

Amplificatore Operazionale II

Studio del comportamento di un op-amp reale in amplificazione di segnali periodici

S. Bottaro¹ L.M. Perrone¹

¹Dipartimento di Fisica
Universita' di Pisa

Recitation - Week03, 2015

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
 - Simulazione I
 - Simulazione II
- 5 Analisi in frequenza con generatore esterno
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - G-500
 - Grafici Triplot

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
 - Simulazione I
 - Simulazione II
- 5 Analisi in frequenza con generatore esterno
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - G-500
 - Grafici Triplot

Comportamento 'buono'

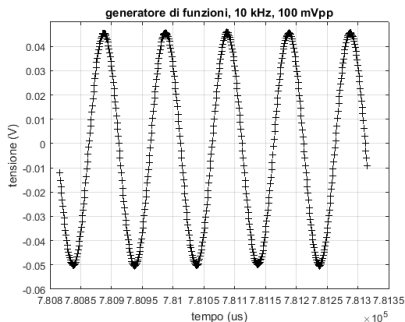


Figura : Segnale prodotto
a 10kHz, 100mVpp

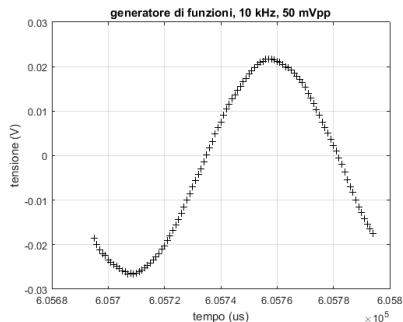


Figura : Segnale prodotto
a 10kHz, 50mVpp

Comportamenti limite

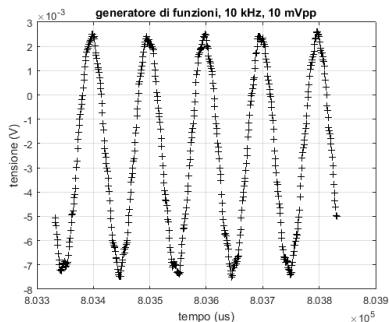


Figura : Segnale prodotto
a 10kHz a 10mVpp

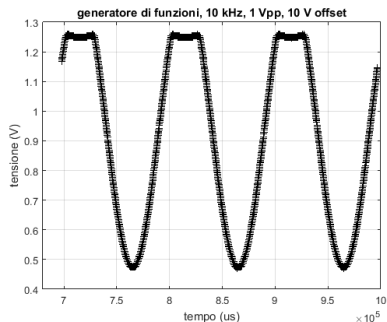
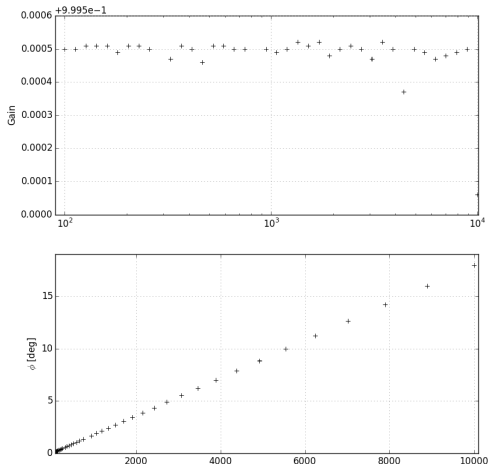


Figura : Comportamento
anomalo a 10Vpp offset.

