Dispensa per i docenti
Istituto Tecnico Industriale
M. Panetti - Bari

Uso di MATLAB 5.0

Il programma MATLAB, distribuito dalla MATH WORKS Inc., è stato ideato dai ricercatori dell'università di New Mexico e di Standford, e si è imposto a livello mondiale come strumento fondamentale per la simulazione e l'analisi dei sistemi lineari e non lineari, continui e discreti utilizzati sia in ambito universitario e didattico che industriale.
Il programma dispone di diversi **tool,** tra cui:

- MATH: costituito da numerose funzioni di calcolo sia di algebra che di analisi matematica e di una potente gestione delle matrici e della grafica 2D e 3D.

- CONTROL SYSTEM TOOLBOX: Insieme di funzioni e comandi specializzati per l'analisi dei sistemi di controllo a catena aperta e chiusa tempo continuo e tempo discreto.

- SIMULINK: integrato in Matlab opera in modalità grafica e dispone di una vasta gamma di blocchi funzionali che, opportunamente connessi, consentono la simulazione e la rappresentazione grafica nel dominio del tempo e in quello armonico dei sistemi di controllo.

Dopo aver lanciato il programma appare, nella versione Education, il prompt **EDU>> .**
Si digita l'operazione che si intende eseguire e si preme il tasto INVIO. Questo modo di operare è detto *immediato* e non consente la memorizzazione della sequenza di operazioni digitate. Si possono solo ripetere i comandi attivando i tasti freccia.
Se si desidera memorizzare il lavoro, per operare delle modifiche e/o correzioni, è necessario scrivere le operazioni in un file di testo utilizzando l'editor interno a Matlab o un qualsiasi editor di testi come il Blocco Note di Windows. Il file deve essere salvato con l'estensione **.m** L'editor di Matlab si richiama selezionando New M-file dal menu File. Per scegliere un altro editor selezionare Preferences dal menu File.Per eseguire un M-file è necessario richiamarlo con il comando Run Sript del menu File.
Di seguito si descrivono i comandi e le funzioni fondamentali di Matlab. Per un'analisi più approfondita si rimanda alla guida in linea.

INSERIMENTO INTERVALLI

X = xmin: passo: xmax   Esempio   x = 0:0.1:10 oppure   x= [0:0.1:10];
Il ; dopo il comando non visualizza i dati
lnspace(Vin, Vfin, NoPunti)   Esempio   lnspace (-pi, pi, 4) se NoPunti è omesso vale 100
logspace (Vin, Vfin, NoPunti)   Esempio   logspace (1, 2, 100) definisce 100 punti nell'intervallo 10 – 100. Per default NoPunti = 50.

Formato dei dati
Il programma opera internamente sui dati in formato *doppia precisione*. Il formato di uscita, prevede, normalmente, solo 5 cifre significative Per modificare il formato di uscite si deve agire sul *menu file / preferences.*

eps fornisce la precisione della macchina

FUNZIONI ELEMENTARI

abs	Valore assoluto
acos, acosh	Arcocoseno e arcocoseno iperbolico
acot, acoth	Arcocotangente e arcocotangente iperbolica
acsc, acsch	Arcocosecante e arcocosecante iperbolica
angle	Fase angolo
asec, asech	Arcosecante e arcosecante iperbolica
asin, asinh	Seno e seno iperbolico inverso
atan, atanh	Arcotangente e arcotangente iperbolica
atan2	Arcotangente nei 4 quadranti
conj	Complesso coniugato
cos, cosh	Coseno e coseno iperbolico
cot, coth	Cotangente e cotangente iperbolica
csc, csch	Cosecante e cosecante iperbolica
exp	Esponenziale
gcd	M.C.D.
imag	Parte immaginaria di un numero complesso
lcm	m.c.m.
log	Logaritmo naturale
log2	Logaritmo in base 2
log10	Logaritmo in base 10
mod	Modulo
pow2	Esponenziale in base 2
rat	Espansione razionale
rats	Approssimazione razionale
real	Parte reale di un numero complesso
rem	Resto di una divisione
round	Round to nearest integer
sec, sech	Secante e secante iperbolica
sign	Segno
sin, sinh	Seno e seno iperbolico
sqrt	Radice quadrata
tan, tanh	Tangente e tangente iperbolica

Esempio
rats (9.22) fornisce 461/50
rats/(1 –1/2 +1/3 –1/4 + 1/5) fornisce 57/60 (60 è il m.c.m.)

operatore rat

[n,d] = rat(x, tol) la tolleranza per default è 10^{-6}

Esempio

rat(sqrt(2) fornisce 1 +1/(2 +1/(2 + 1/(2 +…..

Numeri complessi

I numeri complessi usano indifferentemente l'operatore i oppure j

Esempi: z = 2 +j3 oppure z = 2 +j*3 oppure z = 2 + i*3 oppure z = 2 + i3

Attenzione a non usare i o j in altre operazioni come i *cicli for*
Per ripristinare la variabile al valore di default usare il comando **clear** ad esempio: clear i

<u>Cambio coordinate</u>

cart2pol cartesiane ------..-> polari
pol2cart polari--------------> cartesiane
cart2sph cartesiane---------> sferiche

<u>Esempi</u> [teta, ro] = cart2pol (x, y)
[teta, ro, z] = cart2pol (x, y, z)
[fi, teta, ro] = cart2sph (x, y ,z)

OPERATORI

= = uguale
- =diverso
& AND
| OR
xor operatore XOR

¯ NOT Esempio 2 + 2 ¯ = 0 (FALSO)

Operazioni logiche

any (x) con x vettore binario. Fornisce l'OR tra gli elementi
all (x) con x vettore binario. Fornisce l'AND tra gli elementi

Esempio: all(A< 4) fornisce 1 solo se tutti gli elementi sono < 4

FUNZIONI LOGICHE

C = bitand(13,27)	%C= 13 AND 27 ovvero:13 vale 01101; 27 vale11011
Fornisce: C = 9	% 9 corrisponde a 01001

Altre funzioni:

C = bitcmp(A,n)	Complemento a 1 della parola A su n bit
C = bitor(A,B)	Funzione OR
C = bitxor(A,B)	Funzione XOR
C = bitget(A,*bit*)	Fornisce il valore del bit della parola A nella posizione bit
C = bitshift(A,n)	Produce uno scorrimento a destra (n>0) o a sinistra (n<0) dei bit di A di |n| posizioni
C = strcmp(a,b)	Restituisce 1 se le stringhe **a** e **b** sono uguali, altrimenti C = 0. Dove a ='stringa1' e b = 'stringa2'

MATRICI

A = [1, 2, 3; -3, 6, 0]	Matrice con 2 righe e 3 colonne
a = A(i, j)	Fornisce l'elemento a_{ij}
B = A'	Matrice trasposta
B = inv (A) oppure = A^(-1)	Matrice inversa
max (X)	Fornisce il max elemento del vettore
min (X)	Fornisce il min elemento del vettore
[Y, I] = max (A)	Y vettore dei massimi e I l'indice dell'elemento
[Y, I] = sort(A)	Y vettore ordinato e I indice degli elementi
sum (X)	Somma gli elementi del vettore
mean (X)	Valore medio
rank (A)	Massimo numero di righe o colonne indipendenti
det (A)	Determinante
poly (A)	Fornisce i coefficienti del polinomio caratteristico.
trace (A)	Somma degli elementi della diagonale principale
i = find(A)	Fornisce gli indici degli elementi non nulli del vettore
[i,j] = find(A)	Fornisce gli indici non nulli riga-colonna della matrice
eye(m,n)	Matrice identità
zeros(m,n)	Matrice contenente tutti 0
ones(m,n)	Matrice contenente tutti 1
diag(A)	Vettore della diagonale principale
rot90(A)	Ruota la matrice di 90° in senso antiorario
[m,n] = size(A)	Fornisce le dimensioni della matrice

Risoluzione di un sistema in forma matriciale: [A]*[X] = [B]

X = A\B Esegue l'operazione $X = A^{-1}*B$

Esempio

A= [1,2,3;-3,4,5;1,0,2]

A =

```
  1   2   3
 -3   4   5
  1   0   2
```

B=[1;-5;6]

B =

```
  1
 -5
  6
```

X=A\B

```
X =
0.8889
-3.7778
2.5556
```

Esempio

A = [1,3,0; 4,5,1]
[i,j] = find (A>2) — Genera i = (2 1 2) e j = (1 2 2) che indica che gli elementi a_{21}, a_{12}, a_{22} sono >2

Esempio

Determinare le radici dell'equazione |sint – 0.5| = 0 con una approssimazione del 2%

```
t = [0:0.005:20];
y = sint;
i = find(abs(y –0.5) < 0.02)
```

Operazioni tra vettori

Sia x = (x1,x2,x3) e y = (y1,y2,y3)

Prodotto scalare (è un numero) x*y = x1y1 +x2y2 +x3y3
Per ottenere il vettore prodotto degli elementi si deve scrivere:

x **.***y fornisce come risposta il vettore (x1y1, x2y2, x3y3)
Analogamente per gli operatori **./** **.^**

STRINGHE

num2str(N)	Trasforma il numero N in stringa di caratteri
str2num(S)	Trasforma la stringa S = 'stringa' nel numero corrispondente

Tabellare i valori di una funzione

Esempio Calcolo di 50 valori di log(x) nell'intervallo 1-5:

```
x=[1:0.1: 5];
y=log(x) ;
[x,y]
```

Esempio Calcolo di 45 valori di $y = e^{3t} * \sin(5*\pi*t)$ nell'intervallo [–2, +2]

```
t=linspace[-2,2,45];
y=exp(3*t).*sin(5*pi*t);        %Si noti il formalismo .* per il prodotto di funzioni
[t y]
```

Esempio
Rappresentare $F(s)=(3s^2+5s+7)/(s^3+5s^2+7s+12)$ per $s=j\omega$ e $\omega=[10^{-2} \div 10^2]$

```
Omega = logspace(-2,2);
```

```
s=j*omega
      x1=3*s.^2+5*s+7;
      x2=s.^3+s.^2+7*s+12            %Si noti il formalismo .* per il prodotto di funzioni
      x=x1./x2;
      x=abs(x);
      [s x]
```

Polinomi

Sono vettori riga contenenti i coefficienti delle potenze decrescenti.
Assegnati i vettori a = [1 2 3]; b = [4 5 6]; p = [1, -2, 5];

Operazioni fondamentali

Prodotto c = conv(a,b)

Divisione [q,r]= deconv(a,b) q = quoziente; r = resto

Radici di un polinomio p roots(p)

Valore in un punto polival(p,x) calcola p(x)

Derivate di un polinomio
q = polyder(p) derivata di un polinomio
q = polyder(a,b) derivata del prodotto a*b
[q,d] = polyder(a,b) derivata del rapporto a/b

Note le radici di un polinomio per ottenere il polinomio generatore: p = poly(r)

Esempio

```
 r = [-3-2*j , -3+2+j, -5]
     p=poly(r)
```

Esempio

```
disp ('Inserimento di un polinomio. Esempio: x^2 + 2*x +3')
polinomio='x^2 + 2*x +3'
pause
disp('Radici di un polinomio noti i coefficienti'  p=3x^2+4x-2)
p=[3 4 -2]
radici=roots(p)
pause
disp('Risoluzione di una equazione scritta in forma naturale')
f='2*x^2 + 4*x -1'
radici=solve('2*x^2 + 4*x -1','x')
disp('Restituisce il polinomio note le radici')
polin=poly(radici)
pause
disp('Prodotto tra due polinomi')
p1=[1 2 3]; p2=[4 5 6];
prodotto=conv(p1, p2)
```

Zeri di una funzione

Oltre alla funzione **roots** gli zeri di una funzione si possono calcolare con l'istruzione

fzero (f, x)

Esempio

fzero('sin',3) fornisce 3.1416

Funzione expand

Sviluppa le operazioni algebriche

Esempi

expand((x-2)*(x-4)) fornisce: x^2-6*x+8
expand(cos(x+y)) fornisce: cos(x)*cos(y)-sin(x)*sin(y)
expand(exp((a+b)^2)) fornisce:exp(a^2)*exp(a*b)^2*exp(b^2)
expand(log(a*b/sqrt(c))) fornisce:log(a)+log(b)-1/2*log(c)
expand([sin(2*t), cos(2*t)]) fornisce:[2*sin(t)*cos(t), 2*cos(t)^2-1]

Interpolazione polinomiale

Dati 2 vettori x e y si ha:

p = polyfit (x, y , n)

fornisce un polinomio p(x) di grado *n* che interpola le coppie (x_i ,y_i)

y_i =interp1(x, y, x_i ,'metodo')

dati due vettori x e y e un vettore x_i di ascisse la funzione fornisce una matrice y_i le cui colonne interpolano le rispettive colonne di y sulle stesse x_i

Il parametro metodo può essere: **linear (** per default**), spline, cubic**
Il vettore x deve essere monotono crescente; per cubic devono essere anche equidistanti

Risoluzione di equazioni e sistemi lineari

Esempio

Equazioni

solve('a*x^2 + b*x + c') Produce:

[1/2/a*(-b+(b^2-4*a*c)^(1/2)),
1/2/a*(-b-(b^2-4*a*c)^(1/2))]

solve('a*x^2 + b*x + c','b') Produce:

-(a*x^2+c)/x

Sistema di 2 equazioni in due incognite

solve('x + y = 1','x - 11*y = 5') Produce :

y = -1/3, x = 4/3

Limiti

Esempi

syms x h; => definisce le variabili in uso
limit(sin(x)/x) => 1
limit(1/x,x,0,'right') => inf
limit(1/x,x,0,'left') => -inf
limit((sin(x+h)-sin(x))/h,h,0) => cos(x)

Derivata e Integrale

Esempio . Calcolare la derivata e l'integrale della funzione sin(x):

f= sin(x);
y = diff(f) fornisce la derivata della funzione f
y = int(f) fornisce l'integrale della funzione f
y = int(f,a,b) fornisce l'integrale definito

