

# Gitárerősítő valós idejű modellezése K-módszerrel

Jedla Martin

Konzulens: dr. Bank Balázs

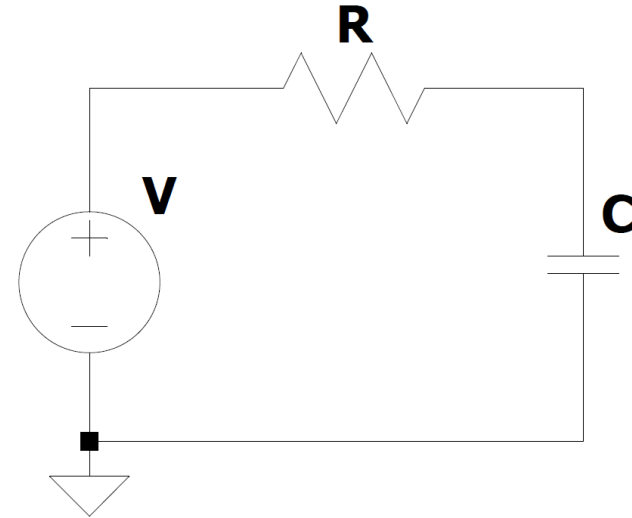


Méréstechnika és  
Információs Rendszerek  
Tanszék

# Analóg áramkörök modellezése

## ■ Rendszeregyenlet

- Transzformáció s-síkból z-síkba
- Bilineáris transzformáció
- Impulzus invariáns transzformáció
- Euler módszerek



$$H(s) = \frac{\frac{1}{sC}}{\frac{1}{sC} + R} = \frac{1}{sCR + 1}$$

Bilineáris transzformáció:

$$H(z^{-1}) = \frac{1}{\frac{2z-1}{T} \frac{1}{z+1} RC + 1} = \frac{T + z^{-1}}{T + 2RC + (T - 2RC)z^{-1}}$$

Rendszeregyenlet:

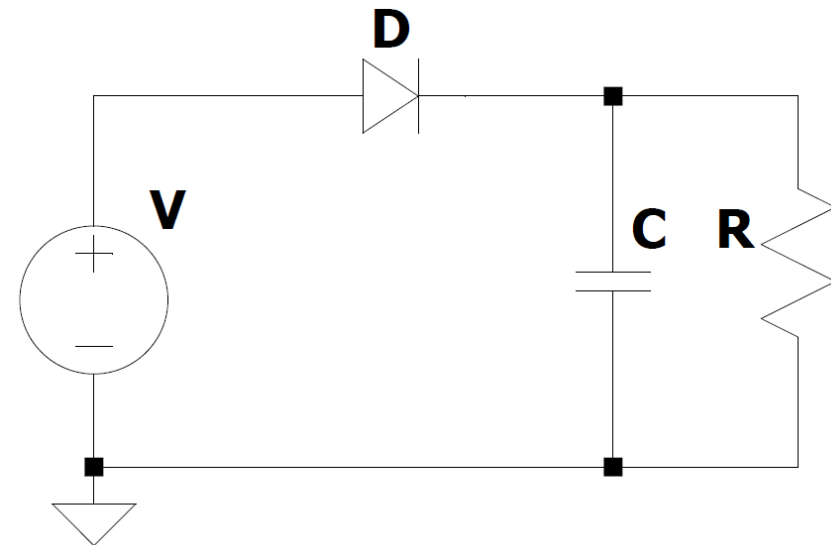
$$y[k] = \frac{1}{T + 2RC} ((2RC - T)y[k-1] + Tu[k] + u[k-1])$$

## ■ Állapotváltozós leírás

$$U_c' = -\frac{1}{RC}U_c + \frac{1}{C}i$$

$$i = f(U_{be} - U_c)$$

$$\Rightarrow U_c' = -\frac{1}{RC}U_c + \frac{1}{C}I_{s0}(1 - e^{-\frac{U_{be}-U_c}{U_T}})$$

