



Az ideális feszültségerősítő

ELEKTRONIKA_2

Elektronika 2 (Kód:INBK812)

- Kredit: 2
- Óraszám: 2/hét
- Vizsgáztatás: ZH_1(a hetedik előadás helyet)
ZH_2(a 14-edik előadás helyet)
szóbeli a vizsgaidőszakban

- Értékelés:

$$0,4 \cdot \{ZH_1\} + 0,4 \cdot \{ZH_2\} + 0,2 \cdot \{\text{bónusz}\}$$

$$0,8 \cdot \{\text{szóbeli}\} + 0,2 \cdot \{\text{bónusz}\}$$

Elektronika 2 (Kód:INBK812)

- Bónuszpontok:
 - Jelenlét
 - Szakmai napok
 - Olyan tevékenységek amelyek a tárgyiránti érdeklődést bizonyítja

Elektronika 2 (Kód:INBK812)

Ajánlott irodalom:

- U. Tietze – C. Schenk : Analóg és digitális áramkörök, Műszaki könyvkiadó, Budapest 2001
- Borbély Gábor - ELEKTRONIKA II: A műveleti erősítő és kapcsolástechnikája,
<http://www.doksi.hu>

Elektronika 2 (Kód:INBK812)

Oktató:

- Dr. Buchman Attila,
 - okleveles villamos mérnök,
 - egyetemi adjunktus, Informatikai Rendszerek és Hálózatok Tszk.
- Fogadóórák a szorgalmi időszakban
F15 szoba:
 - Csütörtökön 18 órától – 19 óráig
 - Pénteken 8 órától – 9 óráig

Elektronika 2 (Kód:INBK812)

Elérhetőségek:

- Mail: attila.buchman@inf.unideb.hu
- Web: <http://irh.inf.unideb.hu/user/buchman/>
- Telefon: +36 52 512-900 / 75015

A kurzus tematikája

- Az ideális feszültség erősítő. Műveleti erősítő.
- Alapkapcsolások műveleti erősítőkel.
- Teljesítmény erősítők
- Aktív szűrők
- Jelgenerátorok
- Analóg-digitális és digitális-analóg átalakítók

Az előadás tematikája

- Erősítők osztályozása.
- Feszültségerősítők jellemzői.
- Ideális feszültségerősítő modell.
- A műveleti erősítő.
- Példa: LM324 .

Erősítők:

- Erősítőknek nevezzük azokat az áramköröket amelyek:
 - Nagyobb teljesítményt képesek a kimeneti áramkörben szolgáltatni mind amennyit a bemeneti jelforrástól fogyasztanak.
 - A kimeneti feszültség illetve áram értéke arányos a bemeneti feszültség illetve áram értékével.

Teljesítményerősítés:



- $p = u \cdot i \rightarrow$ teljesítményerősítést feszültség és/vagy áramerősítés által lehet elérni.

$$a_P = \frac{p_2}{p_1} = \frac{u_2 \cdot i_2}{u_1 \cdot i_1} = \frac{u_2}{u_1} \cdot \frac{i_2}{i_1} = \frac{i_2}{u_1} \cdot \frac{u_2}{i_1}$$

(1) (2) (3) (4)

Erősítők osztályozása:

(1) Feszültség erősítők

$A_u = U_{ki} / U_{be} \rightarrow$ feszültségerősítési tényező

(2) Áramerősítők

$A_i = I_{ki} / I_{be} \rightarrow$ áramerősítési tényező

(3) Transzkonduktancia erősítők

$G_T = I_{ki} / U_{be} \rightarrow$ transzkonduktancia

(4) Transzimpedancia erősítők

$Z_T = U_{ki} / I_{be} \rightarrow$ transzimpedancia

Példa (1.1)



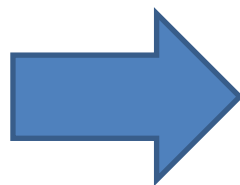
$$U_1 = 1\text{V}@1\text{kHz}$$

$$I_1 = 1\text{mA}$$

$$I_2 = 2\text{mA}$$

$$U_2 = 10\text{V}$$

$$A_u = ? \quad A_i = ? \quad G_T = ? \quad Z_T = ?$$



$$A_u = 10 \rightarrow A_u[\text{dB}] = 20\text{dB}$$

$$A_i = 2 \rightarrow A_i[\text{dB}] = 6\text{dB}$$

$$G_T = 2\text{mA/V} = 2\text{mS}$$

$$Z_T = 10\text{V/mA} = 10\text{k}\Omega$$

Megjegyzés

- Honnan tudhatjuk hogy egy erősítő milyen típusú?
- A bemeneti és kimeneti ellenállások értékéből!

Erősítő típus	R _{be}	R _{ki}
Feszültség erősítő	nagy	kicsi
Áram erősítő	kicsi	nagy
Transz konduktancia	nagy	nagy
Transz impedancia	kicsi	kicsi

Megjegyzés

- Kérdés:
 - Mikor nagy egy ellenállás?
 - Mikor kicsi?
- Válasz:
 - **A bemeneti ellenállást** a jelgenerátor belsőellenállásához viszonyítjuk.
 - **A kimeneti ellenállást** a terhelő ellenálláshoz viszonyítjuk.

Feszültségerősítők legfőbb jellemzői

- A jelforrást nem terhelik $\leftrightarrow$ a bemeneti ellenállásuk nagy.
- A kimeneti feszültség a terheléstől nagymértékben független $\leftrightarrow$ a kimeneti ellenállásuk kicsi.
- A feszültségerősítési tényezőjük állandó egy adott frekvencia sávban.

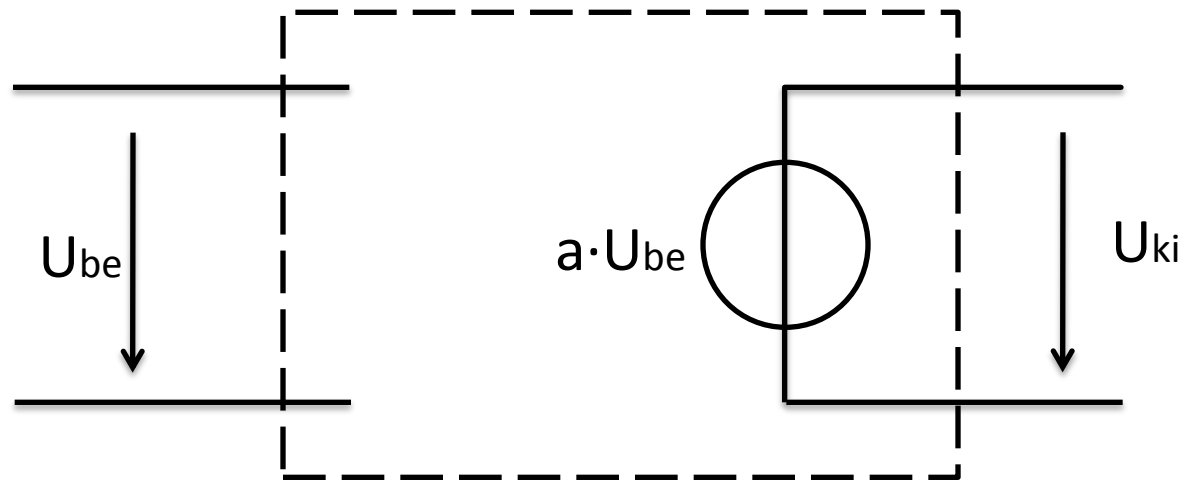
Erősítők osztályozása az erősített sáv függvényében

