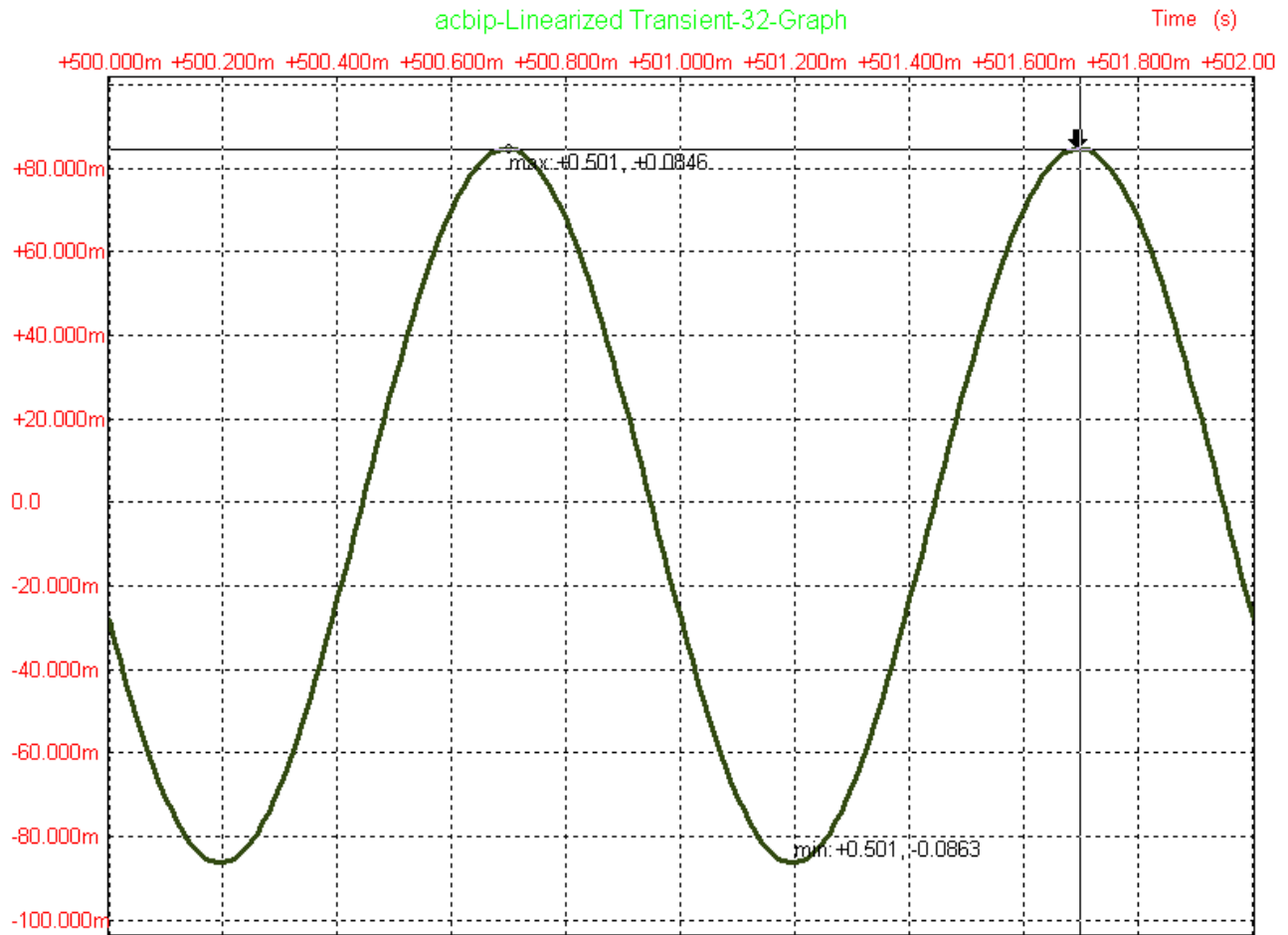


I.4.7. ábra

Üresjárási feszültség mérése

$$U_{ki_{ij}} = (6,473 - 6,136) \text{V} / 2 = 168,5 \text{mV}$$

U_{ki} mérése (terhelés: $R_t = 1k\Omega$) (I.4.8. ábra):