Esempio

```
syms x
f = 4*x^5 + sin(x)                                %funzione da derivare
disp('Calcolo della derivata della funzione f')  %Commento
y=diff(f)                                         %derivata
pretty(y)                                         %"aggiusta" il risultato
disp('Calcolo integrale della funzione f')        %Commento
z = int(f)                                        %integrale
pretty(z)                                         %"aggiusta" il risultato
S = int(f,1,2)                             % integrale definito tra 1 e 2
```

Il software produce la seguente risposta

f =
4*x^5+sin(x)
Calcolo della derivata della funzione f
y =
20*x^4+cos(x)

$$20\ x^4 + \cos(x)$$

Calcolo integrale della funzione f
z =
2/3*x^6-cos(x)

$$2/3\ x^6 - \cos(x)$$

S =
42-cos(2)+cos(1)

Equazioni differenziali

Esempio

Assegnata l'equazione differenziale y'' + 4y –6 = 0 si risolve:

```
dsolve(' D2y + 4*y – 6 = 0', 'x')   %se si omette 'x' la risoluzione è nella varabile t
pretty (ans)                  %visualizza in formato tipicamente matematico
```

si ottiene

```
3/2+C1*cos(2*x)+C2*sin(2*x)
 3/2 + C1 cos(2 x) + C2 sin(2 x)
```

Se sono assegnate delle condizioni iniziali, ad esempio: y(1) = 0 e y(2) = -1 si deve:

```
dsolve(' D2y + 4*y – 6 = 0','y(1) = 0', 'y(2) = -1', 'x')
```

si ottiene

```
3/2+(5/2-3*cos(2))*cos(2*x)-1/2*(-3+5*cos(2)+6*sin(2)^2)/sin(2)*sin(2*x)
```

Serie di Taylor

```
syms x
f = taylor(log(1+x));
ccode(f)
```

si ottiene

```
t0 = x-x*x/2+x*x*x/3-pow(x,4.0)/4+pow(x,5.0)/5;
```

Time e dates

date	fornisce la data corrente come stringa
now	fornisce la data corrente come numero
calendar	visualizza il calendario del mese corrente
tic	parte il clock interno
toc	fornisce il numero di secondi tra tic e toc

Operazioni su vettori

Assegnato un vettore p = [2,3,5,-2]

max(p)	fornisce 5
min(p)	fornisce -2
mean(p)	fornisce il valore medio 1.8
std(p)	la standard deviation 2.5884
sort(p)	ordina fornisce : -2 1 2 3 5
gradient(p,2)	fornisce 0.5000 0.7500 -1.2500 -3.5000

Grafica

1)Dato un vettore y =[0, 48, 2, …….];

plot(y)
traccia il grafico della funzione con ordinate date dai valori del vettore y

plot ammette un parametro ➔ plot (y,'parametro'). I parametri sono

Tipo linea	***Tipo punto***	***Colore***
Continua **-**	Punto **.**	Giallo **y**
Tratteggiata **--**	Più +	Magenta **m**
Punteggiato **;**	asterisco *	Ciano **c**
Tratto punto **-.**	Cerchio **o**	Rosso **r**
	Croce **x**	Bianco **w**
		Nero **k**
		Verde **g**

Esempio plot[y, 'og'] ➔ cerchi verdi

<u>Commenti</u> Per inserire dei commenti sul grafico:

title ('titolo')
xlabel ('ascisse')
ylabel ('ordinate')
grid; griglia. Comando di tipo ON/OFF. Anche xgrid e ygrid

Per inserire un testo in un punto generico di coordinate x,y
text (x,y,' testo')
Inserimento del testo con il mouse gettext('testo')

Esempio
t = 0:0.05:4*pi;
y= sin(t);
plot(t,y,'r**-.**') linea tratto/punto rosso

Esempio Funzioni con scale diverse su due distinte figure

t_1= 0: 0.1: 1; %1ª scala
y_1=exp(-10*t_1)+sin(0.05*t_1); %funzione $f(t)=e^{-10t}+\sin(0.05t)$

t_2 = 0:200; %2ª scala 0÷200 con passo 1
y_2=exp(-10*t_2)+sin(0.05*t_2);
figure(1) plot (t_1,y_1)
figure(2) plot (t_2,y_2)

<u>*Grafici sovrapposti*</u> Funzioni con la stessa scala.

Esempio Grafico delle funzioni y=sin(t) e y=cos(t) per t compreso in [0,2π]

```
t=(0: 0.1: 2*π)' ;
y=[sin(t), cos(t)];
plot(t,y)
```

Esempio Grafico di: sin (t) con t compreso in [0,3] e di cos (t) con t compreso in [1,4]

t_1=(0: 0.1: 3) ' y_1=sin(t_1)
t_2=(1: 0.1: 4) ' y_2=cos(t_2)
plot (t_1, y_1, t_2, y_2)
% per 'congelare' il grafico usare:
axis(axis)
hold

Esempio Confrontare il grafico della funzione sin (t) con le funzioni y = t e Y = e^t

t = 0: 0.1: 5
plot(t, *sin*(t))
axis (*axis*)
hold
plot (t,[t; exp(t)])

<u>**Scalatura assi**</u>

axis([x_{min} y_{max} y_{min} y_{max}])
axis (*axis*) "congela gli assi"
axis (*auto*) "ripristina la scalatura "
axis ('*off*') "disattiva il tracciamento assi"
axis (*on*)
axis ('*square*')
axis ('*equal*')
axis ('*x y'*)
semilog x asse x in scala log
semilog y asse y in scala log
loglog sia x che y in scala log
polar(σ,ξ)
bar diagramma a barre
stairs diagramma a gradini
hist istogrammi

Esempio

Istogramma con 20 barre con numeri casuali

```
n=100;
y = rand(n, 20);
hist (y, x)
```

Esempio

fplot ('funzione', [x_{min} x_{max}])
oppure

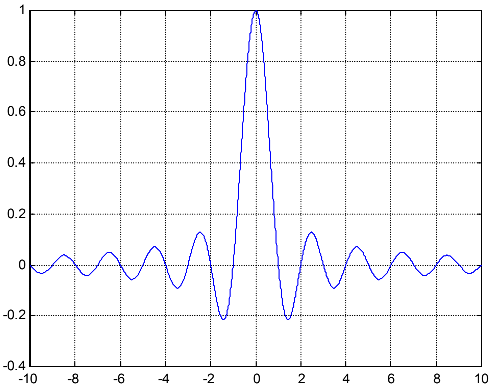
[x y]=fplot(‘funzione’, [x_{min} x_{max}]) restituisce i valori
plot(x; y) grafico funzione

<u>Grafico di funzioni</u>

Esempio

```
x=-10:0.01:10;
y=sinc(x);                %sinc(x) = sin(pi*x)/(pi*x)
plot(x,y)
grid
```

il software fornisce



Per la generazione di forme d’onda e segnali si veda nell’help **toolbox/signal**

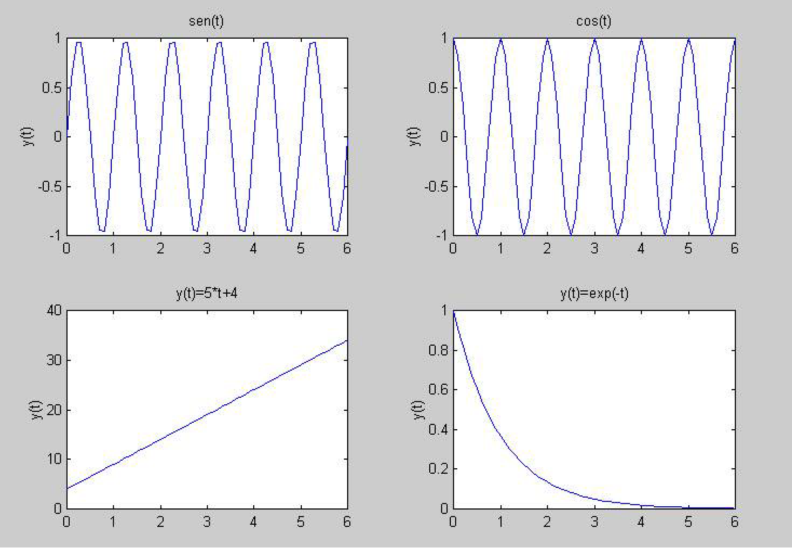
<u>Grafici multipli</u>

subplot (m, n, p)

divide la finestra grafica in ***m*** righe e ***n*** colonne; ***p*** seleziona la finestra attiva del grafico p assume i valori da 1 a 4.

Esempio

```
%Grafica con MATLAB
t = [0:0.1:6];
y1=sin(2*3.14*1*t);
subplot(2, 2, 1);
plot(t,y1)
title('sen(t)')
ylabel('y(t)')
y2=cos(2*3.14*1*t);
subplot(2, 2, 2);
plot(t,y2)
title('cos(t)')
ylabel('y(t)')
```



```
y3=5*t+4;
subplot(2, 2, 3);
plot (t,y3)
ylabel('y(t)')
title('y(t)=5*t+4')

y4=exp(-t);
subplot(2, 2, 4);
plot(t,y4)
title('y(t)=exp(-t)')
ylabel('y(t)')
```

Funzioni di interesse elettronico

chirp	Swept-frequency cosine generator.
cos	Cosine of vector/matrix elements
diric	Dirichlet or periodic sinc function.
gauspuls	Gaussian-modulated sinusoidal pulse generator.
pulstran	Pulse train generator.
rectpuls	Sampled aperiodic rectangle generator.
sawtooth	Sawtooth or triangle wave generator.
sin	Sine of vector/matrix elements (see MATLAB Function Reference).
sinc	Sinc or sin(πt)/πt function.
tripuls	Sampled aperiodic triangle generator.

Grafici tridimensionali

view (x, y, z) specifica il punto di vista
Assegnata la funzione z=f(x,y)
per tracciare il grafico 3D si usa *mesh* o *surf*
mesh oppure surf curve di livello nel piano x-y
_meshz oppure surfz traccia una 'base'
cylinder(r) Disegna la superficie di rotazione con generatrice descritta dal vettore r

Esempio

Sia z = sin x * cos x per x compreso in [0, 4] per y compreso in [-2, 1]

```
x = [0 : 0.1 : 4];
y =[-2: 0.1 : 1];
[ x, y ] = meshgrid ( x, y );
z = sin(x) .* cos(y);
contour (x,y,z)        curve di livello
mesh (x,y,z)           grafico 3D
```

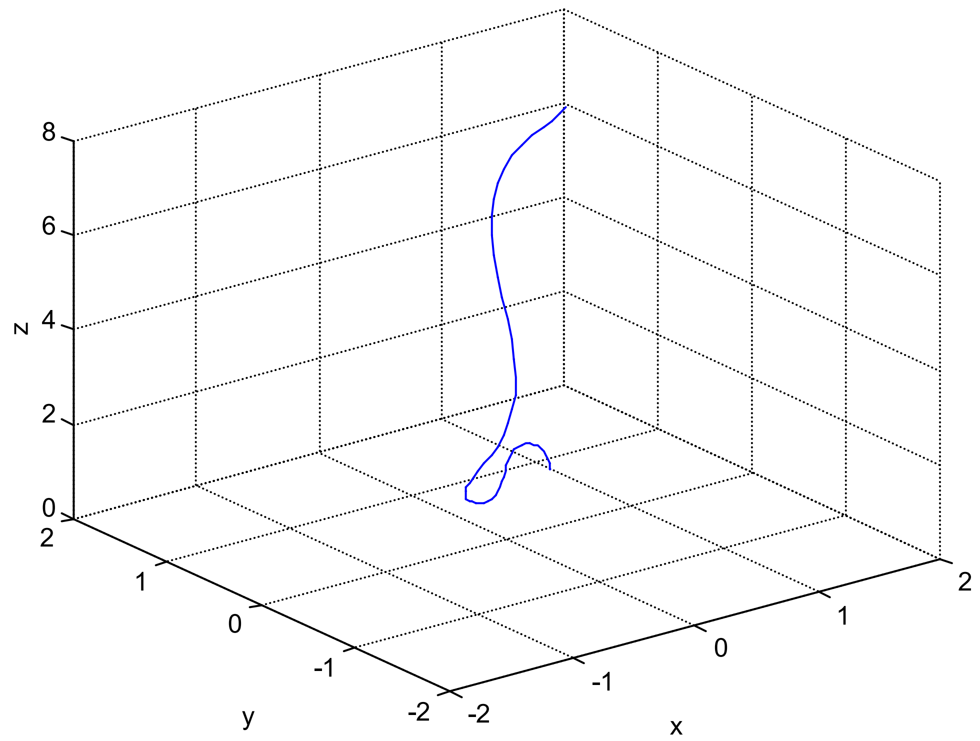
Curve parametriche 3D

Esempio

.

Siano assegnati 3 vettori x; y; z

```
t = [0: 0.1: 2*pi];
r = exp(t/10);
x = r .* cos(t);
y = r .* sin(x);
z = t;
plot3( x, y, z)
grid;
xlabel('x')
ylabel('y')
zlabel('z')
```



Control System Toolbox

E' l'insieme di funzioni per l'analisi e la simulazione dei controlli automatici.

