

# **Realizzazione di un filtro audio digitale dinamico “AUTOWAH,, su TM320VC5510 DSK**

Progetto per l'esame di  
ELETTRONICA III  
dsp e mcu

# Contenuti

## Introduzione

Cos'è – Perché – Com'è fatto un AUTOWAH

## Implementazione

Entrando nel dettaglio – La tavola numerica – Il filtro a inviluppo – Il filtro passabanda

## Realizzazione

## Conclusioni

Riassunto – Sviluppi futuri

# 1. Introduzione

Cos'è un AUTOWAH?

Perché un AUTOWAH?

Com'è fatto un AUTOWAH?

# 1.1 Cos'è un AUTOWAH

L'effetto WAH permette a un musicista di spostare il timbro della nota agendo su un pedale.

L'AUTOWAH dev'essere in grado di filtrare adeguatamente il segnale senza l'intervento umano, intuendo quando il musicista avrebbe mosso il pedale.

## 1.2 Perché un AUTOWAH

Dà risalto alle frequenze giuste nel momento giusto.

Soprattutto suonando il basso elettrico fa molto piacere avere definizione e attacco prima, poi profondità e durata.

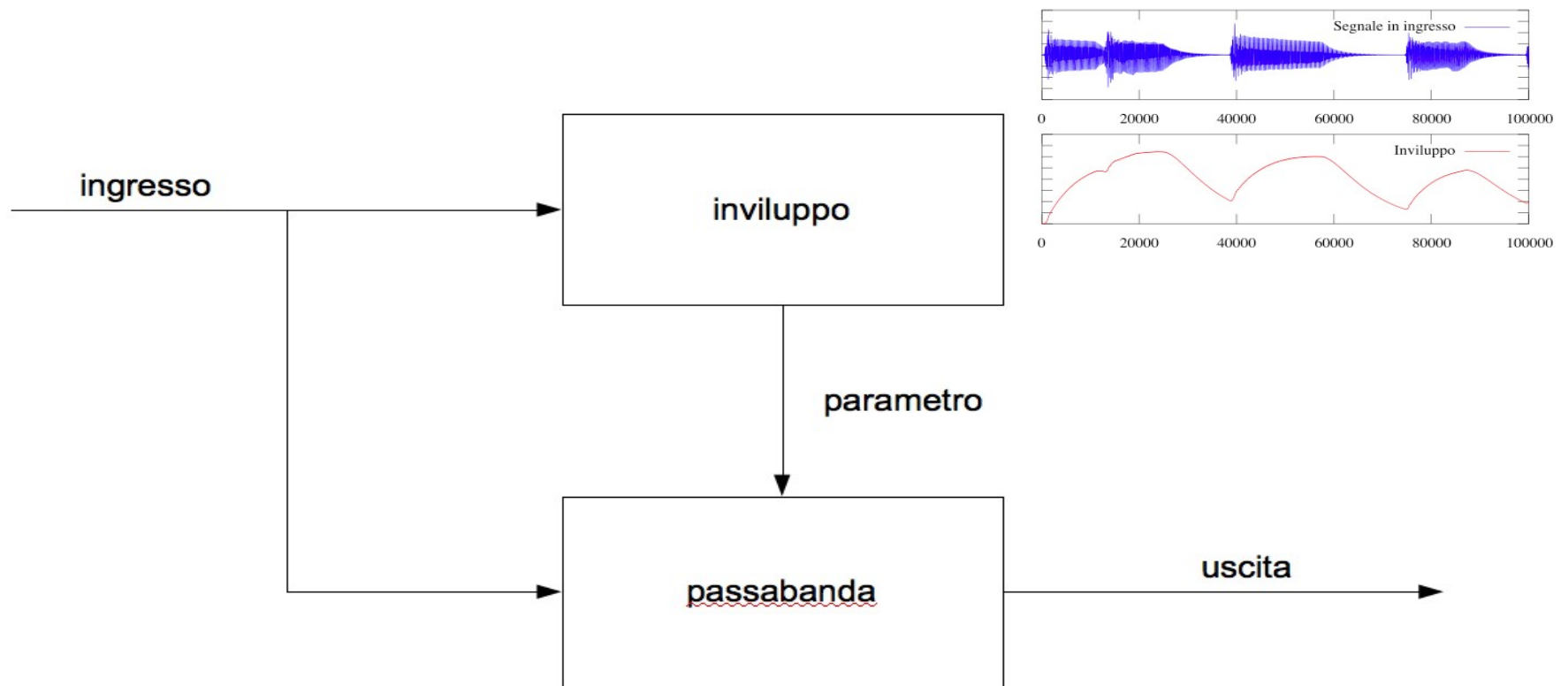
È un filtro audio intelligente.

## 1.3.1 Com'è fatto un AUTOWAH

Il filtro a inviluppo calcola la frequenza da enfatizzare e la trasmette al passabanda.

In analogico, ciò avviene tramite un segnale luminoso.

