

# Realizzazione e caratterizzazione di un circuito filtro passa banda RLC<sup>a</sup>

Francesco Polleri<sup>1, b</sup> e Mattia Sotgia<sup>1, c</sup>

(Gruppo A1)

<sup>1</sup>Dipartimento di Fisica,  
Università degli Studi di Genova, I-16146 Genova,  
Italia

(Dated: presa dati 26 ottobre 2021, analisi dati <date>, relazione in data 11 novembre 2021)

Partendo dal filtro passa basso e passa alto riferiti ai circuiti RL e RC, sfruttiamo la loro combinazione in serie per ottenere un filtro passa banda, dove il segnale che viene fatto passare è il segnale ad una frequenza  $\nu_0$  definita dalle caratteristiche del circuito RLC, e attenuato dove la frequenza è diversa.

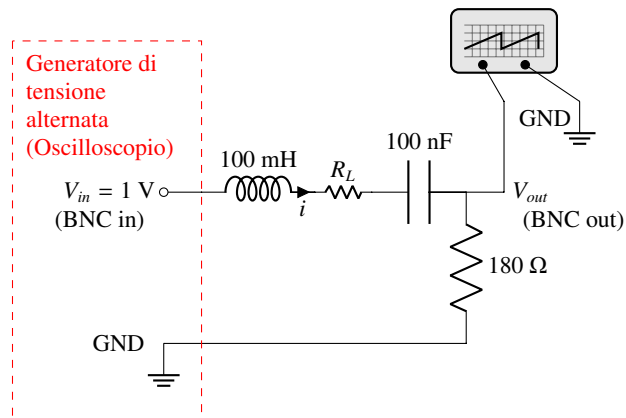


Figura 1 Circuito utilizzato per il filtro passa-banda progettato nell'esperienza, i valori di R, L e C sono i valori nominali riportati sul componente. La resistenza  $R_L$  è la resistenza interna all'induttanza, che verifichiamo non essere nulla.

## Appendice A: Output

Processing analisi\_RLC\_filter.C...

\*\*\*\*\*  
PRIMO DIAGRAMMA DI BODE (AMPIEZZA)  
\*\*\*\*\*

FCN=9.46289 FROM MIGRAD STATUS=CONVERGED 110 CALLS 111 TOTAL  
EDM=9.22553e-07 STRATEGY= 1 ERROR MATRIX UNCERTAINTY 3.7 per cent

EXT	PARAMETER	NAME	VALUE	ERROR	STEP	SIZE	DERIVATIVE
1	p0		2.58061e+00	1.27018e-01	1.09771e-03	7.06127e-03	
2	p1		2.57726e+00	3.33215e-02	1.25494e-05	-2.88905e-02	
3	p2		1.56666e+03	1.27770e+01	-7.56259e-02	9.84292e-05	

\*\* CHI2 / NDF ( PROB. ) 9.46289 / 9 ( 0.395687 )

A da  $|H(\omega)| = (1 + R_L / R)^2 = 2.58061 \pm 0.127018$   
Fattore di Qualita' da  $|H(\omega)|$ ,  $Q = 2.57726 \pm 0.0333215$   
Frequenza di Taglio da  $|H(\omega)|$ ,  $\nu = 1566.66 \pm 12.777$  Hz

\*\*\*\*\*  
SECONDO DIAGRAMMA DI BODE (FASE)  
\*\*\*\*\*

FCN=105.363 FROM MIGRAD STATUS=CONVERGED 122 CALLS 123 TOTAL  
EDM=3.41226e-08 STRATEGY= 1 ERROR MATRIX ACCURATE

EXT	PARAMETER	NAME	VALUE	ERROR	STEP	SIZE	DERIVATIVE
1	p0		1.50827e-01	2.59922e-01	1.70351e-05	-6.72688e-03	
2	p1		6.10263e-01	5.25838e-01	3.44626e-05	3.32006e-03	
3	p2		1.61740e+03	3.80538e+00	1.88003e-02	6.95658e-05	

\*\* CHI2 / NDF ( PROB. ) 105.363 / 9 ( 1.28861e-18 )

