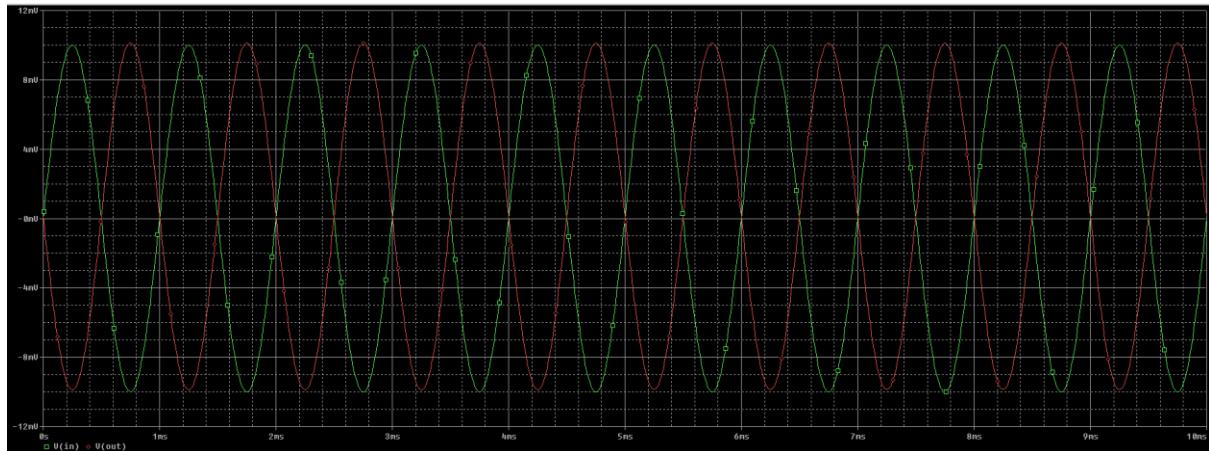


Q 1.1:

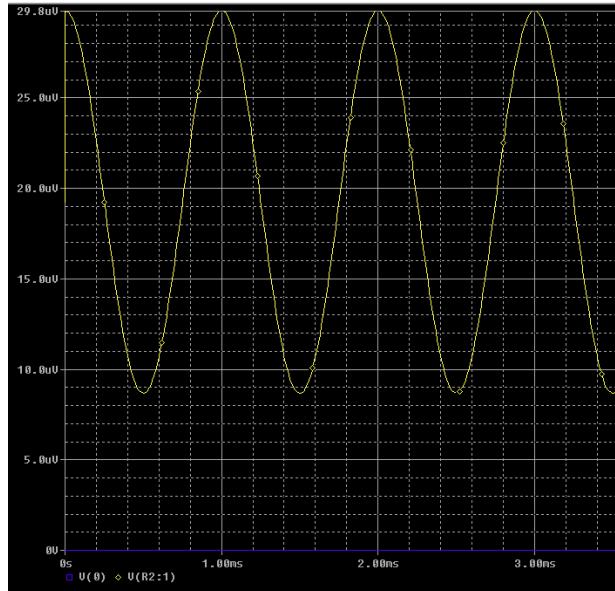
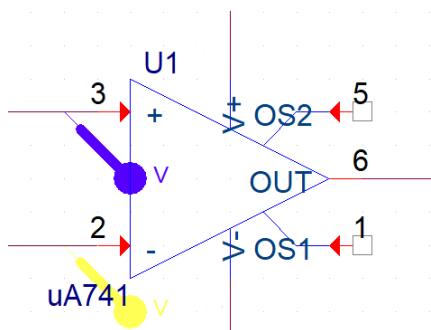


El guany es: -1

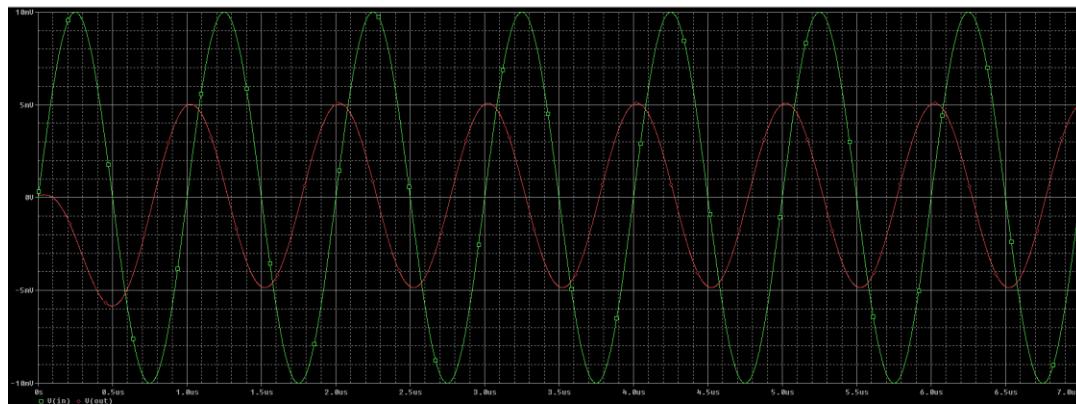
El desfasament: $\varphi = \pi$

Q 1.2:

El curtcircuit virtual no té validesa degut a que les dues tensions no son iguals.