# 1.3.2 Com'è fatto un AUTOWAH



## 2. Implementazione

Entrando nel dettaglio

La tavola numerica

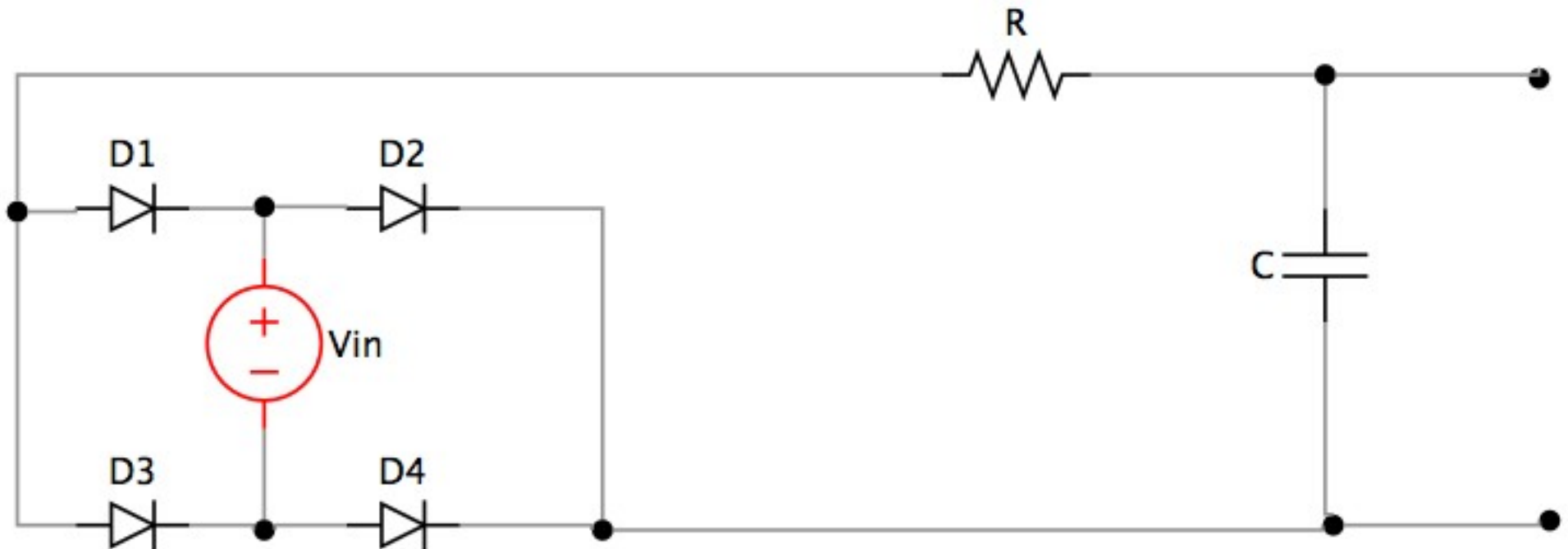
Il filtro a inviluppo

Il filtro passabanda



## 2.1.1 Entrando nel dettaglio

Il filtro a involuppo è formato da un raddrizzatore e un passabasso

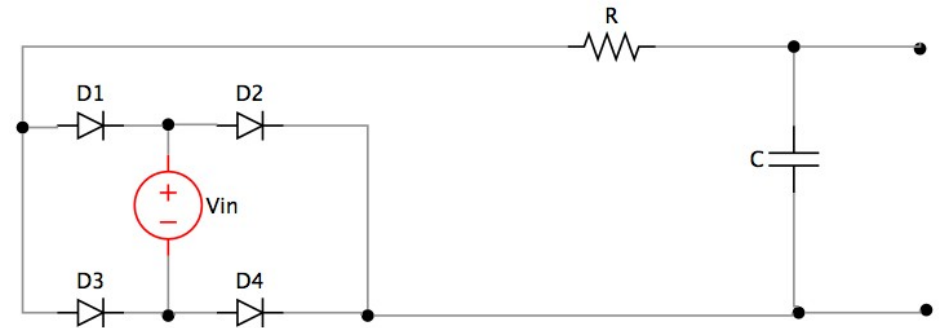


## 2.1.2 Entrando nel dettaglio

Si è ragionato in tempo continuo.

Poi si è digitalizzato.

Il parametro  $R^*C$  definisce la **prontezza** dell'effetto



$$R^*C := 0.3$$

## 2.1.3 Entrando nel dettaglio

$$\frac{V_U}{V_R}(s) = \frac{1}{sRC + 1}$$

$$RC := 0.3$$

$$\frac{V_U}{V_R}(z) = \frac{b_1 z + b_0}{a_1 z + a_0}$$

$$b_1 = 5.6686 \times 10^{-5} = b_0$$

$$a_1 = 1, \quad a_0 = 0.99989$$

## 2.1.4 Entrando nel dettaglio

Per il passabanda si è usata la forma

$$F(z) = A^2 \frac{z^2 - 1}{z^2 - 2 A \cos(\Omega_0) z + A^2}; \quad A := 0.9$$

È un semplice filtro di secondo grado con risposta infinita all'impulso.