Segnale del gen. letto 'contemporaneamente' dalla CB68/CB33

Gain e sfasamento a 100000 campionamenti al secondo



Gain e sfasamento a 200000 campionamenti al secondo

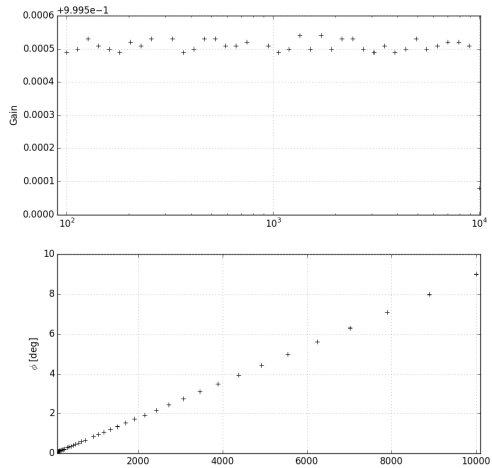


Figura : Gain e sfasamento con 200000 campioni al secondo

Possibile spiegazione

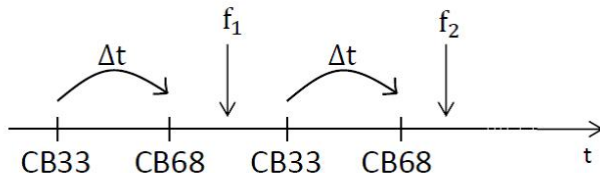


Figura : Schema processo di acquisizione

Definition

$$\Delta\varphi = \Delta t f, \Delta t = \frac{\alpha}{f_c}, \alpha = 179.97 \pm 0.11$$

- Algoritmo correttivo:

$$\varphi' = \varphi - \alpha \frac{f}{f_c} \quad (1)$$

Correzioni della fase

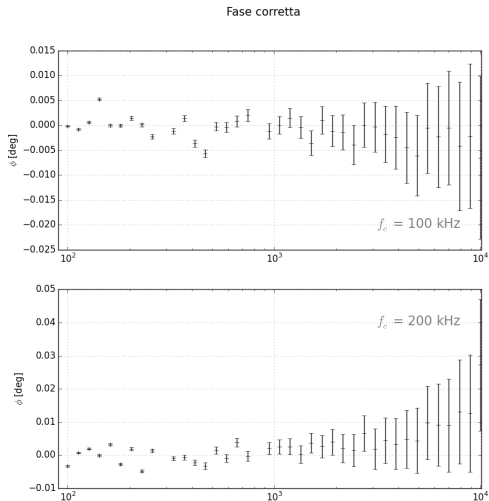


Figura : Sfasamenti con algoritmo correttivo

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
 - Simulazione I
 - Simulazione II
- 5 Analisi in frequenza con generatore esterno
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - G-500
 - Grafici Triplot

Assegnazione delle incertezze

- Errore sul GAIN \approx (errore di acquisizione DAQ \oplus errore del generatore di funzioni).

Definition

$$\Delta_{DAQ} = 5mV ; \Delta_{GEN} = \max\{1\% V_{PP}, 2mV_{rms}\}$$

Example

$$\Delta G = G * \sqrt{\left(\frac{\max\{1\% V_{PP}, 2mV_{rms}\}}{V_{PP}}\right)^2 + \left(\frac{5mV}{V_{out}}\right)^2}$$

- Errore sulle *frequenze* \approx (errore del generatore di funzioni).

Definition

$$\Delta_{GEN} = \max\{5E - 5f, 40mHz\}$$

Example

$$\Delta f = \max\{5E - 5f, 40mHz\}$$

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 **Simulazione con TINA**
 - **Simulazione I**
 - Simulazione II
- 5 Analisi in frequenza con generatore esterno
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - G-500
 - Grafici Triplot

Prima simulazione con TINA

Grandezza	Risultati prima simulazione TINA
R_1 (k Ω)	1.03
R_2 (k Ω)	99.8
Second Pole (MHz)	1
Open loop gain	200k
f_T (kHz)	10.3
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	17.8
Max Gain	97.8

Grandezza	Dati sperimentali
f_T (kHz)	8.77 ± 0.09
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	15.14 ± 0.16
Max Gain	97.8 ± 0.1

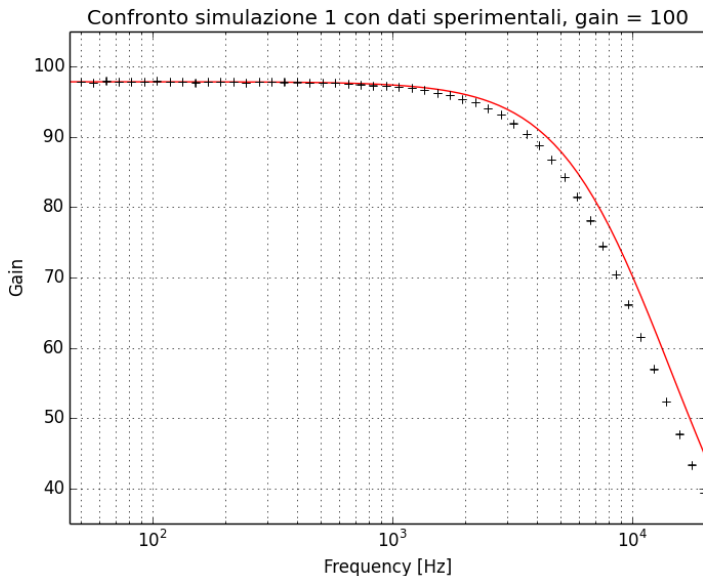


Figura : Simulazione TINA (1) e dati sperimentali - Comparison

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 **Simulazione con TINA**
 - Simulazione I
 - **Simulazione II**
- 5 Analisi in frequenza con generatore esterno
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - G-500
 - Grafici Triplot