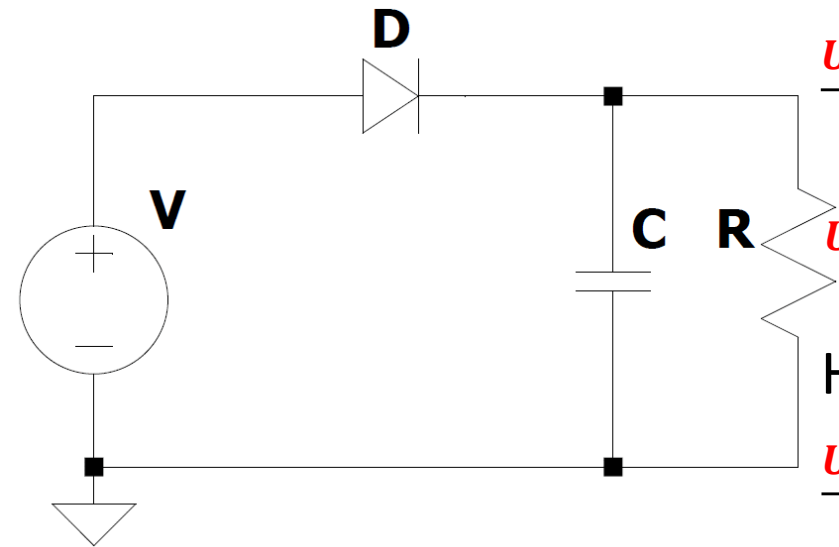


Gyakori megoldások:

- Euler módszerek
- Runge-Kutta módszerek (RK2, RK4)

# Gyakori megoldások

- Előrelépő Euler módszer
- Hátralépő Euler módszer
- Runge-Kutta módszerek



Előrelépő Euler:

$$\frac{U_c[k+1] - U_c[k]}{\Delta t} = -\frac{1}{RC}U_c[k] + \frac{1}{C}i(U_{be}[k] - U_c[k])$$

$$U_c[k] = \left(1 - \frac{\Delta t}{RC}\right)U_c[k-1] + \frac{\Delta t}{C}i(U_{be}[k-1] - U_c[k-1])$$

Hátralépő Euler:

$$\frac{U_c[k] - U_c[k-1]}{\Delta t} = -\frac{1}{RC}U_c[k] + \frac{1}{C}i(U_{be}[k] - U_c[k])$$

$$U_c[k] = \left(\frac{RC}{RC + \Delta t}\right)U_c[k-1] + \frac{\Delta t R}{RC + \Delta t}i(U_{be}[k] - U_c[k])$$

# K-módszer

- Feltevés: szétbontható egy lineáris dinamikus és egy nemlineáris memória nélküli részre