- Egyenáramú erősítők (0 – 1 kHz)
 - Hangfrekvenciás erősítők (20 Hz – 20 kHz)
 - Videó frekvenciás erősítők (0 – 10 MHz)
 - Rádiófrekvenciás erősítők (10 MHz – 10 GHz)
- más szempontból -*
- Szélessávú erősítők
 - Keskenysávú (hangolt) erősítők

Ideális feszültséggerősítő modell

- A jelforrást egyáltalán nem terhelik $\leftrightarrow$ a bemeneti ellenállás végtelen.
- A kimeneti feszültség a terheléstől teljesen független $\leftrightarrow$ a kimeneti ellenállás nulla.
- A feszültséggerősítési tényező a frekvenciától független.

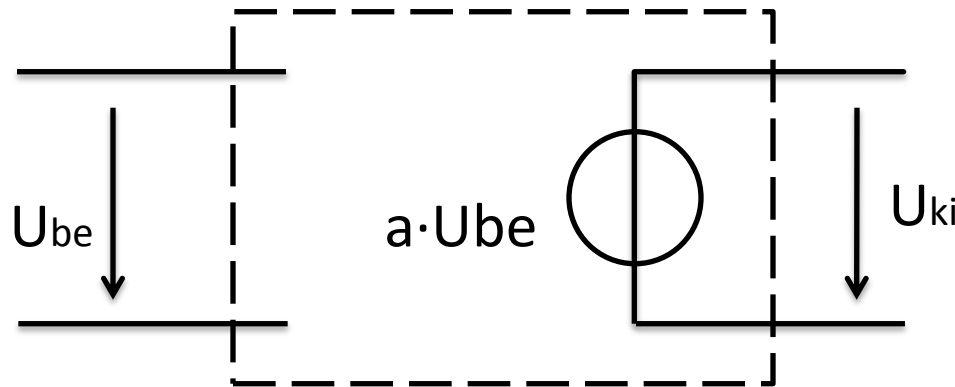
Ideális feszültségerősítő modell



$$U_{ki} = a \cdot U_{be}$$

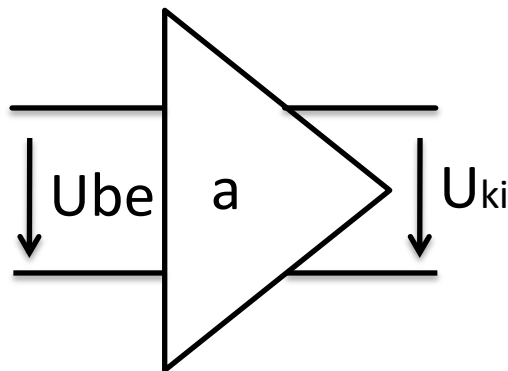
A modell = feszültségvezérelt feszültségforrás.

Ideális feszültségerősítő rajzjel



← modell

$$U_{ki} = a \cdot U_{be}$$

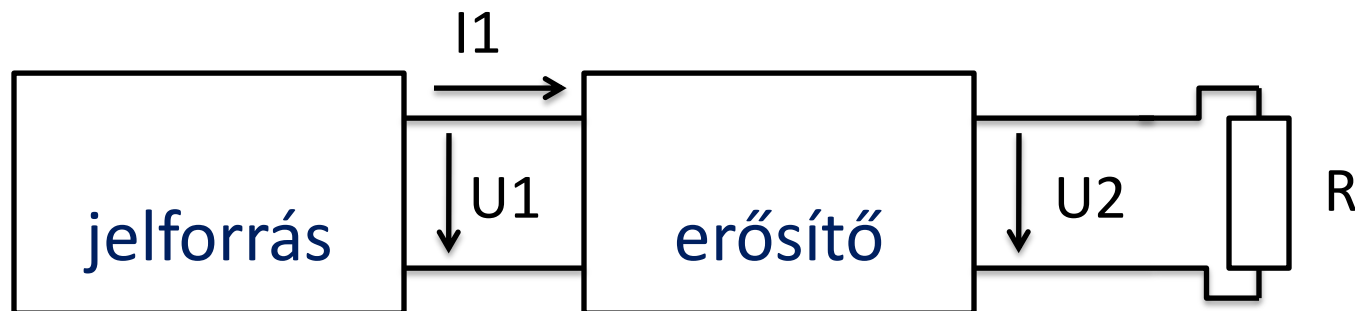


← rajzjel

Megjegyzések

- **Ideális feszültségerősítő nem létezik.**
- Ettől eltekintve az ideális erősítő modell egy nagyon gyakran alkalmazott eszköz az elektronikus áramkörök elemzésében .
- **A be és kimeneti ellenállásokkal kiegészítve bármilyen típusú erősítő modellezésére alkalmas.**

Példa (1.2.)



