

# RELAZIONE DI ELETTRONICA

## *Amplificatori Operazionali*

FRANCESCO FORCHER

Università di Padova, Facoltà di Fisica

francesco.forcher@studenti.unipd.it

Matricola: 1073458

ENRICO LUSIANI

Università di Padova, Facoltà di Fisica

enrico.lusiani@studenti.unipd.it

Matricola: 1073300

LAURA BUONINCONTRI

Università di Padova, Facoltà di Fisica

laura.buonincontri@studenti.unipd.it

Matricola: 1073131

5 maggio 2016

### Sommario

*L'obiettivo dell'esperienza è la misura della curva di trasferimento di un amplificatore (in configurazione invertente e non invertente) e lo studio della sua risposta in frequenza (in configurazione non invertente).*

## INDICE

<b>I Schema Circuiti</b>	<b>2</b>
<b>II Parte I</b>	<b>2</b>
I Amplificatore invertente . . . . .	2
I.1 Calcolo amplificazione . . . . .	2
I.2 Analisi . . . . .	3
II Amplificatore non invertente . . . . .	3
II.1 Calcolo amplificazione . . . . .	4
II.2 Analisi . . . . .	4
<b>III Parte II</b>	<b>7</b>
I Amplificatore con $A=10$ . . . . .	7
II Amplificatore con $A=5$ . . . . .	7
III Amplificatore con $A=1$ . . . . .	7
IV Discussione dei punti precedenti . . . . .	7
<b>IV Analisi dei dati</b>	<b>14</b>
<b>V Appendice: calcolo degli errori</b>	<b>14</b>
<b>VI Conclusioni</b>	<b>14</b>
<b>VII Codice</b>	<b>15</b>

## I. SCHEMA CIRCUITI

Circuito di alimentazione:

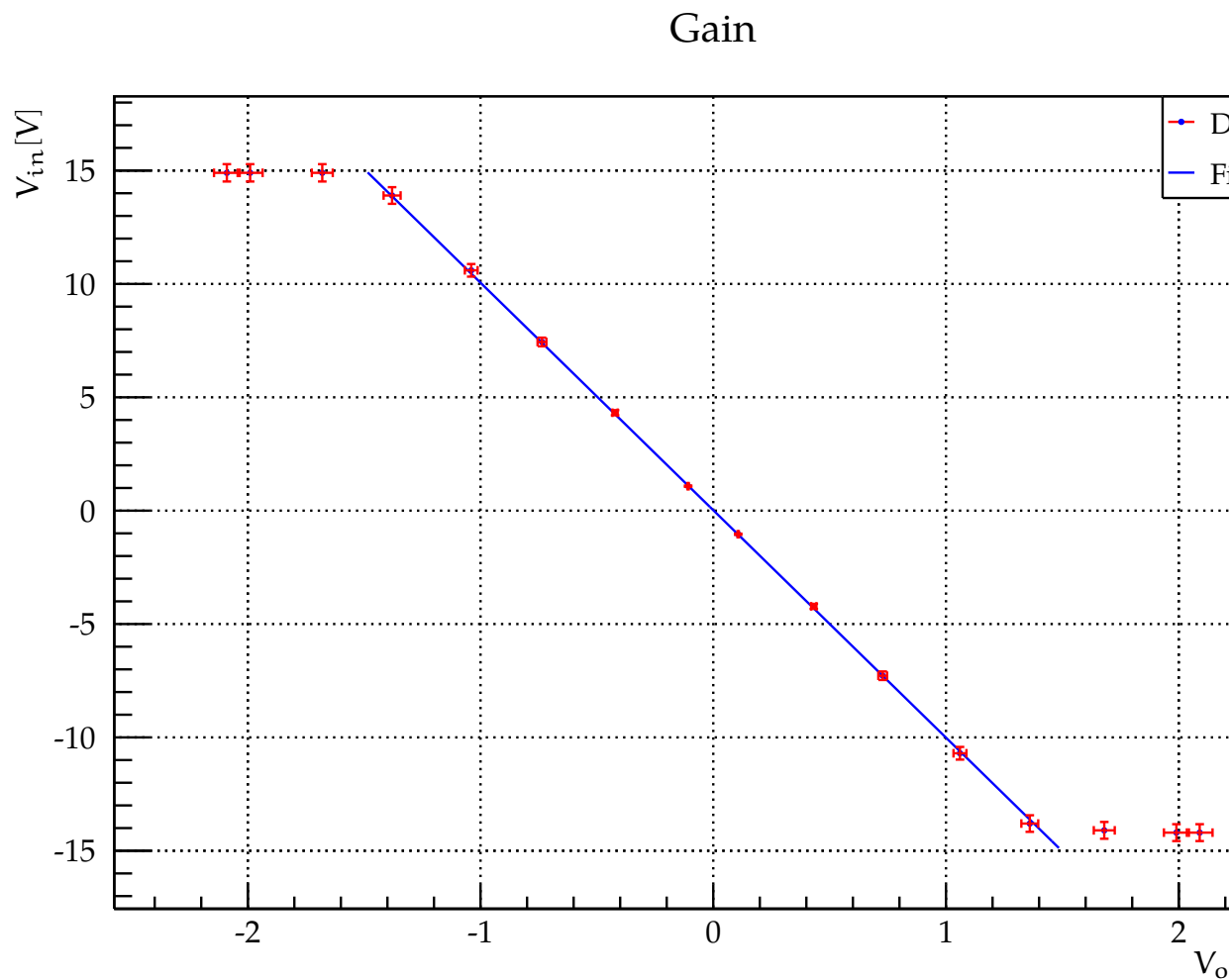
## II. PARTE I

### II.I Amplificatore invertente

Schema amplificatore invertente: Le resistenze sono state scelte in modo da avere guadagno  $A = -10 \frac{V}{V}$   $R_1 = 9.85 \pm k\Omega$   $R_2 = 101.3 \pm k\Omega$   $R_3 = 56.0 \pm \Omega$

#### I.1 Calcolo amplificazione

Dimostrazione che amplificazione in configurazione invertente è data da

**Grafico 1** Curva di trasferimento di un amplificatore invertente

## I.2 Analisi

La stima di  $A$  teorica, a partire dalle resistenze misurate è:  $A_{teorica} =$

Le misure sono state fatte applicando una tensione sinusoidale di frequenza  $f = 1 \text{ kHz}$ , variando l'ampiezza tra  $0.2V_{pp}$  e  $4V_{pp}$ .

E' stata fatta l'interpolazione lineare pesata dei punti compresi tra 0 e 1.5 V.

## II.II Amplificatore non invertente

Schema amplificatore non invertente: Le resistenze sono state scelte in modo da avere guadagno  $A = 10 \frac{V}{V}$   $R_{1,up} = 9.91 \pm \text{k}\Omega$   $R_{1,down} = 9.85 \pm \text{k}\Omega$   $R_{2,up} = 99.7 \pm \text{k}\Omega$   $R_{2,down} = 101.3 \pm \text{k}\Omega$   $R_4 = 56.0 \pm \Omega$

**Tabella 1:** Dati curva di trasferimento

$V_{in+}$ (V)	$V_{in-}$ (V)	FS (V)	$V_{out+}$ (V)	$V_{out-}$ (V)	FS (V)
1.06	-1.04	0.3	-10.7	10.6	3
0.107	-0.108	0.03	-1.04	1.08	0.3
0.432	-0.422	0.12	-4.22	4.32	1.2
0.728	-0.736	0.2	-7.28	7.44	2
1.36	-1.38	0.4	-13.8	13.9	4
1.68	-1.68	0.5	-14.1	14.9	4
1.99	-1.99	0.6	-14.2	14.9	4
2.09	-2.09	0.6	-14.2	14.9	4