A da  $\phi(\omega) = (1 + R_L / R)^2 = 2.58061 \pm 0.127018$   
Fattore di Qualita' da  $\phi(\omega)$ ,  $Q = 2.57726 \pm 0.0333215$   
Frequenza di Taglio da  $\phi(\omega)$ ,  $\nu = 1566.66 \pm 12.777$  Hz

\*\* Verifica compatibilita => ( $\omega_0$ )COMPATIBILE

<sup>a</sup> Esperinza n. 2

<sup>b</sup> s5025011@studenti.unige.it

<sup>c</sup> s4942225@studenti.unige.it; In presenza in laboratorio per la presa dati

## Appendice B: Programma per analisi dati

```
#include<vector>
#include<cmath>
#include<iostream>
#include<fstream>
#include<string>

#include<TCanvas.h>
#include<TGraphErrors.h>
#include<TF1.h>
#include<TStyle.h>
#include<TAxis.h>
#include<TMath.h>
#include<TLatex.h>
#include<TLegend.h>

#include"../../LabTools/LabTools.h"

std::string rawdata = "../dati/presa_dati_2021_10_26.txt";

const double R = 175.7; // indicativo valore nominale 200 ohm?
const double C = 100; // indicativo valore nominale 100 nF
const double L = 97.6; // indicativo valore nominale 100 mH
const double R_L = 79.1;

const double R_Hi = 1.785; // kohm

// Con i valori scelti otteniamo che circa v = 1.6 kHz
// Q circa = 5
// A = 1 (che va bene finche' R_L << R)

// funzione calcolo incertezza a partire da fondo scala (per qualsiasi grandezza)
// tab. VALORI | Grandezza misurata | errPercent | partitions | fondoscala (rangel)
// | V (tensione) | 3.5% | 8 | variabile
// | T (periodi) | ?.7% | ? | variabile

double get_VRangeErr(double errPercent, int partitions, double rangel){
    return errPercent * partitions * rangel;
}
double get_TRangeErr(double rangel, double errPercent = 0.0016, int partition = 10){
    return rangel * errPercent * partition;
}

double getH(double vin, double vout){
    return vout / vin;
}

double get_HErr(double Vin, double Vout, double eVin, double eVout){
    return sqrt(pow(eVout / Vin, 2) + pow(eVin * Vout / pow(Vin, 2), 2));
}

double get_phi(double T, double dt){
    return 2 * M_PI * dt / T;
}

double get_phiErr(double T, double dt, double eT, double edt){
    return 2 * M_PI * sqrt(pow(edt/T, 2) + pow(dt * eT/(pow(T, 2)), 2));
}

void analisi_RLC_filter(){
    // todo:
    // * leggere file formato:
    // Vin | scalaVin | Vout | scalaVout | T | scalaT | dt | scaladt
    // * trascrivere i file con gli errori:
    // Vin | eVin | Vout | eVout | T | eT | dt | edt
    // * calcolare i valori H, eH, phi, ephi, w, ew
    // H | eH | phi | ephi | w | ew
    // H = Vin/Vout
    // phi = 2 * pi * dt / T
    // w = 2 * pi / T -> meglio forse usare v = 1 / T [Hz]?

    gStyle->SetFrameLineWidth(0);
    gStyle->SetTextFont(43);
    gStyle->SetLineStylePS(1);

    std::ifstream data(rawdata.c_str());

    std::ofstream out_rawdata("../misc/rawdata.txt"); // carbon copy of original data
    std::ofstream out_cleandata("../misc/cleandata.txt"); // values from rawdata with error
    std::ofstream out_computeddata("../misc/computeddata.txt"); // computed data for final graph

    double Vin, fsVin, Vout, fsVout, T, fsT, dt, fsdt;

