

Teljesítményelektronikai
áramkörök tervezése és
szimulációja

Type III típusú kompenzáció Buck
konverter esetén

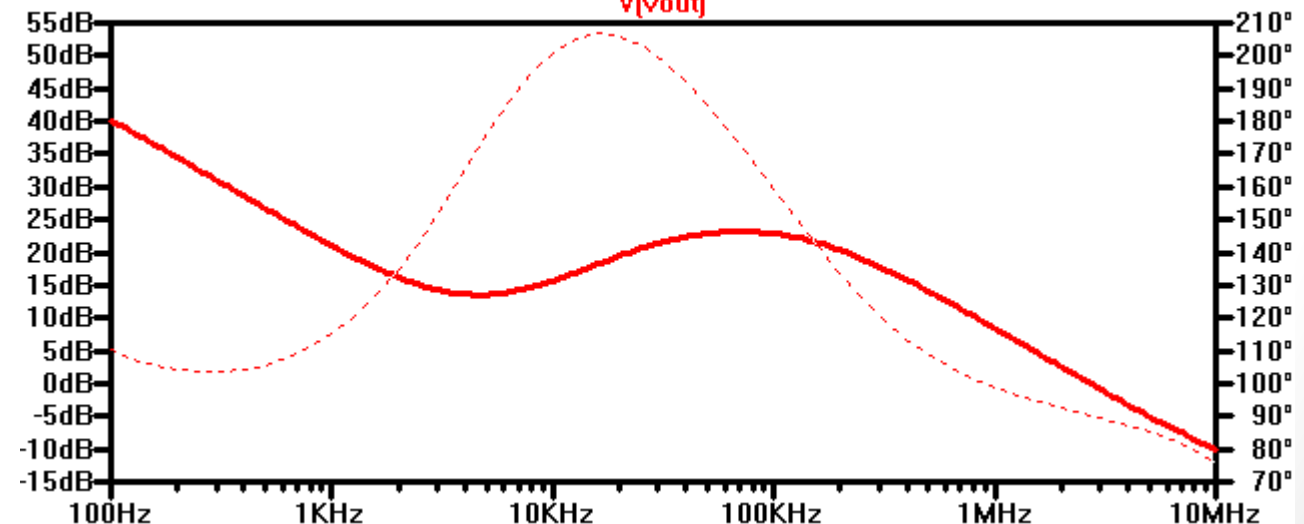
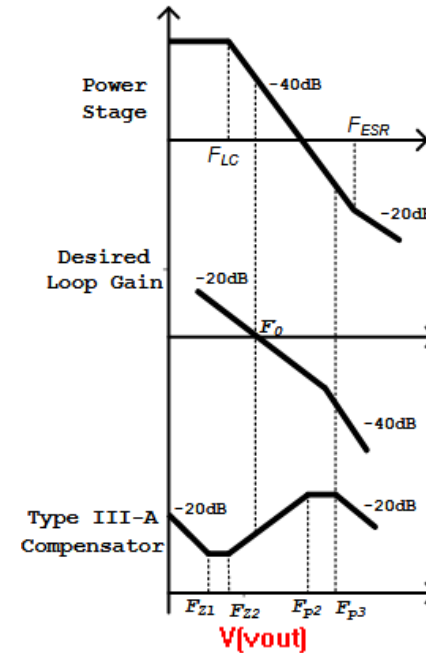
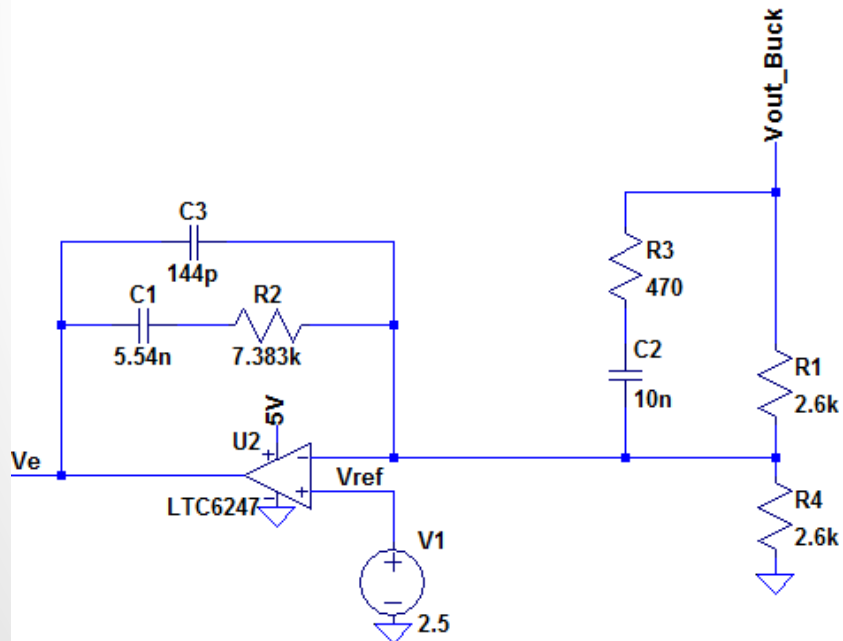
Áttekintés