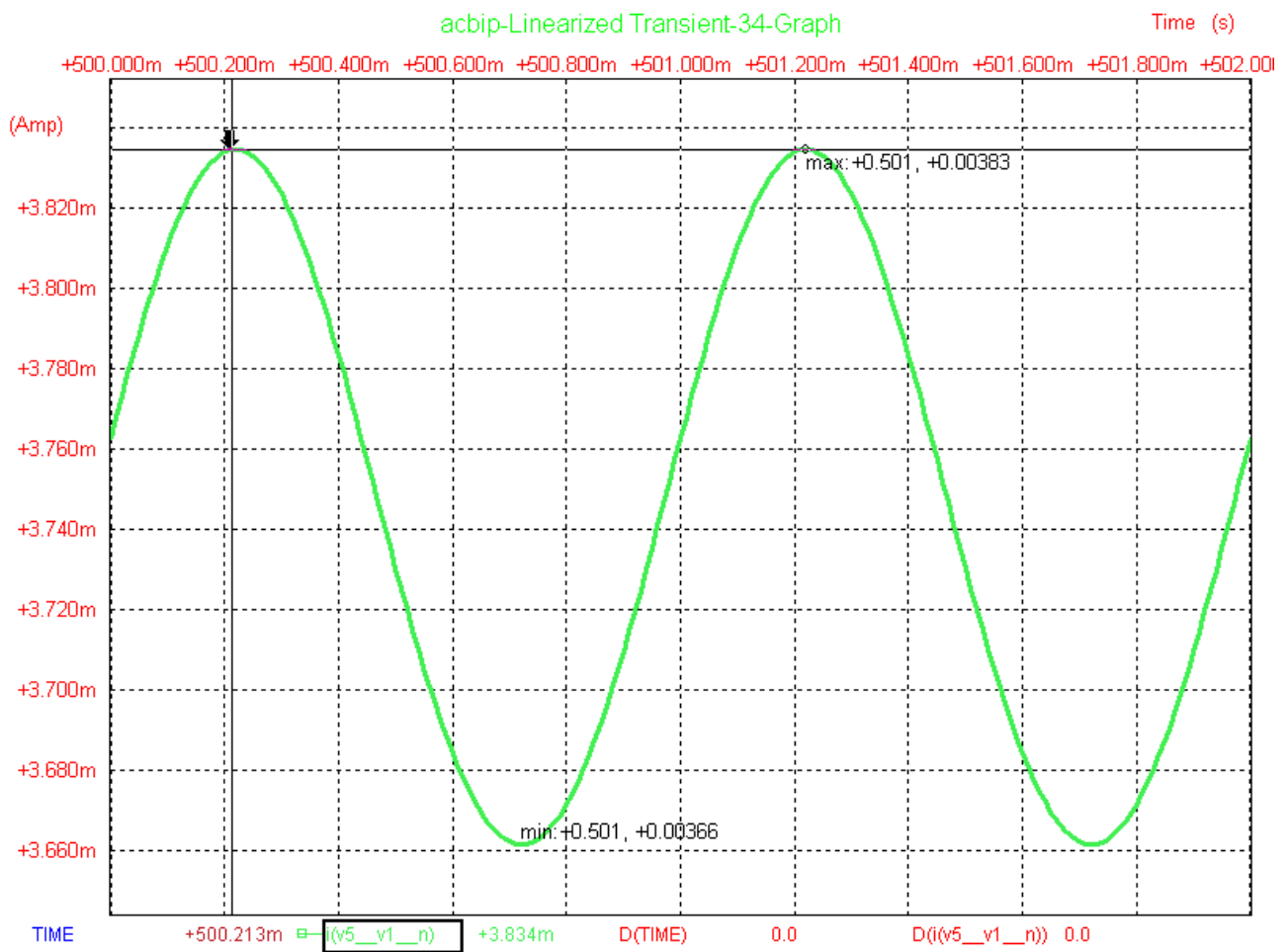


I.4.8. ábra

Kimeneti feszültség mérése terhelt állapotban

$U_{ki} = 85mV$

Kimeneti áram mérése terhelt állapotban (I.4.9. Ábra):