$$U_1 = 1V @ 1kHz$$

$$I_1 = 1mA$$

$$U_2 = 12V @ R = \infty$$

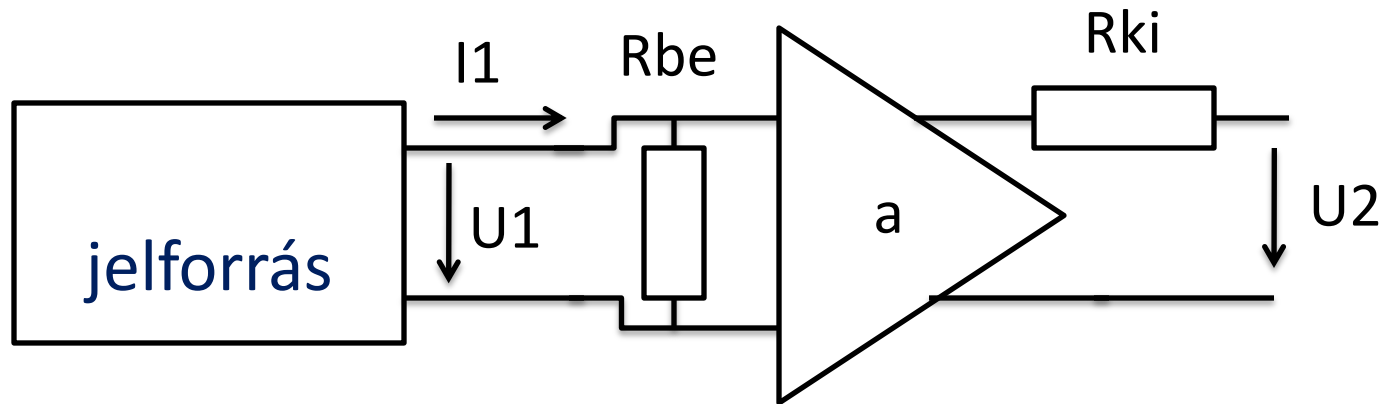
$$U_2 = 10V @ R = 1k\Omega$$

$$A_u = ?$$

$$R_{be} = ?$$

$$R_{ki} = ?$$

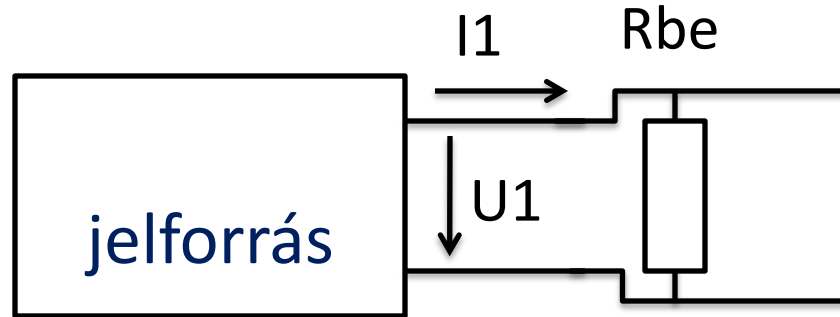
Az üresjárási erősítési tényező meghatározása



$$U_1 = 1V @ 1kHz$$
$$U_2 = 12V @ R = \infty$$

$$U_2 = a \cdot U_1$$
$$12V = a \cdot 1V$$
$$a = 12$$

A bemenő ellenállás meghatározása



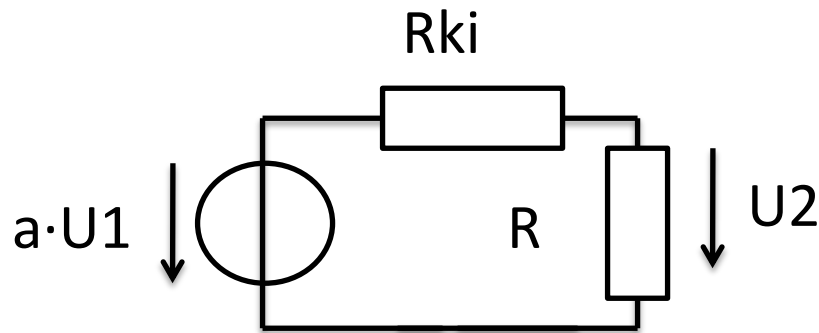
$$U1 = 1V @ 1kHz$$

$$I1 = 1mA$$

$$R_{be} = U1 / I1$$

$$R_{be} = 1V / 1mA = 1k\Omega$$

A kimenő ellenállás meghatározása



$$U_1 = 1V$$

$$U_2 = 10V @ R = 1k\Omega$$

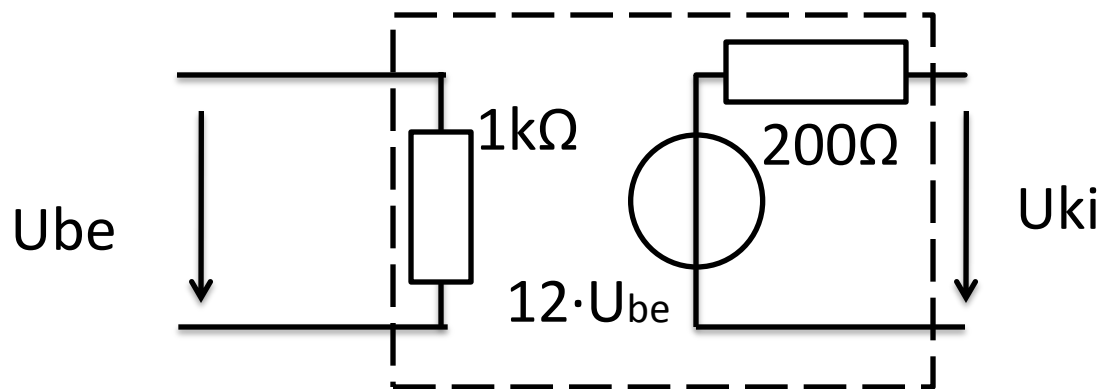
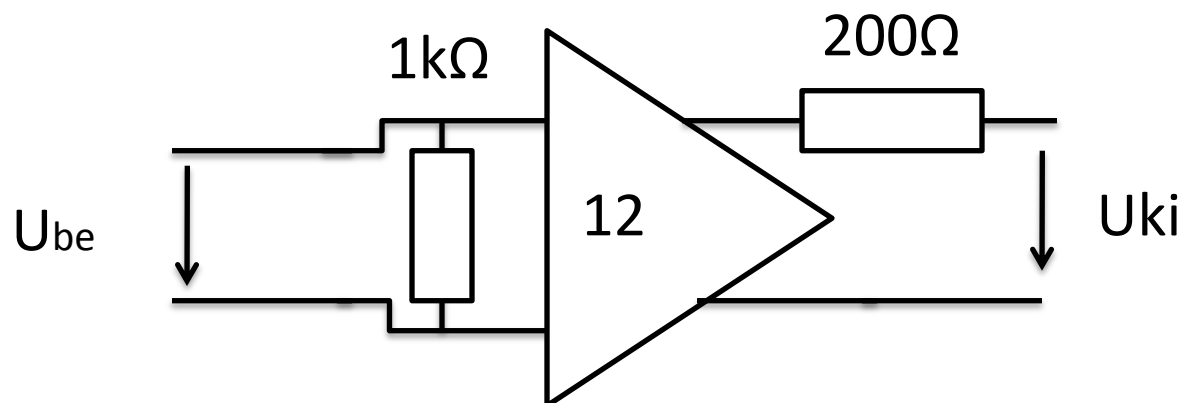
$$a = 12$$

$$U_2 = \frac{R}{R + R_{ki}} \cdot a \cdot U_1$$

$$\frac{a \cdot U_1}{U_2} = \frac{R + R_{ki}}{R} \Rightarrow \frac{12}{10} = 1 + \frac{R_{ki}}{R}$$