Seconda simulazione con TINA

Grandezza	Risultati seconda simulazione TINA
R_1 (k Ω)	1.03
R_2 (k Ω)	99.8
Second Pole (MHz)	1
Open loop gain	171k
f_T (kHz)	8.77
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	15.2
Max Gain	97.84

Grandezza	Dati sperimentali
f_T (kHz)	8.77 ± 0.09
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	15.14 ± 0.16
Max Gain	97.8 ± 0.1

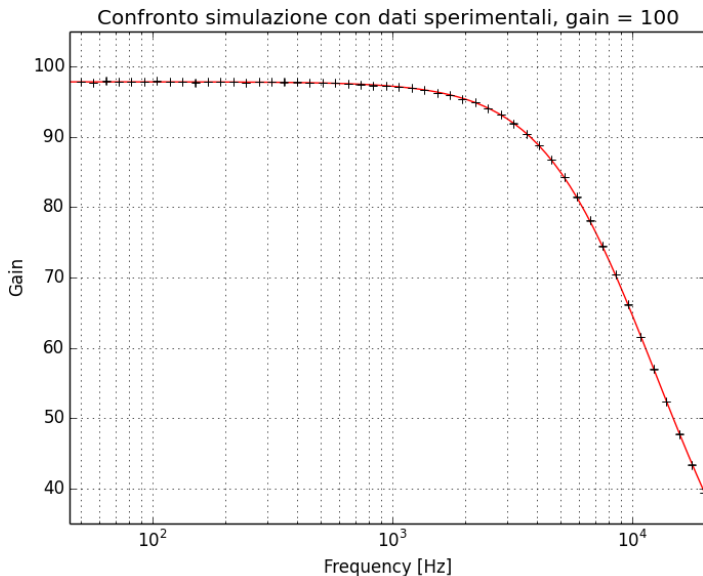
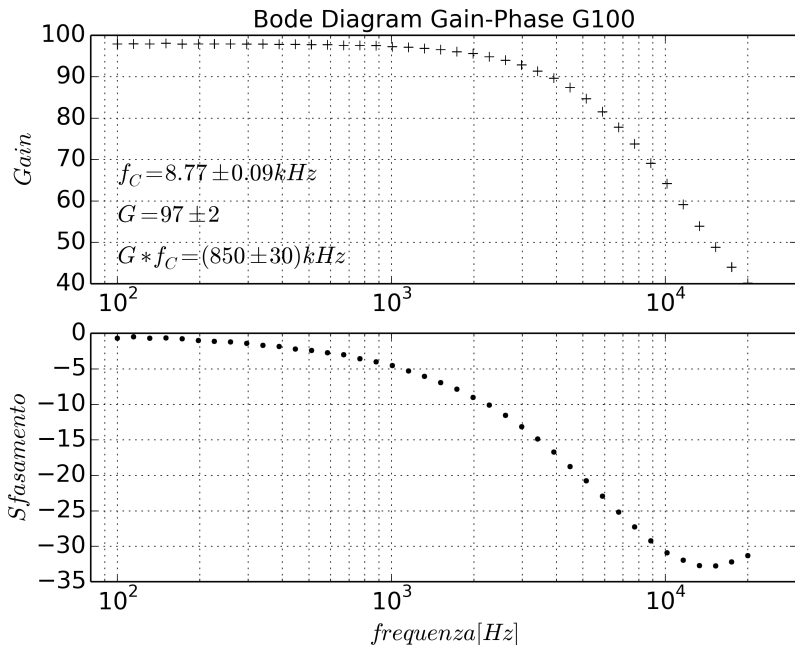


Figura : Simulazione TINA (2) e dati sperimentali - comparison

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
 - Simulazione I
 - Simulazione II
- 5 **Analisi in frequenza con generatore esterno**
 - **G-100**
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - G-500
 - Grafici Triplot