    TCanvas* c1 = new TCanvas("c1", "", 600, 1000); // ! Modificare per avere grafico orizzontale piu pratico
    graphset::setcanvas(c1,1,2);

    // Analisi 1mo diagramma di BODE, |H(w)| su w
    c1->cd(1);

    TGraphErrors* H_plot = new TGraphErrors();
    H_plot->SetName("H_plot");
    TF1* H_fit = new TF1("HF", "1/sqrt([0]+pow([1],2)*(pow(x/[2]-[2]/x, 2)))"); // ! Controllare formule
    H_fit->SetParameters(1, 5, 2000);
    // [0] = A = (1 + R_L / R)^2
    // [1] = Q = fattore di qualita = 1/(R C w_0)
    // [2] = w_0

    TGraphErrors* H_resd = new TGraphErrors();
    TF1* H_res_f = new TF1("H_rf", "0", 10, 10e6);
    H_res_f->SetLineStyle(2);

    TLatex* header = new TLatex();
    header->SetTextFont(43);
    header->SetTextSize(15);

    graphset::padtypes H;
    TPad* Hp1 = H.Graph;
    TPad* Hp2 = H.Residuals;
    graphset::setgraphsize(H, true, true);

    // Analisi 2do diagramma di BODE, phi su w
    c1->cd(2);
```

```

TGraphErrors* phi_plot = new TGraphErrors();
phi_plot->SetName("phi_plot");
TF1* phi_fit = new TF1("phi_f", "-atan([1]*(x/[2]-[2]/x)/sqrt([0]))"); // ! Controllare formule
phi_fit->SetParameters(1, 5, 2000);
// [0] = A = (1 + R_L / R)^2
// [1] = Q = fattore di qualita = 1/(R C w_0)
// [2] = w_0

TGraphErrors* phi_resd = new TGraphErrors();
TF1* phi_res_f = new TF1("phi_rf", "0", 10, 10e6);
phi_res_f->SetLineStyle(2);

TLatex* phi_header = new TLatex();
phi_header->SetTextFont(43);
phi_header->SetTextSize(15);

graphset::padtypes phi;
TPad* phi_p1 = phi.Graph;
TPad* phi_p2 = phi.Residuals;
graphset::setgraphsize(phi, 1, 0);

for(int i=0; data >> Vin >> fsVin >> Vout >> fsVout >> T >> fsT >> dt >> fsdt; i++){
    out_rawdata << Vin << " " << fsVin << " " << Vout << " " << fsVout << " " << T << " " << fsT << " " << dt << " " << fsdt << std::endl;
    double eVin, eVout;
    if(fsVin<=0.01){
        eVin = stattools::max_to_stat(get_VRangeErr(0.045, 8, fsVin));
    }else{
        eVin = stattools::max_to_stat(get_VRangeErr(0.035, 8, fsVin));
    }
    if(fsVout<=0.01){
        eVout = stattools::max_to_stat(get_VRangeErr(0.045, 8, fsVout));
    }else{
        eVout = stattools::max_to_stat(get_VRangeErr(0.035, 8, fsVout));
    }
    double eT = stattools::max_to_stat(get_TRangeErr(fsT));
    double edt = stattools::max_to_stat(get_TRangeErr(fsdt));

    out_cleandata << Vin << " " << eVin << " " << Vout << " " << eVout << " " << T << " " << eT << " " << dt << " " << edt << std::endl;

    H_plot->SetPoint(i, 1 / T, Vout / Vin);
    H_plot->SetPointError(i, eT/pow(T, 2), get_HErr(Vin, Vout, eVin, eVout));

    phi_plot->SetPoint(i, 1 / T, 2 * M_PI * dt / T);
    phi_plot->SetPointError(i, eT/pow(T, 2), get_phiErr(T, dt, eT, edt));

    out_computeddata << Vout / Vin << " " << get_HErr(Vin, Vout, eVin, eVout) << " "
        << 2 * M_PI * dt / T << " " << 2 * M_PI * sqrt(pow(edt/T, 2) + pow(dt * eT/(pow(T, 2)), 2)) << " "
        << 1 / T << " " << eT/pow(T, 2) << std::endl;
}
out_rawdata << "EOF" << std::endl;
out_cleandata << "EOF" << std::endl;