## II.1 Calcolo amplificazione

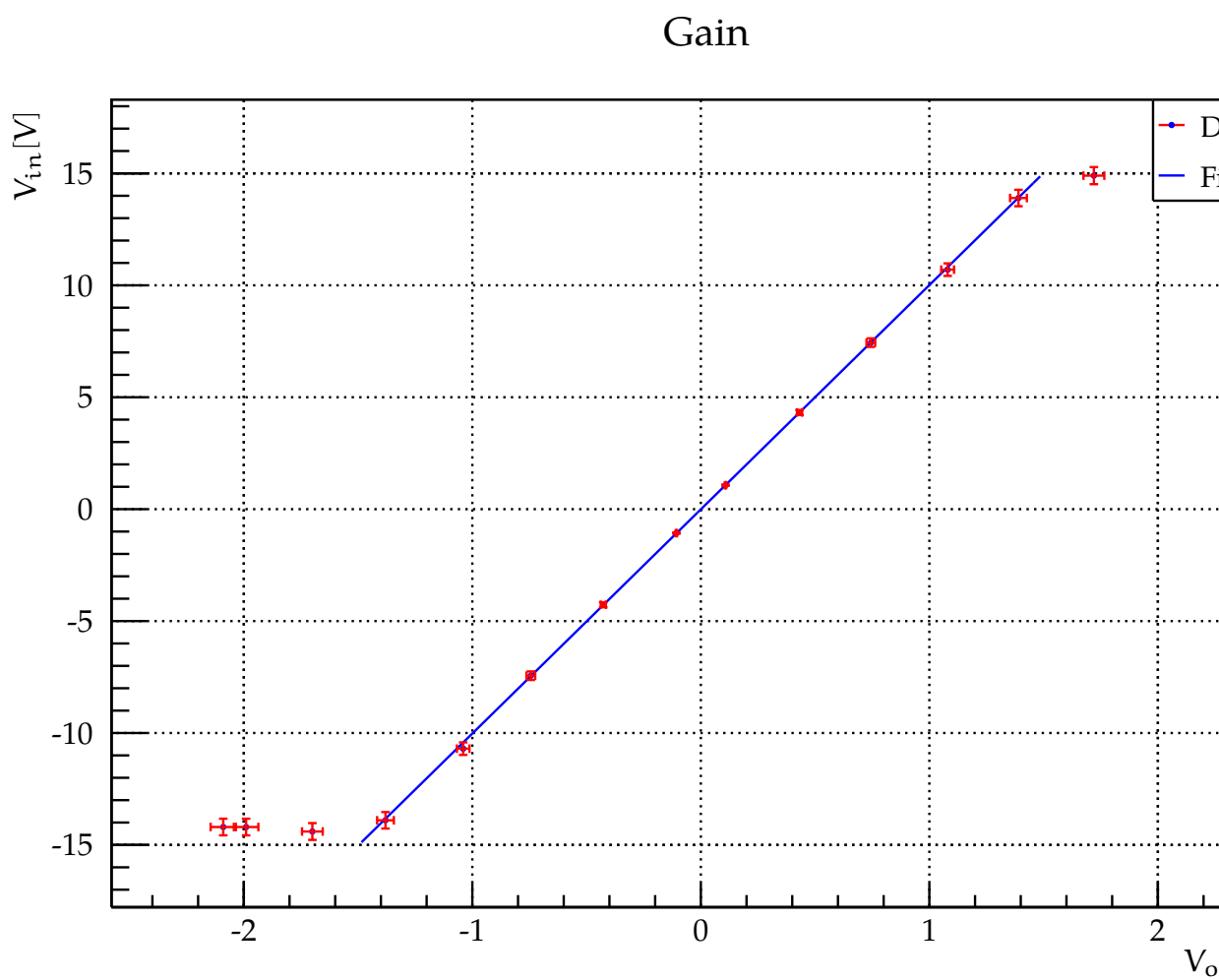
Dimostrazione che amplificazione in configurazione non invertente è data da

## II.2 Analisi

La stima di A teorica, a partire dalle resistenze misurate è:  $A_{teorica} =$

Le misure sono state fatte applicando una tensione sinusoidale di frequenza  $f = 1$  kHz, variando l'ampiezza tra  $0.2V_{pp}$  e  $4V_{pp}$ .