	Dati sperimentali G100
R_1 (k Ω)	$1.03 \pm 0.8 \%$
R_2 (k Ω)	$99.8 \pm 0.8 \%$
Second Pole (MHz)	1
Open loop gain	200k
V_{PP}	$100 \pm 3\text{mV}$
G	$G_{exp}(G_{exp}^\beta) = 97 \pm 1(97) \quad G_{meas} = 97 \pm 2$
f_T (kHz)	8.77 ± 0.09
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	15.14 ± 0.16
$G * f_T$ kHz	850 ± 30



G100 corretto

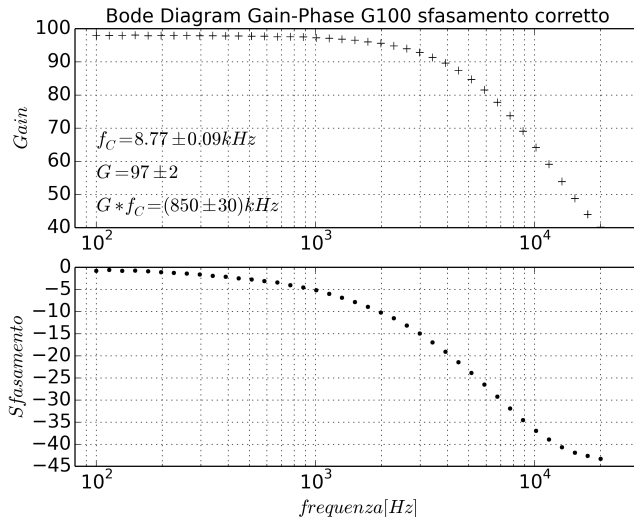


Figura : Bode diagram - G100, sfasamenti corretti

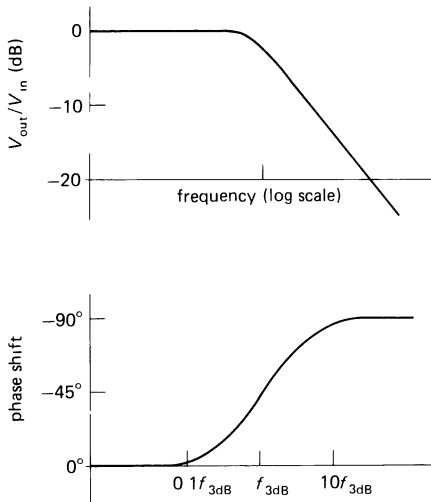


Figure 4.82. Bode plot: gain and phase versus frequency.

Figura : Andamento previsto GAIN-PHASE tratto dall'Horowitz

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
 - Simulazione I
 - Simulazione II
- 5 **Analisi in frequenza con generatore esterno**
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - **G-300**
 - G-500
 - Grafici Triplot

	Dati sperimentali G300
R_1	$98 \text{ Ohm} + 1.03 \text{ kOhm} (\pm 0.8 \%)$
R_2	$353 \text{ kOhm} \pm 0.8 \%$
V_{PP}	$50 \pm 3 \text{ mV}$
$V_{OFF \text{ preset}}$	-46 mV
G	$G_{exp} = 312 \pm 9 \quad G_{meas} = 327 \pm 2$
$f_T (\text{kHz})$	2.68 ± 0.05
$G * f_T \text{ kHz}$	880 ± 30

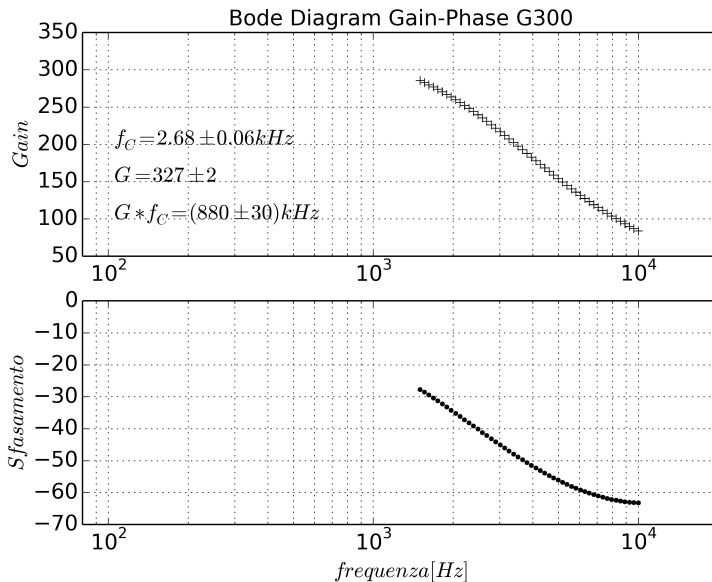


Figura : Bode Diagram - G300

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
 - Simulazione I
 - Simulazione II
- 5 **Analisi in frequenza con generatore esterno**
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - **G-500**
 - Grafici Triplot