Q 1.3:



El guany es de:

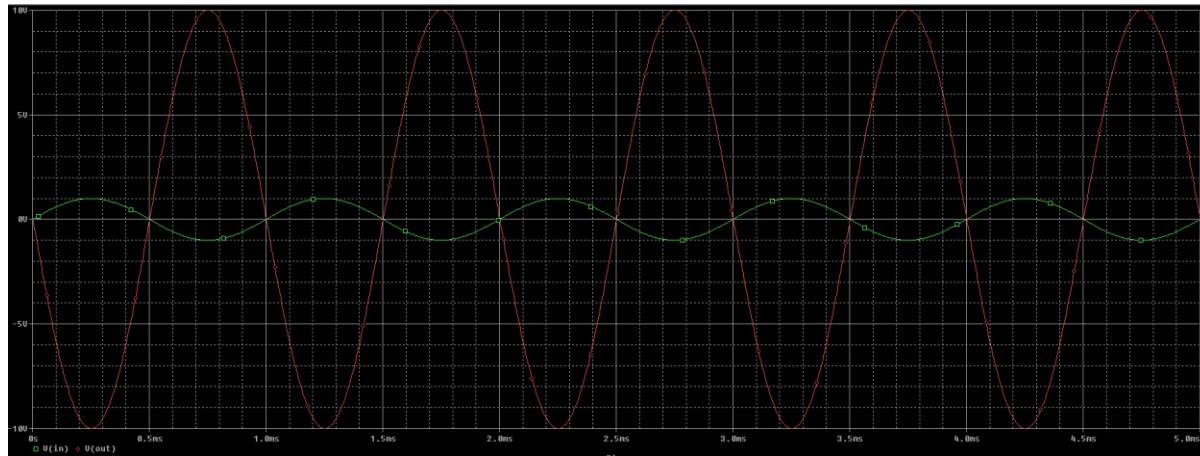
$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} \simeq \frac{5mV}{10mV} = 0,5$$

El desfasament es de:

$$\varphi = \frac{\pi}{2}$$

La diferència de guany i de fase respecte la qüestió 1.1 es deu a l'augment de la freqüència.

Q 2.1:



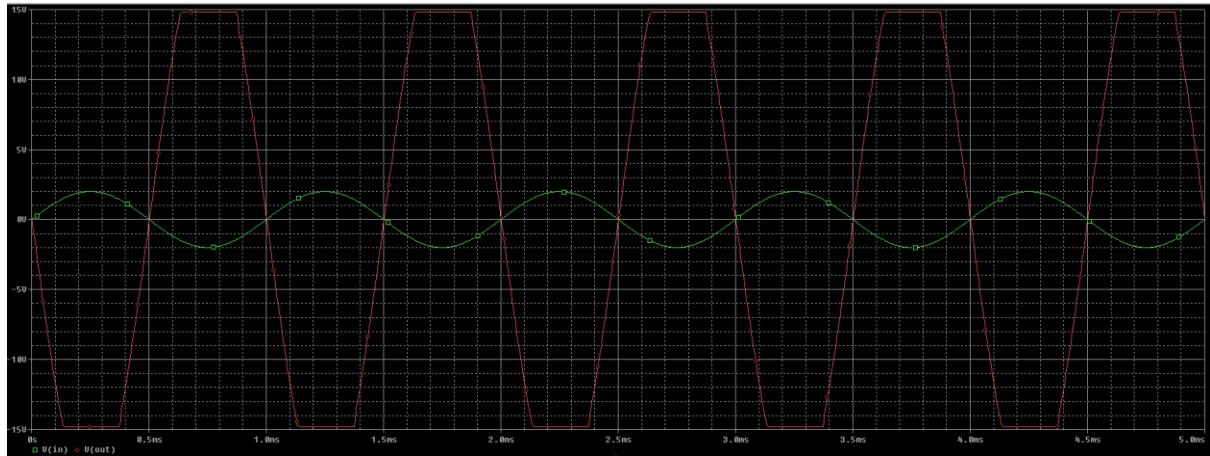
El guany es de:

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} \simeq \frac{10V}{-1V} = -10$$

El desfasament es de:

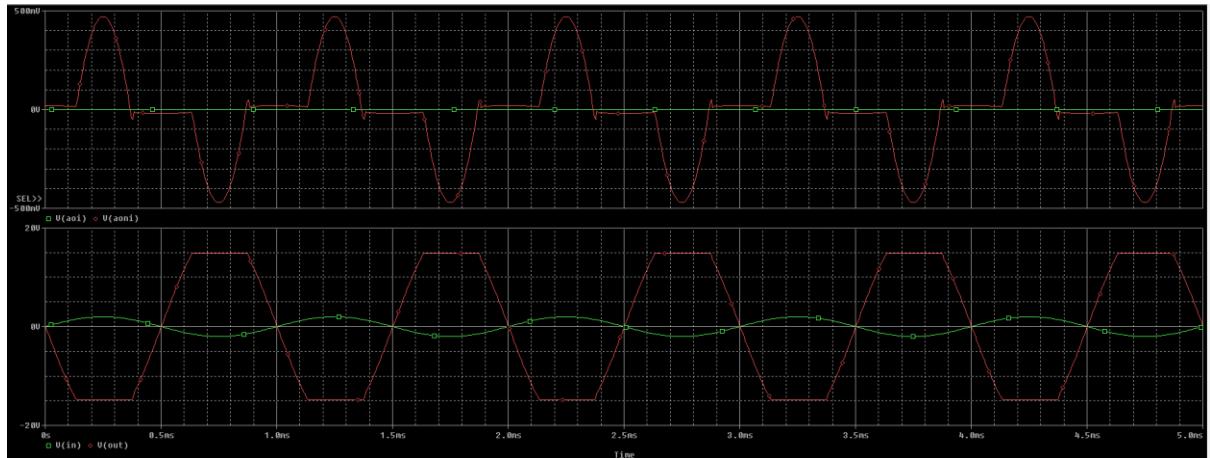
$$\varphi = \pi$$

Q 2.2:



Podem observar que V_{out} es satura a 14,8V aproximadament.