E' stata fatta l'interpolazione lineare pesata dei punti compresi tra 0 e 1.5 V.

**Grafico 2** Curva di trasferimento di un amplificatore invertente

**Tabella 2:** *Dati curva di trasferimento*

$V_{in+}$ (V)	$V_{in-}$ (V)	FS (V)	$V_{out+}$ (V)	$V_{out-}$ (V)	FS (V)
1.08	-1.04	0.3	10.7	-10.7	3
0.108	-0.107	0.03	1.07	-1.07	0.3
0.432	-0.427	0.120	4.32	-4.27	1.2
0.744	-0.744	0.2	7.44	-7.44	2
1.39	-1.38	0.4	13.9	-13.9	4
1.72	-1.70	0.5	14.9	-14.4	4
2.04	-1.99	0.6	14.7	-14.2	4
2.14	-2.09	0.6	14.9	-14.2	4

### III. PARTE II

Le misure sono state effettuate sull'amplificatore non invertente utilizzato al punto precedente e applicando una tensione sinusoidale di frequenza variabile mantenendo l'ampiezza  $V_s = 2V_{pp}$ .

#### III.I Amplificatore con $A=10$

Le resistenze inserite sono le stesse dello schema precedente, e quindi anche l'amplificazione teorica.

Sono state interpolate separatamente la zona di plateau e di discesa, ottenendo come risultati:  $A_{\text{plateau}} = \text{qualche} \pm$

La closed-loop bandwidth,  $f_b$ , del circuito, è stata ricavata intersecando la retta di discesa con la retta orizzontale a  $-3$  dB e applicando la propagazione degli errori al calcolo  $f_b = \pm \text{Hz}$  Il GBP è  $\text{GBP} = A_{CL} \cdot f_b$

#### III.II Amplificatore con $A=5$

Le resistenze inserite sono state sostituite con:  $R_{1,\text{up}} = 5.54 \pm \text{k}\Omega$   $R_{1,\text{down}} = 5.54 \pm \text{k}\Omega$   $R_{2,\text{up}} = 26.93 \pm \text{k}\Omega$   $R_{2,\text{down}} = 26.90 \pm \text{k}\Omega$   $R_4 = 56.0 \pm \Omega$

Sono state interpolate separatamente la zona di plateau e di discesa, ottenendo come risultati:  $A_{\text{plateau}} = \text{qualche} \pm$

Dall'interpolazione si è poi ricavato  $f_b = \pm \text{Hz}$  Il GBP è  $\text{GBP} = A_{CL} \cdot f_b$