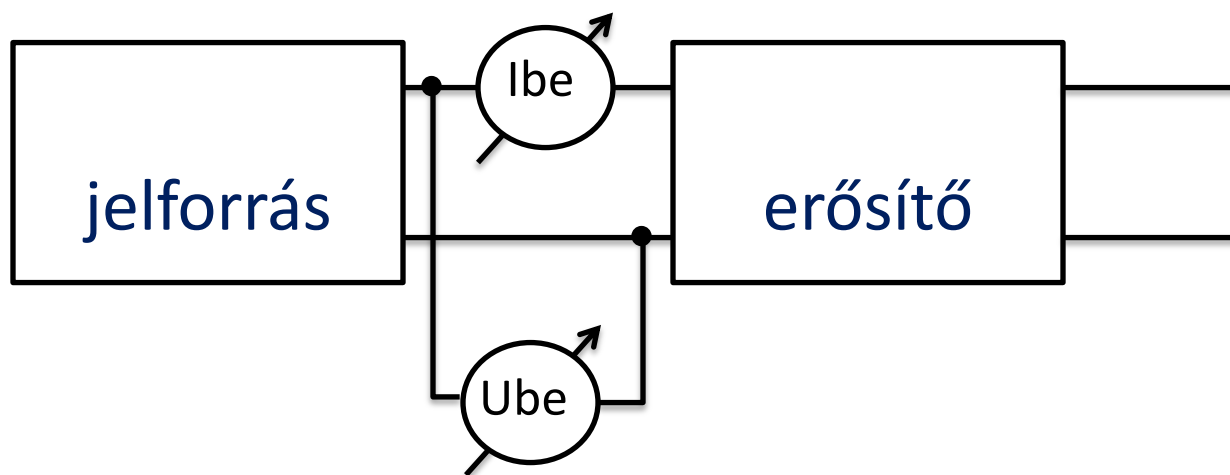
$$R_{ki} = (1,2 - 1) \cdot R = 0,2k\Omega = 200\Omega$$

Helyettesítőképek



Bemenő ellenállás mérése

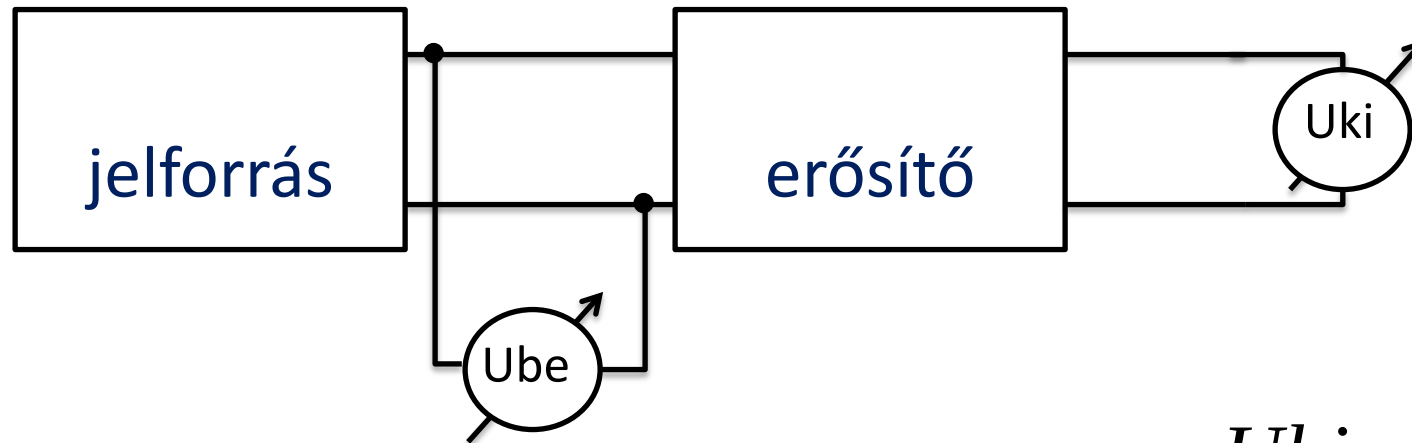
A mérést az adott erősítőre jellemző frekvencián végezzük!



$$R_{be} = \frac{U_{be}}{I_{be}}$$

Az erősítési tényező mérése

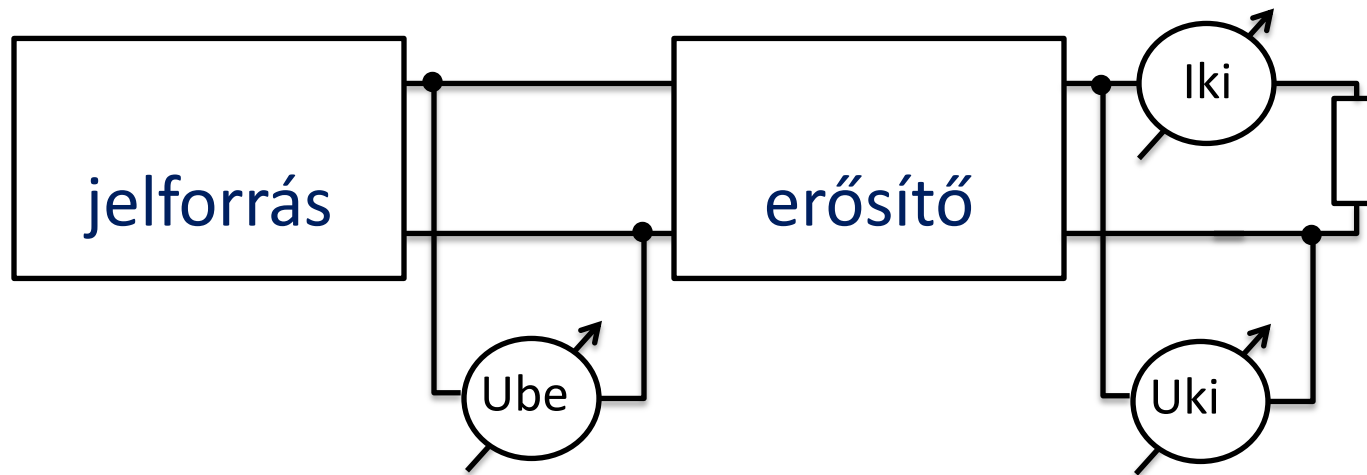
A mérést az adott erősítőre jellemző frekvencián végezzük!