out_computeddata << "EOF" << std::endl;

// Grafico 1 Bode
log::print_mmsg("PRIMO DIAGRAMMA DI BODE (AMPIEZZA)");
Hp1->cd();
H_plot->Draw("ap");
H_plot->Fit("Hf");

std::string H_stat="#chi^{2}/ndf (prob.) = "
    +std::to_string(H_fit->GetChisquare())+"/"+
    +std::to_string(H_fit->GetNDF())
    +" (" +std::to_string(H_fit->GetProb())+" )";

header->DrawLatexNDC(0.35, 0.15, ("#splitline{#bf{A} #it{1#circ diagramma di Bode}}{" + H_stat + "}")>.c_str());

log::print_stat(H_fit);

// RESIDUI
Hp2->cd();
graphset::fillresiduals(H_plot, H_fit, H_resd);
H_resd->Draw("ap");
H_res_f->Draw("same");

double A_amp= H_fit->GetParameter(0);
double err_A_amp = H_fit->GetParError(0);
double Q_amp = H_fit->GetParameter(1);
double err_Q_amp = H_fit->GetParError(1);
double frequenza_taglio_amp = H_fit->GetParameter(2);
double err_frequenza_taglio_amp = H_fit->GetParError(2);

std::cout << "A da |H(w)| = (1 + R_L / R)^2 = " << A_amp << " +/- " << err_A_amp << std::endl
    << "Fattore di Qualita' da |H(w)|, Q = " << Q_amp << " +/- " << err_Q_amp << std::endl
    << "Frequenza di Taglio da |H(w)|, v = " << frequenza_taglio_amp << " +/- " << err_frequenza_taglio_amp << " Hz" << std::endl;

// Grafico 2 Bode
log::print_mmsg("SECONDO DIAGRAMMA DI BODE (FASE)");
phi_p1->cd();
phi_plot->Draw("ap");
phi_plot->Fit("phi_f");

std::string phi_stat="#chi^{2}/ndf (prob.) = "
    +std::to_string(phi_fit->GetChisquare())+"/"+
    +std::to_string(phi_fit->GetNDF())
    +" (" +std::to_string(phi_fit->GetProb())+" )";

phi_header->DrawLatexNDC(0.35, 0.15, ("#splitline{#bf{B} #it{2#circ diagramma di Bode}}{" + phi_stat + "}")>.c_str());

log::print_stat(phi_fit);

// RESIDUI
phi_p2->cd();
graphset::fillresiduals(phi_plot, phi_fit, phi_resd);
phi_resd->Draw("ap");
phi_res_f->Draw("same");

double A_fase = H_fit->GetParameter(0);
double err_A_fase = H_fit->GetParError(0);
double Q_fase = H_fit->GetParameter(1);
double err_Q_fase = H_fit->GetParError(1);
double frequenza_taglio_fase = H_fit->GetParameter(2);
double err_frequenza_taglio_fase = H_fit->GetParError(2);

std::cout << "A da phi(w) = (1 + R_L / R)^2 = " << A_fase << " +/- " << err_A_fase << std::endl
    << "Fattore di Qualita' da phi(w), Q = " << Q_fase << " +/- " << err_Q_fase << std::endl
    << "Frequenza di Taglio da phi(w), v = " << frequenza_taglio_fase << " +/- " << err_frequenza_taglio_fase << " Hz" << std::endl;

```

```
std::cout << std::endl << "*** Verifica compatibilita => (w0)" << stattools::compatible(frequenza_taglio_amp, err_frequenza_taglio_amp, frequenza_taglio_fase,
    err_frequenza_taglio_fase) << std::endl;

graphset::set_TGraphAxis(H_plot, "#left|H(#nu)#right| [a. u.]");
graphset::set_ResidualsAxis(H_resd, "Frequenza #nu [Hz]");

graphset::set_TGraphAxis(phi_plot, "Fase #varphi(#nu) [rad]");
graphset::set_ResidualsAxis(phi_resd, "Frequenza #nu [Hz]");

// TODO: salvare il file come pdf

return;
}

#ifdef __CINT__
int main(){
    analisi_RLC_filter();
    return 0;
}
#endif
```

laboratorio2: e2 (non per la consegna) 11 novembre 2021