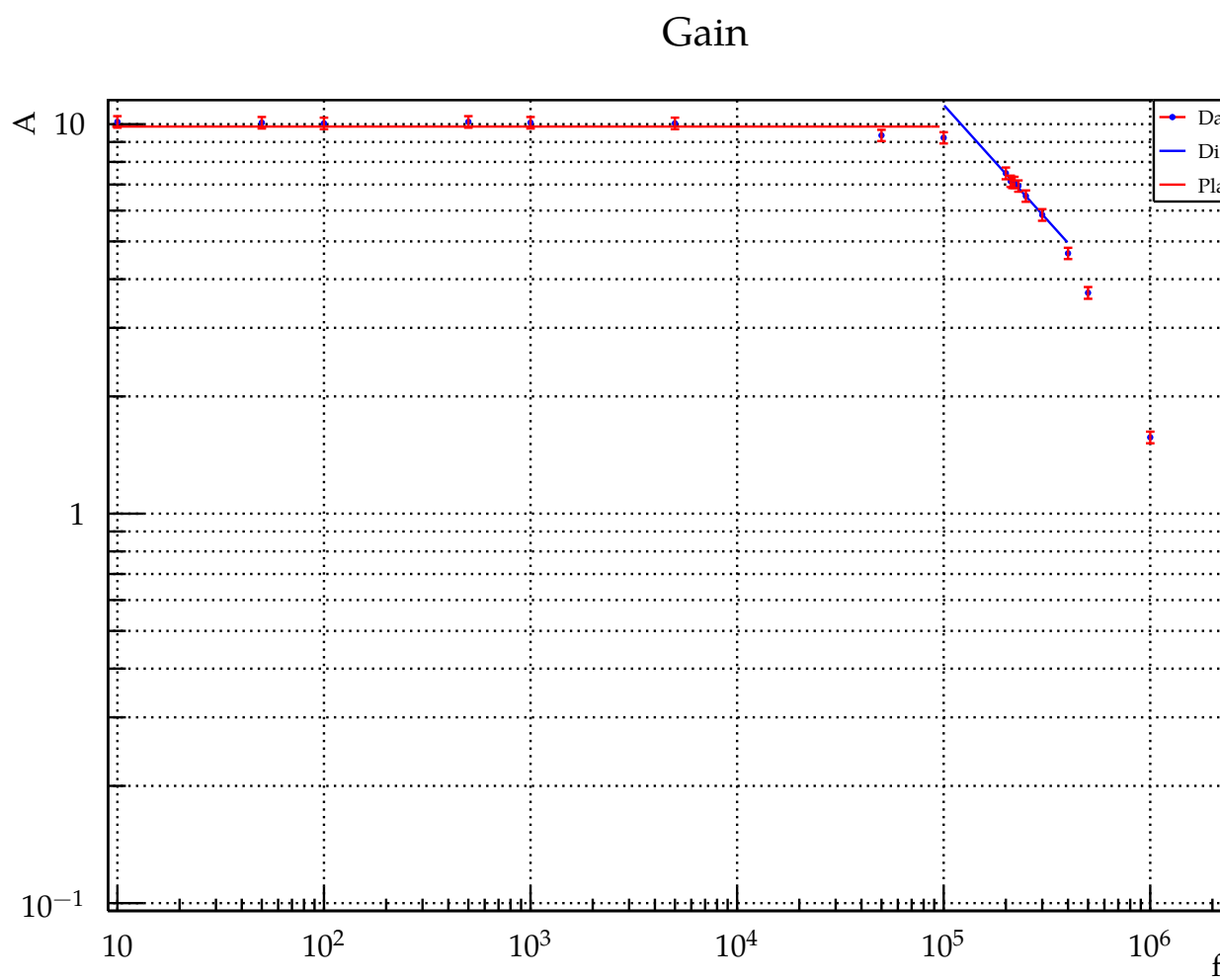
#### III.III Amplificatore con $A=1$

Le resistenze inserite sono state sostituite con:  $R_{1,\text{up}} = 32.55 \pm \text{k}\Omega$   $R_{1,\text{down}} = 32.55 \pm \text{k}\Omega$   $R_{2,\text{up}} = 32.67 \pm \text{k}\Omega$   $R_{2,\text{down}} = 32.53 \pm \text{k}\Omega$   $R_4 = 56.0 \pm \Omega$

Sono state interpolate separatamente la zona di plateau e di discesa, ottenendo come risultati:  $A_{\text{plateau}} = \text{qualche} \pm$

Dall'interpolazione si è poi ricavato  $f_b = \pm \text{Hz}$  Il GBP è  $\text{GBP} = A_{CL} \cdot f_b$