Trasformata e Antitrasformata di Laplace

Esempio
Si riporta il listato di un programma in ambiente MATLAB 5 per il calcolo della trasformata di Laplace di una funzione assegnata. Nell'esempio $f(t) = a \cdot e^{-bt} + 12$.

```
disp('Calcolo della trasformata di Laplace della funzione f')

syms a b t s;              % Si definiscono le variabili per la trasformazione
f = a*exp(-b*t)+ 12        % f è la funzione che si desidera trasformare
F = laplace (f)            % F è la trasformata di Laplace della f
pretty(F)                  % Visualizza in formato tipicamente matematico
```

Il software produce la seguente risposta

```
Calcolo della trasformata di Laplace della funzione f
 f =
 a*exp(-b*t)+12

F =
 a/(s+b)+12/s

                      a      12
                    ----- + ----
                    s + b    s
```

Esempio
Si riporta il listato di un programma in ambiente MATLAB 5 per il calcolo dell'antitrasformata di Laplace di una funzione assegnata.
Nell'esempio $F = a/(s^2 + a^2) - 6/(s+2)$.

```
Disp                ('Calcolo dell''antitrasformata di Laplace della funzione F')
syms a,s,t;              % Si definiscono le variabili per la trasformazione
F = a/(s^2+a^2)-6/(s+2)  % F è la funzione che si desidera antitrasformare
f = ilaplace (F)         % f è l'antitrasformata di Laplace della F
pretty(f)                % Visualizza in formato tipicamente matematico
```

Il software produce la seguente risposta

```
Calcolo dell'antitrasformata di Laplace della funzione F
F =
 a/(s^2+a^2)-6/(s+2)
  f =
sin(a*t)-6*exp(-2*t)
                    sin(at) - 6exp(-2t)
```

Funzione di trasferimento

Siano **n** e **d** i vettori dei coefficienti del numeratore e denominatore di G(s) = N(s)/D(s)

[zeri,poli] = tf2zp(n,d)	Fornisce il valore degli zeri e dei poli
[n,d] = zp2tf(zeri,poli)	Fornisce N(s) e D(s)
[residui, poli, Ao] = residue(n,d)	Fornisce i residui, i poli e i termini diretti
[n,d] = residue (residui, poli, Ao)	Fornisce N(s) e D(s)
fdt = tf(n,d)	Fornisce la funzione di trasferimento
fdt = zpk(zeri,poli,gain)	Fornisce la funzione di trasferimento

Esempio

```
z = [1,1];
p = [1,5,6];
K = 10
zpk(z,p,K)
```

fornisce

```
Zero/pole/gain:
  10 (s-1)^2
-----------------
(s-1) (s-5) (s-6)
```

Esempio

```
h = tf([-10 20 0],[1 7 20 28 19 5])
```

fornisce

Transfer function:

(-10 s^2 + 20 s) / s^5 + 7 s^4 + 20 s^3 + 28 s^2 + 19 s + 5

» zpk(h)

fornisce

Zero/pole/gain: -10 s (s-2) / (s+1)^3 (s^2 + 4s + 5)

Esempio

[z,p] = tf2zp([1,2],[1,5,6])

fornisce

```
z =
-2
p =
   -3
   -2
```

Funzioni per il Controllo Automatico

[n, d] = series (n1, d1, n2, d2)	calcola la funzione di trasferimento di due blocchi in cascata: n = n1*n2 e d = d1*d2.
[n, d] = feedback (n1,d1, n2,d2,, sign)	calcola la funzione di trasferimento W(s) di due blocchi in retroazione. Il blocco diretto G(s) = n1/d1 e quello di retroazione H(s) = n2/d2. Il parametro ***sign*** se omesso indica reazione negativa.
[n, d] = cloop (n1, d1, sign)	calcola la funzione di trasferimento ad anello chiuso per un sistema a retroazione unitaria H(s) = 1 e G(s) = n1/d1.
[y, x, t] = step (n, d, t)	calcola la riposta al gradino della G(s) = n/d. y è il vettore che contiene i valori della risposta negli istanti t. Il vettore x contiene la risposta nello spazio degli stati.
[y, x, t] = impulse (n, d, t)	riposta alla Delta di Dirac
[y, x, t] = Isim (n, d, t)	riposta ad un segnale definito dall'utente
[w_n, zita] = damp(d)	pulsazione naturale e smorzamento
dcgain(n,d)	guadagno statico
[p,z] = pzmap(n,d)	mappa grafica poli (con x) e zeri con (o)

Esempio

Risposta al gradino di un sistema a retroazione unitaria con G(s) = N(s)(D(s).
E' noto N(s) = s + 4 e D(s) = $s^2 + 5s + 6$

```
t = [0: 0.1: 20]; n = [1, 4]; d = [ 1, 5, 6];
[num, den] = cloop (n, d);
[y, x, t] = step (num, den, t) ;
plot ( t,y)
xlabel (' tempo in s')
ylabel( ' U(t)')
title (' Risposta nel dominio del tempo ')
```

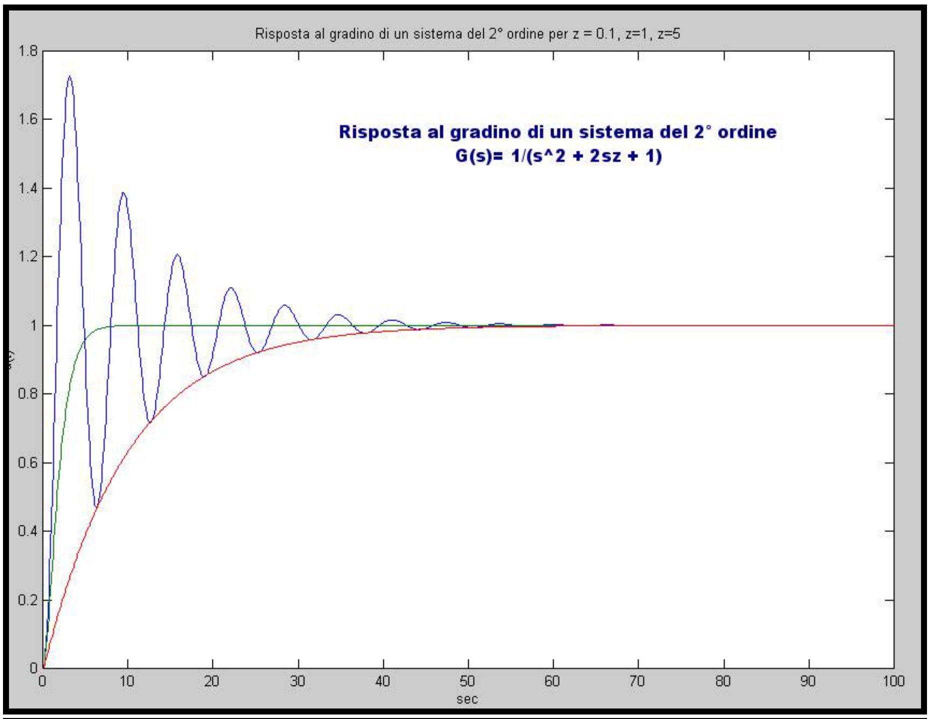
Esempio

Risposta al segnale a rampa unitaria

```
t = [0: 0.1: 20]; n = [1, 4]; d = [ 1, 5, 6];
[num, den] = cloop (n, d);
% Definizione rampa
u = t
[y, x, t] = Isim (num, den, u,  t) ;
plot ( t,y, t, u)
xlabel (’ tempo in s’)
ylabel( ‘ Uscita ’)
title (‘ Risposta nel dominio del tempo ’)
```

Esempio

```
disp('Risposta al gradino di un sistema del 2° ordine')
disp(' G(s)= 1/(s^2 + 2sz + 1) per diversi valori di z')
t= [0:0.1:100]; num=[1];
z1= 0.1; den1=[1, 2*z1,1];
z2= 1;   den2=[1, 2*z2,1];
z3= 5;   den3=[1, 2*z3,1];
[y1,x,t]=step(num,den1,t);
[y2,x,t]=step(num,den2,t);
[y3,x,t]=step(num,den3,t);
plot(t,y1,t,y2,t,y3)
title('Risposta al gradino di un sistema del 2° ordine per z = 0.1, z=1, z=5')
xlabel('sec')
ylabel('u(t)')
```



Diagrammi di Bode Nyquist, Evans, Nichols

[mag, phase, w] = bode (n, d, w) costruisce i vettori modulo (mag) e fase (phase)
[mag, phase, w] = bode (n, d,) traccia il diagramma di Bode

[Gm, Pm, wcg, wcp] = margin (mag, phase, w)

dove: Gm è il margine di ampiezza in corrispondenza della pulsazione wcg e Pm è il margine di fase in corrispondenza di wcp.

Bode (n,d) traccia il diagramma di Bode
margin (mag, phase, w) traccia il diagramma di Bode con i relativi margini.
Nyquist (n, d) traccia il luogo di Nyquist
rlocus (n, d) traccia il luogo delle radici
nichols (n, d) traccia il diagramma di Nichols

Si è indicato con n e d i vettori contenenti i coefficienti del numeratore e denominatore della G(s).

Esempio

```
f = zpk( [ ], [-2, -3, -4], 20);        calcola G(s) = 20 / (s+2)(s+3)(s+4)
bode (f)                                traccia il diagramma di Bode
nyquist (f)                             traccia il diagramma di Nyquist
```

Esempio

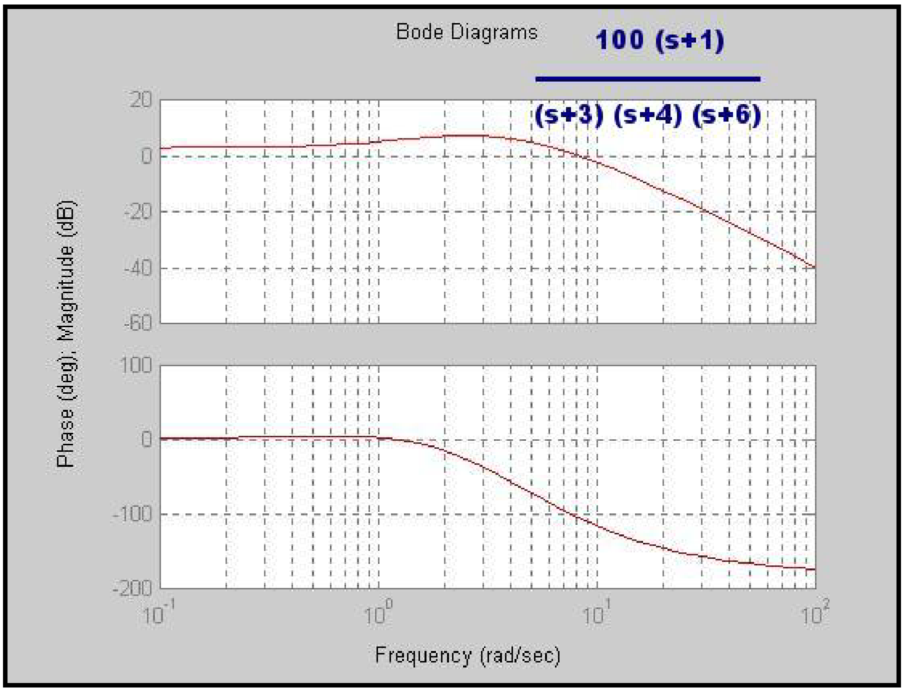
n = [200]; d = [1, 15, 120] %G(s) = 200/(s^2 +15s+120)

```
%Calcolo dei poli
r = roots (d)
%Antitrasformata
ilaplace ('200/ (s^2 + 15*s +120)')
pause
[Modulo, Fase, w] = bode (n, d);
semilogx ( w/(2*pi), 20*log10 (Modulo);
xlabel (' Frequenza in Hz');
ylabel ('Modulo in dB');
grid;
```

Esempio

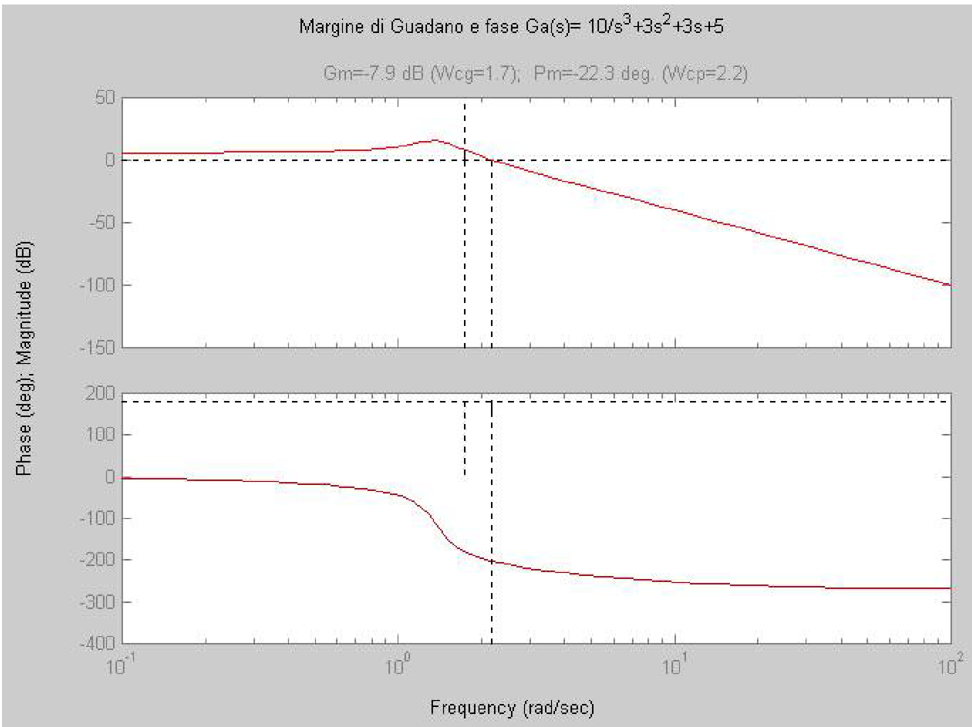
```
% tracciato di Bode
disp('Diagramma di Bode ')

f = zpk([-1],[-3,-4,-6],100)            %G(s) = 100(s+1)/[(s+3)(s+4)(s+6)]
bode(f)
```

Si ottiene:



Esempio: Margine di Guadagno e di fase

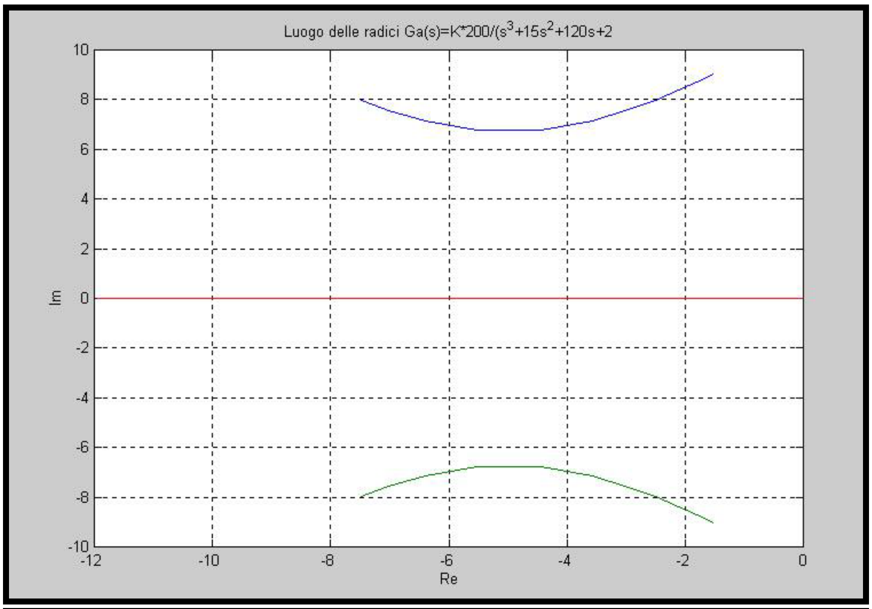
```
disp('Margine di guadagno e fase di Ga(s)= 10/s^3+3s^2+3s+5')
margin( 10,[1,3,3,5])
title('Margine di guadagno e fase Ga(s)= 10/s^3+3s^2+3s+5')
```



Esempio

Luogo delle radici

```
disp ('Luogo delle radici della Ga(s)=K*200/(s^3+15s^2+120s+2')
K=0:0.5:5;
n=[200];
d=[1,15,120,2];
[r K]=rlocus(n,d,K);
plot(r,'-')
grid;
title('Luogo delle radici Ga(s)=K*200/(s^3+15s^2+120s+2');
xlabel('Re');
ylabel('Im');
```



TRASFORMATA Z

Trasformata z

`syms k n w z`
`ztrans(2^n)` fornisce. `z/(z-2)`
`ztrans(sin(k*n),w)` fornisce: `sin(k)*w/(1-2*w*cos(k)+w^2)`

Antitrasformata z

`iztrans(z/(z-2))` fornisce: 2^n.
`iztrans(exp(x/z),z,k)` fornisce: `x^k/k!`.

TRASFORMAZIONI CONTINUO - DISCRETO E DISCRETO – CONTINUO

Si descrivo le funzioni fondamentali per la conversione di unzioni dal continuo (dominio della trasformata di Laplace) al discreto (dominio della trasformata z)

c2dm Conversione da continuo a discreto con metodo
d2cm Conversione discreto continuo con metodo

I metodi utilizzati sono:

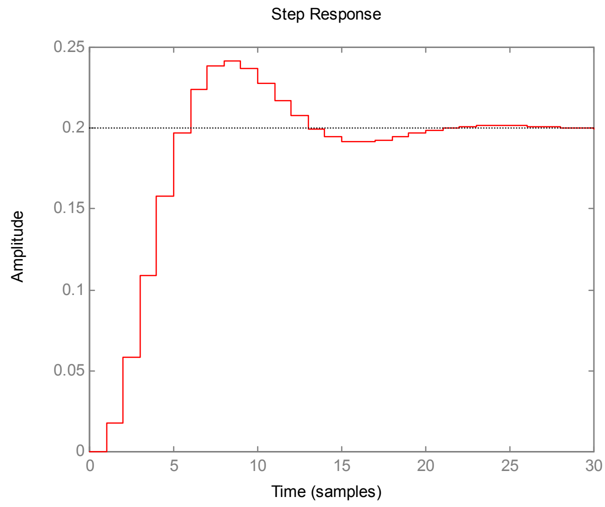
`'zoh'`	Zero-order hold. The control inputs are assumed piecewise constant over the sampling period `Ts`.
`'foh'`	Triangle approximation (modified first-order hold). The control inputs are assumed piecewise linear over the sampling period `Ts`.
`'tustin'`	Bilinear (Tustin) approximation.
`'prewarp'`	Tustin approximation with frequency prewarping.
`'matched'`	Matched pole-zero method.

Esempio

```
disp('Tasformata z')
disp('Risposta al gradino di un sistema del secondo ordine tempo-
discreto')
disp('sia G(s) = 1/(s^2+2*s +5) il sistema del secondo ordine tempo
continuo')
%Nel continuo G(s)
num=[1];den=[1,2,5];
%Calcolo poli della G(s)
roots(den)
%Nel tempo discreto G(z)
[numd,dend]=c2dm(num,den,0.2,'zoh')
%Risposta al gradino nel tempo discreto
dstep(numd,dend)
```

Il software produce la seguente risposta

```
ans =
  -1.0000+ 2.0000i
  -1.0000- 2.0000i
numd =
       0    0.0173    0.0151
dend =
    1.0000   -1.5082    0.6703
```



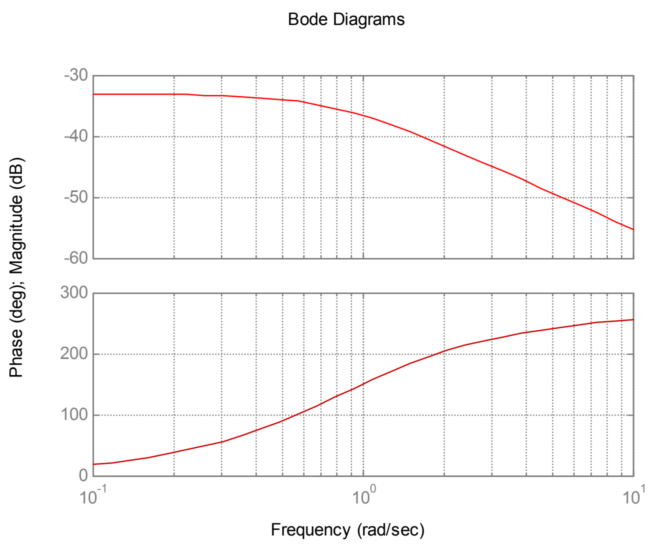
Diagrammi di Bode e Nyquist nel dominio tempo - discreto

Sono equivalenti al tempo continuo con gli stessi comandi

Esempio

```
disp('Diagramma di Bode di un sistema del secondo ordine tempo-discreto')
disp('sia G(s) = 1/(s^2+2*s +5) il sistema del secondo ordine tempo continuo')
%Nel continuo G(s)
num=[1];den=[1,2,5];
[numd,dend]=c2dm(num,den,0.2,'zoh')
%Diagramma di Bode nel tempo discreto
bode(numd,dend)
```

Si ottiene



Programmazione con MATLAB

E' possibile programmare utilizzando un'insieme di istruzioni. Le fondamentali sono:

Selezione

if condizione
else if condizione
istruzione
"
else
"
"
end

---

switch espressione
case .....
case.....
otherwise ....
end

Iterazione

for i=1 : n
"
"
end

oppure

T = [0: 0.1: 2]

for t =T
" " "
end

oppure

while (condizione)

"
"
end

Altre

Pause (n) sospende per n secondi
n = input ('………….') istruzione di input
%----- commento
disp ('commento…) mostra il commento sul video

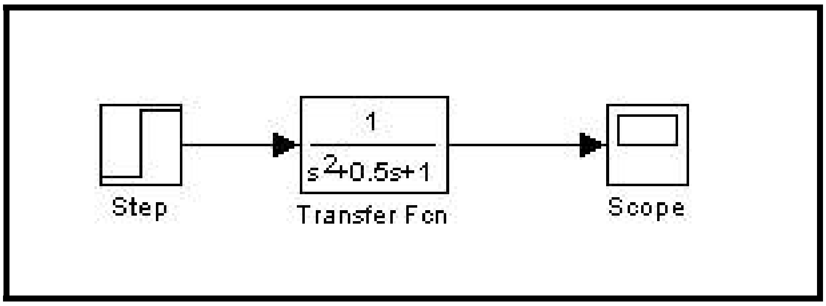
SIMULINK

Simulink è un software di simulazione integrato nell'ambiente MATLAB.
Simulink dispone di una vasta biblioteca di blocchi funzionali di facile e immediato utilizzo.
I blocchi si richiamano e si gestiscono con le tipiche funzioni del mouse in ambiente Windows:

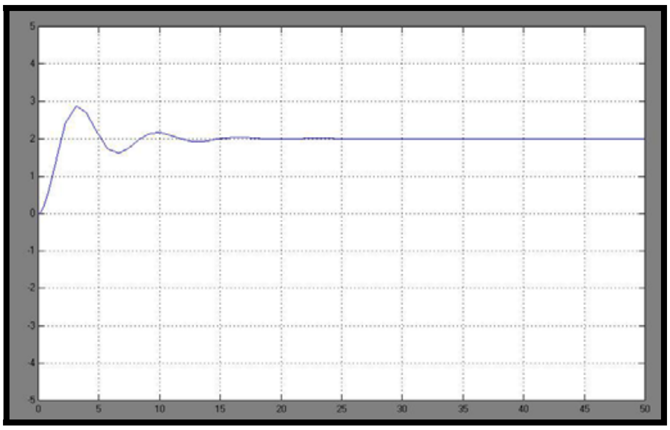
- **Tasto sinistro**. Seleziona e sposta un blocco. Disegna linee di collegamento. Dopo la selezione il blocco si cancella premendo CANC.
- **Tasto destro**: Duplica un blocco. Consente la diramazione e il disegno di linee.
- **Doppio click**: Gestisce le proprietà del blocco.
- **Doppio tasto**: Selezione multipla. Analogo al tasto sinistro + Shift. Disegna una linea che si sposta con continuità. Consente di muovere i blocchi con continuità.

Ogni blocco è caratterizzato da due proprietà:
Stilistiche (colore, font, orientazione,..)
Strutturali (nome, parametri,…)

Esempio
Costruire in ambiente simulink lo schema seguente.



Con doppio click sul generatore si impostano i parametri del generatore:
Step time =0, initial value = 0 final value = 2
Con doppio click su Scope si apre l'oscilloscopio. Attivare dal menu Simulation la funzione START. Modificare, se necessario i parametri della simulazione dal menu Simulation/Parameters . Regolare la scala dell'oscilloscopio per ottimizzare la lettura. Si ottiene:



Per interrompere la simulazione attivare il menu *Simulation/Stop*.
Per fissare a priori la durata della simulazione attivare il sottomenu *Parameters* ed assegnare i valori a *start time* e *stop time*.

GROUP

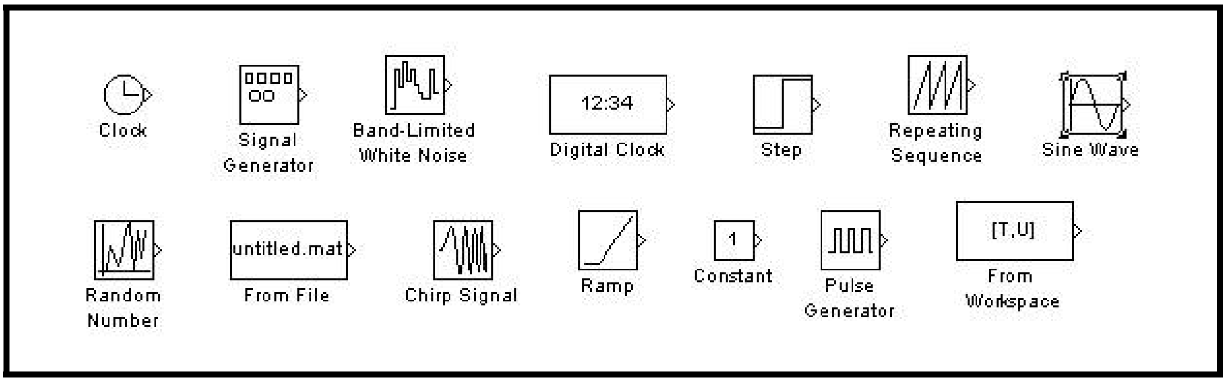
Uno schema a blocchi complesso può essere raggruppato in un solo blocco attivando la funzione *create subsystem* dal menu *edit* . Prima di attivare la funzione di raggruppamento si devono selezionare i blocchi da raggruppare. Per analizzare la struttura interna del blocco creato è sufficiente il solito doppio click. Compare lo schema con l'aggiunta di nuovo blocchi d' ingresso e di uscita. E' possibile raggruppare più blocchi per ottenere un superblocco.

LIBRERIA DEI BLOCCHI

Si riportano i blocchi funzionali più importanti rimandando alla guida in linea e alle demo l'approfondimento dell'argomento.

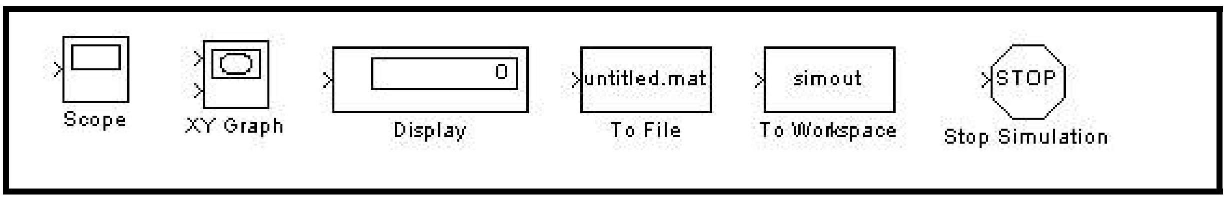
SOURCE

Blocchi per la generazione dei segnali di ingresso.