## 2.1.5 Entrando nel dettaglio

Il parametro che collega i due filtri è

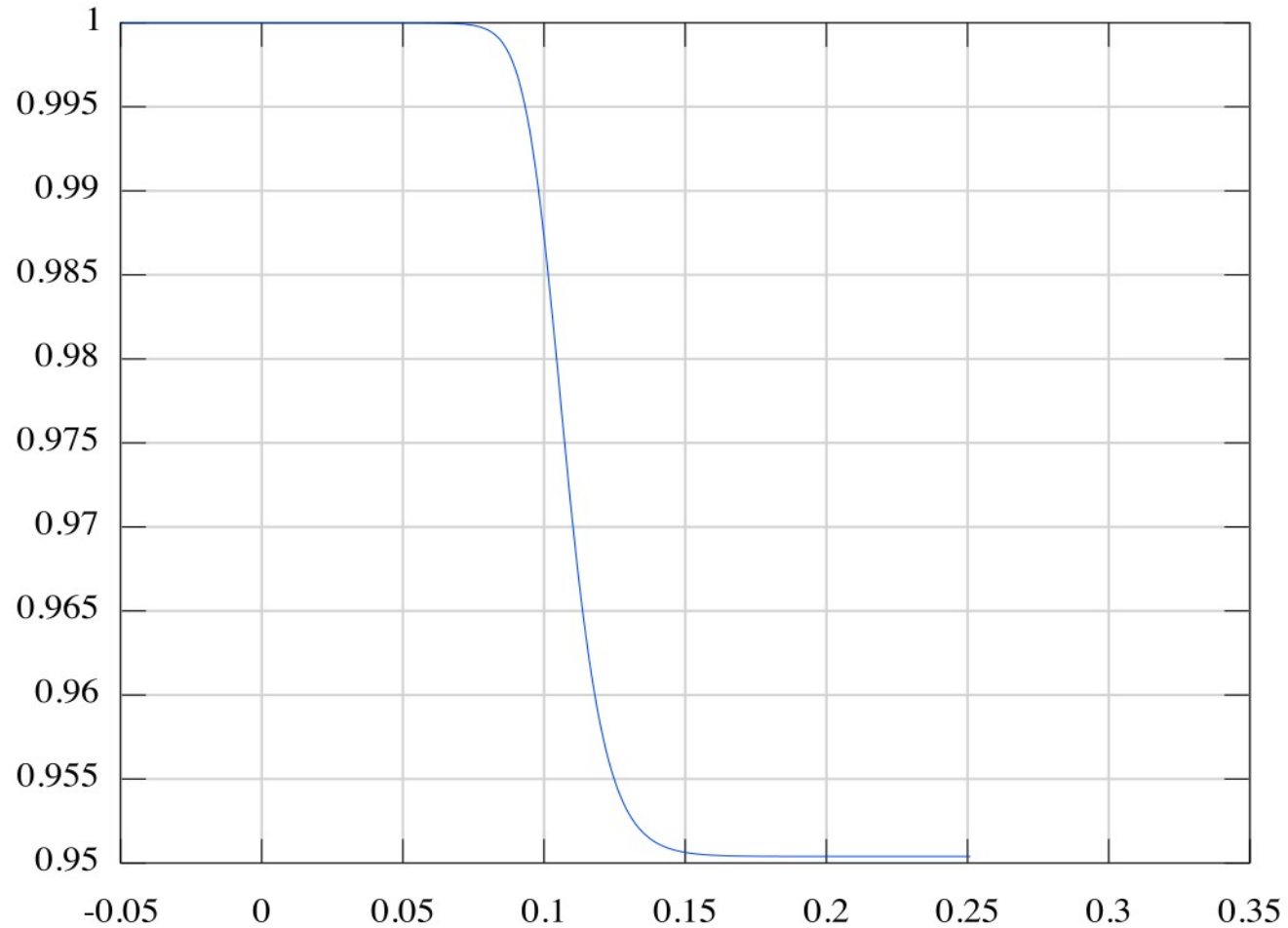
$$c = \cos\left(2\pi \cdot \frac{f_0}{f_c}\right), \quad f_c := 24\text{kHz}$$

$$f_0 = \text{FORMA} \cdot f_m \cdot [\tanh(\text{GUADAGNO} \cdot [x - 0,1]) + 1] + \text{FORMA} \cdot f_q$$
$$f_q := 20\text{Hz}, \quad f_m := 1100\text{Hz}$$

La versione analogica usa una funzione di tipo logaritmico; ciononostante si sono uditi risultati migliori utilizzando una **tangente iperbolica**.