#### III.IV Discussione dei punti precedenti

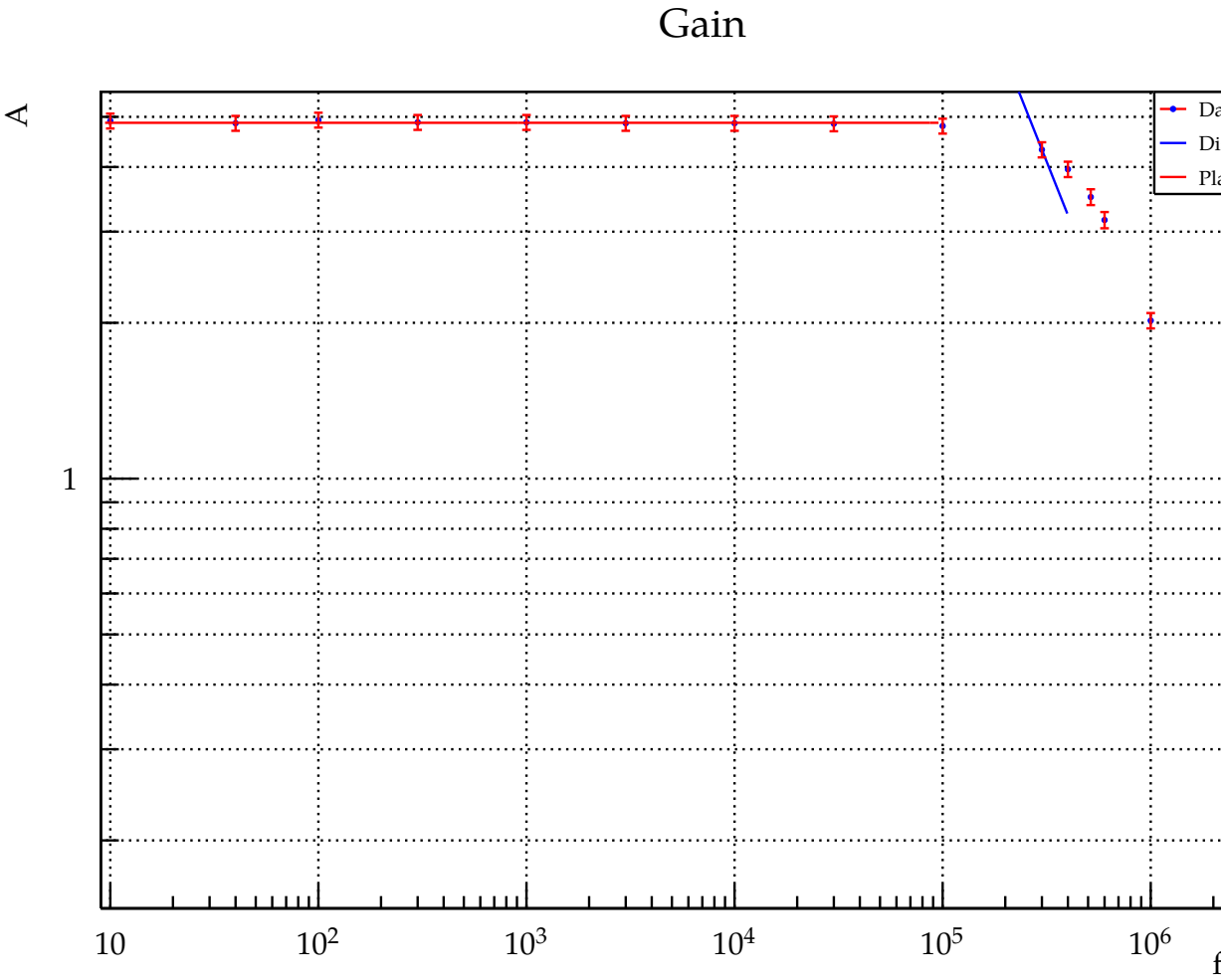
**Grafico 3** Risposta in frequenza di un amplificatore non invertente con  $A=10$ 