	Dati sperimentali G500
R_1	$98 \text{ Ohm} + 1.03 \text{ kOhm} (\pm 0.8 \%)$
R_2	$353 \text{ kOhm} + 217 \text{ kOhm} \pm 0.8 \%$
V_{PP}	$30 \pm 3 \text{ mV}$
$V_{OFF \text{ preset}}$	-46 mV
G	$G_{exp} = 510 \pm 20 \quad G_{meas} = 540 \pm 2$
$f_T (\text{kHz})$	1.64 ± 0.04
$G * f_T \text{ kHz}$	880 ± 30

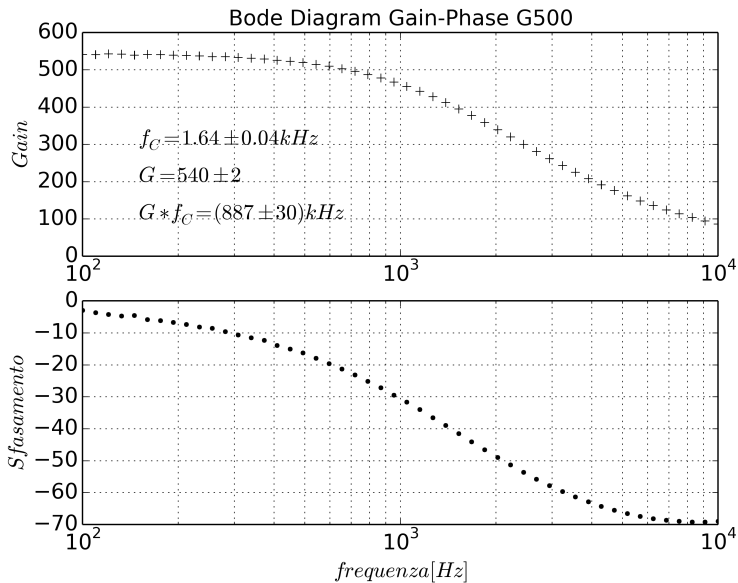


Figura : Bode Diagram - G500

Stima frequenze di taglio per $G = 1000$, $G = 1$

- A partire dalla relazione $G * f_T = \text{cost}$ si ricava:

G	f_T
1000	850Hz
1	8.50kHz UGBW

- Interpolando graficamente il grafico *OPEN-LOOP LARGE-SIGNAL DIFFERENTIAL VOLTAGE AMPLIFICATION vs FREQUENCY* riportato sul datasheet del $\mu A741$ si verifica che la frequenza di **UGBW** pari circa a 1MHz.

- 1 Prelude
 - Analisi del generatore
- 2 Sfasamento
- 3 Incertezze di misura
 - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
 - Simulazione I
 - Simulazione II
- 5 **Analisi in frequenza con generatore esterno**
 - G-100
 - G-100 con algoritmo di correzione sfasamenti
 - G-300
 - G-500
 - **Grafici Triplot**