## 2.1.6 Entrando nel dettaglio

Grafico di  $c$  in funzione di  $x$



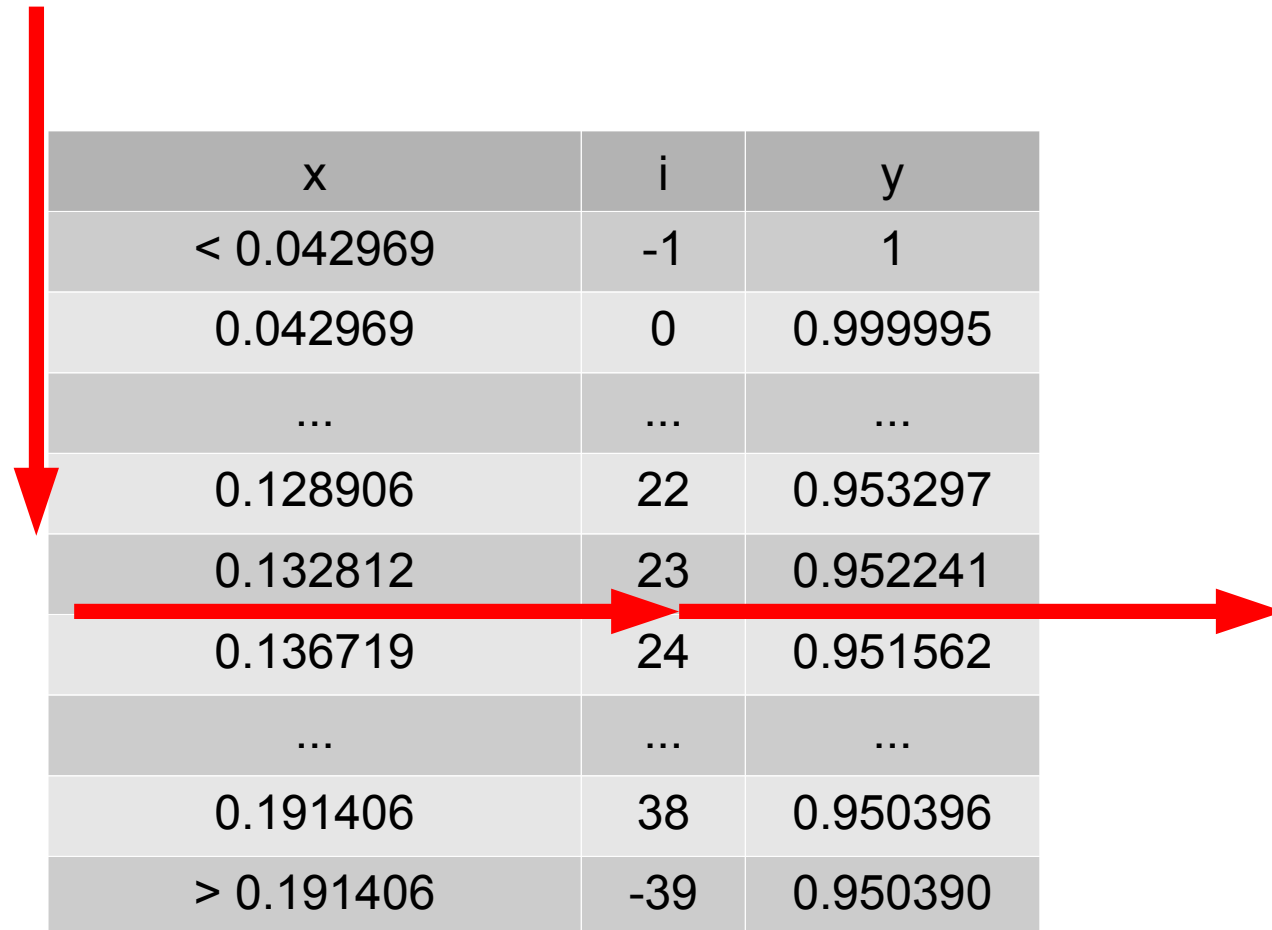
## 2.2.1 La tavola numerica

Un dsp è fatto per calcolare ad altissima velocità **somme e moltiplicazioni**.

Non può calcolare le funzioni in 2.1.5.

Bisogna fornirgli i risultati precalcolati pronti in una tabella: **LUT** (**L**ook **U**p **T**able).

## 2.2.2 La tavola numerica



| x          | i   | y        |
|------------|-----|----------|
| < 0.042969 | -1  | 1        |
| 0.042969   | 0   | 0.999995 |
| ...        | ... | ...      |
| 0.128906   | 22  | 0.953297 |
| 0.132812   | 23  | 0.952241 |
| 0.136719   | 24  | 0.951562 |
| ...        | ... | ...      |
| 0.191406   | 38  | 0.950396 |
| > 0.191406 | -39 | 0.950390 |