Q 2.3:

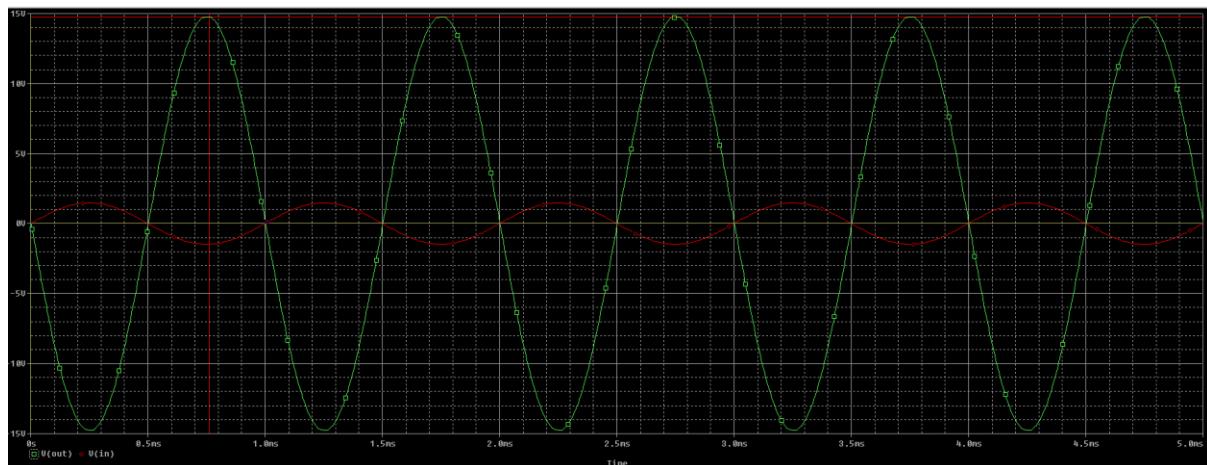


De la gràfica, podem treure les següents conclusions:

- Quan V_{out} està saturat: Node NI \neq Node INV \rightarrow NO CCV
- Quan V_{out} no està saturat: Node NI = Node INV \rightarrow CCV

(Node NI: node d'entrada no inversor, Node INV: node d'entrada inversor)

Q 2.4:

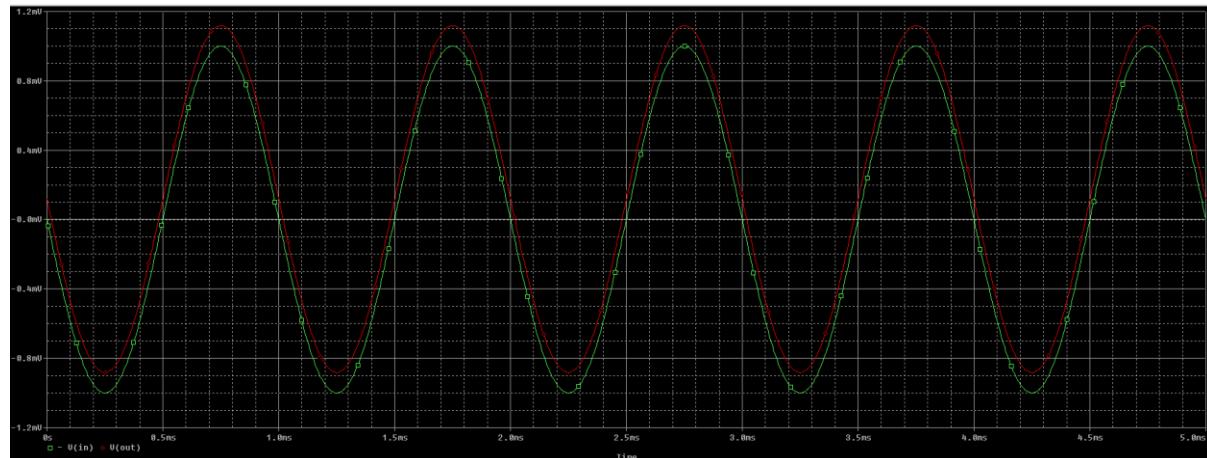


Trace Color	Trace Name	Y1	Y2	Y1 - Y2
	X Values	761.236u	0.000	761.236u
CURSOR 1,2	V(out)	14.758	1.0093m	14.757
	V(in)	-1.4764	464.956u	-1.4769

$$\frac{14,8}{V_{in}} = 10 \rightarrow V_{in} = 1,48V$$

D'aquesta manera, el V_{out} arriba a 14,8V que es el voltaje màxim que pot arribar abans de saturar-se.

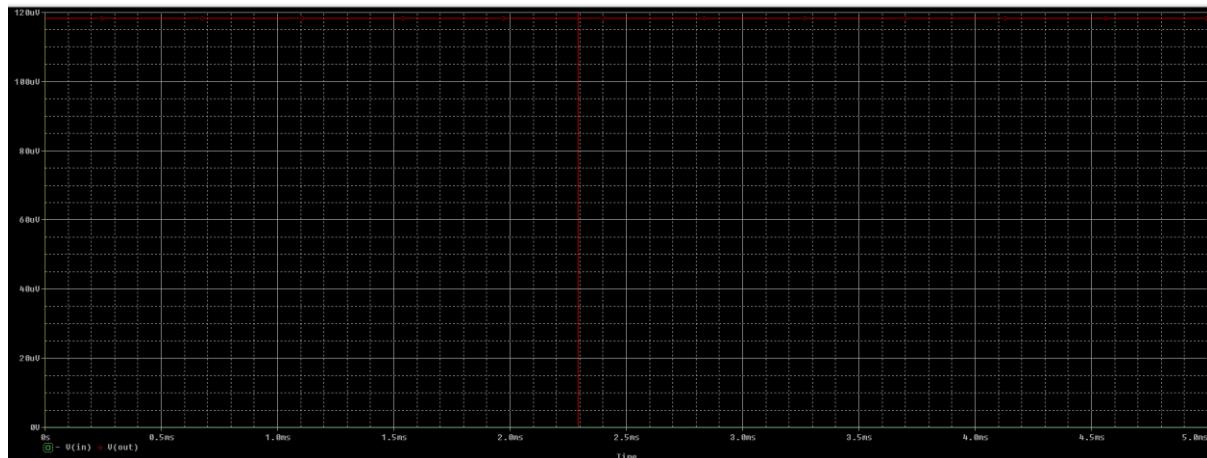
Q 3.1:



Trace Color	Trace Name	Y1
	X Values	1.7514m
CURSOR 1,2	- V(in)	1.0000m
	V(out)	1.1182m

Observem una tensió d'offset de $(1,1182 \text{ mV} - 1 \text{ mV}) = 0,118 \text{ mV}$.
No hi ha desfasament.