Compensator Type	Relative location of the crossover and power-stage frequencies	Typical Output Capacitor
Type II (PI)	$F_{LC} < F_{ESR} < F_0 < F_S / 2$	Electrolytic, POS-Cap, SP-Cap
Type III-A (PID)	$F_{LC} < F_0 < F_{ESR} < F_S / 2$	POS-Cap, SP-Cap
Type III-B (PID)	$F_{LC} < F_0 < F_S / 2 < F_{ESR}$	Ceramic

- Type III-as kompenzációt alacsonyabb ESR értékek mellett alkalmazunk (így változnak a frekvencia töréspontok is)
- Amennyiben a F_{LC} , F_{ESR} , F_0 és F_{sw} értékeit tudjuk, abban az esetben a választás már egyszerű,
- Ezeket a paramétereket a Buck konverter méretezése után kapjuk meg
- Jellemzően tantál és kerámia kondenzátorok rendelkeznek alacsonyabb ESR ellenállással
- A kapacitások függvényében két típust is megkülönböztetünk Type III kompenzátor tekintetében (A és B)
- A következőkben a A-s típusút tekintjük át, mely kisebb ESR értékű kapacitások esetén használható (Kerámia kondenzátorok, MLCC)

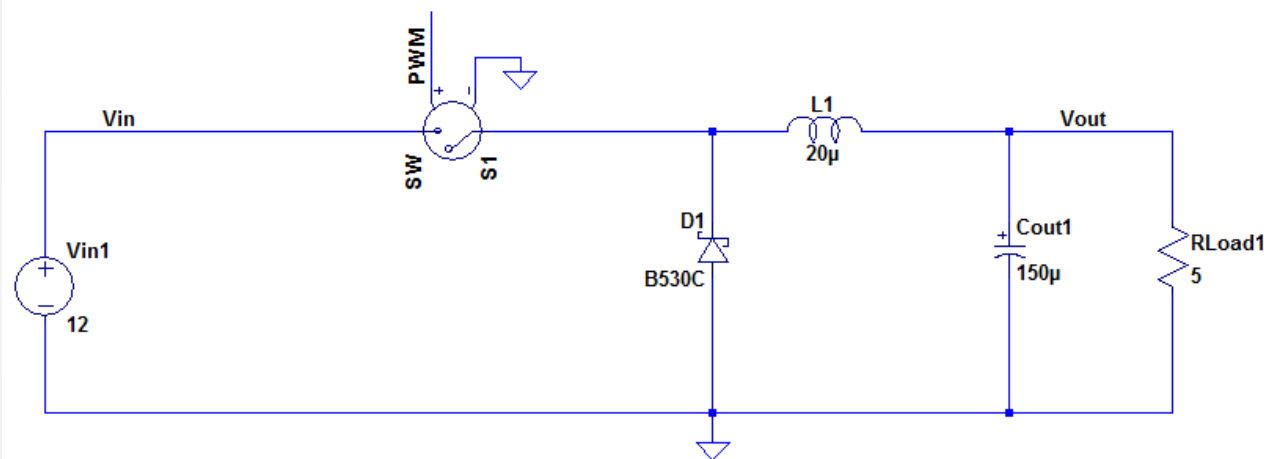
Kompenzációs lehetőségek – Type III.

- Ha $f_0 < F_{ESR}$, abban az esetben a Type II-es kompenzátor nem használható
- A Type III-as kompenzáció nagyon hasonló a Type II-es kompenzációhoz, használata további előnyökkel jár:
 - Két zérus és két póluspontot használ fel
 - A fázisnövelése (a Buck kimeneti LC szűrő ellensúlyozása érdekében) 180°



Type III. kompenzáció tervezése Buck konverterhez

A példánkban a Buck konverter a következő:

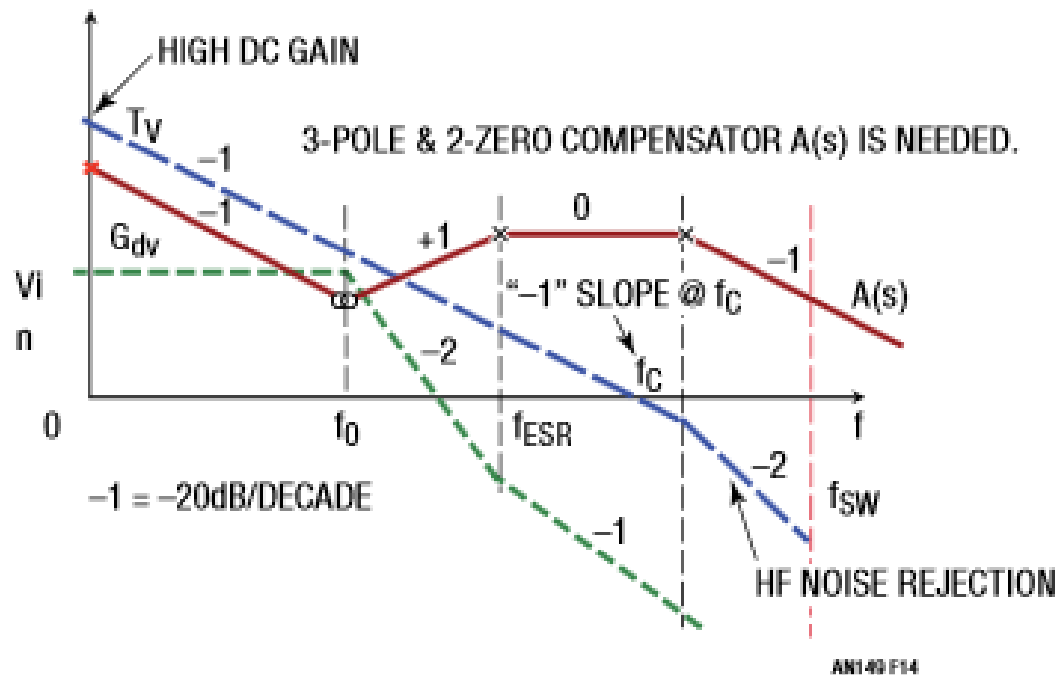


BUCK CONVERTER			
User Parameters		Calculated Values	
V _{IN} [V]	12	D [%]	41,67%
V _{OUT} [V]	5	1-D [%]	58,33%
I _{OUT} [A]	1	T _{SW} [s]	3,33E-06
F _{SW} [Hz]	300000	T _{ON} [s]	1,389E-06
L [H]	0,000020	T _{OFF} [s]	1,944E-06
ΔV _{OUT} [V]	0,1	ΔI _L [A]	0,4861
C _{OUTdesigned} [F]	0,000150	I _{Lmax} [A]	1,2431
ESR _{C_designed} [Ω]	0,025	I _{Lmin} [A]	0,7569
V _{RAMP} [V]	5	I _{OL} [A]	0,2431
V _{ref} [V]	2,5	V _{Lmax} [V]	7
		V _{Lmin} [V]	-5
		C _{OUTmin} [F]	2,025E-06
		ESR _C [Ω]	0,203
		I _{CIN RMS} [A]	0,493
		R _{load min} [Ω]	20,57
		F _{LC} [Hz]	2906
		F _{ESR} [Hz]	42441

$$f_{LC} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{20\mu H \cdot 150\mu F}} = 2,905kHz$$

$$f_{ESR} = \frac{1}{2\pi \cdot ESR \cdot C_o} = \frac{1}{2\pi \cdot 25m\Omega \cdot 150\mu F} = 42,441kHz$$

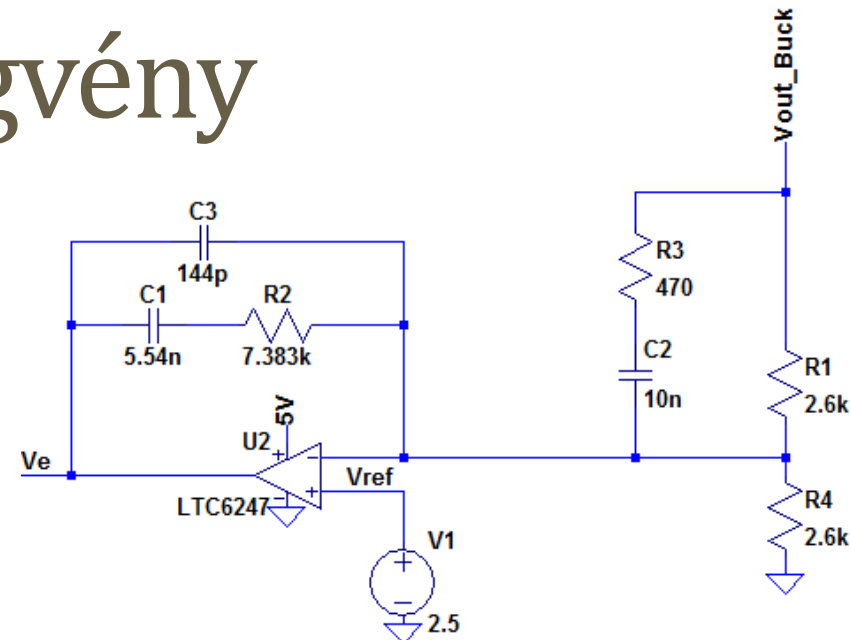
Átviteli függvény



Rendszer zérusai (Numerator)

$$H(s) = \frac{(sC_2(R_1 + R_3) + 1)(sR_2C_1 + 1)}{(sR_1C_1)(sR_3C_2 + 1)(sR_2C_3 + 1)}$$