## 2.3.1 Il filtro a inviluppo

### Formule

Antitrasformando

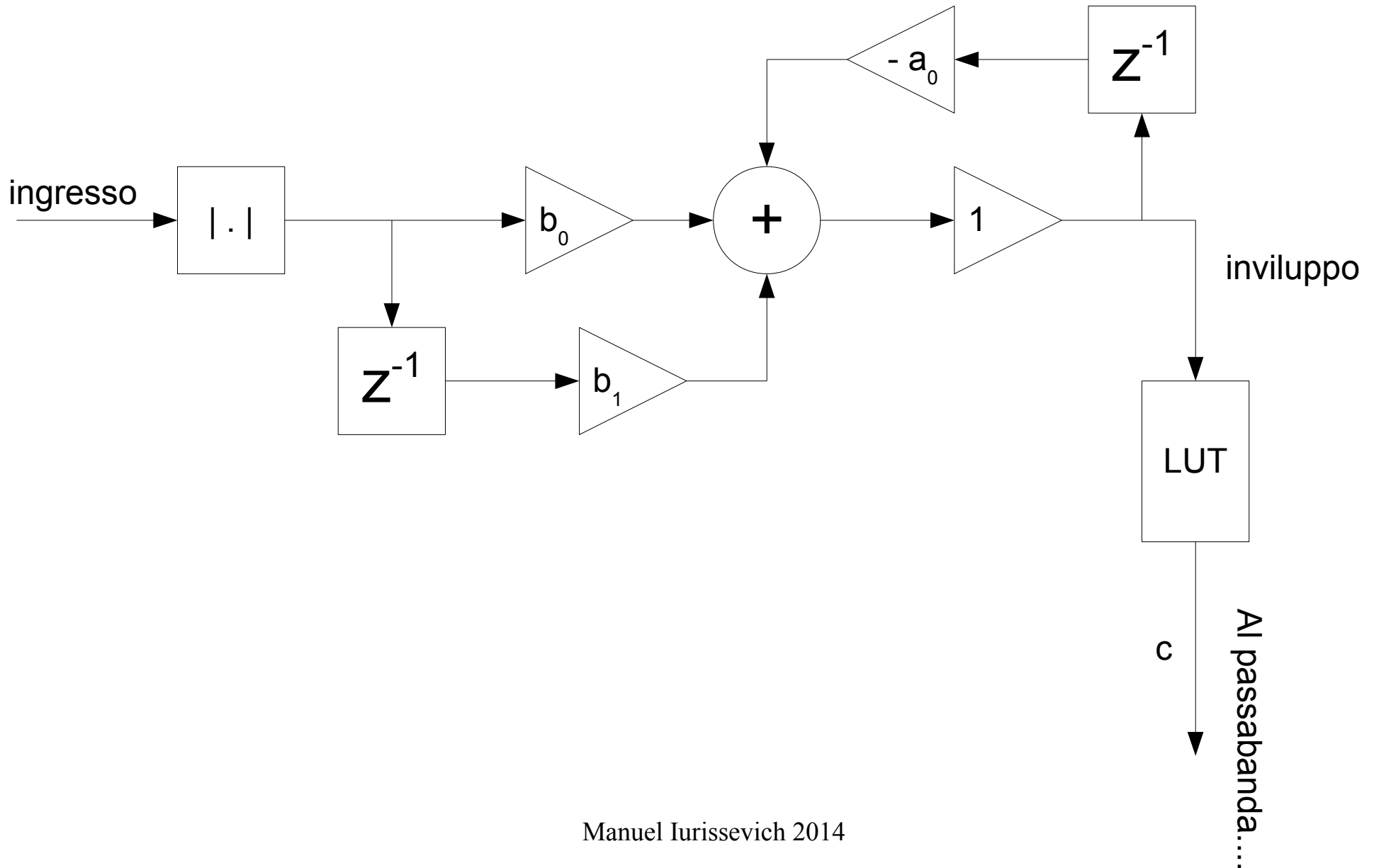
$$\frac{Y}{X}(z) = \frac{b_1 z + b_0}{a_1 z + a_0}$$

si ottiene

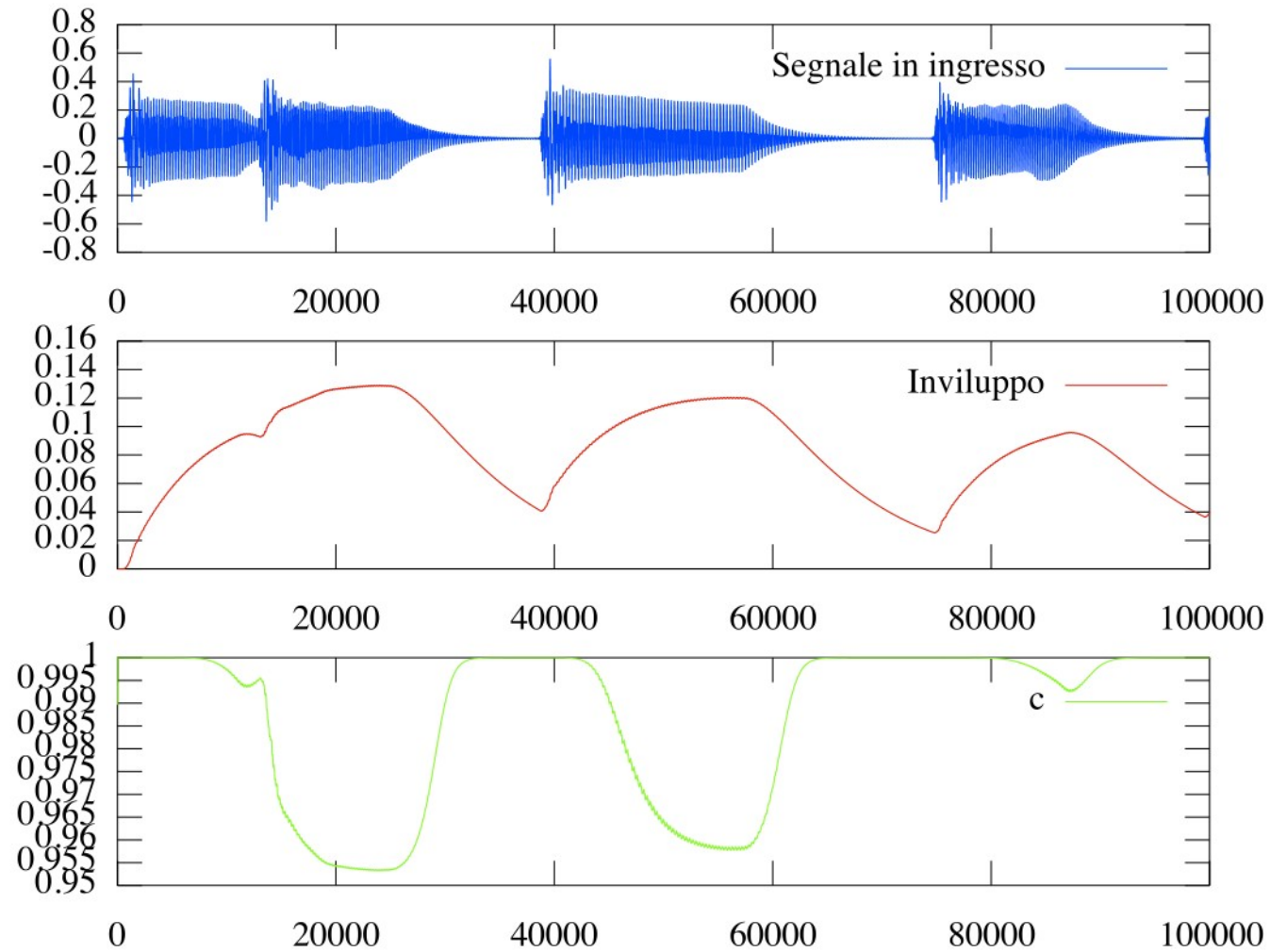
$$y_n = b_1 \cdot |x_n| + b_0 \cdot |x_{n-1}| - a_0 \cdot y_{n-1}$$