Q 3.2:

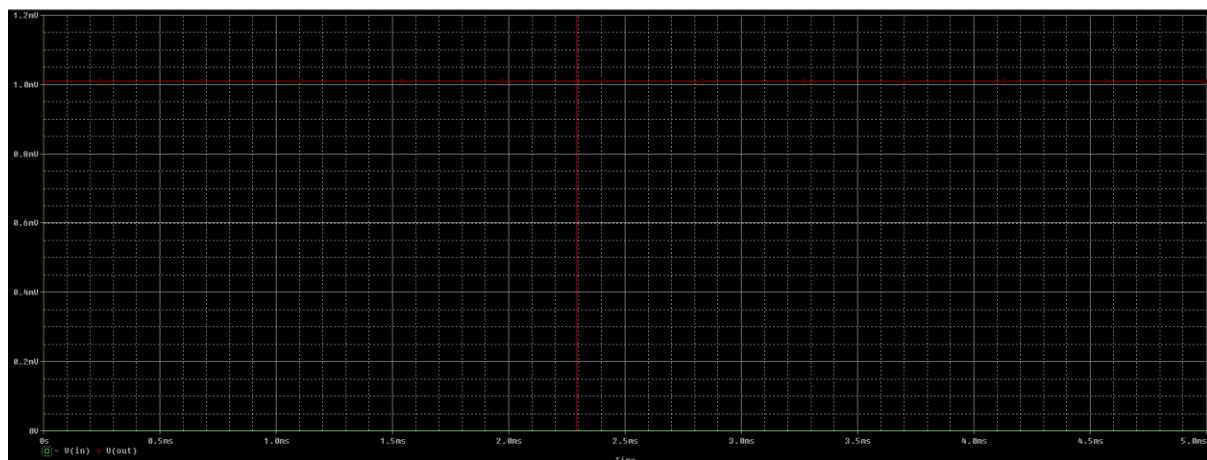


Trace Color	Trace Name	Y1
	X Values	2.2921m
CURSOR 1,2	- V(in)	0.000
	V(out)	118.262u

$$V_{out} = 118,26 \mu V = 0,118 mV.$$

Veiem que V_{out} correspon a la tensió d'offset trobada a l'apartat anterior.

Q 3.3:



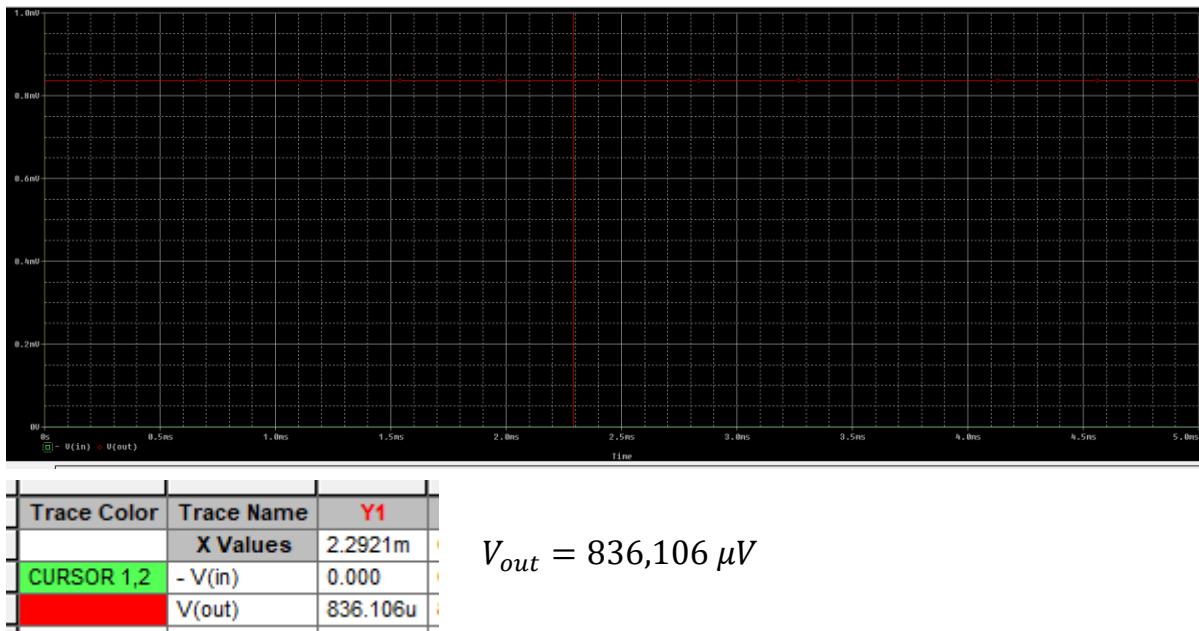
Trace Color	Trace Name	Y1
	X Values	2.2921m
CURSOR 1,2	- V(in)	0.000
	V(out)	1.0093m

$$G = \frac{-R_2}{R_1} \rightarrow -R_2 = G \cdot R_1 = -10 \cdot 1 k\Omega$$

$$R_2 = 10 k\Omega$$

$$V_{out} = 1,0093 mV$$

Q 3.4:



Q 3.5:

El voltaje d'entrada sempre es de 0V i la sortida varia segons les resistències. Com més gran es el valor de les resistències, més gran es el valor del voltatge d'entrada i més petit el del voltatge de sortida.

$$\text{Error } V_{out} = [R_2 - \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 || R_2}\right)] \cdot I_b - \frac{1}{2} [R_2 + \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 || R_3}\right)] \cdot I_{off}$$

En la qüestió 3.3 obtenim un valor més gran que a la qüestió 3.2 degut a que el guany es 10 vegades més gran, fet que fa augmentar l'error.