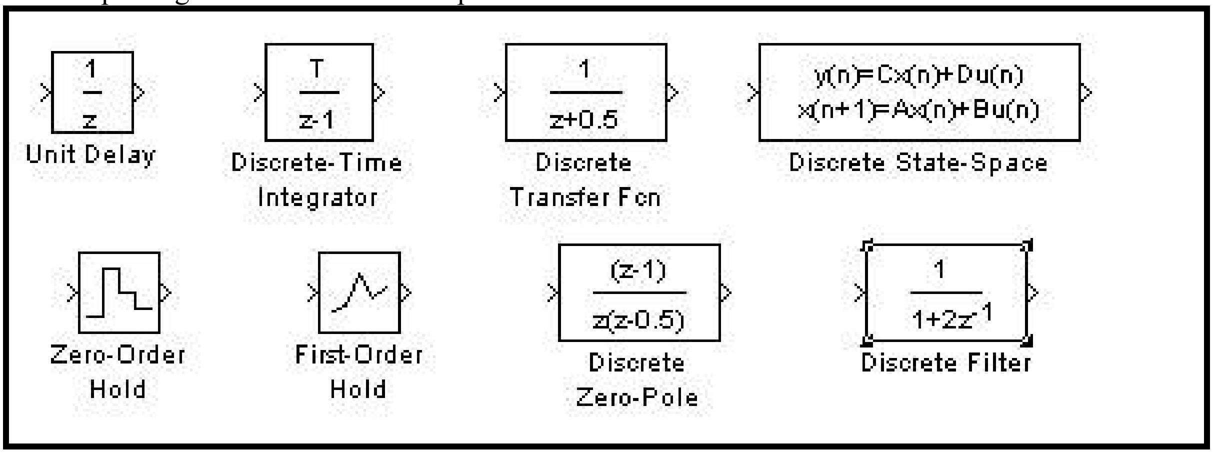
SINK

Blocchi per l'analisi dei dati di uscita.



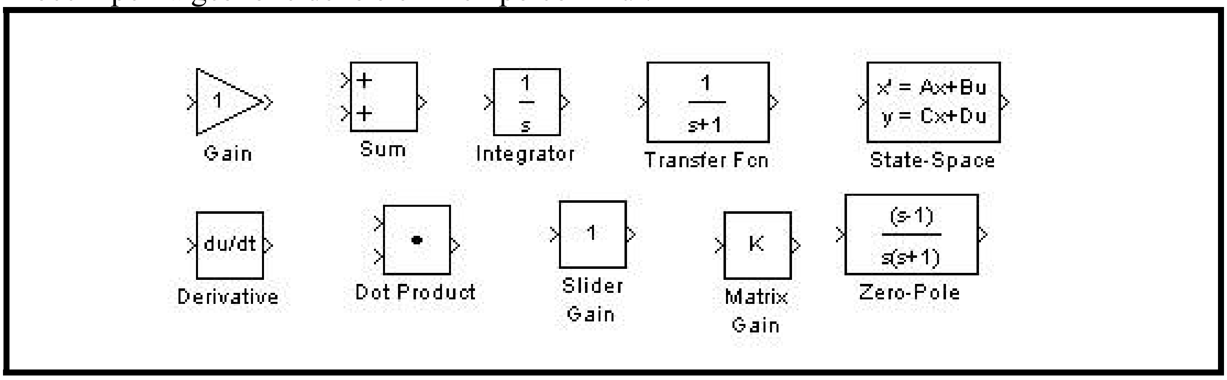
DISCRETE

Blocchi per la gestione dei sistemi tempo discreti



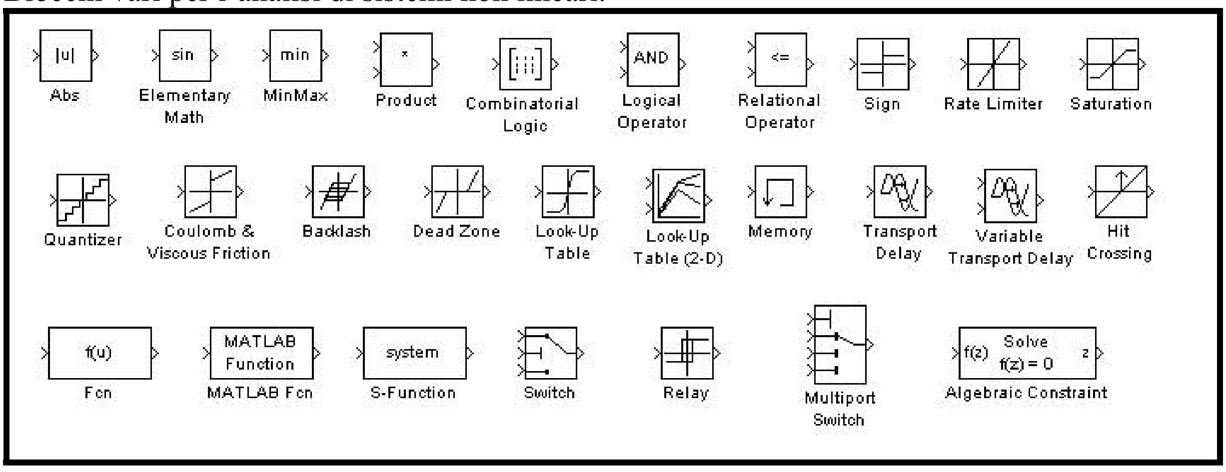
LINEAR

Blocchi per la gestione dei sistemi tempo continui.



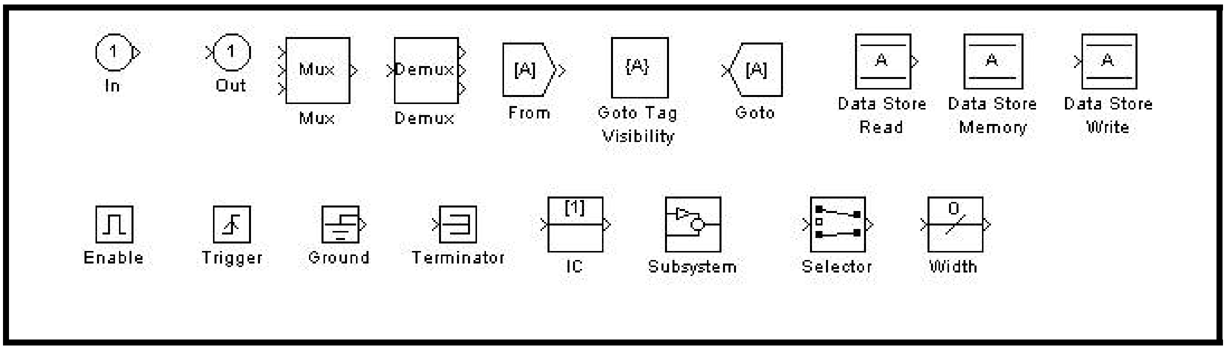
NONLINEAR

Blocchi vari per l'analisi di sistemi non lineari.



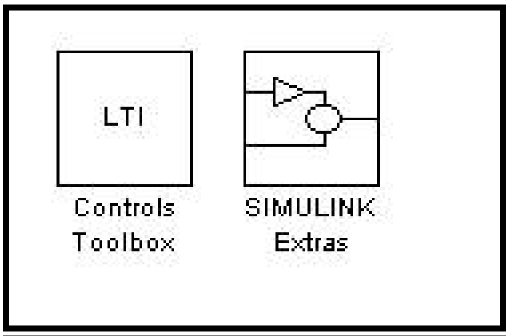
CONNECTION

Blocchi vari.



BODSET & TOOLBOXES

Doppio click per aprire i sottoblocchi interni.
LTI: Blocco per la gestione dei sistemi Lineari Tempo Invariabili.
Extras. Ulteriore insieme di blocchi funzionali sia di generatori che di sistemi analogici e digitali.



Si consiglia di analizzare le interessanti <u>demo</u> presenti nel pacchetto.

ESEMPI VARI

Esempio

Analisi di un amplificatore ad emettitore comune con Matlab

Programma

```
disp( 'Inserimento dei dati')

IC  = input('Inserire il valore di IC in mA:       IC= ');
VCE = input('Inserire il valore di VCE in Volt:    VCE = ');
VCC = input('Inserire il valore di VCC in Volt:    VCC = ');
SI  = input('Inserire il valore di SI:             SI = ');
Rs  = input('Inserire il valore di RS in Kohm:     RS = ');
VBE = input('Inserire il valore di VBE in Volt:    VBE = ');
hFE = input('Inserire il valore di hFE= hfe:       hFE = hfe = ');
hie = input('Inserire il valore di hie in Kohm:    hie = ');
hoe = input('Inserire il valore di hoe in µA/V:    hoe= ');
VsM = input('Inserire il valore di VsM in mV:      VsM= ');

disp('Analisi in continua')
disp('Le resistenze sono in KOhm, le tensioni in Volt e le correnti in
mA')

VRE = 0.15*VCC
RE = VRE/IC
RC=(VCC-VCE-VRE)/IC
IB=IC/hFE
RB=(SI-1)*RE
VBB = RB*IB +VBE+VRE
R1=VCC*RB/VBB
R2=R1*RB/(R1-RB)

disp('Analisi in alternata')

Ai=hFE/(1+0.001*hoe*RC)
Av=-1*Ai*RC/hie
Ro=10^3/hoe
Rg=RB*hie/(RB+hie)
a=Rg/(Rg+Rs)
Avs=a*Av
ViM=a*VsM

disp('Grafica')
t=[0:0.05:2];
Vs=VsM*sin(2*3.14*t);
subplot(2,1,1);
plot(t,Vs)
grid;
title('Tensione di entrata Vs(t)')
ylabel('Tensione in mV')
Vo= Avs*VsM*sin(2*3.14*t);
subplot(2,1,2);
plot(t,Vo)
grid;
title('Tensione di uscita Vo(t)')
xlabel('Tempo in secondi')
ylabel('Tensione in mV')
```

Il software produce il seguente output

Inserimento dei dati

Inserire il valore di IC in mA: IC= 2
Inserire il valore di VCE in Volt: VCE = 5
Inserire il valore di VCC in Volt: VCC = 9
Inserire il valore di SI: SI = 10
Inserire il valore di RS in Kohm: RS = 1
Inserire il valore di VBE in Volt: VBE = 0.65
Inserire il valore di hFE= hfe: hFE = hfe = 200
Inserire il valore di hie in Kohm: hie = 2.5
Inserire il valore di hoe in µA/V: hoe= 25
Inserire il valore di VsM in mV: VsM= 10

Analisi in continua

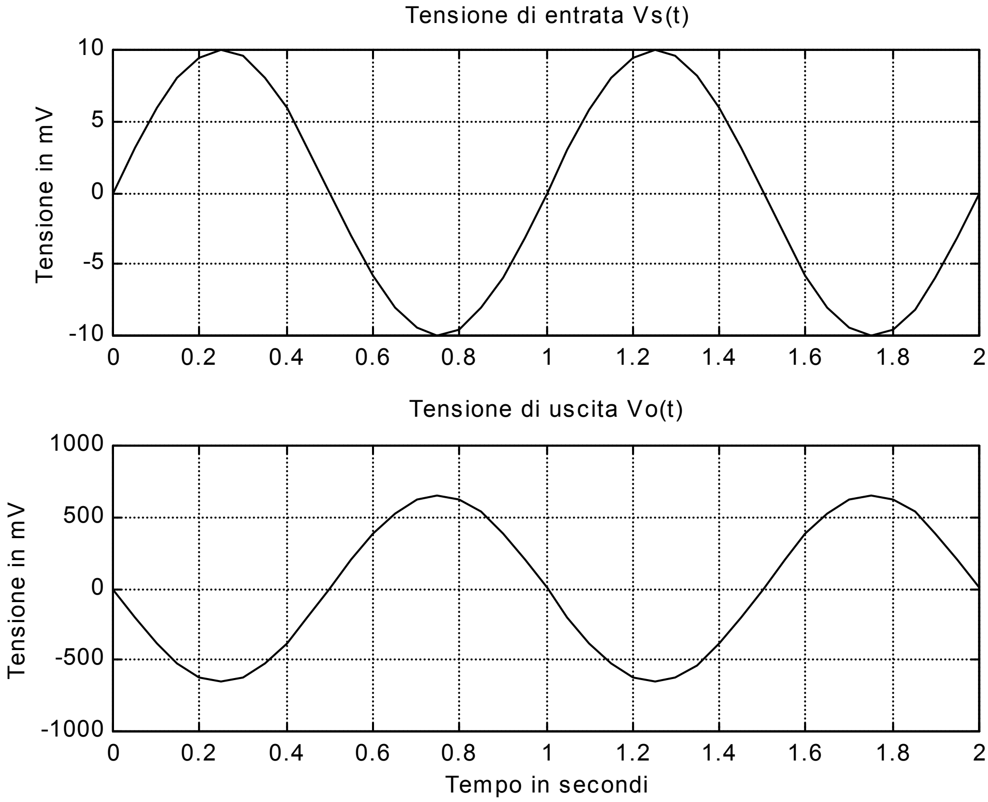
Le resistenze sono in KOhm, le tensioni in Volt e le correnti in mA

```
VRE =
   1.3500
RE =
   0.6750
RC =
   1.3250
IB =
   0.0100
RB =
   6.0750
VBB =
   2.0607
R1 =
  26.5316


R2 =
   7.8791
```

Analisi in alternata

```
Ai =
  193.5874
Av =
 -102.6013
Ro =
   40
Rg =
   1.7711
a =
   0.6391
Avs =
  -65.5763
ViM =
   6.3914
```

Grafica



Esempio

Si riporta il listato in MATLAB 5 per il calcolo dei poli e degli zeri note le funzioni N(s) e D(s).

```
disp('Calcolo: Zeri, Poli noto N(s) e D(s)')
num = [4,8,0];              %Numeratore    num = 4*s^2 + 8*s
den = [1,4,3,5];            %Denominatore  den = s^3 + 4*s^2 + 3s + 5
[Zeri, Poli]=tf2zp(num,den)
```

<u>Il software produce la seguente risposta</u>

Calcolo: Zeri, Poli noto N(s) e D(s)
Zeri =
0
-2
Poli =
-3.5517
-0.2241+ 1.1651i
-0.2241- 1.1651i

Esempio

Si riporta il listato di un programma in MATLAB 5 per il calcolo dei residui, dei poli e dei termini diretti di una funzione di trasferimento G(s) note le funzioni N(s) e D(s).

```
disp('Calcolo dei residui')
num = [4,8,0]; %Numeratore N(s) = 4*s^2 + 8*s
den = [1,4,3]; %Denominatore D(s) = s^2 + 4*s + 3
[residui,poli,Ao]=residue(num,den)
```

Il software produce la seguente risposta

Calcolo dei residui
residui =
   -6
   -2
poli =
   -3
   -1
Ao =
    4

Esempio
Si riporta il listato di un programma in MATLAB 5 per il calcolo di N(s) e D(s) noti i residui, i poli e i termini diretti.

```
disp('Calcolo di N(s) e D(s) noti i residui, i poli e i termini diretti')
residui=[-6,-2];
poli=[-3,-1];
Ao=[4];
[numeratore,denominatore]=residue(residui,poli,Ao)
```

Il software produce la seguente risposta
Calcolo di N(s) e D(s) noti i residui, i poli e i termini diretti
numeratore =
    4   8   0
denominatore =
    1   4   3

Esempio
Si riporta il listato di un programma scritto in ambiente MATLAB 5 per tracciamento dei diagrammi di Bode o Nyquist di sistemi del 1° ordine.