**Tabella 3:** *Dati risposta in frequenza*

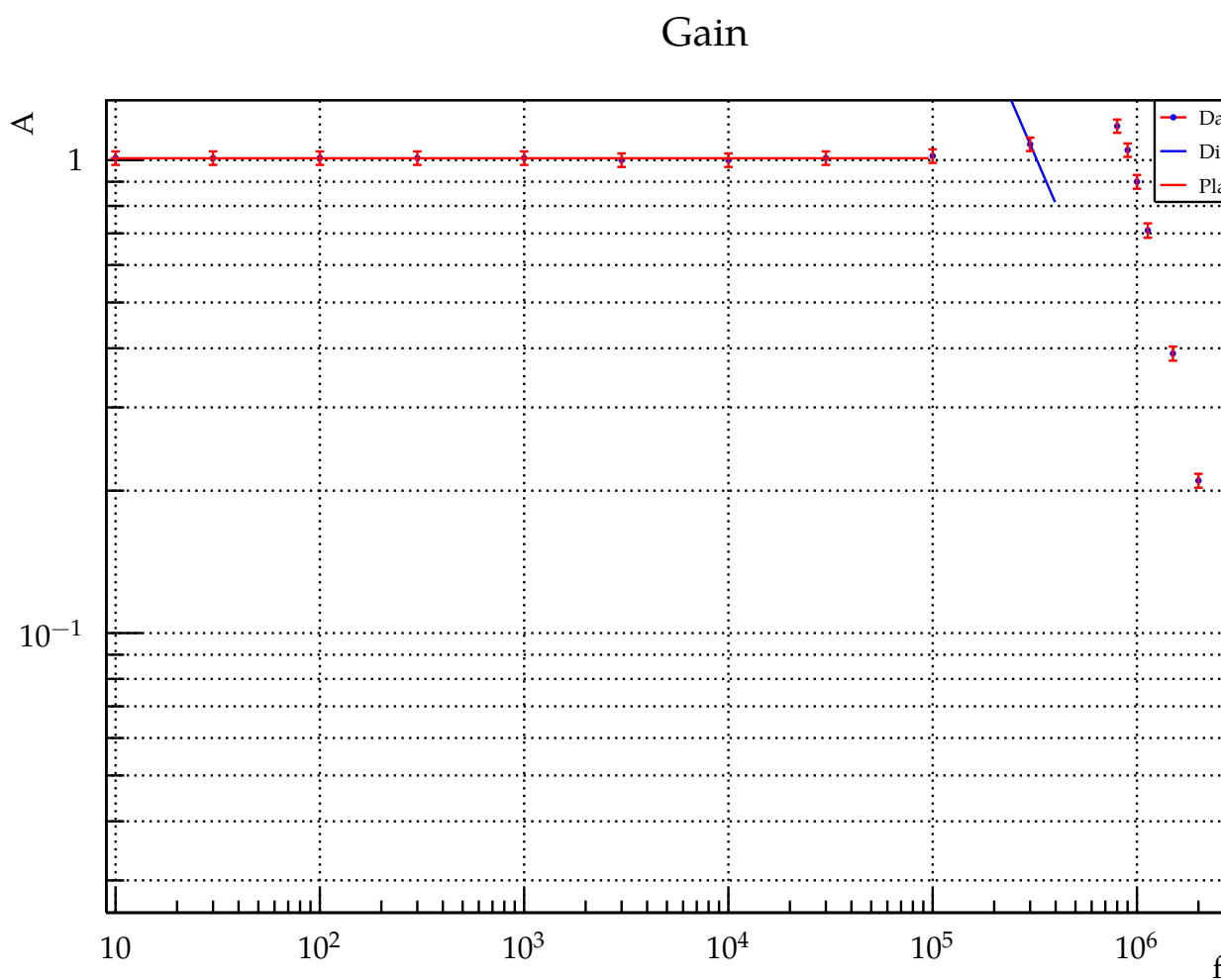
f(Hz)	A	???
10	10.14	2.5
50	10.09	2.5
100	10.05	2.5
500	10.14	2.5
1000	10.09	2.5
5000	10.05	2.5
50000	9.36	2
100000	9.23	2
200000	7.48	2
211000	7.14	1.5
215000	7.09	1.5
220000	7.09	1.5
230000	6.94	1.5
250000	6.54	1.5
300000	5.85	1.5
400000	4.66	1
500000	3.69	1
1000000	1.57	0.4
5000000	0.11	0.03

Grafico 4 Risposta in frequenza di un amplificatore non invertente con A=5



**Tabella 4:** *Dati risposta in frequenza*

f(Hz)	A	???
10	4.91	1
40	4.86	1
100	4.93	1
300	4.88	1
1000	4.88	1
3000	4.86	1
10000	4.86	1
30000	4.85	1
100000	4.8	1
300000	4.32	1
400000	3.96	1
515000	3.50	1
600000	3.16	1
1000000	2.02	0.5
3000000	0.44	0.1
5000000	0.17	0.04