$$a = \frac{U_{ki}}{U_{be}}$$

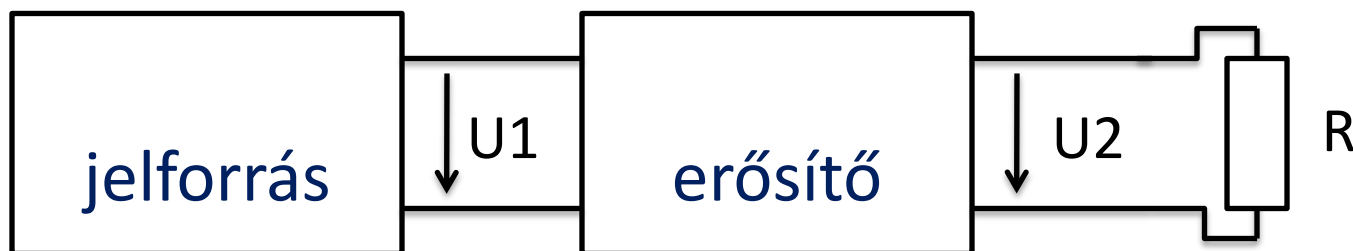
A kimenő ellenállás mérése

A mérést az adott erősítőre jellemző frekvencián végezzük!



$$R_{ki} = \frac{a \cdot U_{be} - U_{ki}}{I_{ki}}$$

Példa (1.3)



$a=40\text{dB}$

$R_{be} = 10\text{k}\Omega$

$R_{ki} = 100\Omega$

$R=1\text{k}\Omega$

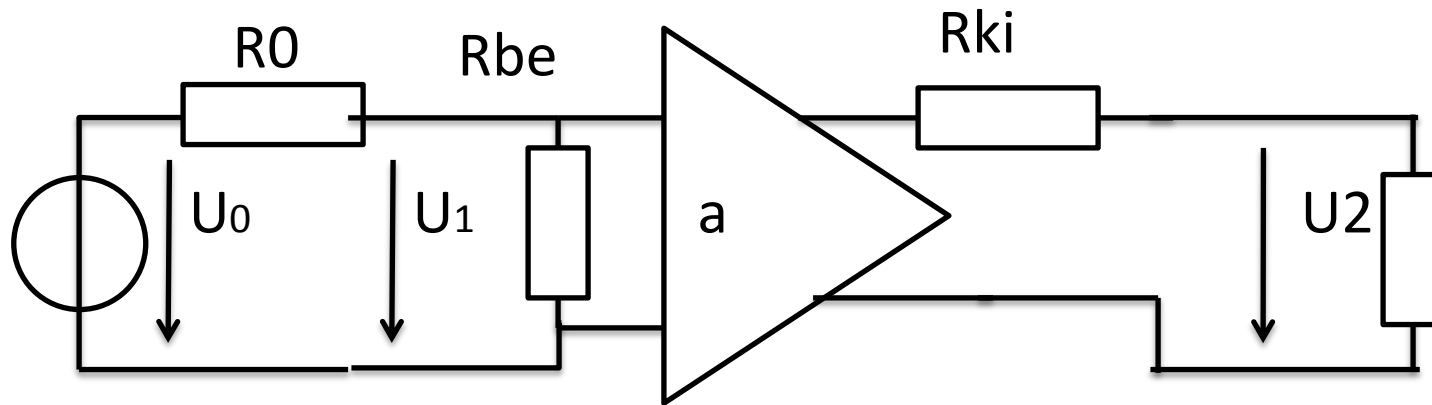
A jelforrás üres járási feszültsége: $U_0=500\text{mV}$

A jelforrás belső ellenállása:

a). $R_0=1\text{k}\Omega$; b). $R_0=10\text{k}\Omega$; c). $R_0=100\text{k}\Omega$

$U_2=?$

Megoldás



$$20 \log(a) = 40 \Rightarrow \log(a) = 2 \Rightarrow a = 100$$

$$U_2 = \frac{R}{R_{ki} + R} \cdot a \cdot U_1 = \frac{1}{1,1} \cdot 100 \cdot U_1 \cong 100 \cdot U_1$$

$$U_1 = \frac{R_{be}}{R_0 + R_{be}} U_0 = \frac{10}{R_0 + 10} 0,5 = \frac{5}{R_0 + 10}$$

$$U_2 \cong 100 \cdot U_1 = \frac{500}{R_0 + 10}$$

a). $R_0 = 1 \Rightarrow U_2 \cong 50V$

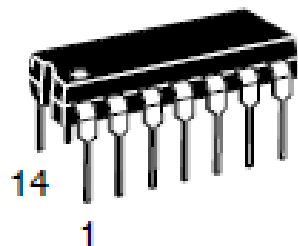
b). $R_0 = 10 \Rightarrow U_2 \cong 25V$

c). $R_0 = 100 \Rightarrow U_2 \cong 5V$

A műveleti erősítő (Op-Amp)

- A műveleti erősítő egy ideális feszültségerősítő legsikeresebb gyakorlati megközelítése.
- Kétségtelenül a legnépszerűbb analóg integrált áramkör.
- Műveleti erősítőnek eredetileg az analóg számítógépekben a számítási műveletek végzéséhez használt erősítőket nevezték.

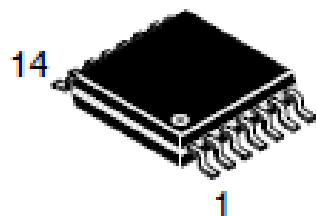
Példa - LM 324



PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646



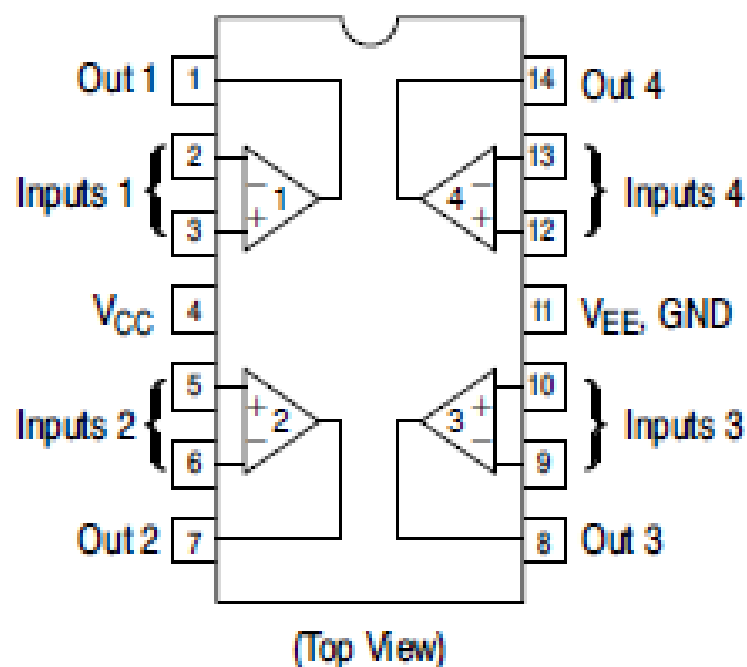
SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G