dove  $x$  è il segnale d'ingresso e  $y$  l'inviluppo

## 2.3.2 Il filtro a inviluppo



## 2.3.3 Il filtro a inviluppo



## 2.4.1 Il filtro passabanda

Antitrasformando

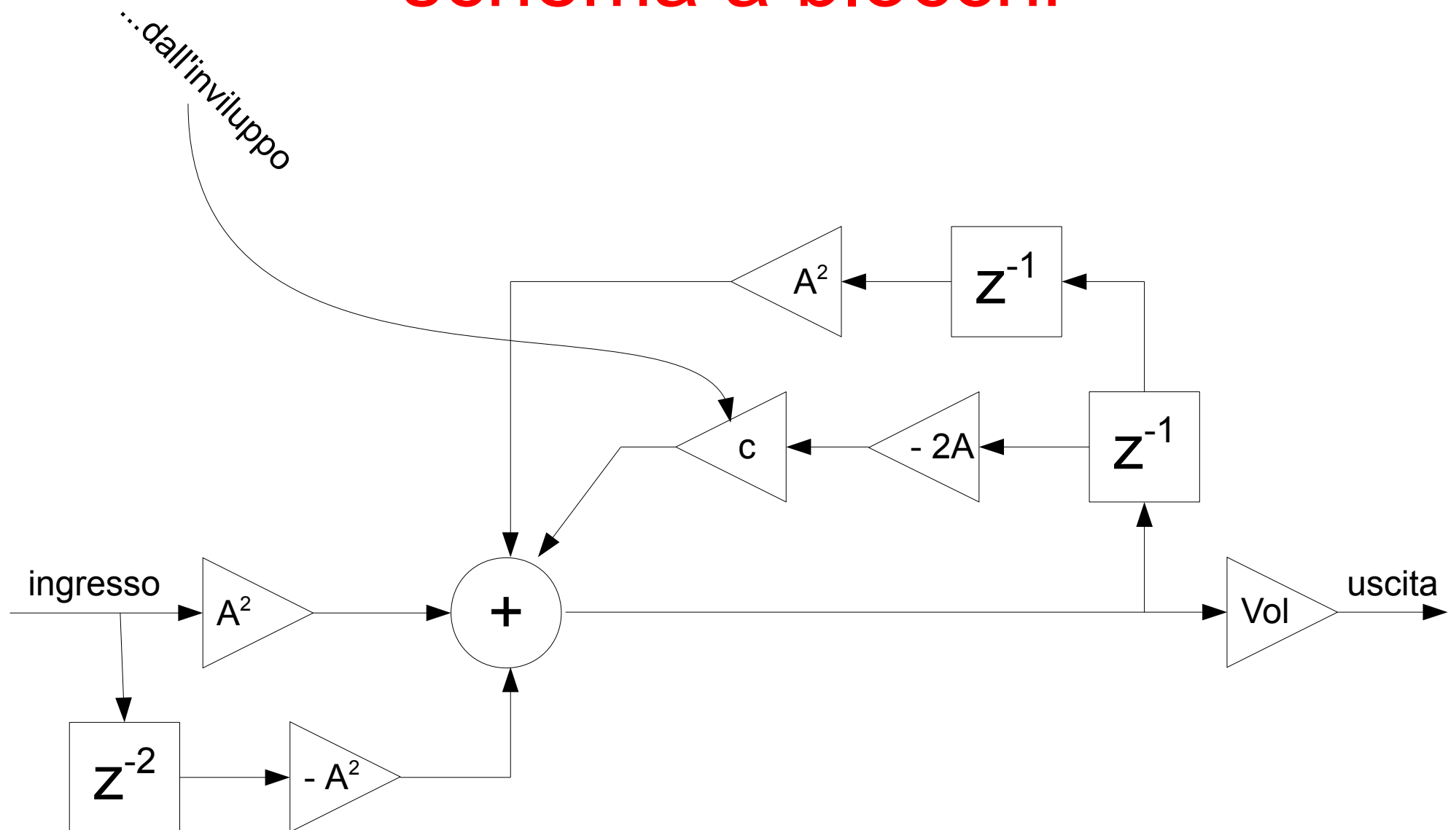
$$\frac{Y}{X}(z) = A^2 \frac{z^2 - 1}{z^2 - 2 A \cos(\Omega_0) z + A^2}$$