**Grafico 5** Risposta in frequenza di un amplificatore non invertente con  $A=1$ 

**Tabella 5:** *Dati risposta in frequenza*

f(Hz)	A	???
10	1.01	0.2
30	1.01	0.2
100	1.01	0.2
300	1.01	0.2
1000	1.01	0.2
3000	1.00	0.2
10000	1.00	0.2
30000	1.01	0.2
100000	1.02	0.2
300000	1.08	0.2
800000	1.18	0.2
900000	1.05	0.2
1000000	0.90	0.2
1130000	0.71	0.2
1500000	0.39	0.1
2000000	0.21	0.05
3000000	0.09	0.02
6000000	0.03	0.02

---

**Grafico 6** Risposta in frequenza di un amplificatore non invertente a varie amplificazioni

---

## **IV. ANALISI DEI DATI**

## **V. APPENDICE: CALCOLO DEGLI ERRORI**

da cambiare

## **VI. CONCLUSIONI**

da cambiare

## VII. CODICE

È presentata qua la parte fondamentale del codice in c++ usato per i calcoli numerici. Inoltre è stato usato per i calcoli Mathematica.

```
1  /*
2   * OpampAnalisys.cpp
3   *
4   * Created on: 01/mag/2016
5   * Author: enrico
6   */
7
8  #include "OpampAnalisys.h"
9  #include "Graph.h"
10
11 #include <TR00T.h>
12 #include <TGraph.h>
13 #include <TGraphErrors.h>
14 #include <TF1.h>
15 #include <TCanvas.h>
16 #include <TAxis.h>
17 #include <TFitResult.h>
18 #include <TFrame.h>
19 #include <TLegend.h>
20
21 #include <iostream>
22
23 using namespace std;
24
25 string OpampAnalisys::basename = "";
26
27 unique_ptr<Graph> readGraph(string);
28
29 OpampAnalisys::OpampAnalisys(string filename)
30 : filename(filename)
31 {
32     string name = basename + filename + ".txt";
33     unique_ptr<Graph> gr = readGraph(name);
34
35     cout << gr->n() << endl;
36     g = unique_ptr<TGraphErrors>(new TGraphErrors(gr->n(), gr->x(),
37         gr->y(), gr->ex(), gr->ey()));
38 }
39
40 OpampAnalisys::~OpampAnalisys()
41 {
42     // TODO Auto-generated destructor stub
43 }
44
45 void OpampAnalisys::analisys()
46 {
```

```

46 TCanvas c("Interpolazione Opamp");
47 c.SetGrid();
48
49 g->SetFillColor(1);
50 g->SetLineColor(2);
51 g->SetLineWidth(1);
52 g->SetMarkerColor(4);
53 g->SetMarkerSize(0.7F);
54 g->SetMarkerStyle(1);
55 g->SetTitle("Gain");
56 g->GetXaxis()->SetTitle("V_{out} [V]");
57 g->GetYaxis()->SetTitle("V_{in} [V]");
58 g->Draw("AP");
59
60 TF1* f = new TF1("fit", "[0]+[1]*x");
61 f->SetParName(1, "m");
62 f->SetParName(0, "q");
63 f->SetLineColor(4);
64 f->SetLineWidth(1);
65
66 TFitResultPtr r = g->Fit(f, "S", "", -1.5, 1.5);
67 r->Print("V");
68 for (unsigned int i = 0; i < r->NPar(); ++i)
69 {
70     clog << r->ParName(i)
71         << " " << r->Parameter(i)
72         << " " << r->ParError(i) << endl;
73 }
74
75 TLegend *leg = new TLegend(0.8, 0.8, 0.9, 0.9);
76 leg->AddEntry(g.get(), "Data", "lp");
77 leg->AddEntry(f, "Fit", "l");
78 leg->Draw();
79
80 c.Update();
81 c.GetFrame()->SetFillColor(0);
82 c.GetFrame()->SetBorderSize(12);
83 c.Modified();
84
85 string name = "Result" + filename + ".tex";
86 c.Print(name.c_str());
87 }

```

../src/opamp\_p1/OpampAnalysis.cpp