En el cas de la qüestió 3.4 el guany es de 1, per tant l'error hauria de ser més baix. Però veiem que segueix essent superior al de la qüestió 3.2 ja que les resistències son 10 cops més grans.

Q 3.6:



Trace Color	Trace Name	Y1
	X Values	603.933u
CURSOR 1,2	- V(in)	0.000
	V(out)	38.914u

L'error de sortida ara té un valor de 38,914 μ V, degut als corrents d'offset i els corrents de polarització a l'entrada

Q 3.7:

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{off} + \left(R_2 - R_4\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\right) \cdot I_b - \left(R_2 + R_4\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\right) \cdot \frac{I_{off}}{2}$$

$$118 \mu V = 2 \cdot V_{off} + 10^3 \cdot I_b - 10^3 \cdot \frac{I_{off}}{2}$$

$$1,0093 mV = 11 \cdot V_{off} + 10 \cdot 10^3 \cdot I_b - 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{I_{off}}{2}$$

$$38,91 \mu V = 2 \cdot V_{off} + 0 \cdot I_b - 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{I_{off}}{2}$$

Resolem el sistema:

$$V_{off} = 19,3 \mu V$$

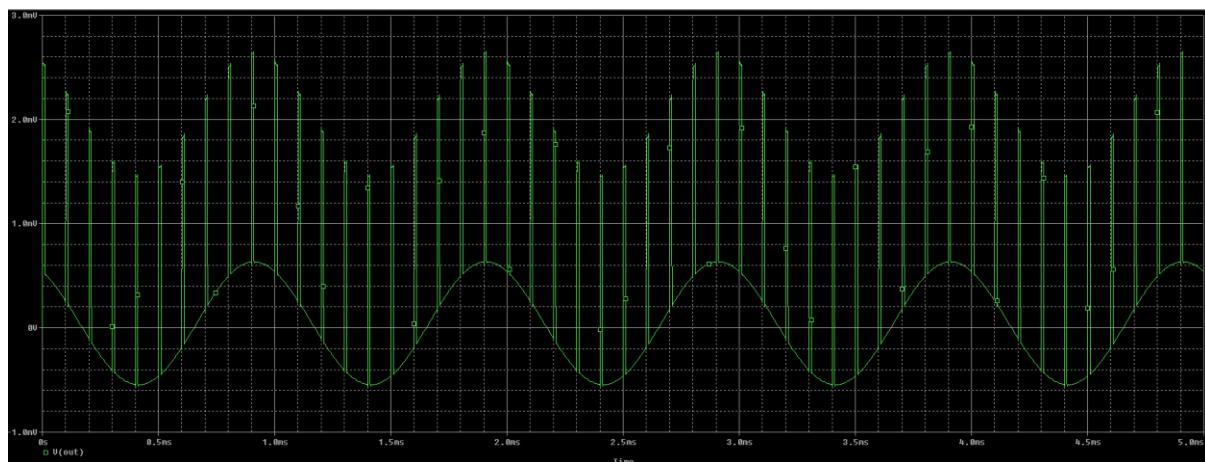
$$I_b = 59,8 nA$$

$$I_{off} = -39,8 nA$$

Q 4.1:

El senyal de sortida ha de ser la diferència de tensions d'entrada.

Q 4.2:



No son els resultats que esperàvem, la tensió en mode comú (CMRR) afecta a la sortida. Això es deu a que l'AO no es ideal.

$$V_{pp} = 1183,58 \mu V$$

Q 4.3:

Guany de tensió diferencial:

$$A_d = \frac{V_{out}}{V_{in}^+ + V_{in}^-} = \frac{2 \text{ mV}}{1 \text{ mV} + 1 \text{ mV}} = 1$$

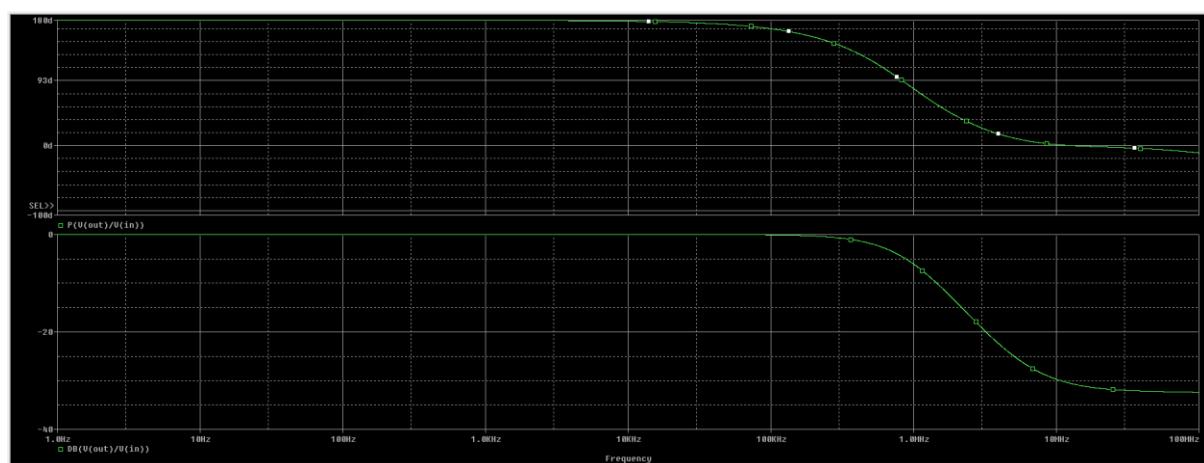
Q 4.4:

$$A_{cm} = \frac{0,6V}{10V} = 60 \mu V$$

Q 4.5:

$$CMRR = 20 \cdot \log\left(\frac{A_d}{A_{cm}}\right) = 84,09 \text{ dB}$$

Q 5.1:



Guany en 1khz: G = 0

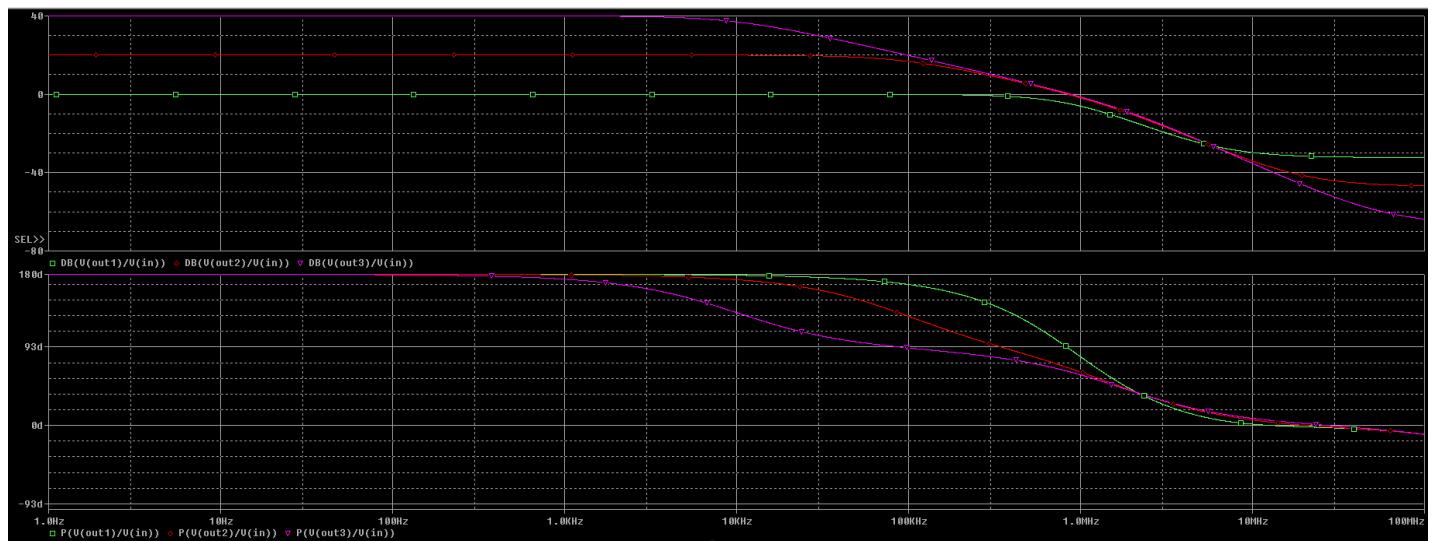
Desfasament: $\varphi = \pi$

Q 5.2:

Trace Color	Trace Name	Y1
	X Values	656.145K
CURSOR 1,2	DB(V(out)/V(in))	-3.0463

BW = 656.145K

Q 6.1:



R2 (K ohms)	1(color verd)	10 (color vermell)	100 (color lila)
BW (KHz)	(a -3dB) 653,605	(a 17dB) 94,946	(a 37dB) 9,795
Guany	0 dB = 1	20 dB = 10	40 dB = 100
GxBW	653,605 K	949.46K	979.5K

El guany x ample de banda no és sempre constant.

Q 6.2:

Busquem la freqüència on el guany del senyal de sortida per R2=100kohm es igual a 1 (0 dB).

$$f_t = 882.970 \text{ kHz}$$

Segons especificacions: $f_t = 1\text{MHz}$, la f_t que hem obtingut és lleugerament inferior.

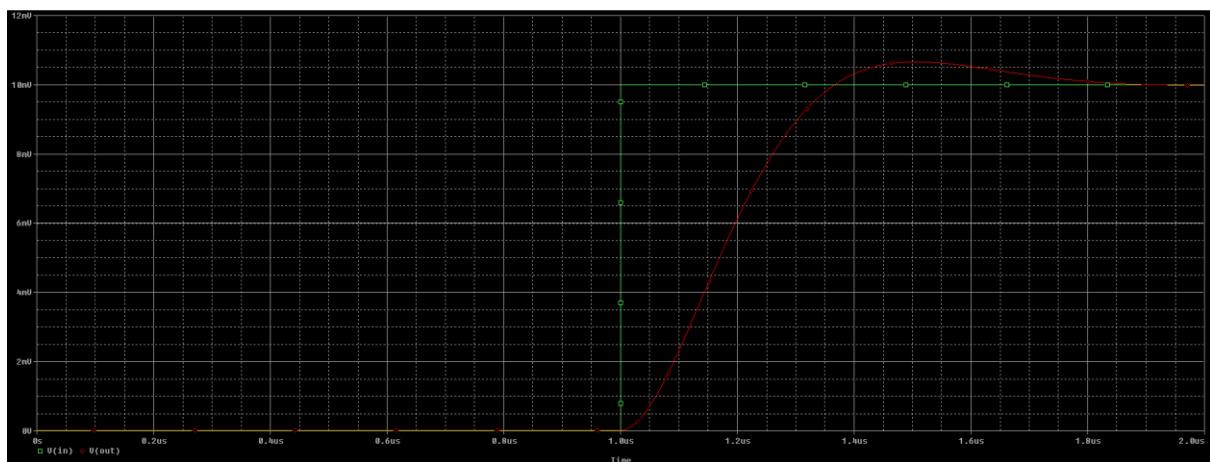
Q 6.3:

$V_i = 1V$
Guany per $R_2 = 100k\Omega : 100$

$$G = V_o/V_i \quad V_o = G \cdot V_i = 100 \cdot 1 = 100V$$

En una simulació temporal V_o es saturaria a 15V, en canvi en AC no es tenen en compte les tensions d'alimentació.

