Corso di Segnali e Sistemi
Ingegneria Biomedica-Ingegneria Elettronica
Università degli Studi di Padova
(Proff. N. Benvenuto e C. Dalla Man)
A.A. 2019/2020

Laboratorio 02
SOLUZIONI

SEGNALI A TEMPO CONTINUO:
- Semplici Trasformazioni della Variabile Indipendente
- Segnali Periodici
- Segnali Notevoli

Segnali a Tempo continuo

MATLAB LAVORA CON VETTORI (E MATRICI), quindi tutti i segnali in MATLAB sono intrinsecamente a tempo discreto….

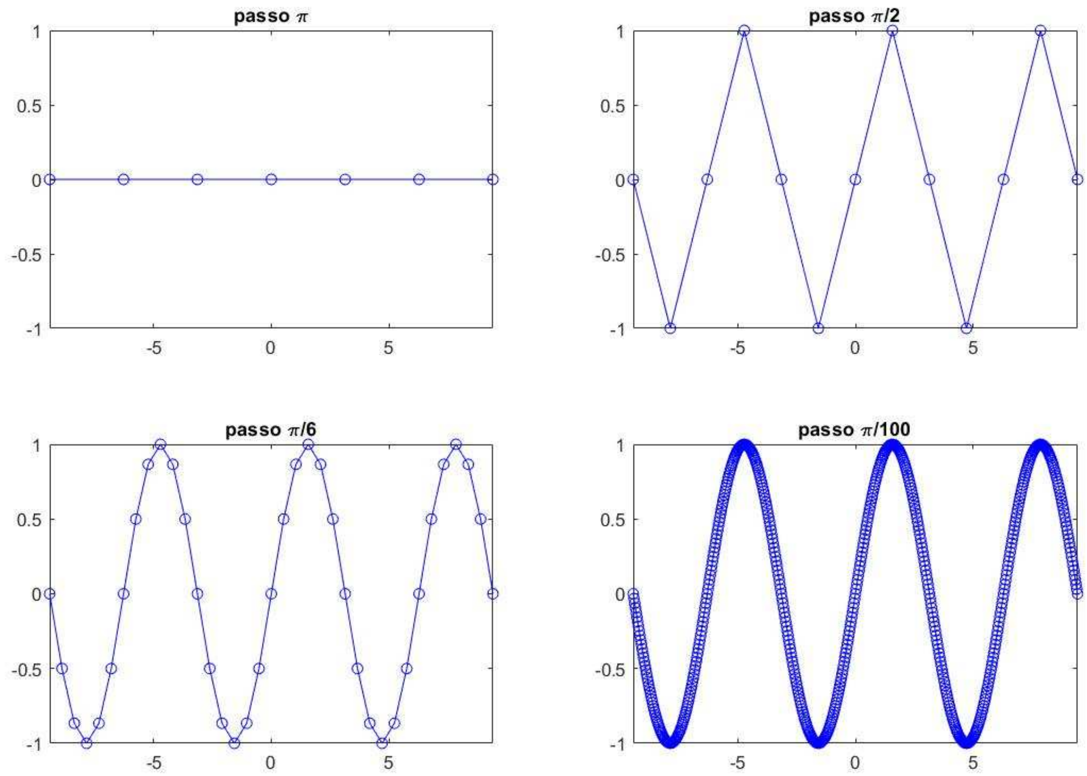
Come possiamo rappresentare i segnali a tempo continuo in MATLAB?

Utilizzando come variabile indipendente (da plottare sull'asse delle x) un vettore con passo **SUFFICIENTEMENTE FITTO.**

Cosa significa **SUFFICIENTEMENTE FITTO?**

…vediamo un esempio

Plottare sin(t) in funzione di t, con passo π, $\pi/2$, $\pi/6$ e $\pi/100$



Esercizio 1

Traslazione e cambio di scala a tempo continuo

Si consideri il segnale a tempo continuo x(t)=tanh(t)

1) Si plotti il segnale x(t) in funzione di t con linea continua blu ('b') per -10≤t≤10
2) Si plottino sullo stesso grafico i segnali traslati (b=3)

   y1(t)=x(t-b)

   y2(t)=x(t+b)

con linea continua rossa ('r') e verde ('g') rispettivamente (si inserisca una legenda nel grafico)

3) In una nuova figura si plottino, assieme al segnale x(t) i segnali scalati (a=3)

   z1(t)=x(at)

   z2(t)=x(t/a)

4) In una nuova figura si plottino, assieme al segnale x(t) il segnali scalati e traslati

   w1(t)=x(at-b)

   w2(t)=x(at+b)

   w3(t)=x(t/a-b)

   w4(t)=x(t/a+b)

   (a=3,b=3)

Suggerimento: creare un vettore dei tempi con passo sufficientemente fitto (per es 0.1)

