

# Amplificatore Operazionale II

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

S. Bottaro<sup>1</sup>   L.M. Perrone<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Fisica  
Universita' di Pisa

Recitation - Week03, 2015

- 1 prelude
  - Analisi del generatore
- 2 title
- 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 title
- 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'

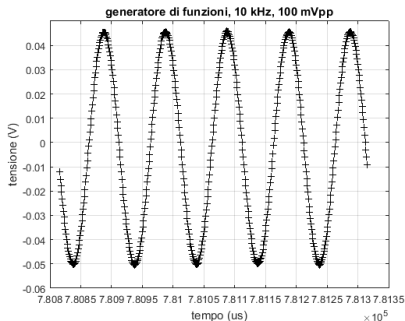


Figura : Segnale prodotto  
a 10kHz, 100mVpp

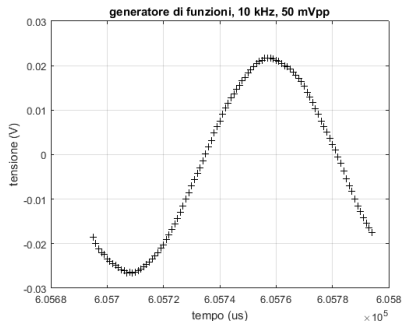


Figura : Segnale prodotto  
a 10kHz, 50mVpp

# Comportamenti limite

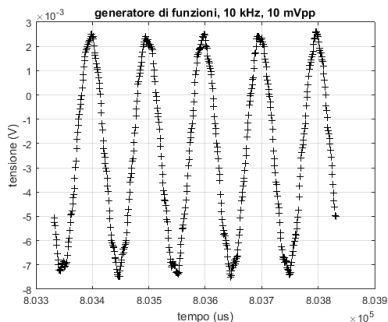


Figura : Segnale prodotto  
a 10kHz a 10mVpp

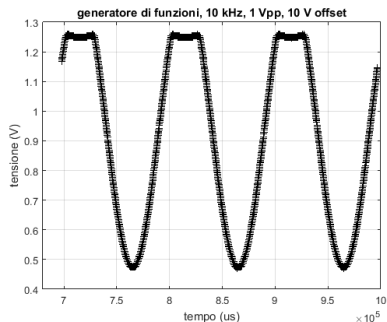
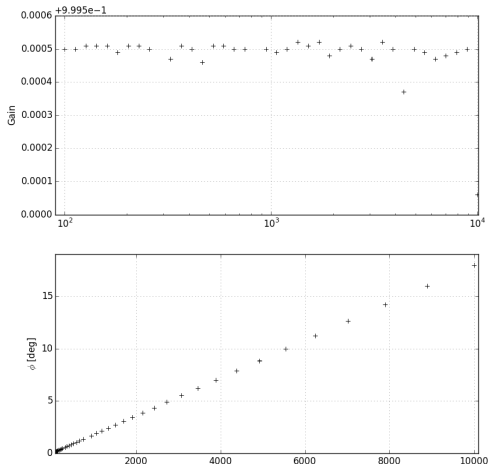


Figura : Comportamento  
anomalo a 10Vpp offset.