si ottiene

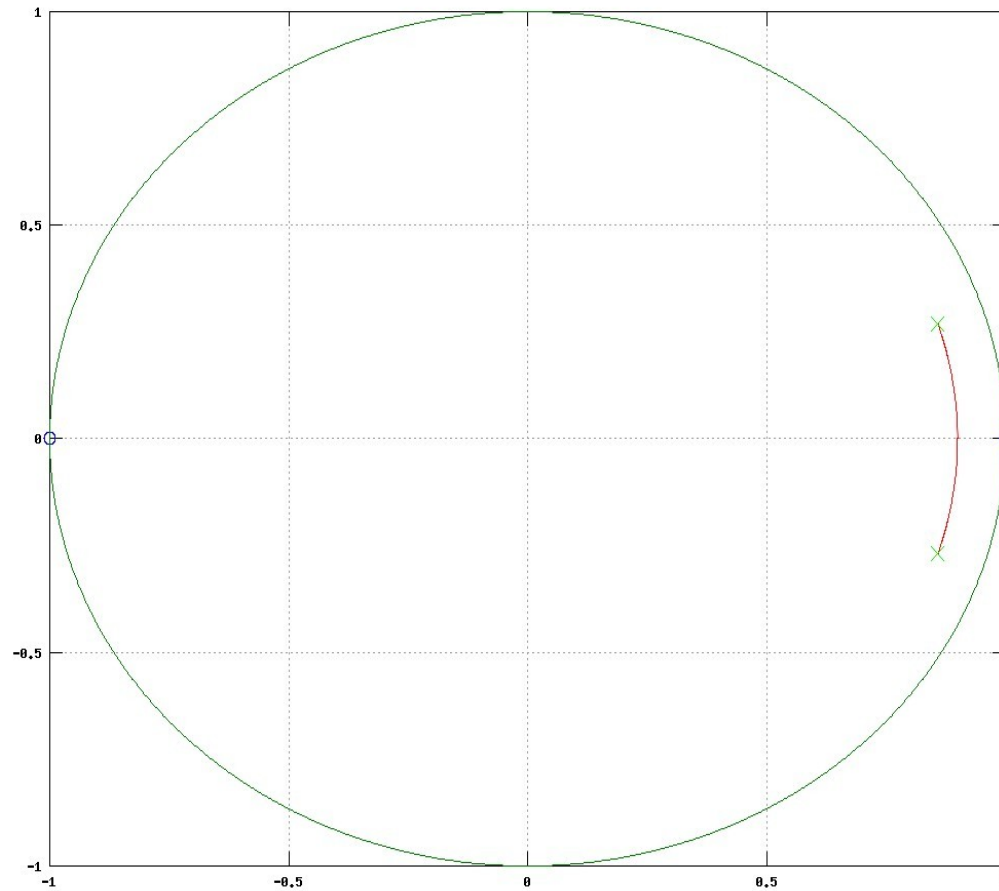
$$y_n = A^2 \cdot x_n - A^2 \cdot x_{n-2} + 2 A c \cdot y_{n-1} - A^2 \cdot y_{n-2}$$

dove  $y$  è l'uscita dal passabanda.