Rendszer pólusai
(Denominator)



Az átviteli függvényből látható, hogy öt domináns töréspontunk lesz (3 pólus, 2 zérus):

$$f_{p0} = \frac{1}{2\pi \times R_1(C_1 + C_3)} \approx \frac{1}{2\pi \times R_1 C_1}$$

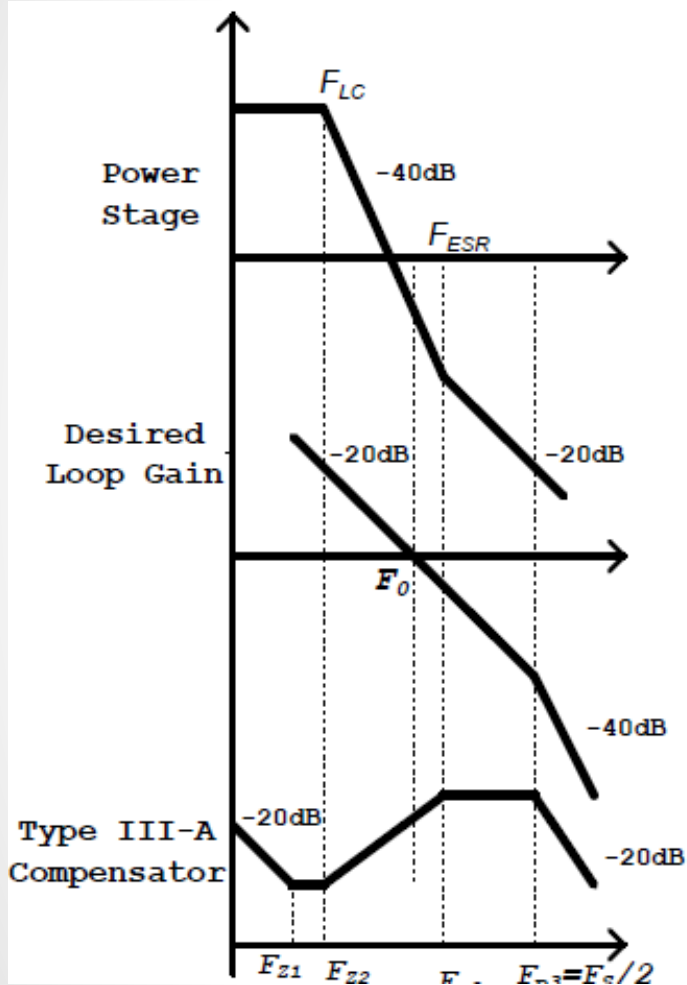
$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi \times R_3 C_2}$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \times R_2 C_3}$$

$$f_{z1} = \frac{1}{2\pi \times (R_1 + R_3) C_2}$$

$$f_{z2} = \frac{1}{2\pi \times R_2 C_1}$$

Tervezés (domináns töréspontok, frekvenciák)



- Az alkatrészek méretezése előtt a domináns töréspontokat kell meghatároznunk. Mivel több törésponttal dolgozunk, ezért az ilyen típusú kompenzáció tervezése nagyobb körütekintést igényel.

- f_0 –Hogy a kívánt átviteli profilt elérjük, f_0 tipikus értéke:

$$f_0 = \frac{1}{8} f_{sw}$$

- További töréspontok:

- $f_{Z2} = f_{LC}$
- $f_{Z1} = 0,75 f_{LC}$
- $f_{P1} = f_{ESR}$
- $f_{P2} = 0,5 f_{SW}$

A példánkban



- $f_0 \cong 37kHz$ ($f_{sw} = 300kHz$)
- $f_{Z2} = f_{LC} = 2,905kHz$
- $f_{Z1} = 0,75 f_{LC} = 2,179kHz$
- $f_{P1} = f_{ESR} = 42,441kHz$
- $f_{P2} = 0,5 f_{SW} = 150kHz$

Tervezés (alkatrészek méretezése)

- Első lépésben C2-et kell méreteznünk (Ennek értéke első lépésben 10nF. Ez módosítható!)

- Ennek függvényében R3 számítható:

$$R_3 = \frac{1}{2\pi \cdot C_2 \cdot F_{p1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10nF \cdot 42,4kHz} = 375\Omega$$

- Innen:

$$R_1 = \frac{1}{2\pi \cdot C_2 \cdot F_{Z2}} - R_3 = \frac{1}{2\pi \cdot 10nF \cdot 2,905kHz} - 375\Omega \approx 5,1k\Omega$$

- Az osztó alsó tagja:

$$R_4 = \frac{R_1 \cdot V_{ref}}{(V_{out} - V_{ref})} = \frac{5,1k\Omega \cdot 2,5V}{(5V - 2,5V)} = 5,1k\Omega$$