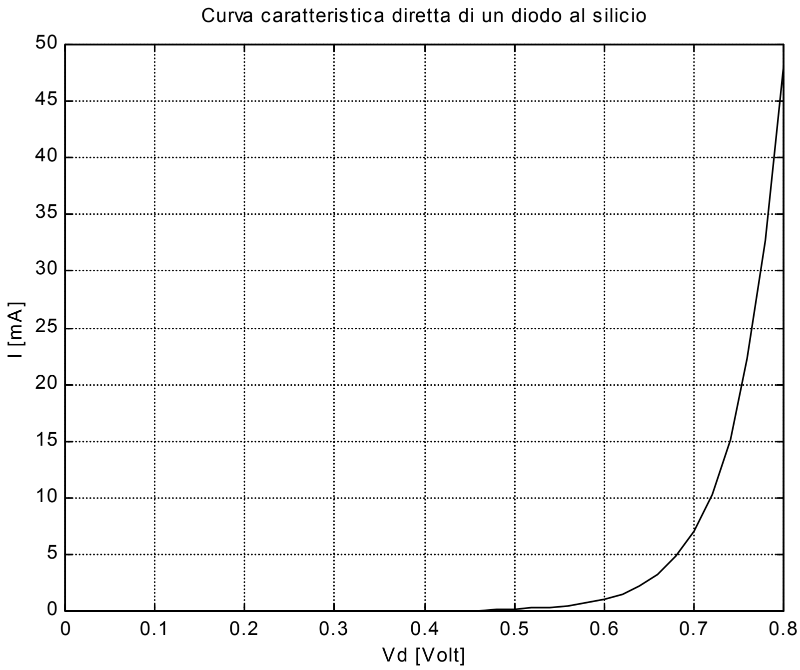
```
disp('Diagrammi di Bode e Nyquist di alcune funzioni del primo ordine ’)
disp('')
disp('   1 - Bode - Filtro passa basso K/(s + w)')
disp('   2 - Bode - Filtro passa alto Ks/(s + w)')
disp('   3 - Bode - Rete correttrice k(s + a)/(s + b)')
disp('   4 - Nyquist - Filtro passa basso K/(s + w)')
disp('   5 - Nyquist - Filtro passa alto Ks/(s + w)')
disp('   6 - Nyquist - Rete correttrice k(s + a)/(s + b)')
disp('')
n=input('Quale digramma vuoi tracciare? = ');
switch n
case 1
   K = input(' Immetti il valore di K = ');
   w=input('   Immetti il valore di w = ');
   num=[K]; den=[1, w];
   bode(num,den)
   xlabel('w (rad/sec)')
   title('Filtro passa - basso')
   grid;
case 2
   K = input(' Immetti il valore di K = ');
   w=input('   Immetti il valore di w = ');
   num=[K, 0]; den=[1, w];
   bode(num,den)
   xlabel('w (rad/sec)')
   title('Filtro passa - alto')
   grid;
```

```
case 3
   K = input(' Immetti il valore di K = ');
   a =input('  Immetti il valore di a = ');
   b =input('  Immetti il valore di b = ');
   num=[K, K*a]; den=[1, b];
   bode(num,den)
   xlabel('w (rad/sec)')
   title('Rete corretrice')
   grid;
 case 4
   K = input(' Immetti il valore di K = ');
   w=input('   Immetti il valore di w = ');
   num=[K]; den=[1, w];
   nyquist(num,den)
   title('Filtro passa - basso')
   grid;
case 5
   K = input(' Immetti il valore di K = ');
   w=input('   Immetti il valore di w = ');
   num=[K, 0]; den=[1, w];
   nyquist(num,den)
   xlabel('w (rad/sec)')
   title('Filtro passa - alto')
   grid;
case 6
   K = input(' Immetti il valore di K = ');
   a =input('  Immetti il valore di a = ');
   b =input('  Immetti il valore di b = ');
   num=[K, K*a]; den=[1, b];
   nyquist(num,den)
   title('Rete corretrice')
   grid;
 otherwise
   disp(' La scelta è errata')
end
```

Esempio

Curva caratteristica di un diodo

```
disp('Curva caratteristica di un diodo al silicio')
Vd = [0:0.02:0.8];
I0=10^-8;
VT=0.025;
a=2;
V=a*VT;
I=1000*I0*(exp(Vd/V)-1);
plot(Vd,I)
grid;
xlabel('Vd [Volt]')
ylabel('I [mA]')
title('Curva caratteristica diretta di un diodo al silicio')
```



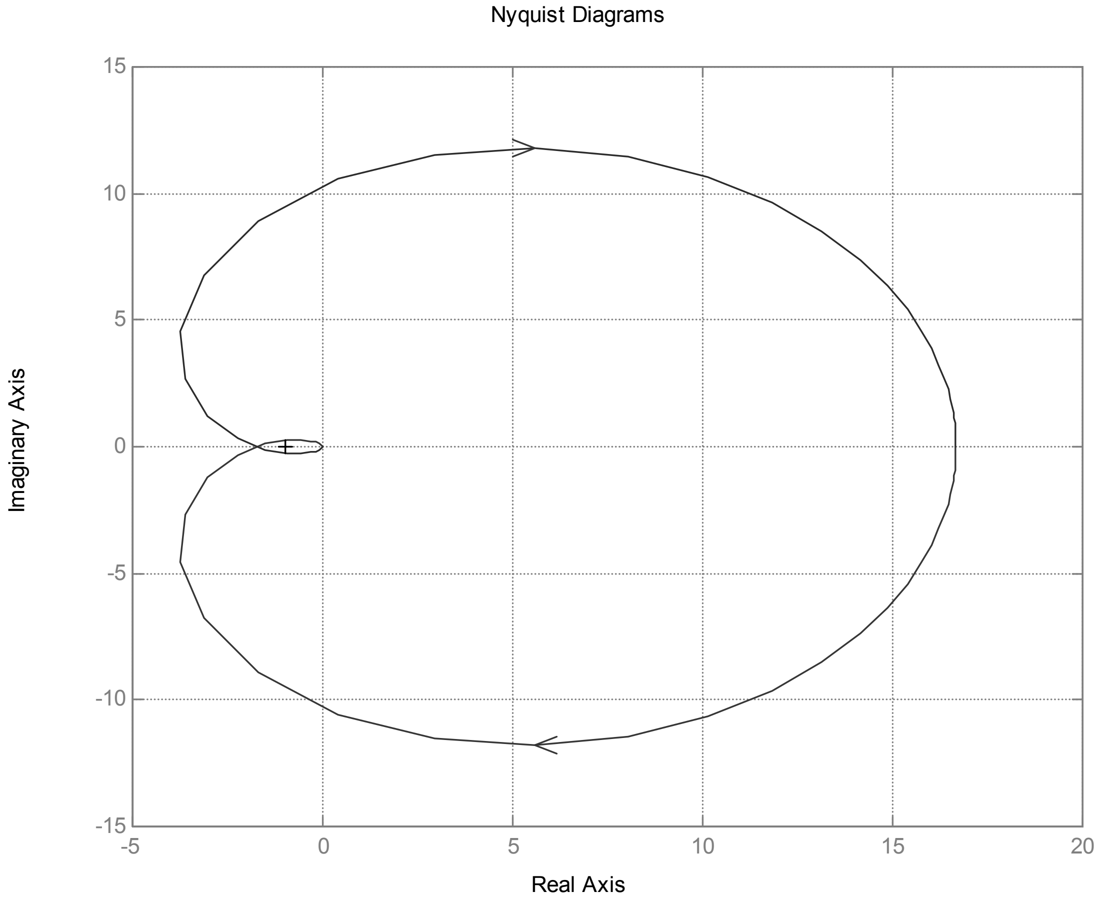
Esempio

Si riporta il listato di un programma in ambiente MATLAB per il tracciamento del diagramma di Nyquist
della funzione `G(s) = 500/(s`^{2}`+5s+6))(s+5')`

<u>Programma</u>

```
disp ('Diagramma di Nyquist della G(s) = 500/(s^2+5s+6)(s+5)')
numeratore =[500]; d1=[1,5,6];d2=[1,5];
denominatore = conv(d1,d2);
%Diagramma di Nyquist per ω variabile tra -∝ e +∝
nyquist(numeratore, denominatore)
grid;
```

Il software produce la seguente diagramma



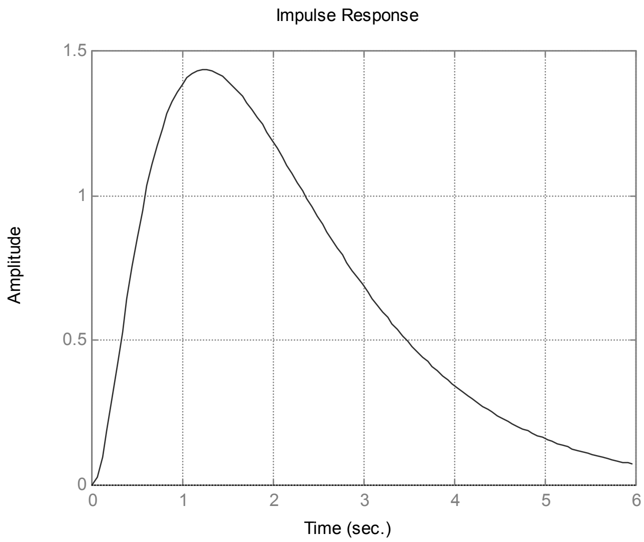
Esempio

Si riporta il listato di un programma in ambiente MATLAB per il calcolo dei poli e della risposta alla Delta di Dirac della G(s) = 20/[(s^2+2s+1)(s+5)].

```
disp ('Determinare i poli della G(s) = 20/[(s^2+2s+1)(s+5)] e la risposta
alla delta di Dirac')
numeratore=[20];
d1=[1,2,1];d2=[1,5];
denominatore=conv(d1,d2)            %Calcola il prodotto tra d1 e d2
poli = roots(denominatore)          %Calcola i poli
impulse (numeratore , denominatore) %Grafico della risposta alla Delta di
Dirac
grid;                               %Inserisce la griglia nel grafico
```

Il software produce la seguente risposta

```
denominatore =
    1    7   11    5
poli =
  -5.0000
  -1.0000+ 0.0000i
  -1.0000- 0.0000i
```



Esempio

Si riporta il listato di un programma in ambiente MATLB per lo studio di un sistema a reazione negativa noti i valori delle funzioni di trasferimento G(s) del blocco diretto e H(s) del blocco di reazione. Il programma calcola la funzione di trasferimento totale con reazione W(s) e i relativi poli e zeri. Inoltre si valuta anche il guadagno d'anello Ga(s) e si disegna il corrispondente diagramma di Bode e di Nyquist.
Nell'esempio: $G(s) = 45/(s^3 + 2s^2)$ e $H(s) = 0.2$