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

Gain e sfasamento a 100000 campionamenti al secondo



Gain e sfasamento a 200000 campionamenti al secondo

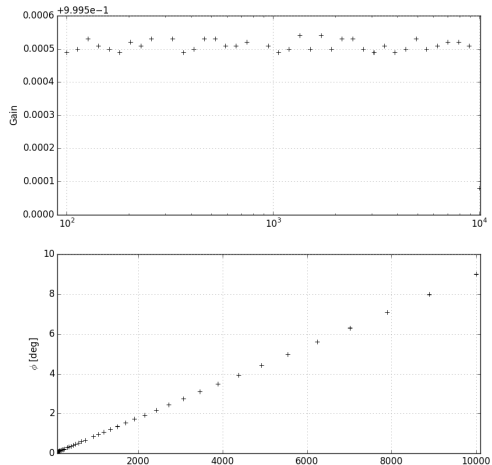


Figura : Gain e sfasamento con 200000 campioni al secondo

# Possibile spiegazione

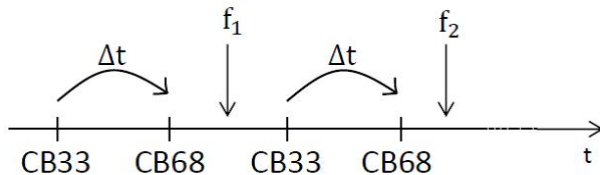


Figura : Schema processo di acquisizione

## 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

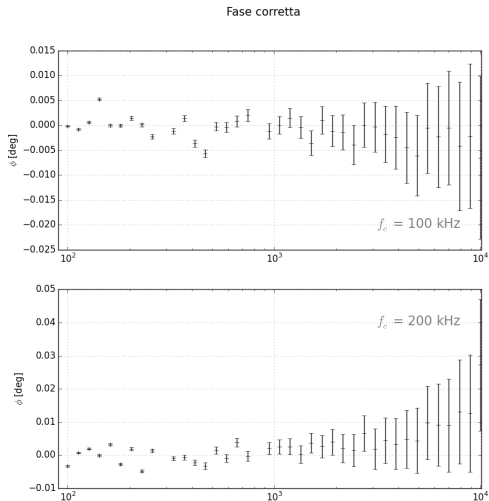


Figura : Sfasamenti con algoritmo correttivo

- 1 prelude
  - Analisi del generatore
- 2 title
- 3 **Incertezze di misura**
  - Assegnazione delle incertezze
- 4 Simulazione con TINA
  - Simulazione I
  - Simulazione II
- 5 Simulazione 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

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

## Example

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

- 1 prelude
  - Analisi del generatore
- 2 title
- 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 $\Omega$ )	1.03
$R_2$ (k $\Omega$ )	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)	$8.77 \pm 0.09$
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	$15.14 \pm 0.16$
Max Gain	$97.8 \pm 0.1$

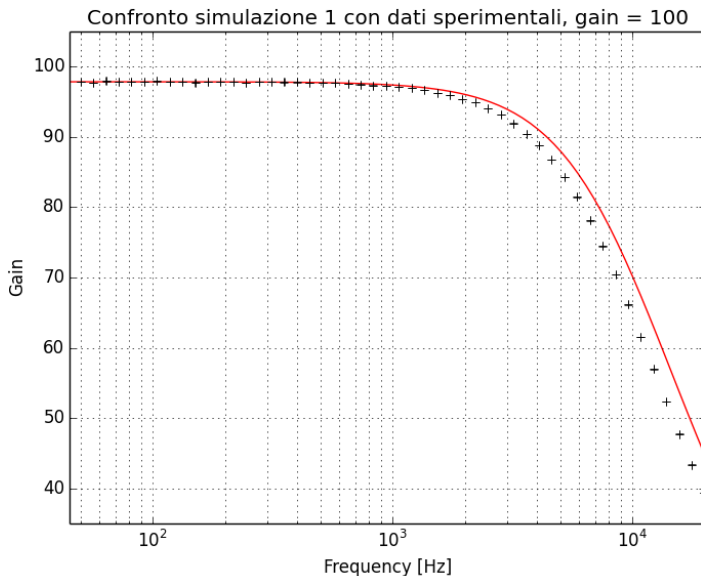


Figura : Simulazione TINA (1) e dati sperimentali - Comparison

- 1 prelude
  - Analisi del generatore
- 2 title
- 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 $\Omega$ )	1.03
$R_2$ (k $\Omega$ )	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)	$8.77 \pm 0.09$
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	$15.14 \pm 0.16$
Max Gain	$97.8 \pm 0.1$