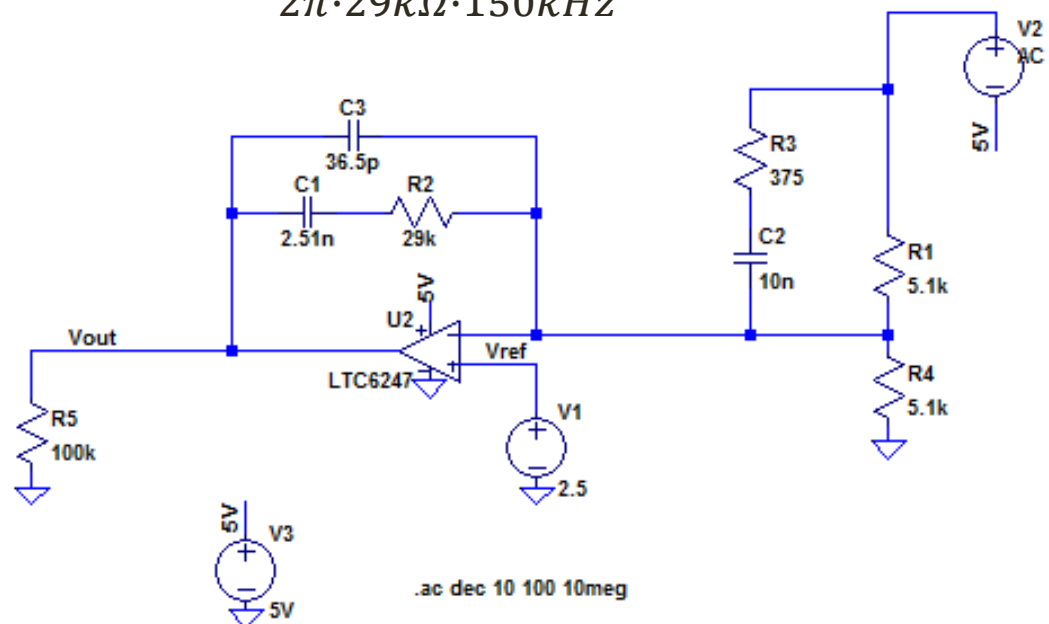
- Továbbá:

$$R_2 = \frac{2\pi \cdot f_0 \cdot L \cdot C \cdot V_{RAMP}}{V_{IN} \cdot C_2} = \frac{2\pi \cdot 37kHz \cdot 20\mu H \cdot 150\mu F \cdot 5V}{12V \cdot 10nF} \approx 29k\Omega$$

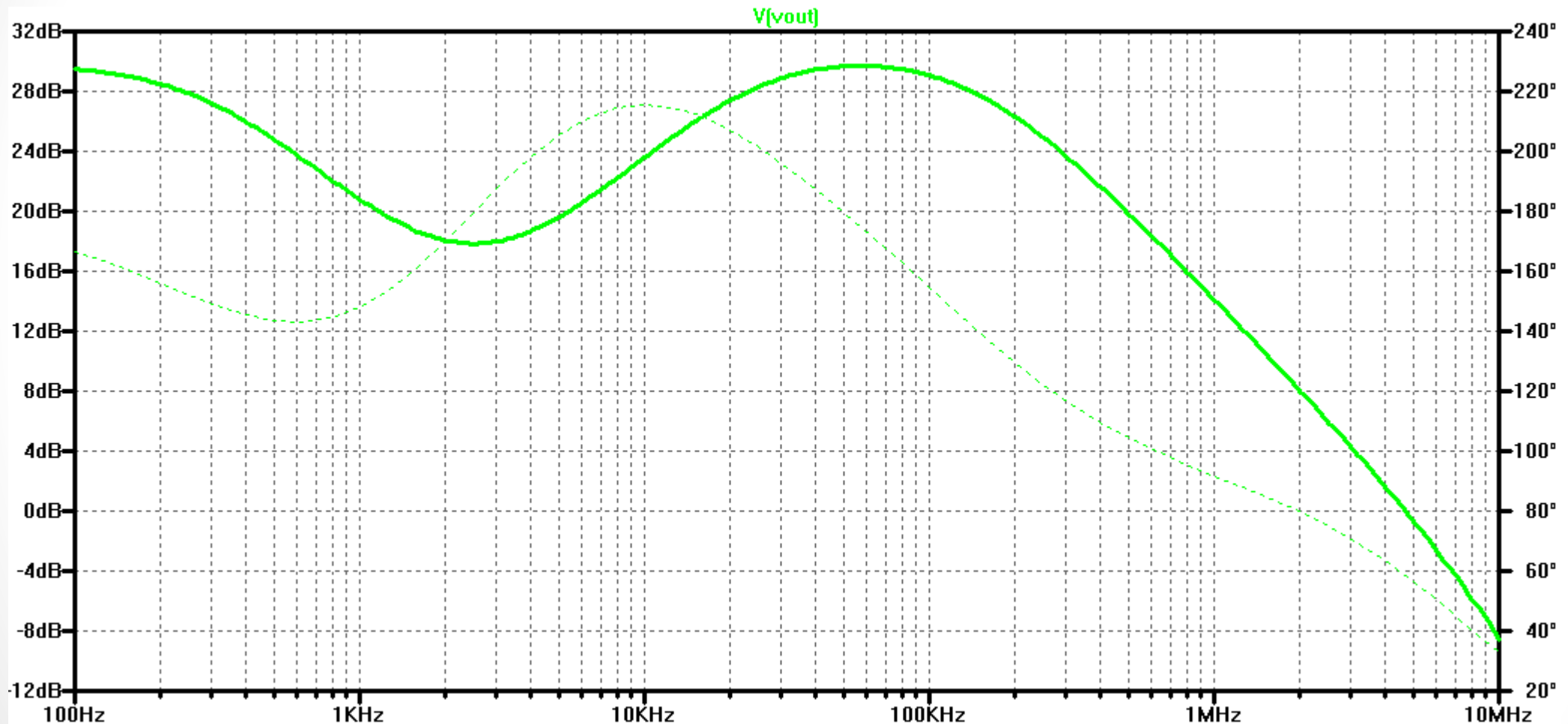
- Kapacitások:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot F_{Z1}} = \frac{1}{2\pi \cdot 29k\Omega \cdot 2,179kHz} = 2,51nF$$