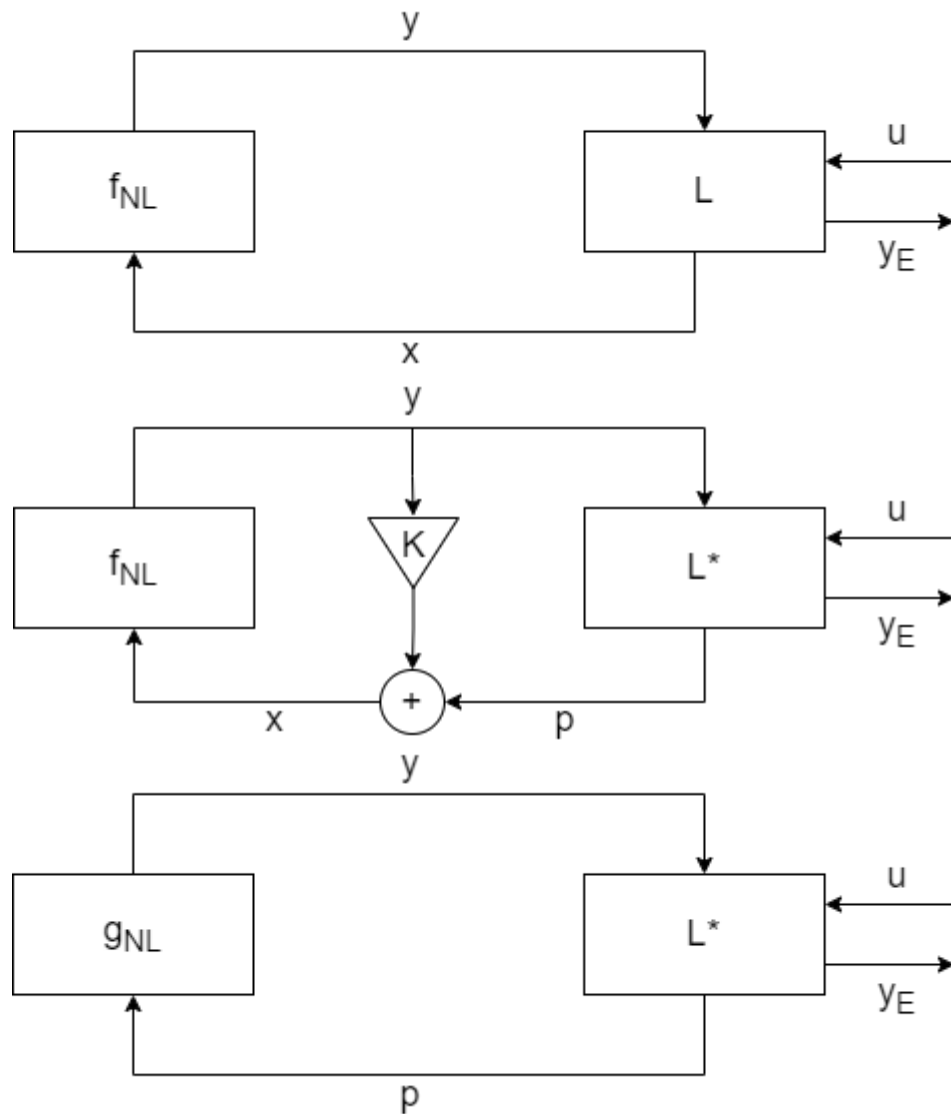
$$\begin{aligned}x(t) &= L(y(t), u(t)) \\ y(t) &= f_{NL}(x(t))\end{aligned}$$

- Bilineáris transzformáció után:

$$\begin{aligned}x[n] &= Ky[n] + p[n] \Rightarrow \\ p[n] &= L^*(y[n], u[n]), \\ y[n] &= f_{NL}(p[n] + Ky[n])\end{aligned}$$

- Így a számítási probléma  $y[n] = f_{NL}(p[n] + Ky[n])$  egyenletre korlátozódik
- Dini-tétel alkalmazása

# K-módszer

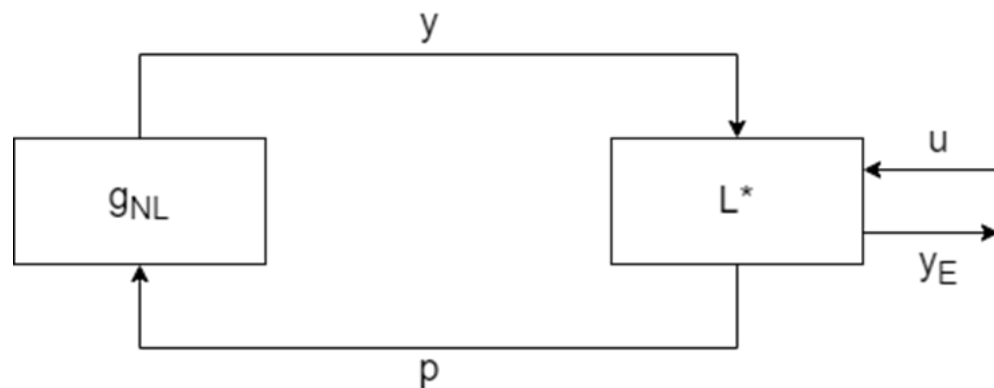


# K-módszer

$$w' = Aw + Bu + Cy$$

$$x = Dw + Eu + Fy$$

$$y = f(x)$$



- Összességében:

$$p[n] = DHw[n-1] + DJu[n-1] + DGy[n-1] + (DJ + E)u[n]$$

$$y = f(p[n] + Ky[n])$$

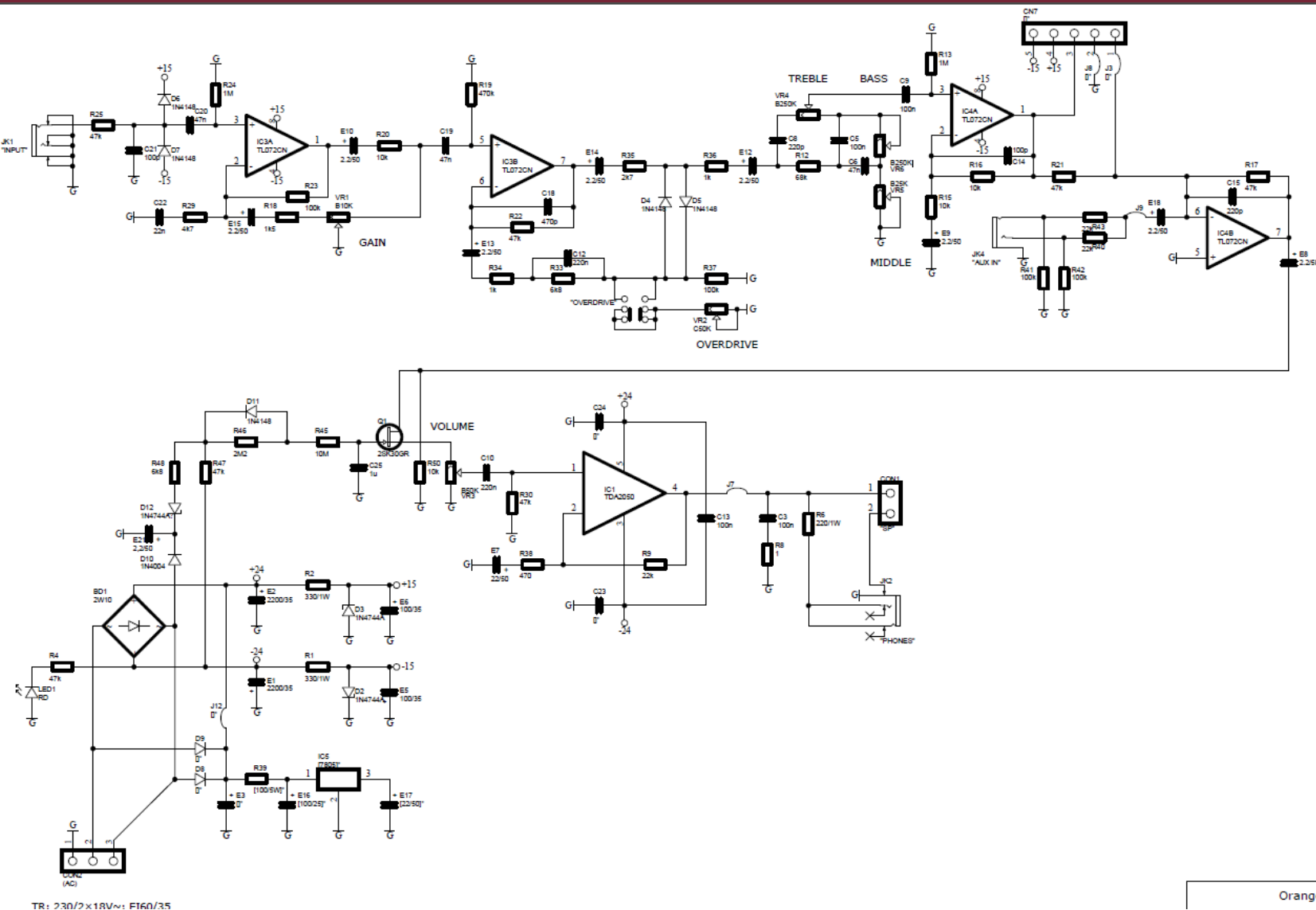
$$w[n] = Hw[n-1] + J(u[n] + u[n-1]) + G(y[n] + y[n-1])$$