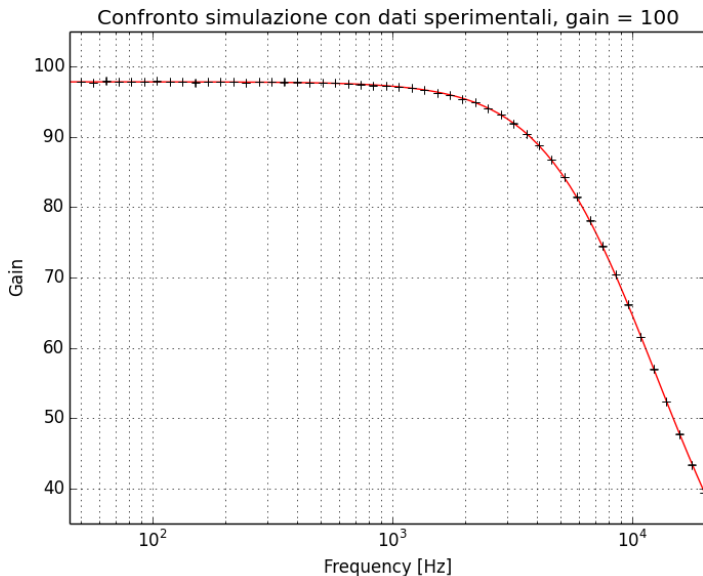
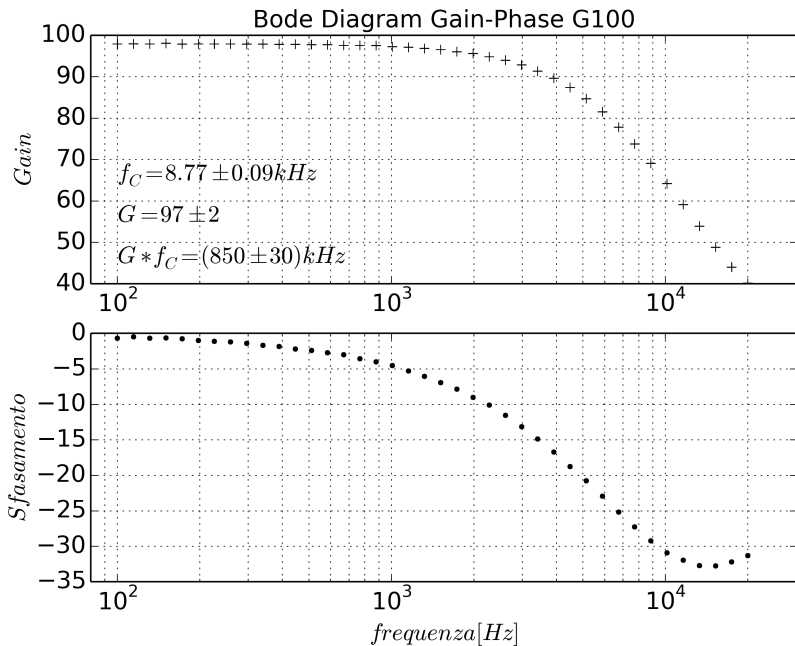


Figura : Simulazione TINA (2) e dati sperimentali - comparison

- 1 prelude
  - Analisi del generatore
- 2 title
- 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

	<b>Dati sperimentali G100</b>
$R_1$ (k $\Omega$ )	$1.03 \pm 0.8 \%$
$R_2$ (k $\Omega$ )	$99.8 \pm 0.8 \%$
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)	$8.77 \pm 0.09$
$f_{\frac{1}{2}}$ (kHz)	$15.14 \pm 0.16$
$G * f_T$ kHz	$850 \pm 30$



# G100 corretto

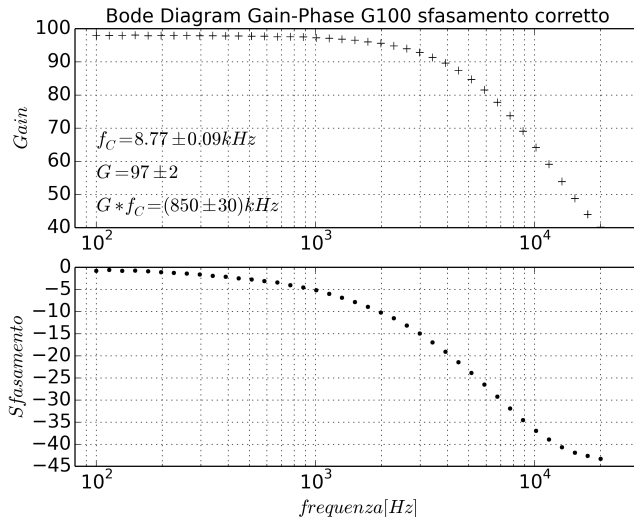


Figura : Bode diagram - G100, sfasamenti corretti

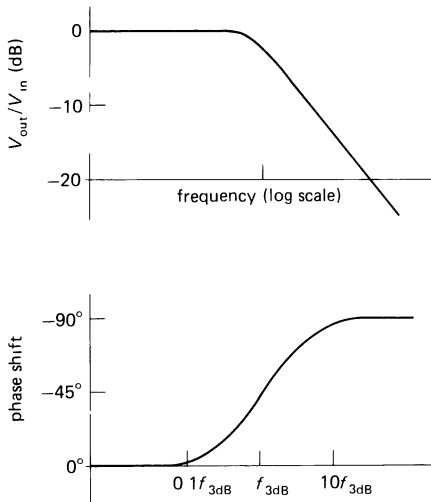


Figure 4.82. Bode plot: gain and phase versus frequency.