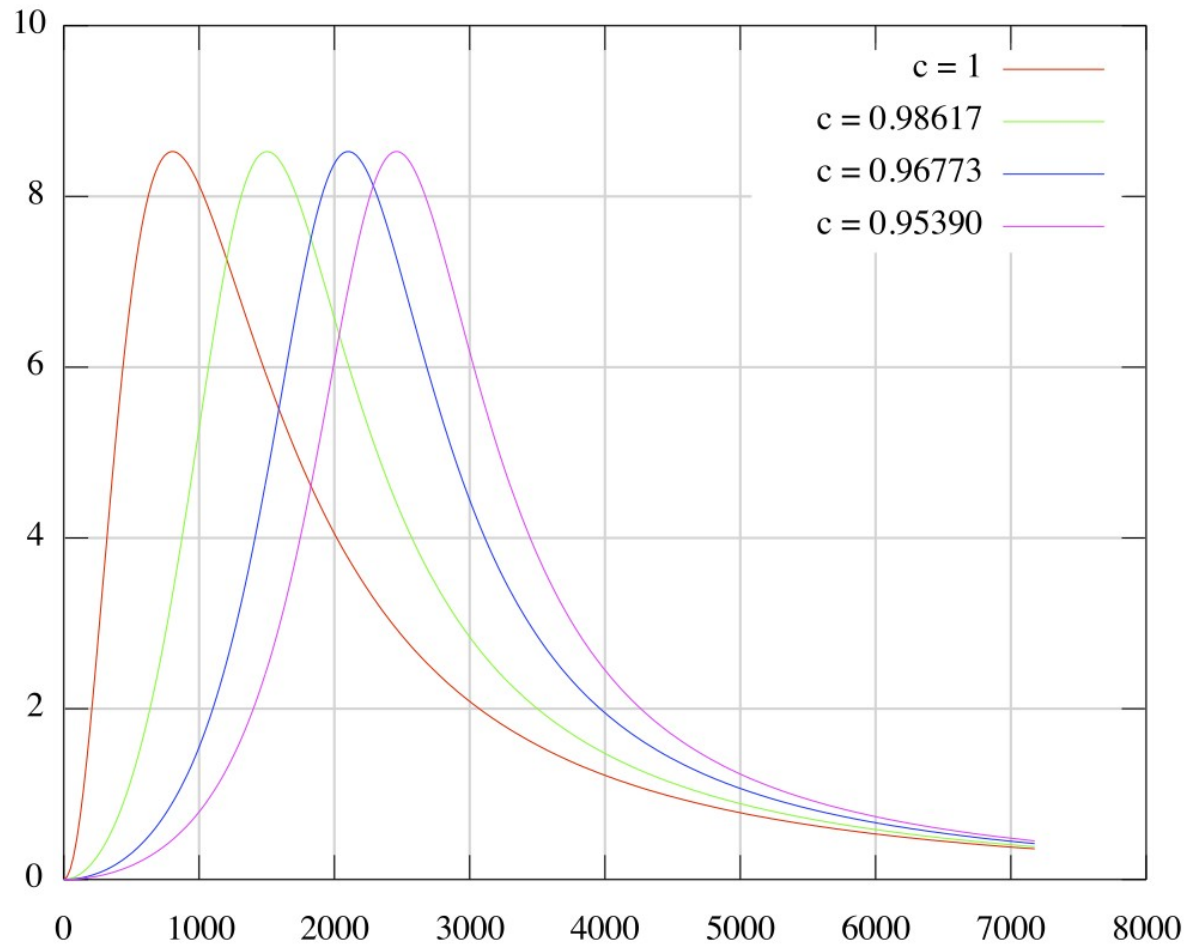
## 2.4.2 Il filtro passabanda: schema a blocchi



## 2.4.3 Il filtro passabanda: zeri e poli nel piano Z



## 2.4.4 Il filtro passabanda: risposta in frequenza



# 3. Realizzazione

Si rimanda alla relazione per una trattazione adeguata

Preambolo

Main()

Ciclo

Wahwah

Lut

Filtro



## 3.1 Preambolo

Si invocano tutte le librerie necessarie  
comprese CONTROLLI.H, lut.h e filtro.h

Si imposta la configurazione del codec

esclude l'ingresso in linea, abilitare il microfono con  
boost, uscire sia in linea che in cuffia

## 3.2 Main()

Si inizializza la scheda  
e si fa lampeggiare un led

Si avvia codec  
con la configurazione impostata e  $f_c = 24\text{kHz}$

Si preparano filtro e lut  
con le apposite procedure

## 3.3 Ciclo

Lettura dei campioni

Distorsione

se abilitata

Calcolo dell'involuppo

e accensione dei led monitor

Scrivere i campioni

correggendo il volume e salvando quelli precedenti

Leggere gli interruttori

## 3.4 Wahwah

### Chiamata alla Lut

se si usa il wahwah si cerca il valore

se si usa il phaser lo si estrae periodicamente

### Si filtra con il passabanda

### Si imposta la correzione del volume

per non avere sbalzi

## 3.5 Lut

### Procedura di inizializzazione

prepara la lut in base al guadagno

### Funzione di ricerca

per l'autowah

### Funzione periodica

per il phaser

## 3.6 Filtro

### Procedura di inizializzazione

prepara i coefficienti dei filtri in base a RC e a fc  
azzerà i vettori

### Funzione tastino()

legge gli impulsi dei tasti monostabili

# 4. Conclusioni

Riassunto

Sviluppi futuri

# 4.1 Riassunto

Filtro digitale passabanda dinamico per applicazioni musicali

Procedimento

**Analisi** degli schematici analogici

**Simulazione** Octave e C – Ricerca ad orecchio

**Realizzazione** in tempo reale su dsp

**Buon risultato** ma con **stretti vincoli** di utilizzo



## 4.2 Sviluppi futuri

Da ottimizzare ogni aspetto

in particolare

Suono

**compressore logaritmico** per filtrare suoni forti e piano

Codice

Assicurarsi che le operazione siano eseguite in **parallelo** (in assembly)