# Dini-tétel

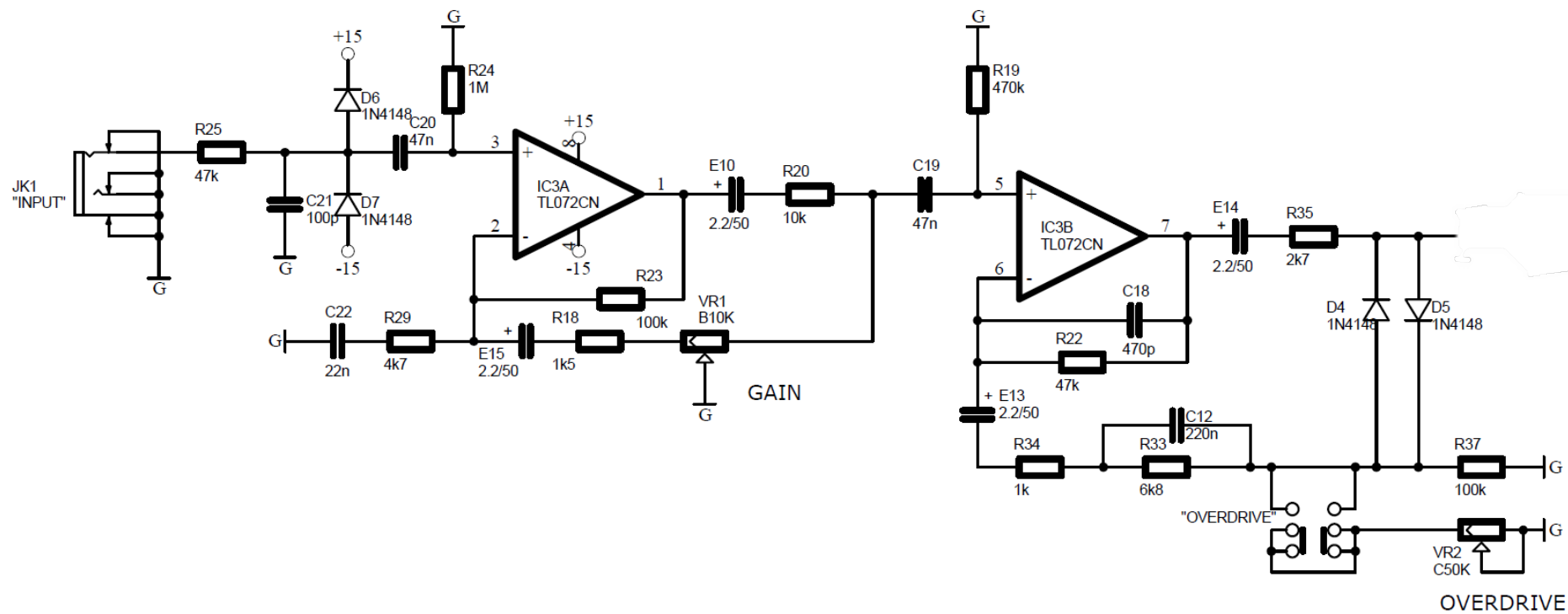
- $f(x, y) = 0, \frac{\partial f}{\partial y}_{x_0, y_0} \neq 0 \Rightarrow$  létezik  $g(x), f(x, g(x)) = 0$   
az  $(x_0, y_0)$  környékén
- A mi esetünkben:  $f_{NL}(p + ky) - y = 0$
- Ha  $\frac{\partial f}{\partial y} = f'_{NL}(p + ky)k - 1 \neq 0$ , azaz  $f'_{NL}(p + ky) \neq \frac{1}{k}$ , akkor  $g(x): y = y_s, p = x - ky$  lineáris  
transzformációt alkalmazva  $f_{NL}$ -re egy adott  $p$ -re  
megkapjuk  $y$  értékét