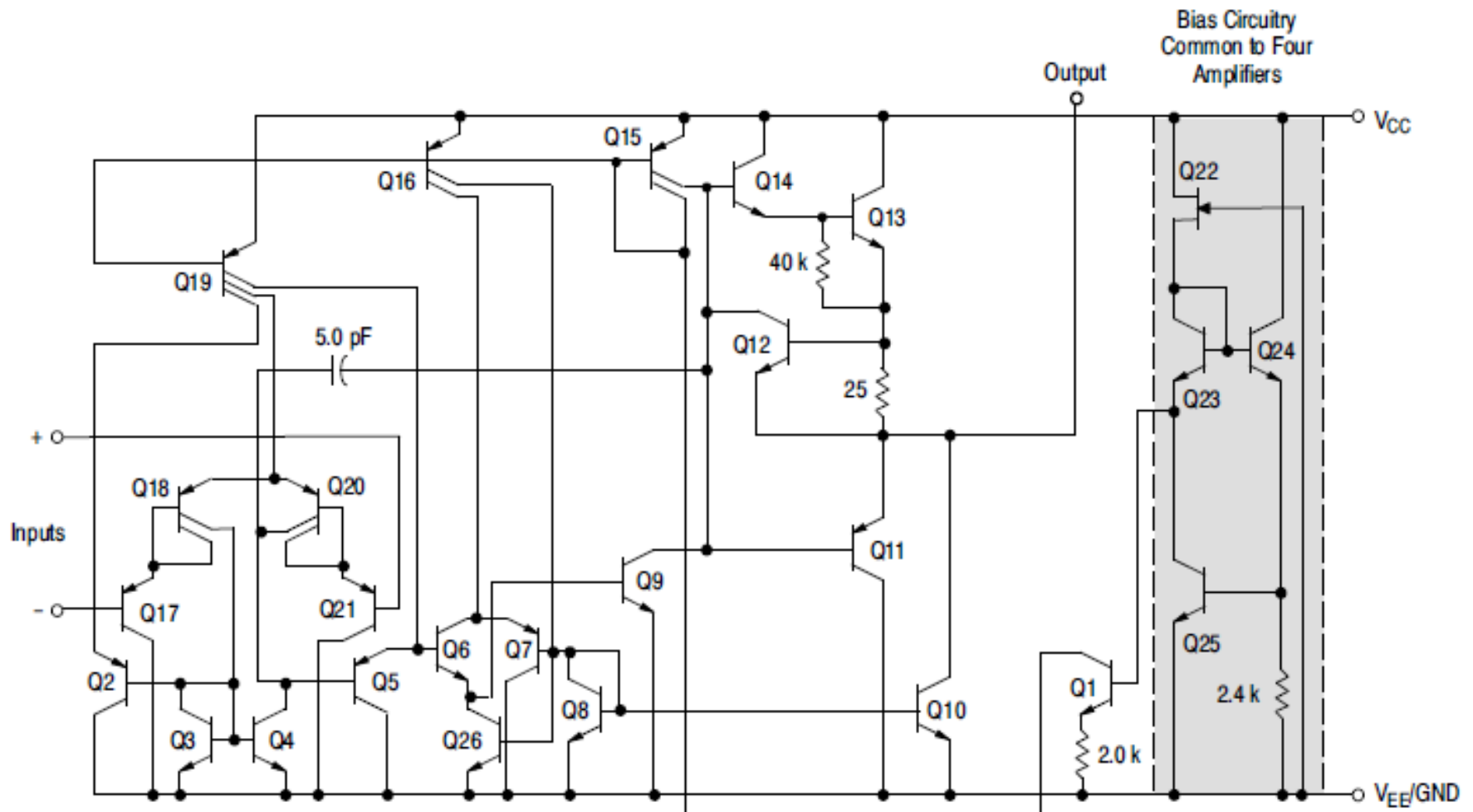
Tokozások

PIN CONNECTIONS



Kivezetések

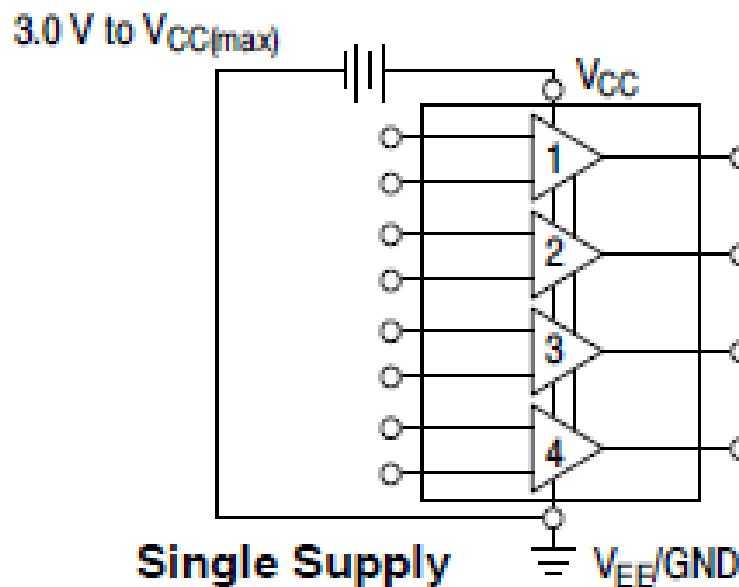
LM 324: kapcsolási rajz



LM 324: Tápfeszültség ellátás

Minden elektronikai erősítő működéséhez legalább egy tápfeszültség forrás szükséges.

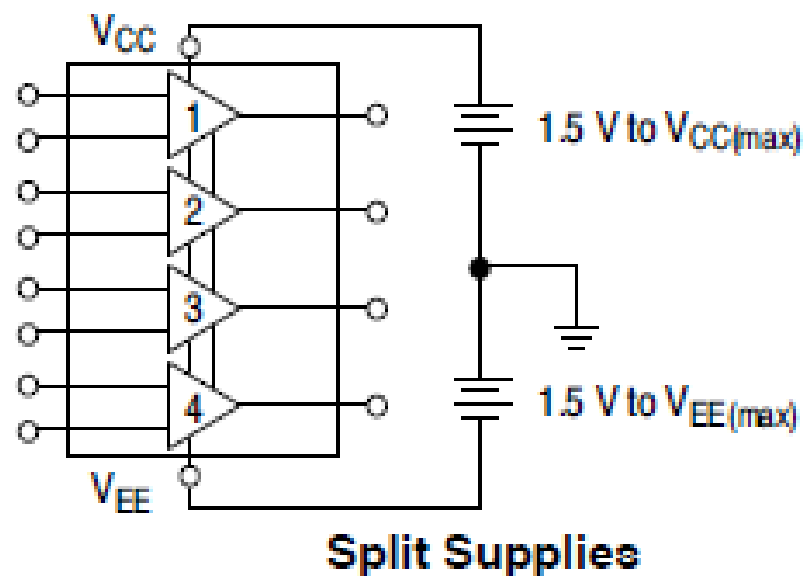
$$V_{CC(max)} = 32V$$



Ha csak egy tápforrást használunk akkor ennek a negatív pólusa lesz a nulla potenciálú referencia: $0V = GND$

LM 324: Tápfeszültség ellátás

Lehet két tápforrással is táplálni. Ha ezek egyértékűek akkor nulla bementi feszültségnek, nulla kimeneti feszültség fellel meg.