Q 7.1:

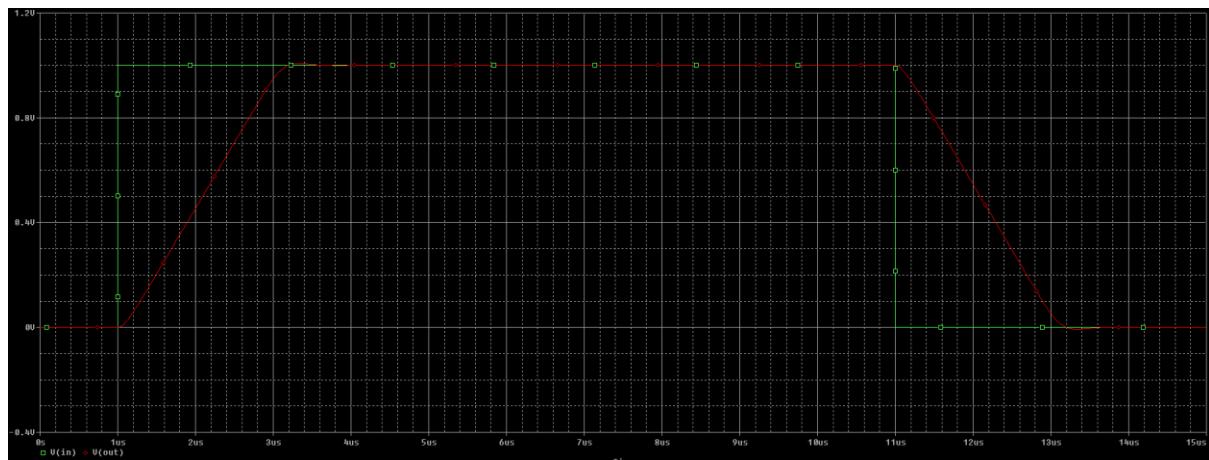


$$V_{max} = 10,663 \text{ mV}$$

$$\begin{aligned} 10\% &= 1,0663 \text{ mV} && \text{a } 1,0624 \mu\text{s} \\ 90\% &= 9,5967 \text{ mV} && \text{a } 1,3371 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Temps de pujada = $1,3371 \mu\text{s} - 1,0624 \mu\text{s} = 0,2747 \mu\text{s}$
Segons les especificacions, el temps de pujada es de $0,3 \mu\text{s}$.

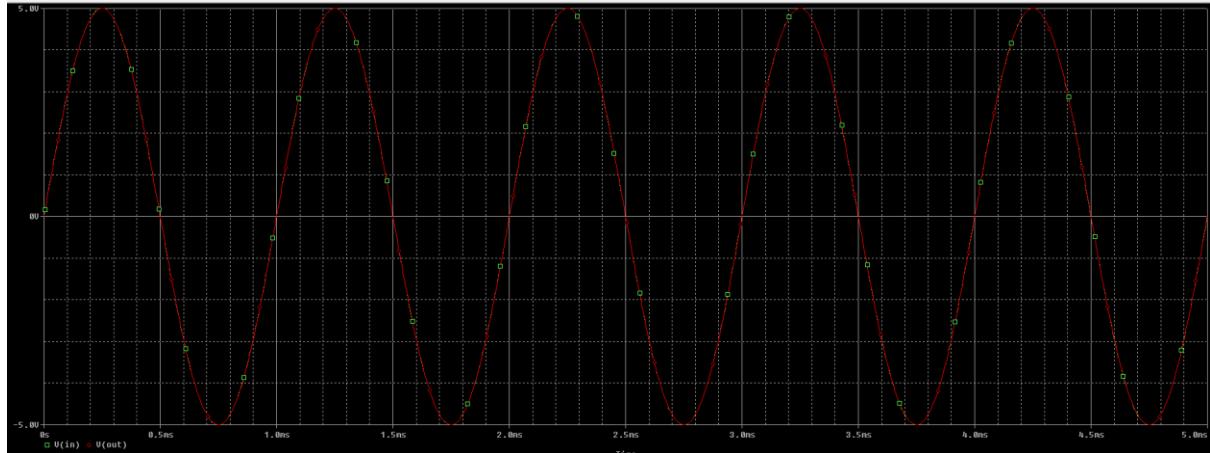
Q 8.1:



$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{2,16\mu s} = 0,463 V/\mu s$$

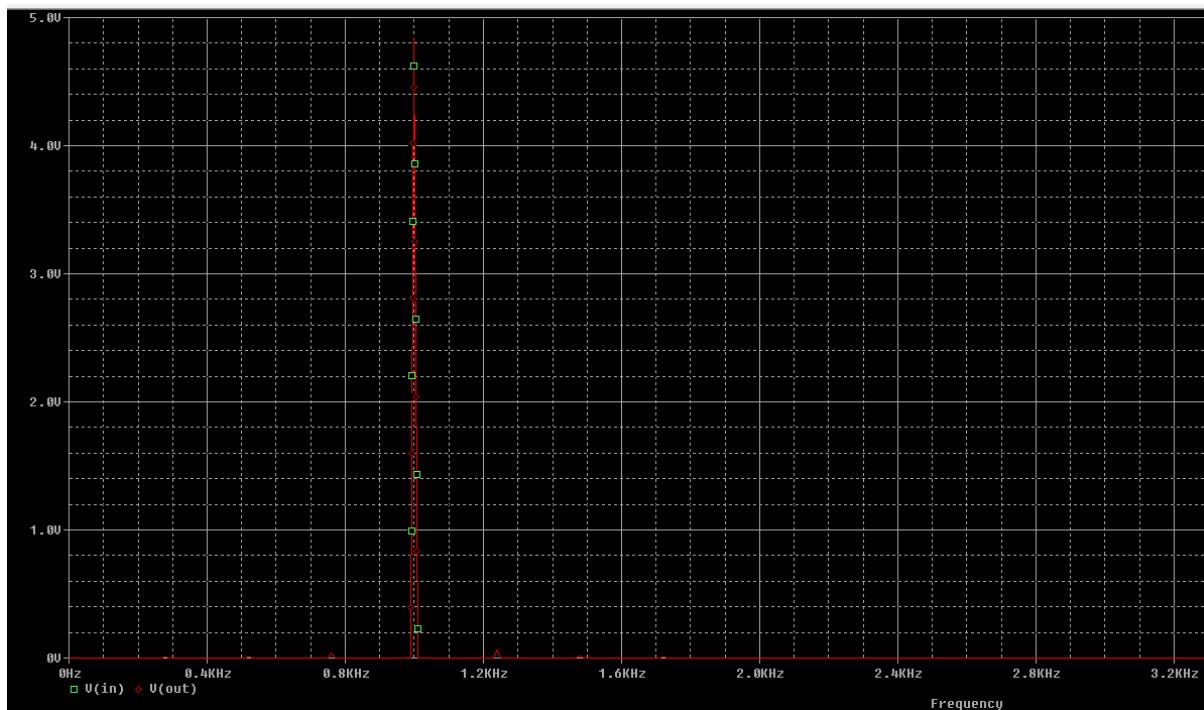
Segons les especificacions: SR = $0.5\mu s$