$$f_{NL}(x) = y, p + ky = x \Rightarrow f_{NL}(p + ky) = y$$

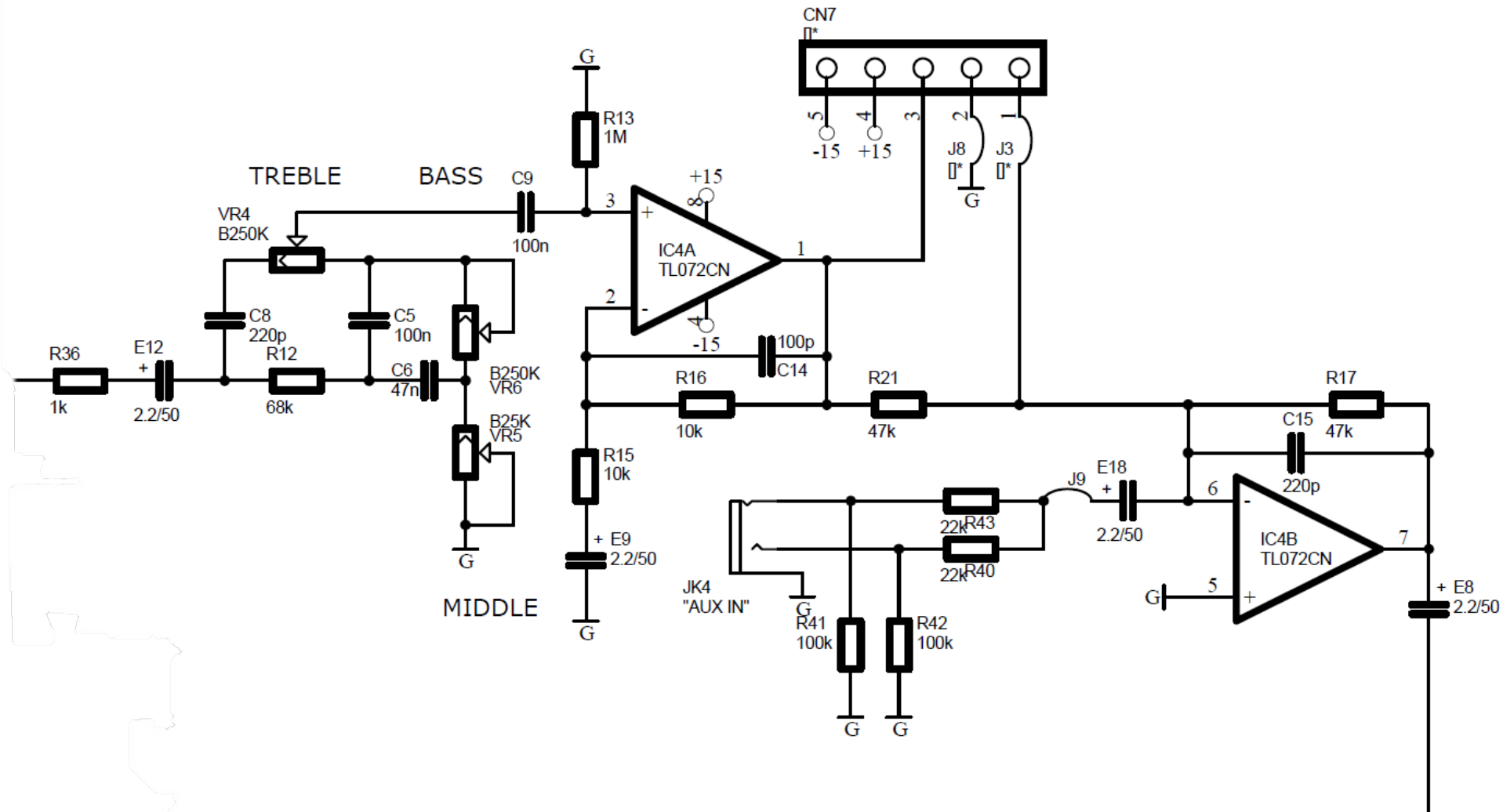
# Az erősítő áramköre



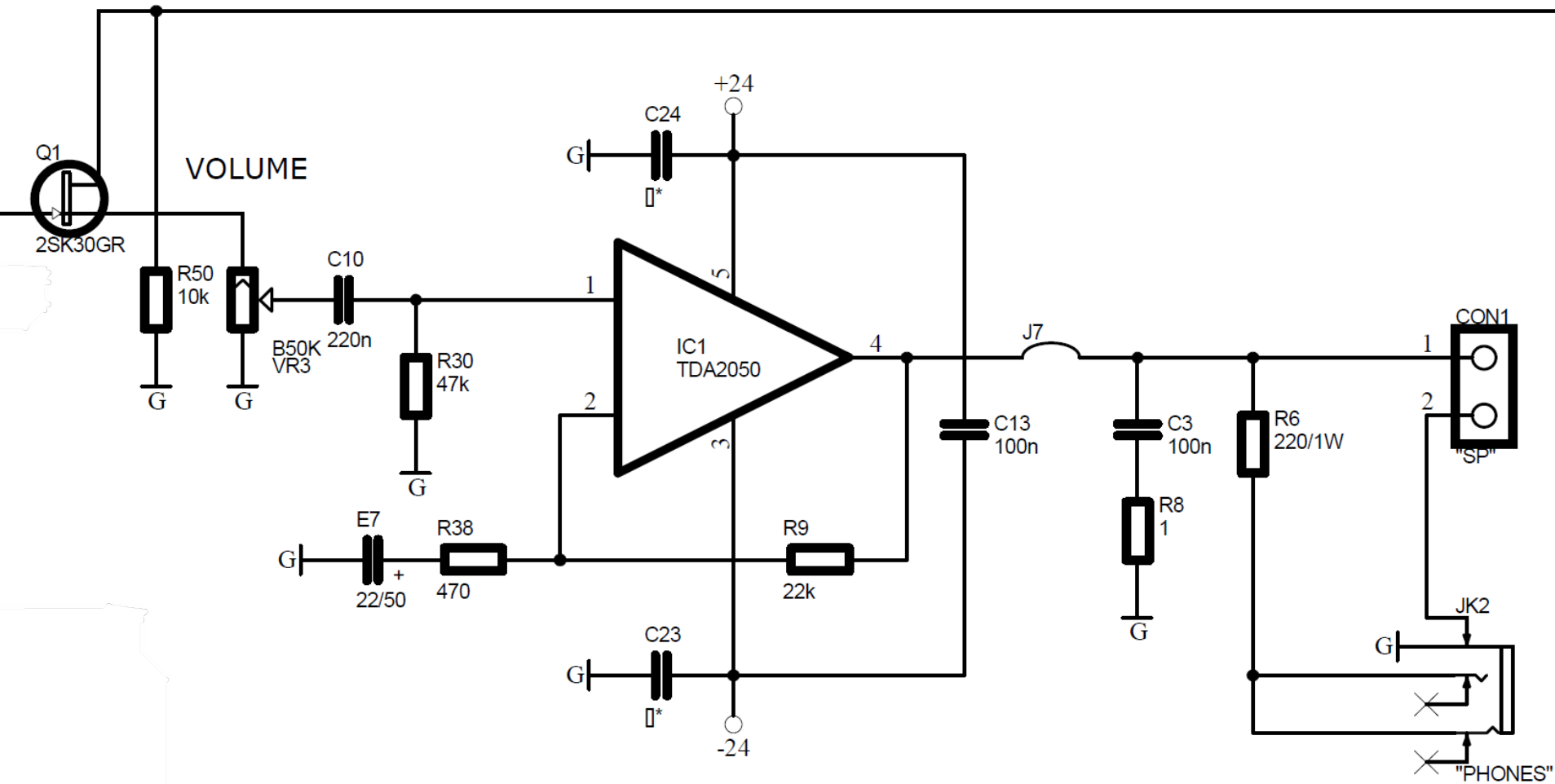
# Az erősítő áramköre



# Az erősítő áramköre

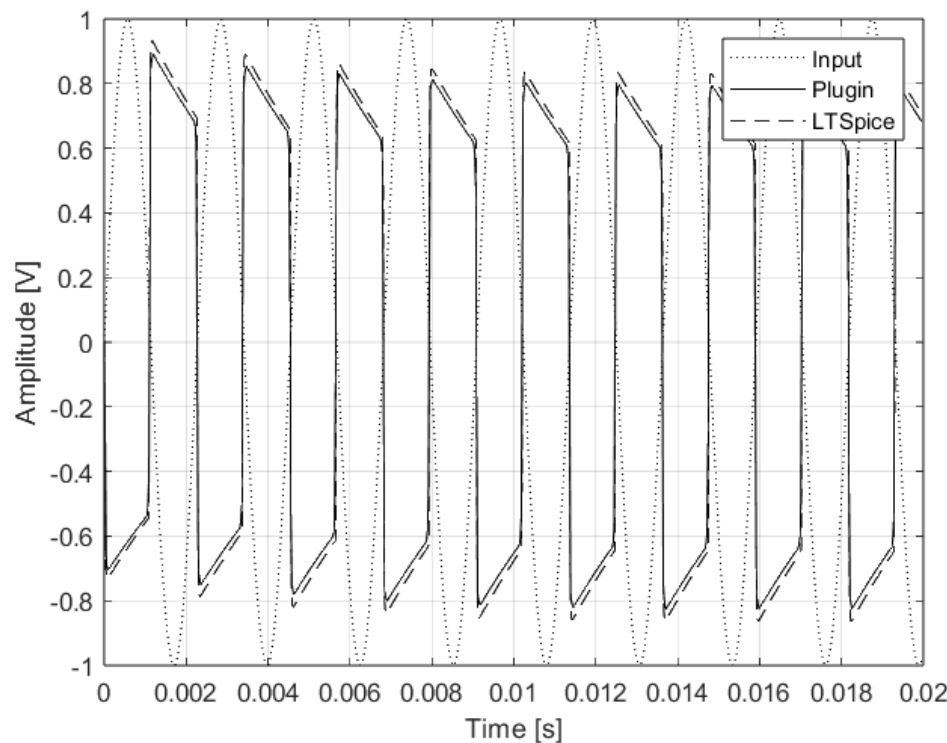


# Az erősítő áramköre



# Demo

- Tiszta gitár jel 
- A plugint alkalmazva rá 
- Egy gitárláda plugint még hozzárakva 



# Elvégzett feladatok

- Modellelés K-módszerrel
  - Egyszerűbb áramkörök megvalósítása
  - Tube Screamer Clipping Stage modellezése, és ennek megvalósítása Matlab-ban valós időben
  - Ennek megvalósítása előre- és hátralépő Euler módszerekkel
- VST3 plugin írása az erősítő áramkörje alapján
  - Külön részei Matlab-ban megvalósítva

# Továbbfejlesztési lehetőségek

- A tone stack megvalósítása
- A torzítás okozta felharmonikusok átlapolódásának megakadályozása
  - Interpoláció, majd decimálás
- A torzító részben figyelembe venni a műveleti erősítő levágását
- Igényesebb GUI