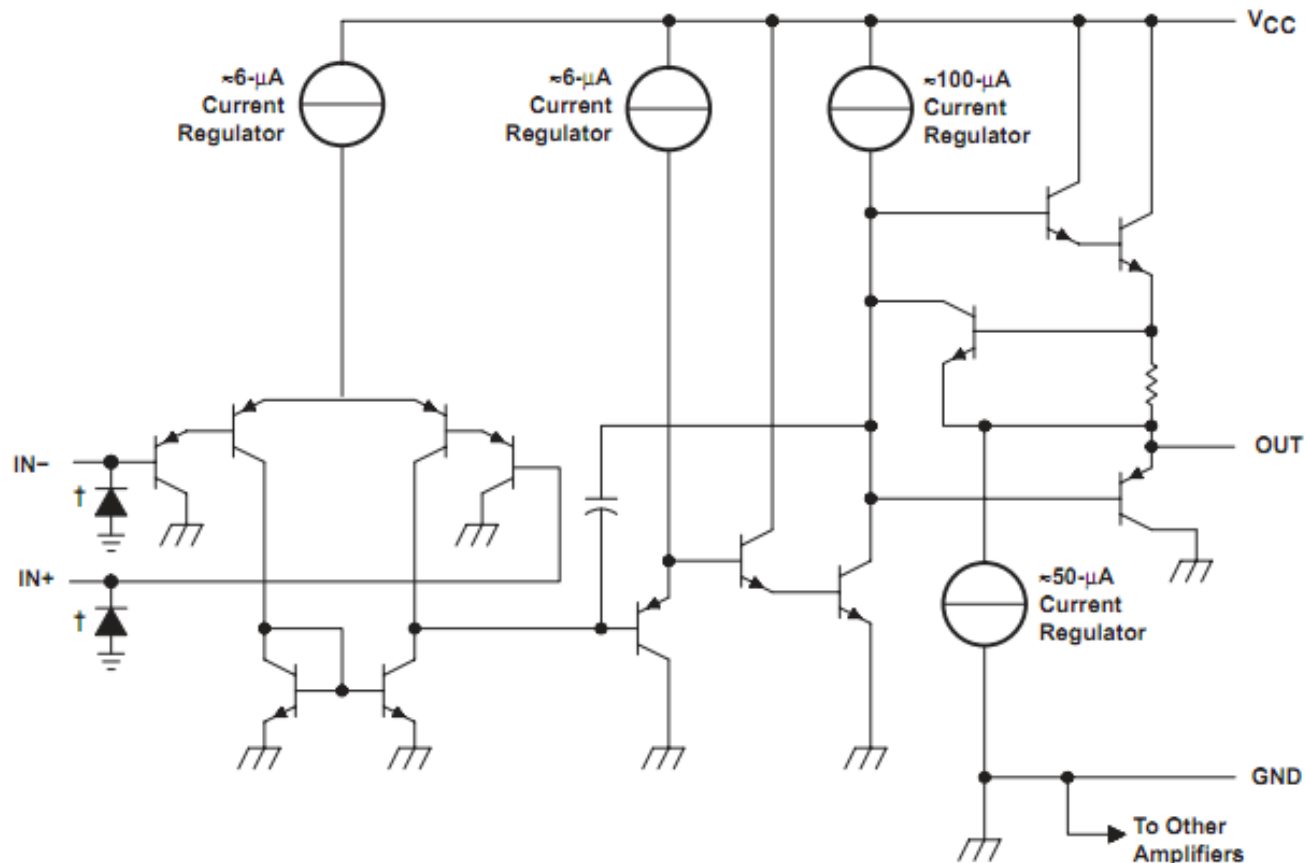
$$V_{CC(max)} = 16V$$

$$V_{EE(max)} = -16V$$

Ha két tápforrást használunk akkor ezeknek a közös pólusa = 0V = GND

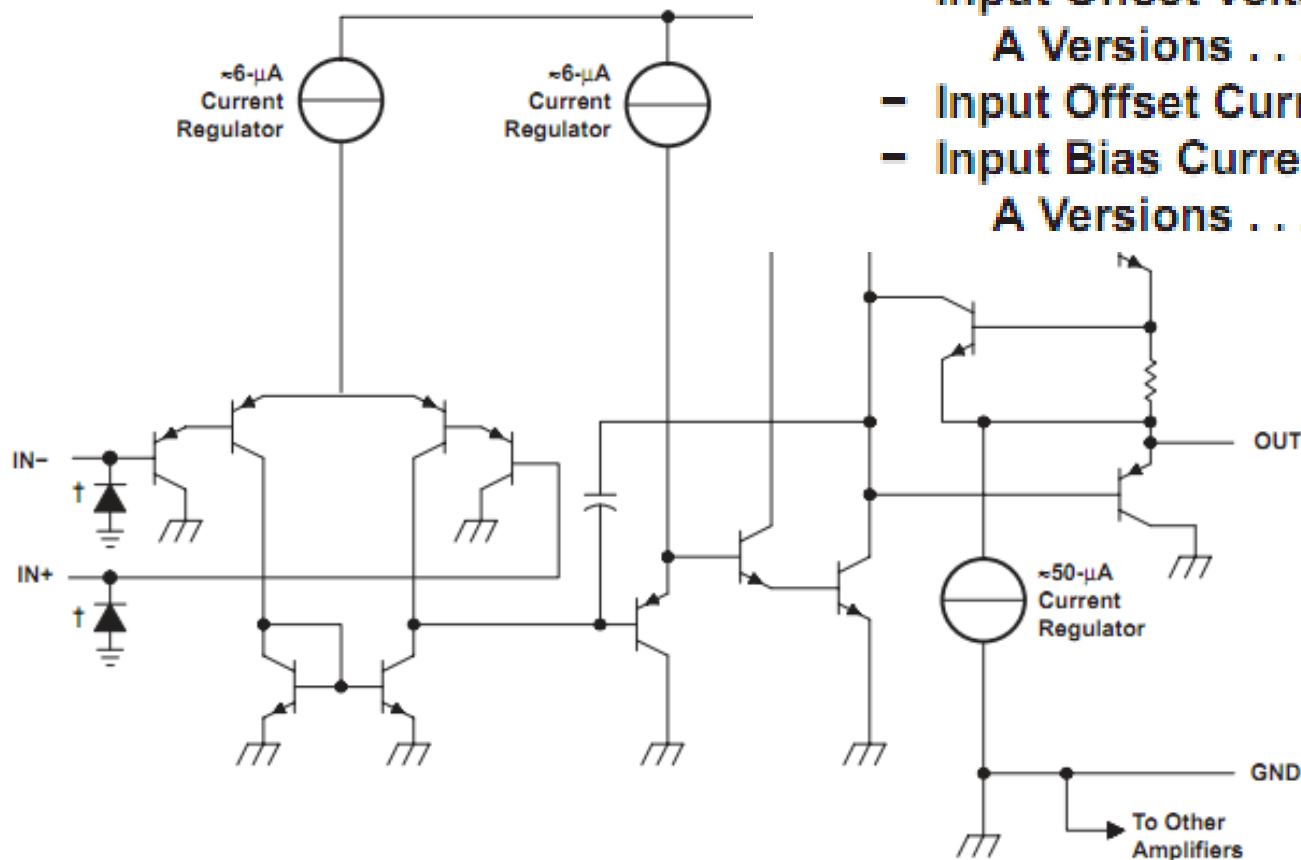
LM 324: Adatlap

- Low Supply-Current Drain Independent of Supply Voltage . . . 0.8 mA Typ



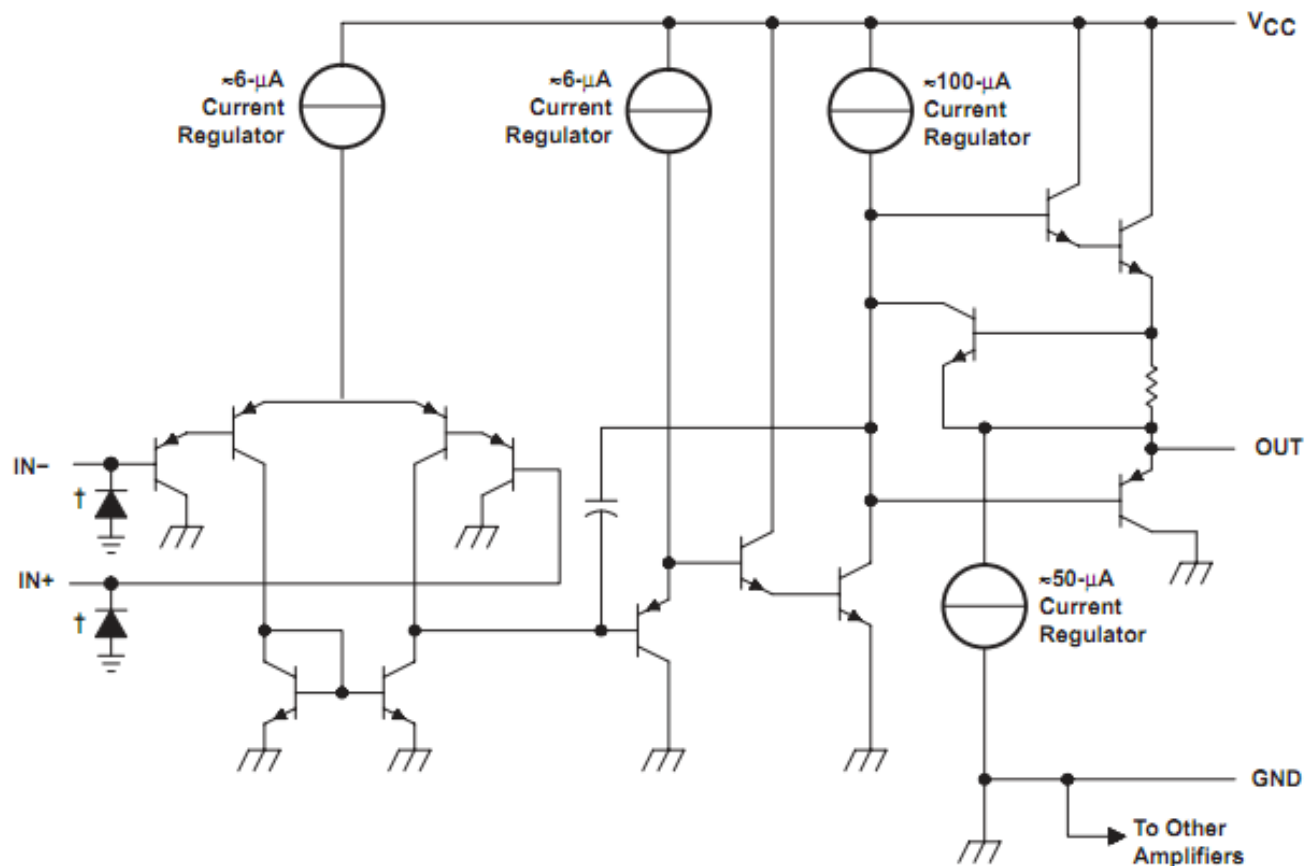
LM 324: Adatlap

- Low Input Bias and Offset Parameters
 - Input Offset Voltage . . . 3 mV Typ
A Versions . . . 2 mV Typ
 - Input Offset Current . . . 2 nA Typ
 - Input Bias Current . . . 20 nA Typ
A Versions . . . 15 nA Typ



LM 324: Adatlap

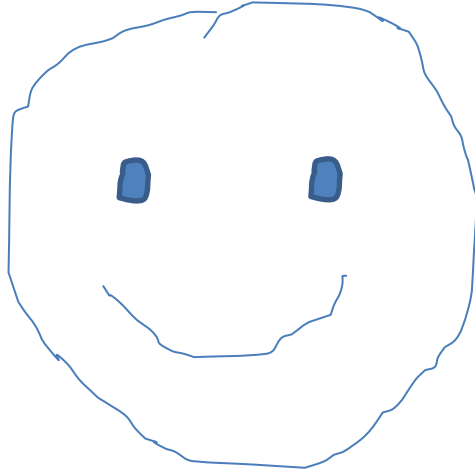
- Open-Loop Differential Voltage Amplification . . . 100 V/mV Typ



LM 324: Adatlap

electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC} = 5\text{ V}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		T_A ‡	LM124 LM224			LM324 LM324K			UNIT
				MIN	TYP§	MAX	MIN	TYP§	MAX	
I_O Output current	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $V_{ID} = 1\text{ V}$, $V_O = 0$	Source	25°C	-20	-30	-60	-20	-30	-60	mA
			Full range	-10			-10			
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $V_{ID} = -1\text{ V}$, $V_O = 15\text{ V}$	Sink	25°C	10	20		10	20		
			Full range	5			5			
	$V_{ID} = -1\text{ V}$	$V_O = 200\text{ mV}$	25°C	12	30		12	30		μA
I_{OS} Short-circuit output current	V_{CC} at 5 V, GND at -5 V	$V_O = 0$	25°C		± 40	± 60		± 40	± 60	mA



Köszönöm a figyelmet !