Q 8.2:



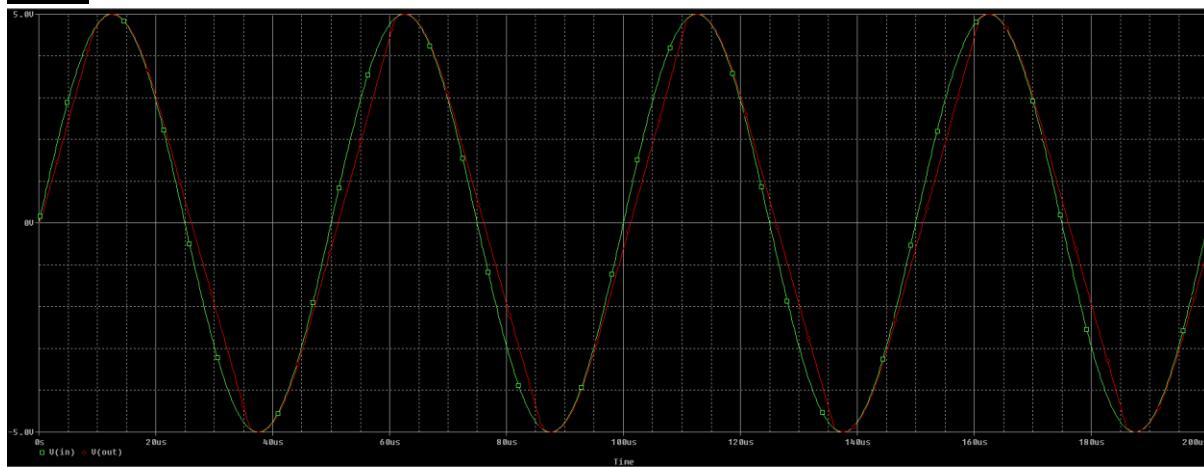
No s'aprecia cap distorsió, ja que els dos senyals estan solapats.

Q 8.3:



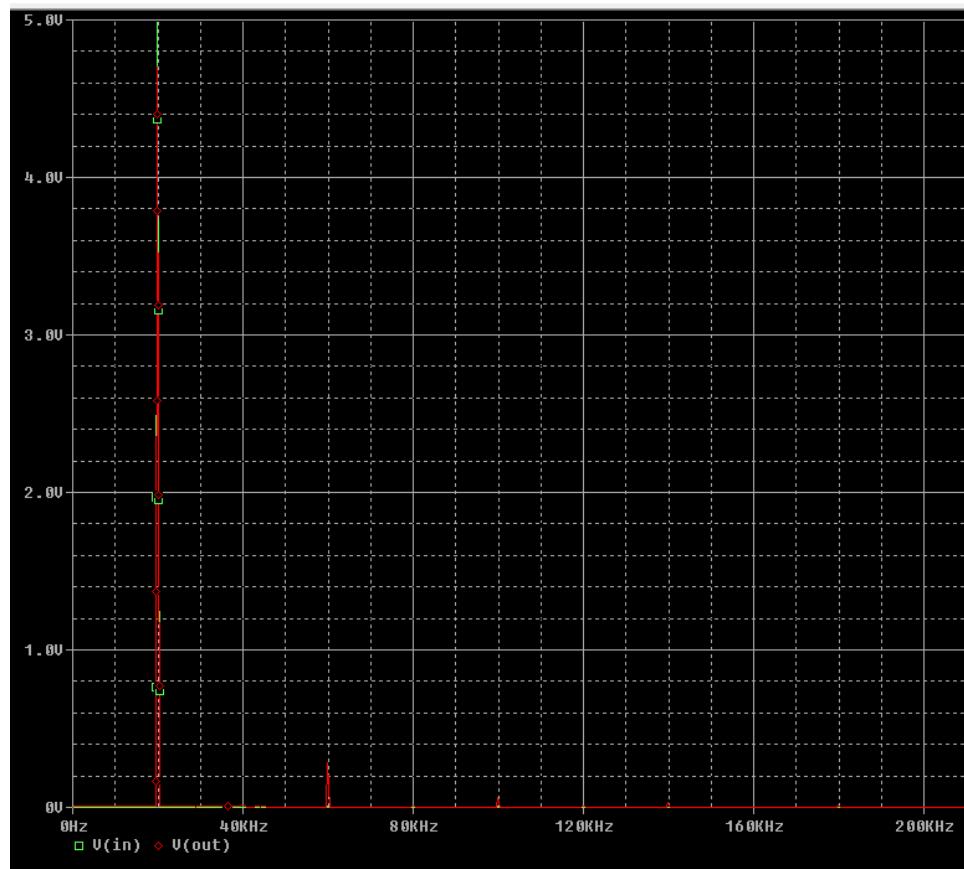
Les dues FFT estan solapades per tant tenen les mateixes components freqüencials.

Q 8.4:



En aquest cas observem una lleugera distorsió entre el senyal d'entrada i el de sortida.

Q 8.5:



Observem l'aparició de més harmònics, per tant hi ha distorsió entre els dos senyals.