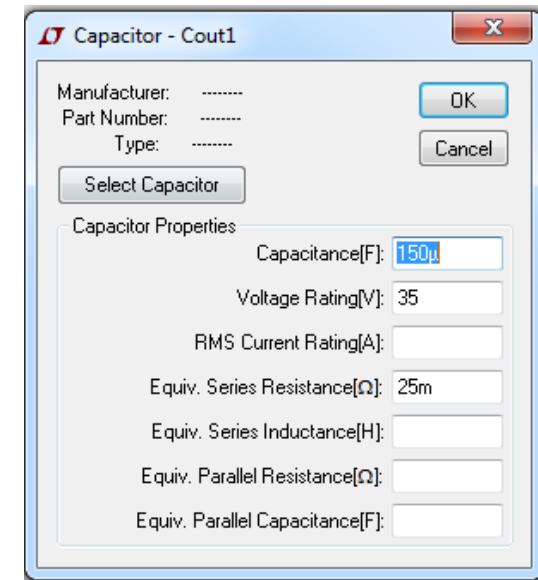
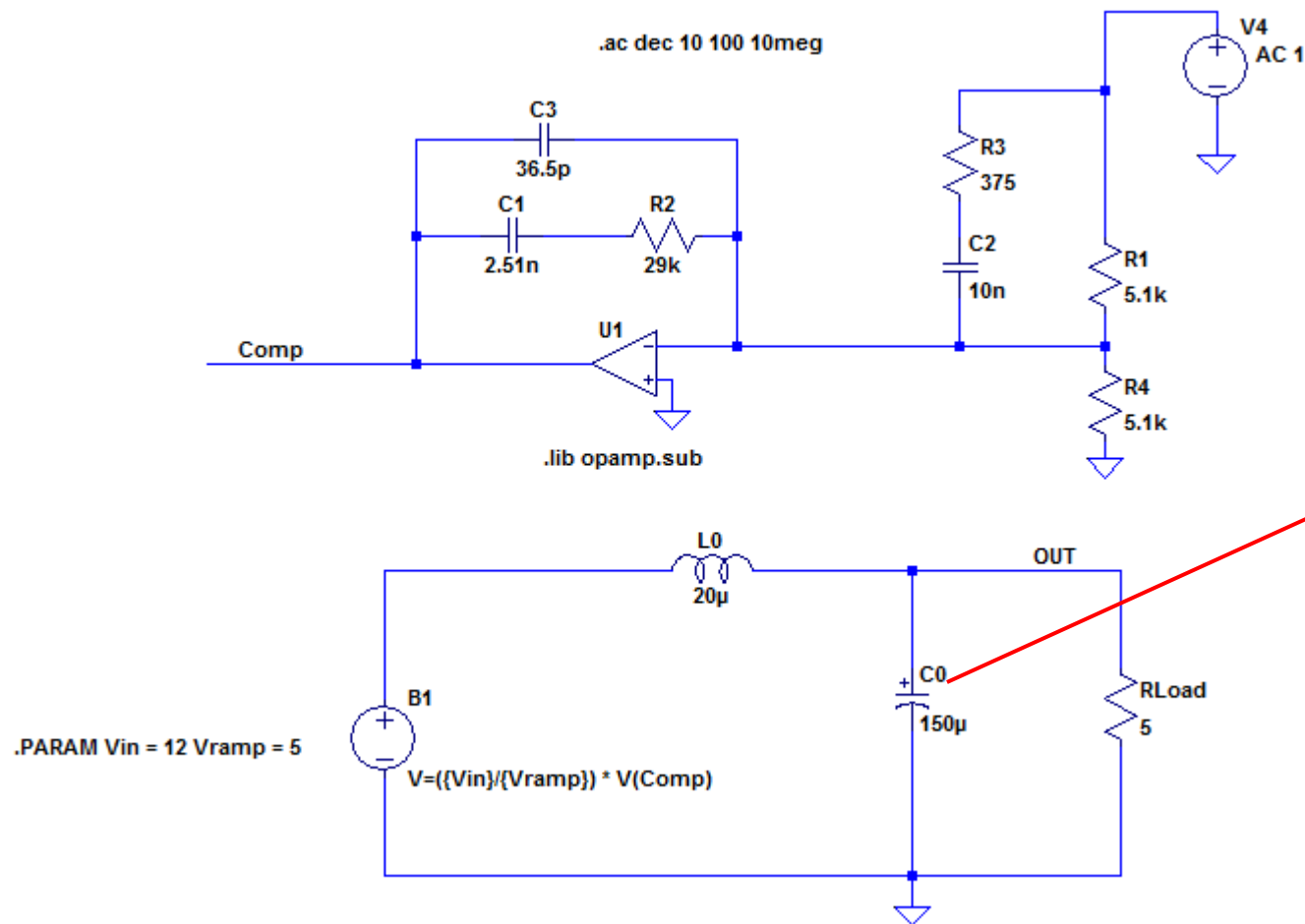
$$C_3 = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot F_{p2}} = \frac{1}{2\pi \cdot 29k\Omega \cdot 150kHz} = 36,5pF$$