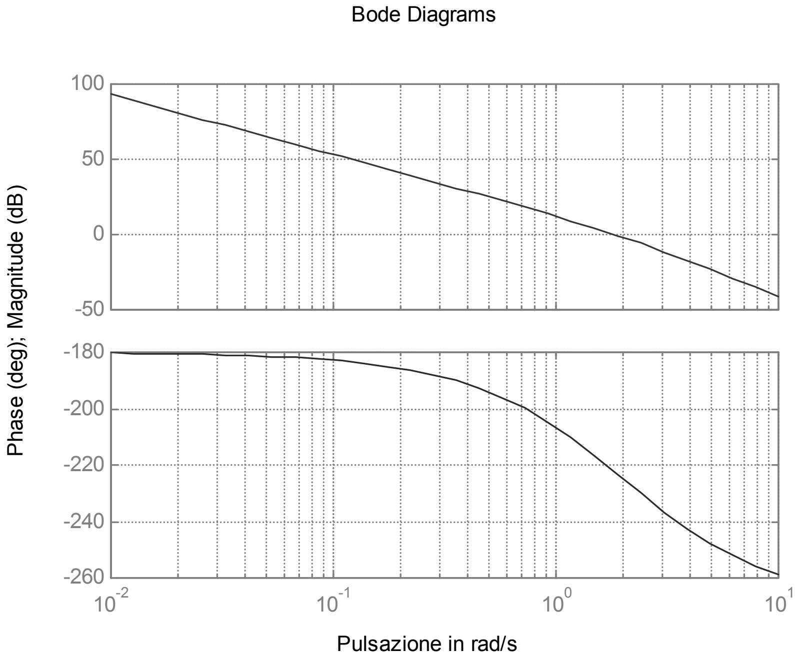
```
disp('Analisi di una rete a reazione negativa')
%Numeratore e denominatore della funzione G(s)
NUMG=[45]; DENG=[1,2,0,0];
%Numeratore e denominatore della funzione H(s)
NUMH=[0.2]; DENH=[1];
%Calcolo della funzione con reazione W(s)= G(s)/[1+G(s)H(s)]
[NUMW,DENW]= feedback(NUMG,DENG,NUMH,DENH)
%Calcolo del guadagno d'anello Ga(s) = G(s)H)s)
NUMGA= conv(NUMG,NUMH)
DENGA = conv(DENG,DENH)
%Calcolo degli zeri e dei poli della funzione W(s)
[ZERIW,POLIW]=tf2zp(NUMW,DENW)
disp('Diagramma di Bode e di Nyquist del guadagno di anello')
figure (1)
bode(NUMGA,DENGA)
xlabel(' Pulsazione in rad/s')
figure (2)
nyquist(NUMGA,DENGA)
grid;
```

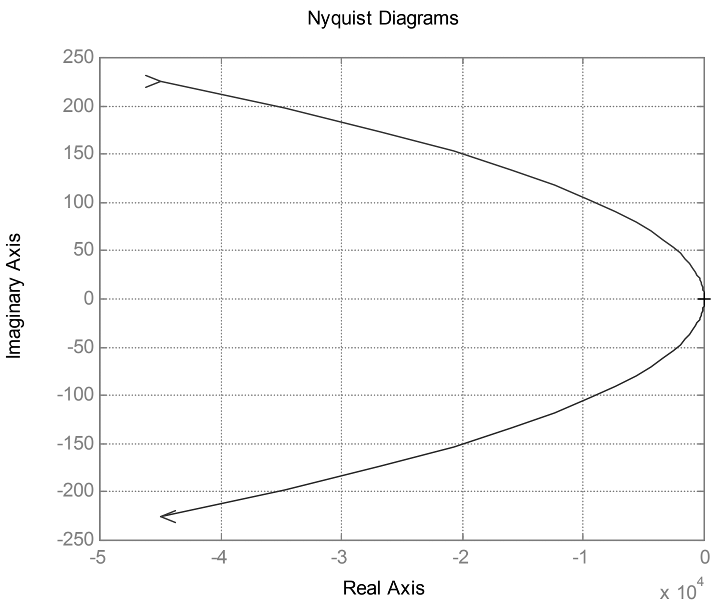
Il software produce la seguente risposta

```
Analisi di una rete a reazione negativa
NUMW =
   0   0   0   45
DENW =
   1   2   0   9
NUMGA =
   9
DENGA =
```

```
     1     2     0     0
ZERIW =
   Empty matrix: 0-by-1
POLIW =
  -3.0000
   0.5000+ 1.6583i
   0.5000- 1.6583i
```

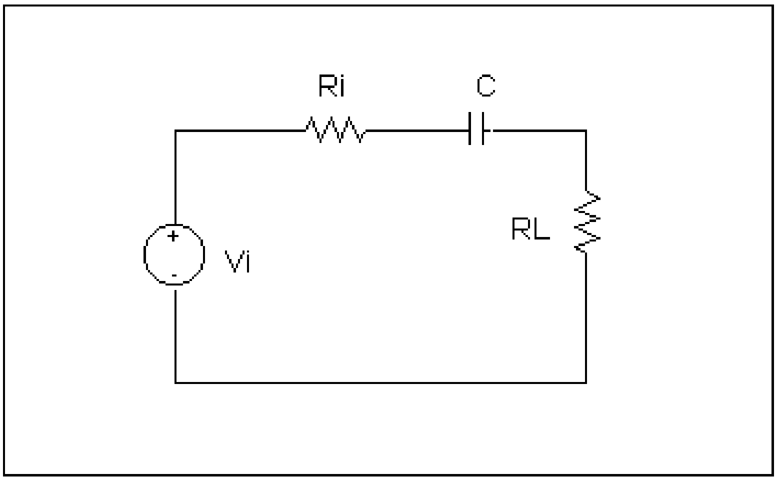
Diagramma di Bode e di Nyquist del guadagno di anello





Esempio

Si riporta il listato di un programma in ambiente MATLAB 5 per la risoluzione di della seguente rete RC.




```
clear;
disp('Rete elettrica del 1° ordine a componenti RC fig. 26 Cap.8')
disp('Dati di ingresso del sistema:')
disp('')
Ri=input('Resistenza di ingresso Ri in [Ohm] = ');
RL=input('Resistenza di carico RL in [Ohm] =');
C=input('Capacità C in [Farad] = ');
A=input('Ampiezza ViM del segnale di ingresso in [Volt] = ');
w= input('Pusazione w in [rad/s]=');
tau=(Ri+RL)*C;
disp('')
disp(sprintf('La costante di tempo tau[µs] = %0.2f',tau*10^6));
wn=1/tau;
ft=wn/(2*pi)
disp('')
disp(sprintf('La frequenza di taglio ft[KHz]= %0.2f',ft/10^3));
td=0.35/ft;
disp(sprintf('Il tempo di discesa td[µs]= %0.2f',td*10^6));
disp('Calcolo del numeratore e del denominatore della G(s)')
K=RL/(Ri+RL);
numeratore=[K,0]
denominatore=[1,wn]
disp('Calcolo zeri e poli')
z=roots(numeratore);
p=roots(denominatore);
disp(sprintf('La funzione G(s) è caratterizzata da uno zero nullo
z=%0.1f',0));
disp(sprintf('La funzione G(s)è caratterizzata da un polo p= %0.2f',-
wn));
%Calcolo del modulo e della fase della funzione di trasferimento
modulo = K/sqrt(1+(wn/w)^2)
fase=atan(wn/w)
fasegradi= fase*180/pi
disp('Calcolo del valore di picco VoM della tensione di uscita')
VoM=modulo*A
disp('Risposta al gradino unitario')
disp('Premi un tasto per visualizzare il grafico della risposta al
gradino ')
```

```
pause;
step(numeratore,denominatore)    %Grafico della risposta al gradino
grid;
```

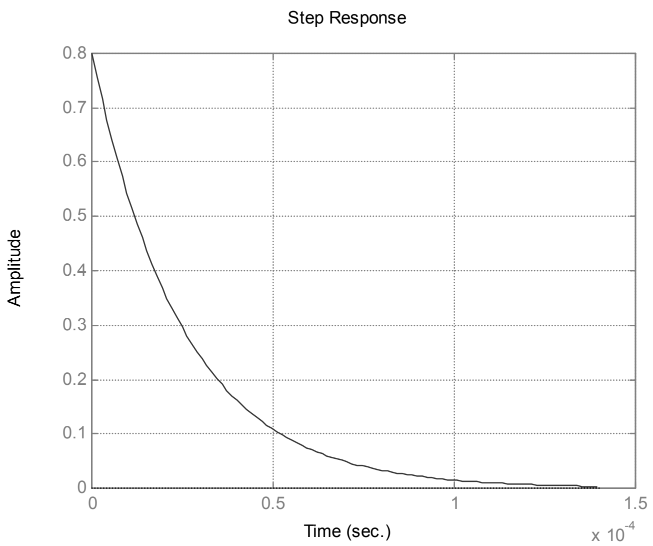
Il software produce la seguente risposta

Rete elettrica del 1° ordine a componenti RC
Dati di ingresso del sistema:

Resistenza di ingresso Ri in [Ohm] = 500
Resistenza di carico RL in [Ohm] =2*10^3
Capacità C in [Farad] = 10*10^-9
Ampiezza ViM del segnale di ingresso in [Volt] = 5
Pusazione w in [rad/s]=10^4

La costante di tempo tau[µs] = 25.00
La frequenza di taglio ft[KHz]= 6.37
Il tempo di discesa td[µs]= 54.98

Calcolo del numeratore e del denominatore della G(s)
numeratore =
0.8000 0
denominatore =
1 40000
Calcolo zeri e poli
La funzione G(s) è caratterizzata da uno zero nullo z = 0.0
La funzione G(s)è caratterizzata da un polo p = - 40000.00
modulo =
0.1940
fase =
1.3258
fasegradi =
75.9638
Calcolo del valore di picco VoMin Volt della tensione di uscita
VoM =
0.9701
Risposta al gradino unitario
Premi un tasto per visualizzare il grafico

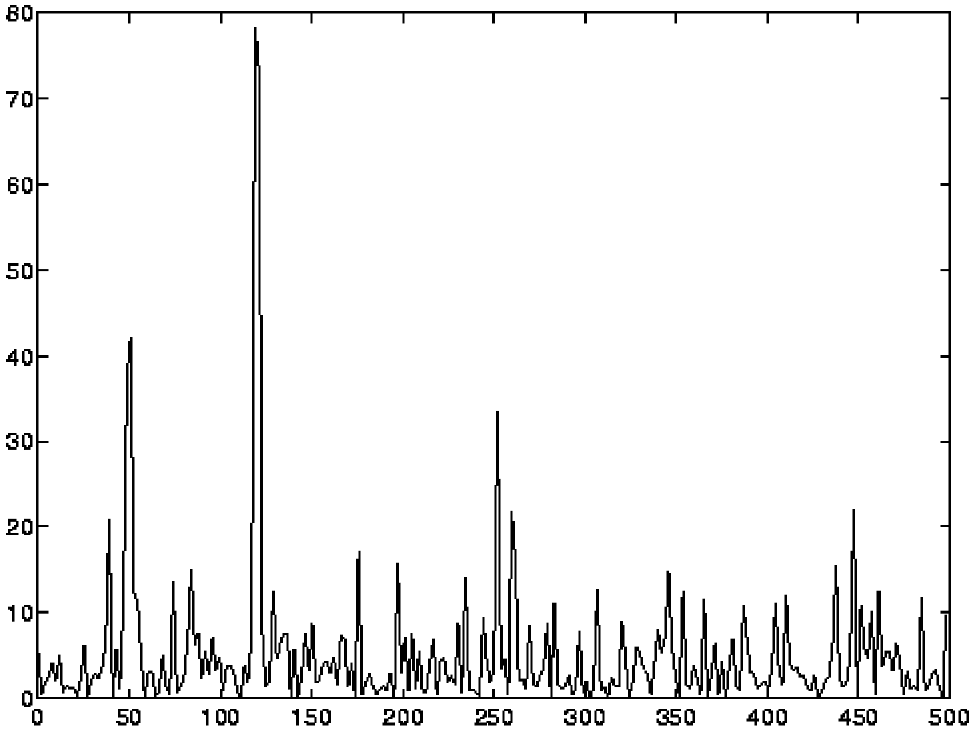


Esempio

Si vuole determinare la potenza spettrale di un segnale
y = x + 2*randn(1,length(t)); costituito dalla somma di 2 segnali sinusoidali a 50 HZ e 120HZ e da un rumore a valor medio nullo.
Programma

```
t = 0:0.001:0.6;
x = sin(2*pi*50*t) + sin(2*pi*120*t);
y = x + 2*randn(1,length(t));
plot(y(1:50))
Y = fft(y,512); %FFT di y          %fast fourier trasform
Pyy = Y.*conj(Y) / 512;            % Densità di potenza spettrale dl segnale Y
f = 1000*(0:255)/512;
plot(f,Pyy(1:256))                 %Grafico di 512 punti
```

Il software produce la seguente risposta



Esempio

Generare la funzione di trasferimento di un sistema del 2° ordine nota la pulsazione naturale e lo smorzamento. Sintassi [nem,den]= (wn,z). Nell'esempio wn = 100 e z=0.1

[num,den] = ord2(10,0.1)
sys = tf(num,den)

Si ottiene

num =
 1
den =
 1 2 100
sys = tf(num,den)
Transfer function:
 1
----
s^2 + 2 s + 100

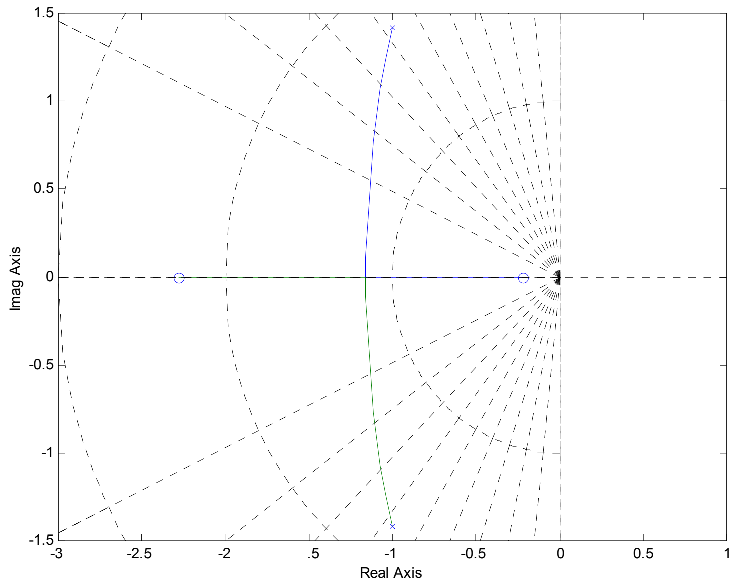
Esempio

% Luogo delle radici G(s) = (2s^2 + 5s +1)((s^2 +2s +3)

```
H = tf([2 5 1],[1 2 3])
rlocus(H)
sgrid
```