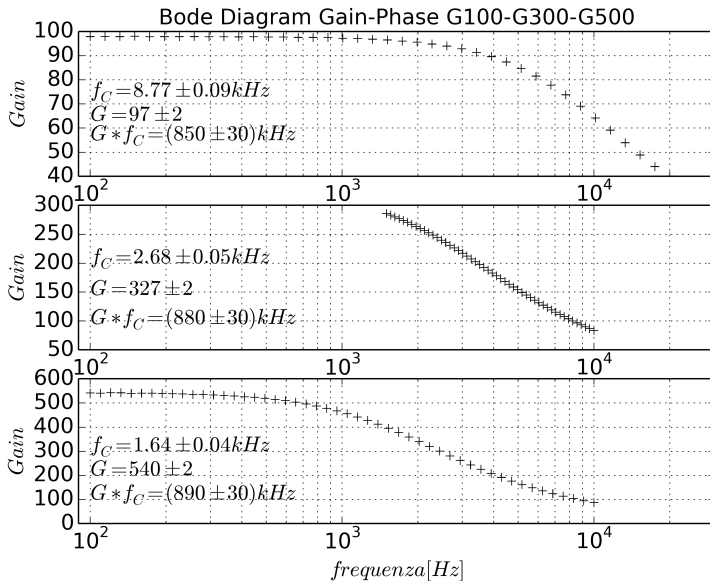


Figura : Triplot Gain 100-300-500 Semilogx

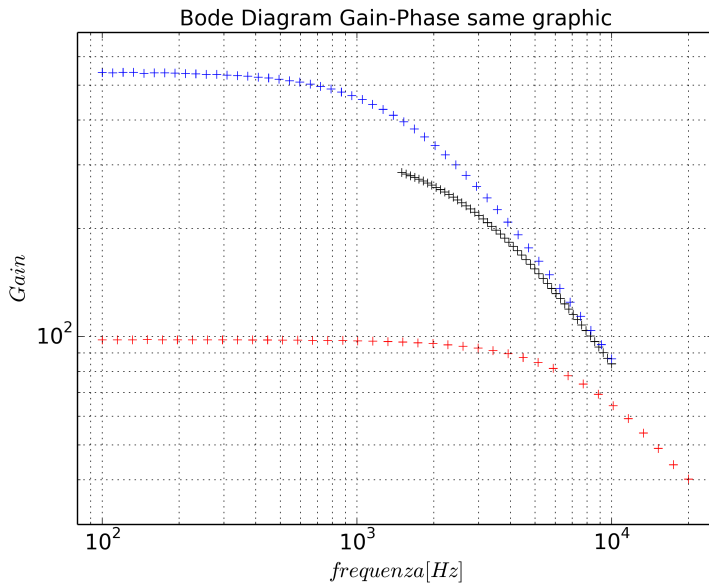


Figura : Bode Diagram - Triplot bilog

OPEN-LOOP LARGE-SIGNAL DIFFERENTIAL
VOLTAGE AMPLIFICATION
VS
FREQUENCY

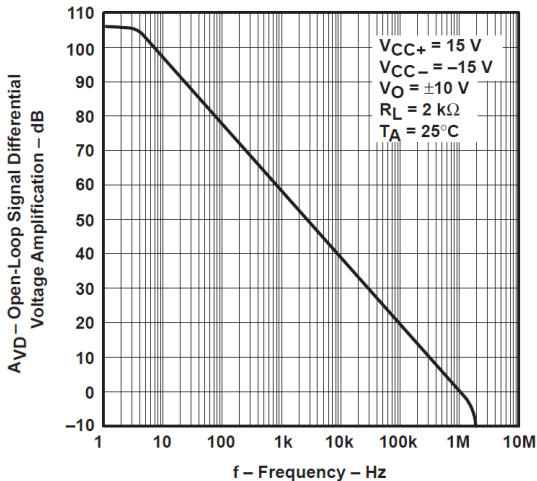


Figura : Gain vs Frequency - Datasheet uA741

Comportamento anomalo a fondoscala IN 0.05

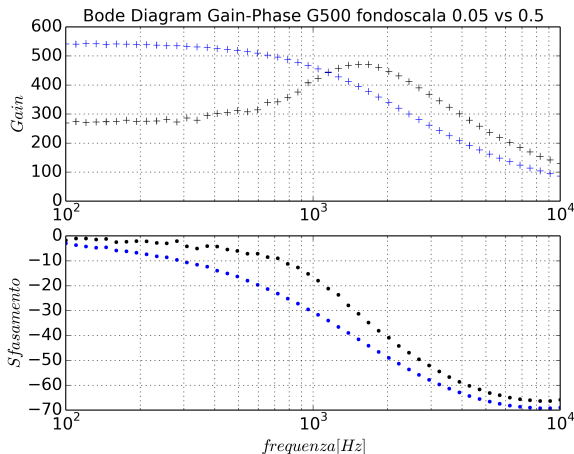


Figura : Comportamento anomalo per fondoscala 0.05V IN (nero) e 0.5V IN (blu)



P. Horowitz.

The Art of Electronics.

Cambridge University Press, 1989.



Datasheet uA741, Texas Instruments.