Figura : Andamento previsto GAIN-PHASE tratto dall'Horowitz

- 1 prelude
  - Analisi del generatore
- 2 title
- 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

	<b>Dati sperimentali G300</b>
$R_1$	$98 \text{ Ohm} + 1.03 \text{ kOhm} (\pm 0.8 \%)$
$R_2$	$353 \text{ kOhm} \pm 0.8 \%$
$V_{PP}$	$50 \pm 3 \text{ mV}$
$V_{OFF \text{ preset}}$	$-46 \text{ mV}$
$G$	$G_{exp} = 312 \pm 9 \quad G_{meas} = 310 \pm 2$
$f_T (\text{kHz})$	$2.7 \pm 0.1$
$G * f_T \text{ kHz}$	$840 \pm 40$



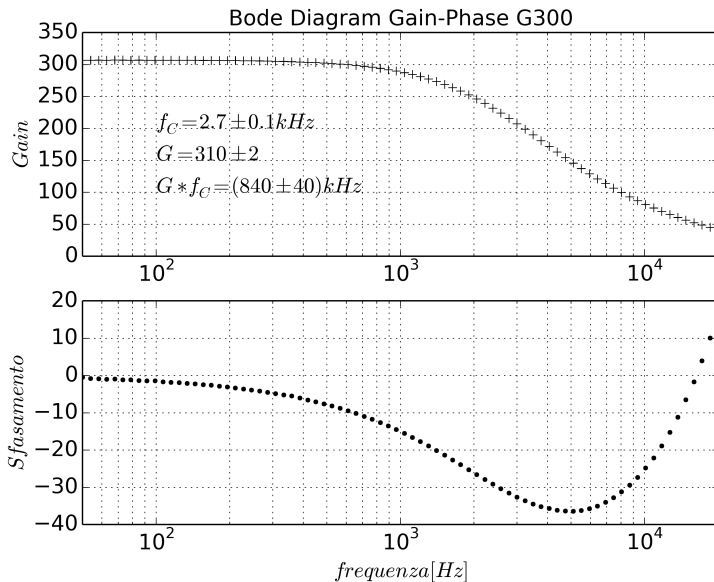


Figura : Bode Diagram - G300

- 1 prelude
  - Analisi del generatore
- 2 title
- 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

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

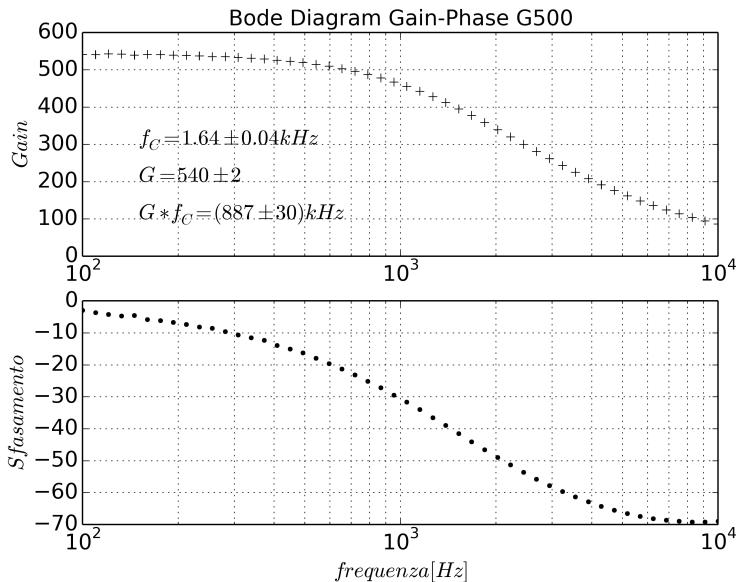


Figura : Bode Diagram - G500

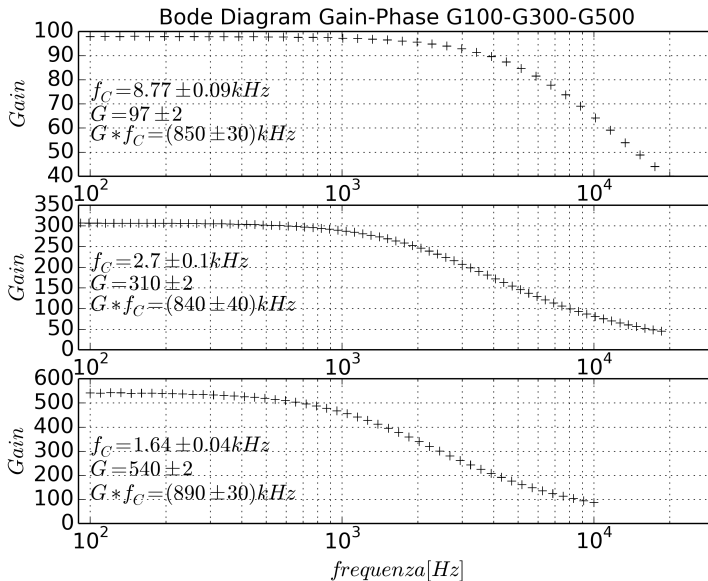
# Stima frequenze di taglio per $G = 1000$ , $G = 1$