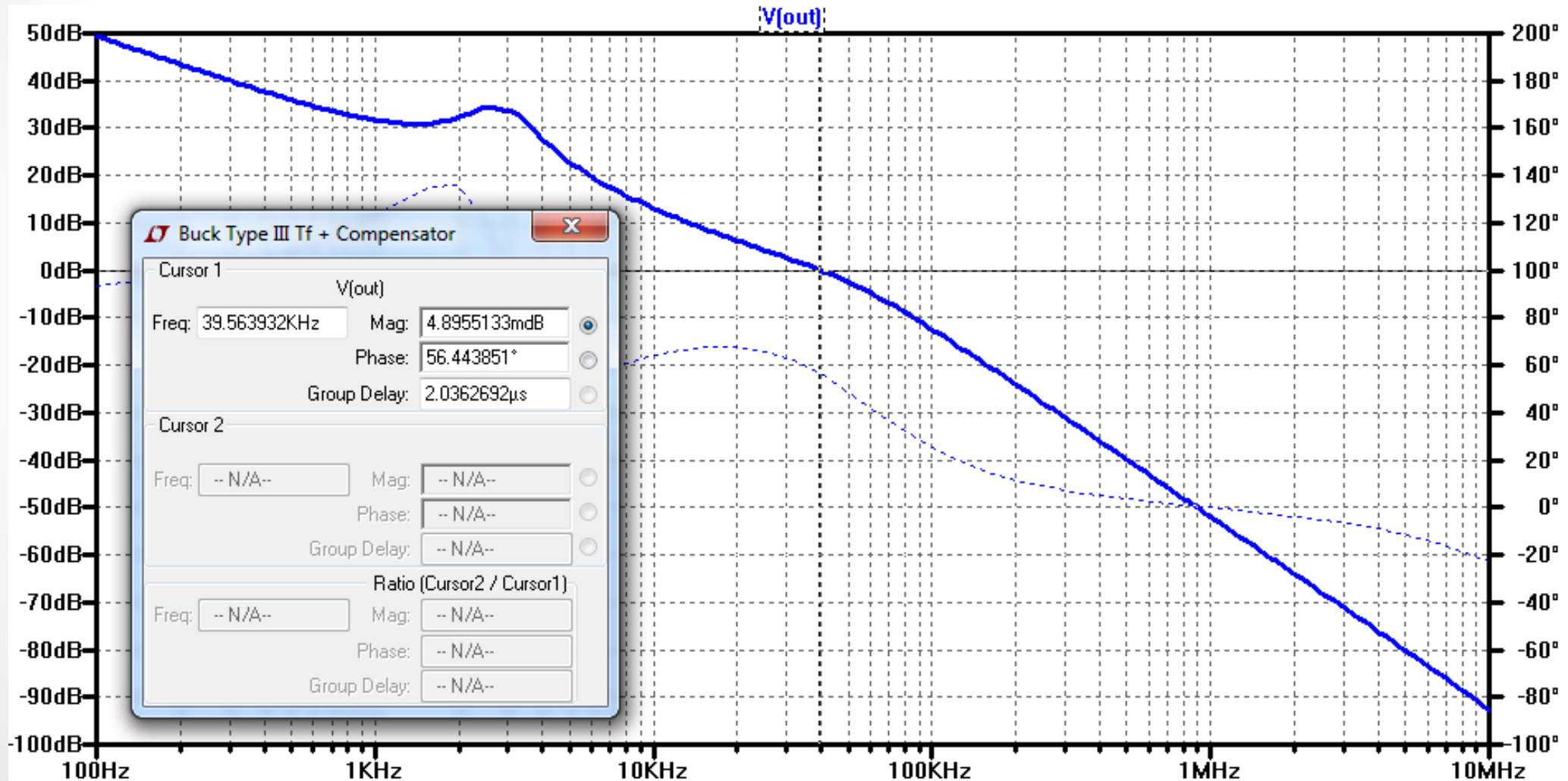
Kompenzációs áramkör Bode diagramm



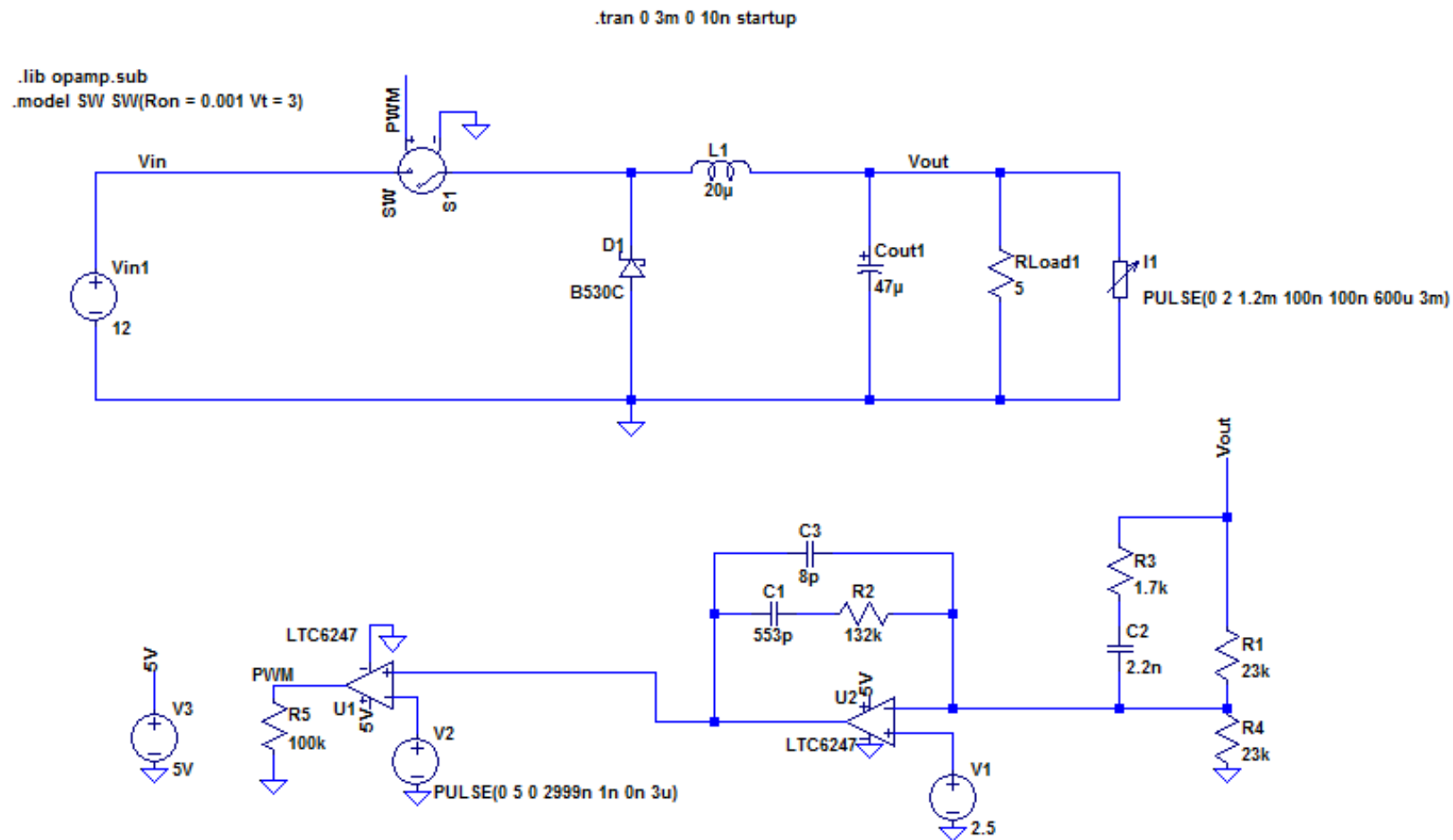
Buck konverter + kompenzátor (átviteli függvény)



Kompenzációs áramkör + Buck bode diagram



Buck + Type III. kompenzátor (tranzients)



Szimulációs eredmények