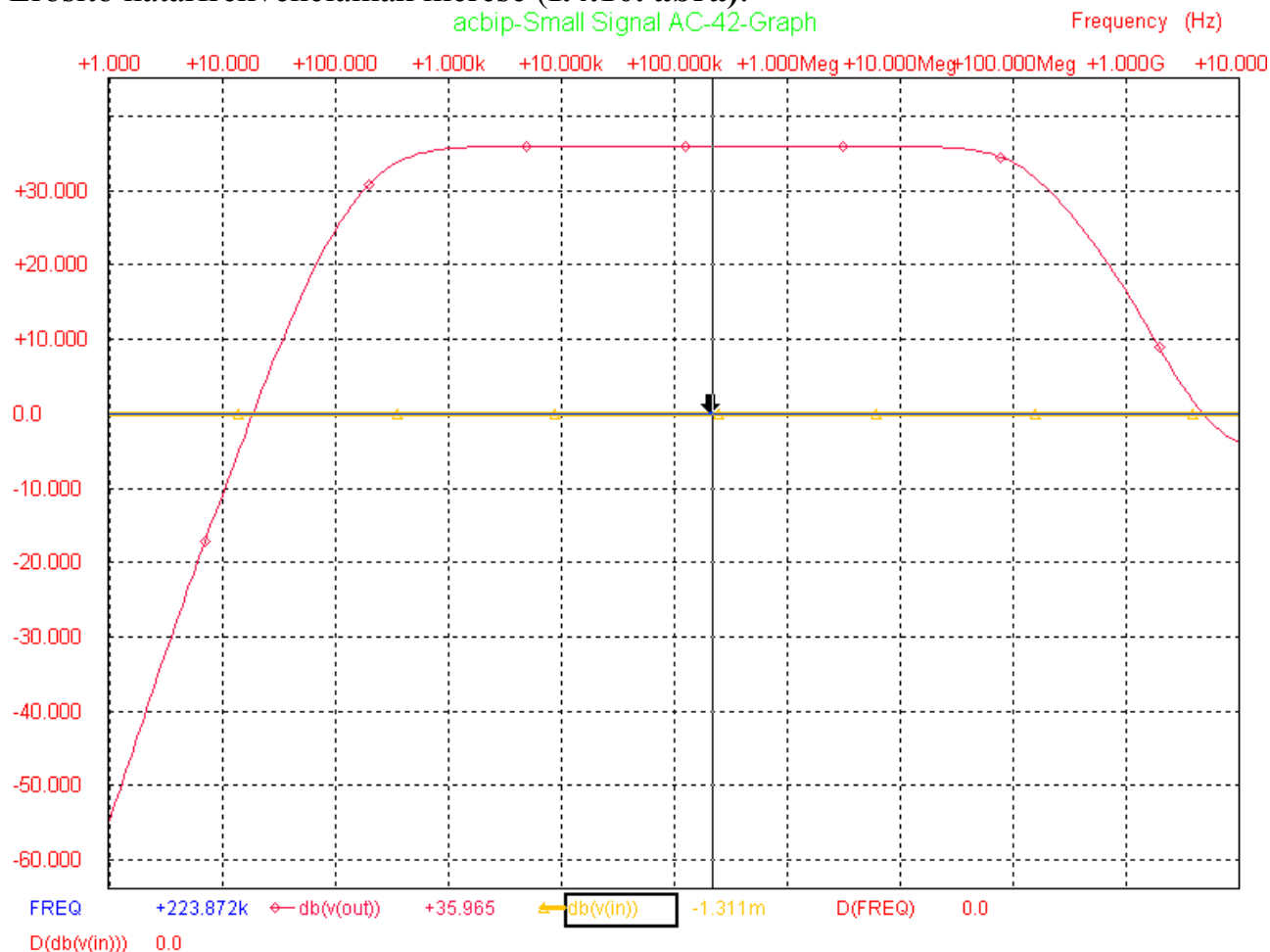
I.4.9. ábra

Kimeneti áram mérése terhelt állapotban

$$I_{ki_t} = 170 \mu A$$

$$R_{ki} = (U_{ki_{ij}} - U_{ki_t}) / I_{ki_t} = \underline{488,235 \Omega}$$

Erősítő határfrekvenciáinak mérése (I.4.10. ábra):



I.4.10. ábra

Határfrekvenciák meghatározása

Ne felejtsük el átállítani a generátor feszültségét 707 mV-ra!

$$f_a = 290 \text{ Hz}$$

$$f_f = 120 \text{ MHz}$$

$$f_{sk} = (f_f + f_a) / 2 = 60 \text{ MHz}$$

$$B = 120 \text{ MHz}$$

Megjegyzés: Az általunk mért felső határfrekvencia túl magas, ilyen extrém frekvenciákon már a vezetékvezetés kapacitása is sokat számítana, az ellenállásokról nem is beszélve!

Erősítő maximális kivezérelhetőségének mérése: megadja azt a maximális vezérlőfeszültséget, ahol az erősítés még alakhűen történik!

A parameter sweep of transient szimuláció segítségével tudjuk meghatározni!

Amennyiben ezt a szimulációs lehetőséget kívánjuk használni cseréljük le a vezérlőgenerátorunkat a Devices -> Voltage Source-ra!

Az alkatrészórás okozta hatások vizsgálatához használhatjuk a monte carlo analíziseket!

TÁRGYMUTATÓ

AC	39
Analízisek	31; 32
Átviteli függvény	41
Bode-diagram	39
DC	
DIN szabvány	23
Erősítés	
Feszültségtérkép	26
Fourier-analízis	37
Határfrekvenciák	
Hálózatanalízis	51
Jelalakvizsgálat	36; 37
Meta-analízis	47-48
Monte Carlo	45-50
Transiens	36-38
Vezeték átnevezése	29
Vezetékezés	24