Si ottiene

Transfer function:
2 s^2 + 5 s + 1
----
s^2 + 2 s + 3



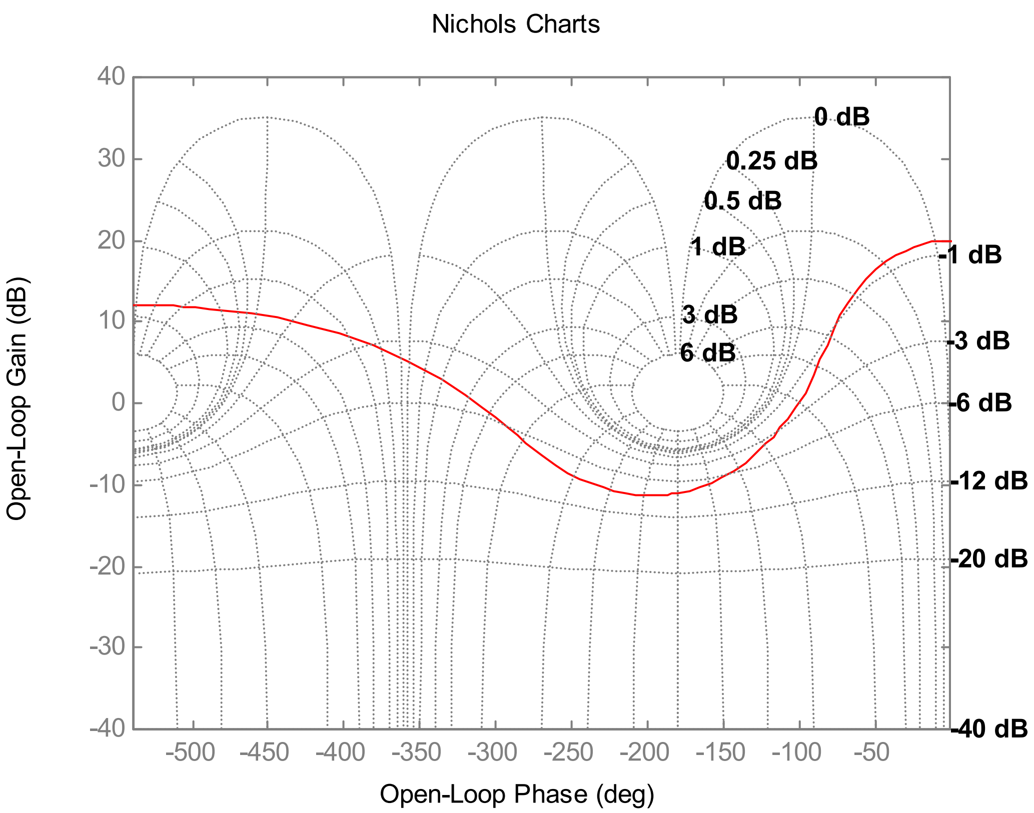
Esempio

Diagramma di Nichols

H = tf([-4 48 -18 250 600],[1 30 282 525 60])
nichols(H)
ngrid

Si ottiene

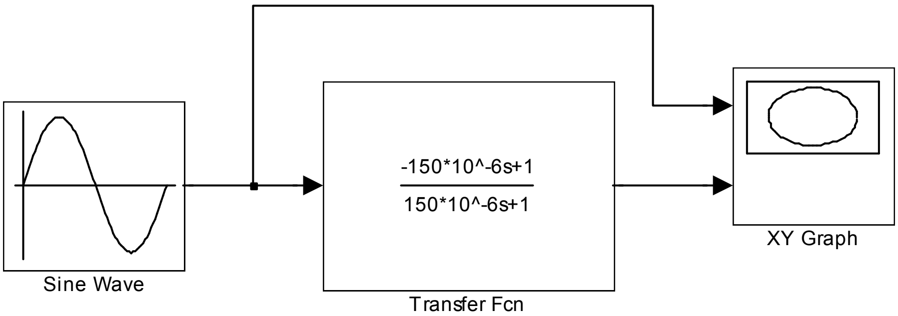
Transfer function:
-4 s^4 + 48 s^3 - 18 s^2 + 250 s + 600
----
 s^4 + 30 s^3 + 282 s^2 + 525 s + 60

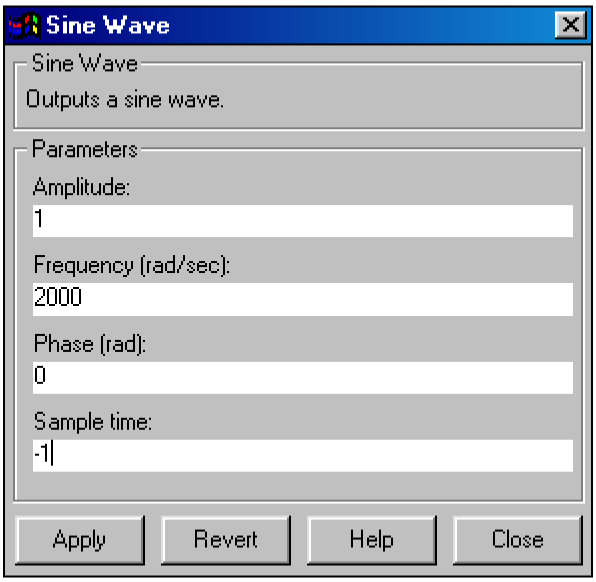


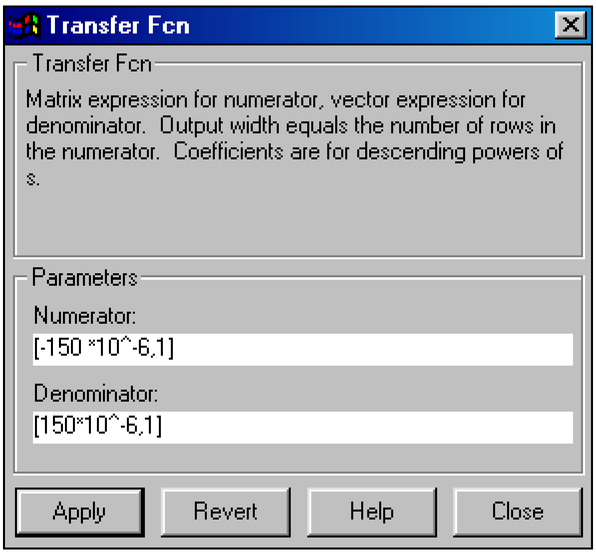
Esempio

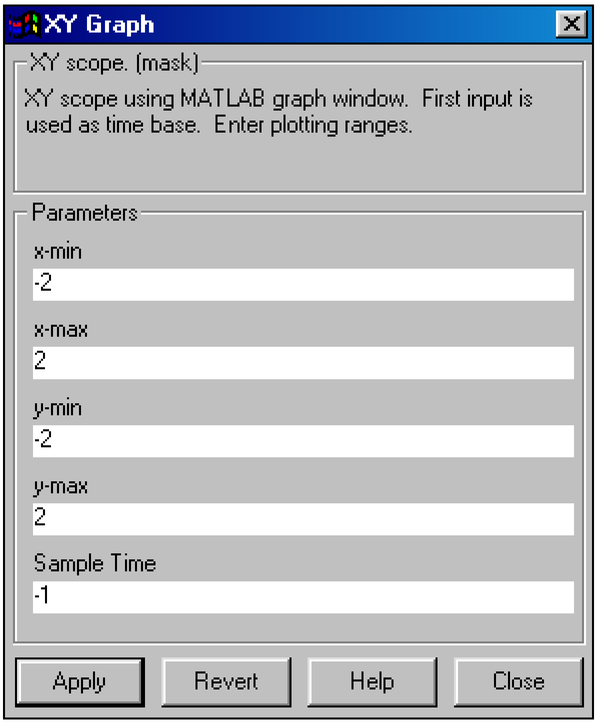
Si riportano i blocchi di utilizzo in ambiente Simulink di Matlab per la simulazione del circuito sfasatore. La funzione di trasferimento vale:

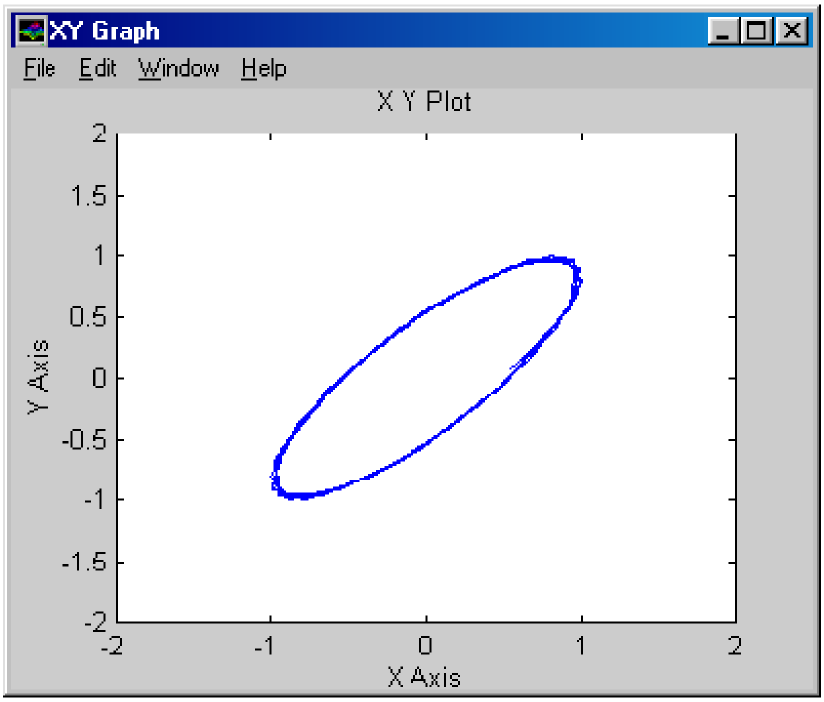
G(s) = (1 – sRC)/(1 + sRC) con RC = $150 \cdot 10^{-6}$





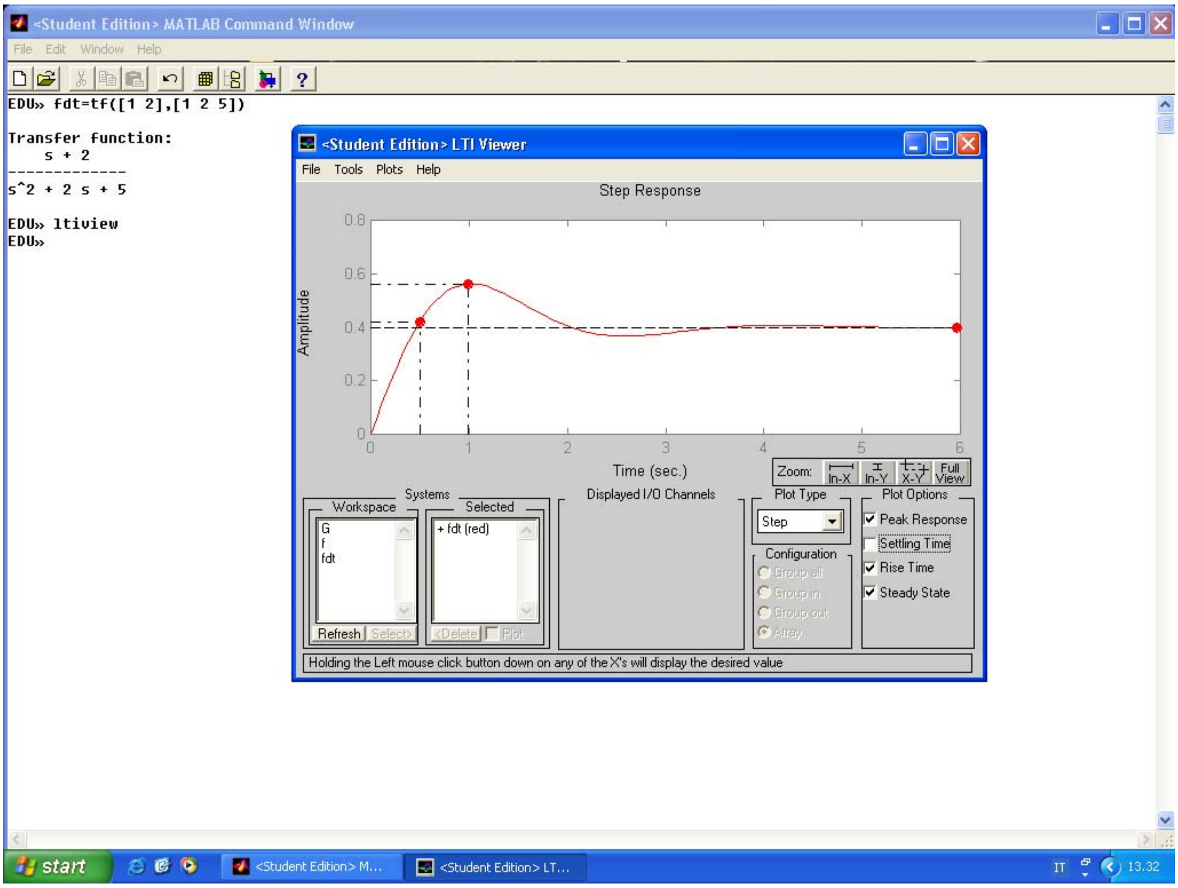



XY Graph
XY scope. (mask)
XY scope using MATLAB graph window. First input is used as time base. Enter plotting ranges.
Parameters
x-min
-2
x-max
2
y-min
-2
y-max
2
Sample Time
-1
Apply
Revert
Help
Close


XY Graph
File
Edit
Window
Help
X Y Plot
Y Axis
X Axis
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2
-1
0
1
2

Funzione **ltiview**

Consente di esaminare la risposta nel dominio del tempo e nel dominio armonico di una f.d.t. Esempio



Quando si apre ltiview ciccare 2 volte sulla funzione fdt nel Workspace. Scegliere il tipo di risposta nel Plot Type e le diverse opzioni du Plot Optino.