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

$G$	$f_T$
1000	850Hz
1	8.50kHz <b>UGBW</b>

- 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 title
- 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**

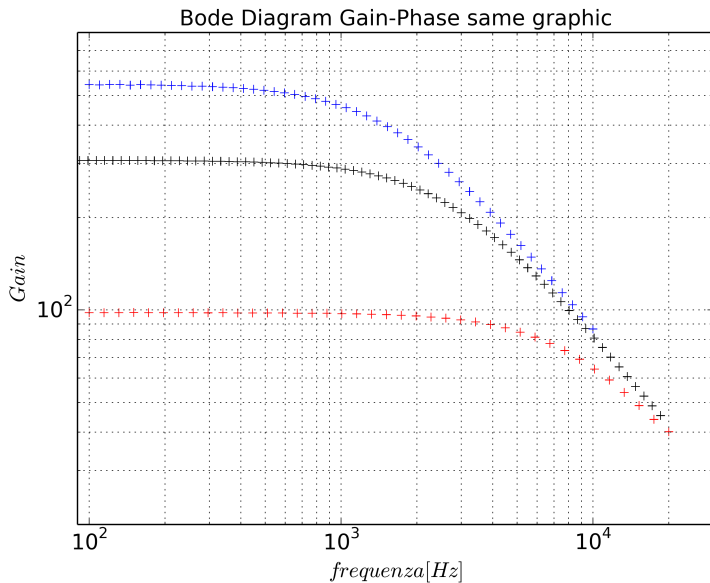


Figura : Bode Diagram - Triplot bilog



OPEN-LOOP LARGE-SIGNAL DIFFERENTIAL  
VOLTAGE AMPLIFICATION  
VS  
FREQUENCY

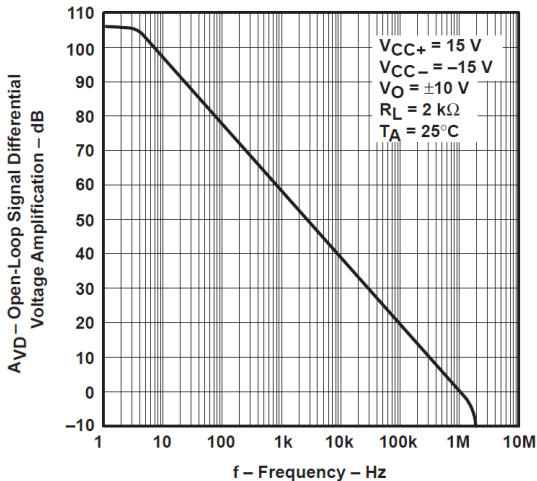
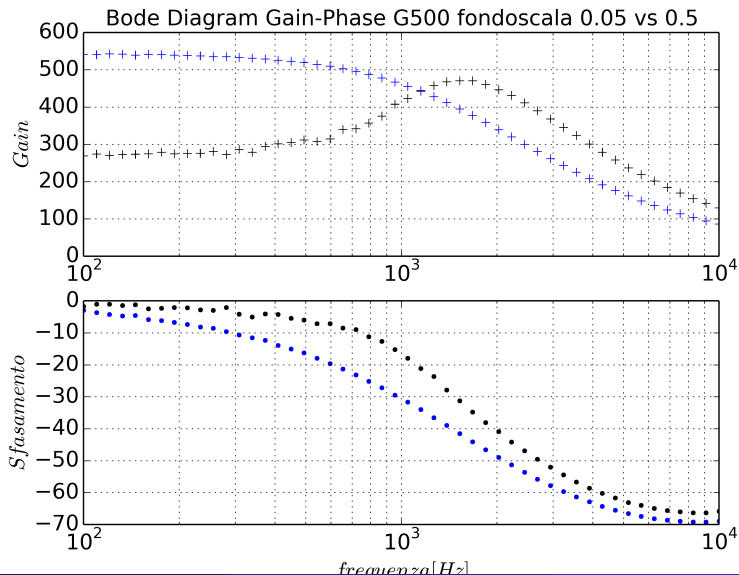


Figura : Gain vs Frequency - Datasheet uA741

# Comportamento anomalo a fondoscala IN 0.05



# Summary

- The **first main message** of your talk in one or two lines.
- The **second main message** of your talk in one or two lines.
- Perhaps a **third message**, but not more than that.
- Outlook
  - Something you haven't solved.
  - Something else you haven't solved.



P. Horowitz.

*The Art of Electronics.*

Cambridge University Press, 1989.



Datasheet uA741, Texas Instruments.