Soluzione

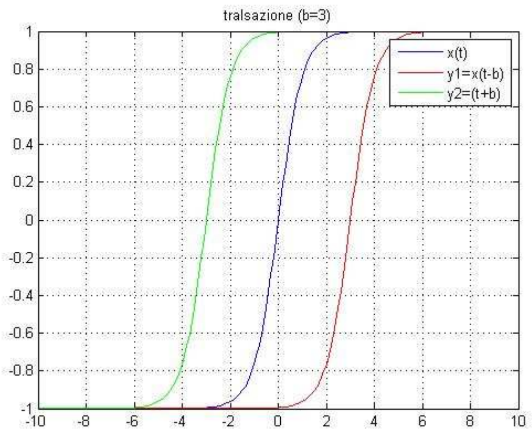
```
clear all
close all
clc
%creo un asse dei tempi con passo 0.1
t=[-10:0.1:10];
x=tanh(t);
a=3;
b=3;
%segnali traslati
y1=tanh(t-b);
y2=tanh(t+b);
figure(1)
plot(t,x,'b',t,y1,'r',t,y2,'g')
title('tralsazione (b=3)')
legend('x(t)','y1=x(t-b)','y2=(t+b)')
xlabel('t')
ylabel('segnale')
grid on
```

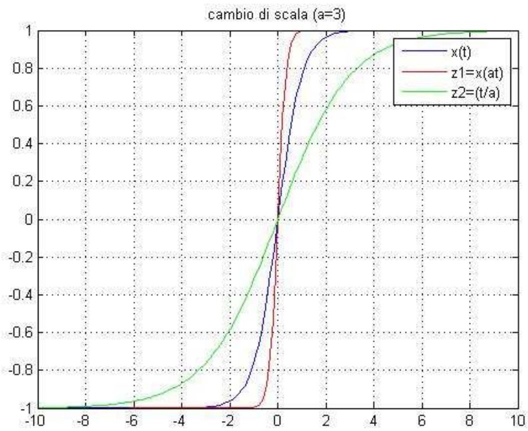
Cancella tutte le variabili nel workspace;
Chiude tutte le figure
Pulisce la command window

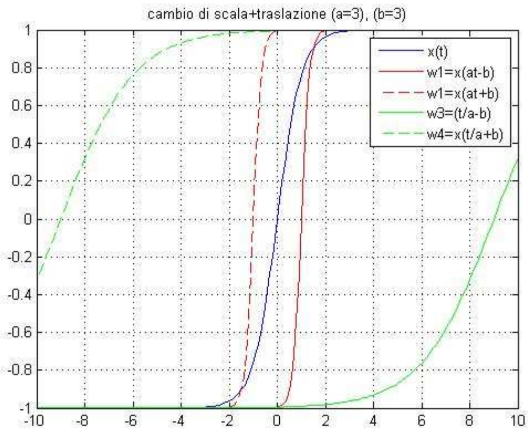
Crea la figura 1

Inserisce il titolo, la legenda e le etichette degli assi

```
%segnali scalati
z1=tanh(a*t);
z2=tanh(t/a);
figure(2)
plot(t,x,'b',t,z1,'r',t,z2,'g')
title('cambio di scala (a=3)')
legend('x(t)','z1=x(at)','z2=(t/a)')
xlabel('t')
ylabel('segnale')
grid on
% segnali scalati e traslati
w1=tanh(a*t-b);
w2=tanh(a*t+b);
w3=tanh(t/a-b);
w4=tanh(t/a+b);
figure(3)
plot(t,x,'b',t,w1,'r',t,w2,'r--',t,w3,'g',t,w4,'g--')
title('cambio di scala+traslazione (a=3), (b=3)')
legend('x(t)','w1=x(at-b)','w1=x(at+b)','w3=(t/a-b)','w4=x(t/a+b)')
xlabel('t')
ylabel('segnale')
grid on
```







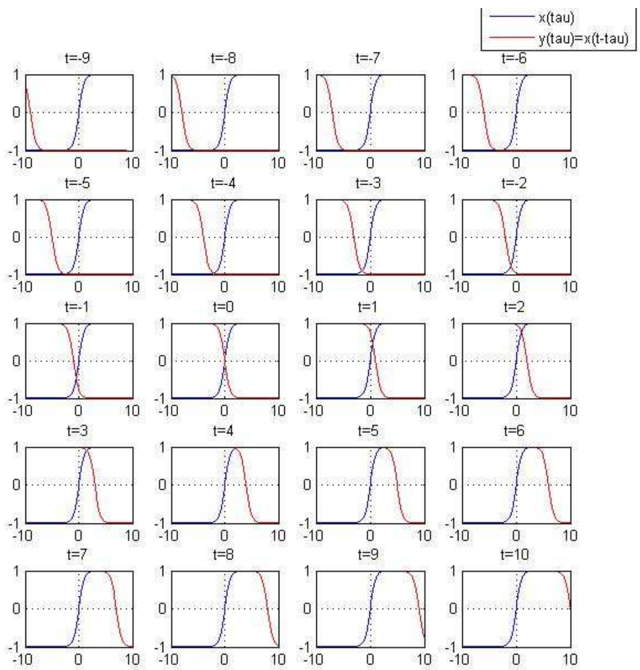
Esercizio 2

Ribaltamento e Traslazione

Si consideri il segnale a tempo continuo x(tau)=tanh(tau)

Per tutti i t=[-9:1:10] si plottino i segnali x(tau) (in blu) e y(tau)=x(t-tau) (in rosso) in funzione di tau.
Si riportino sul titolo di ogni grafico i valori di t corrispondenti (usare il comando num2str)

```
title(['t=',num2str(t)])
```



Suggerimento: creare un vettore dei tempi con passo sufficientemente fitto (per es 0.1).
Usare il comando pausa per visualizzare nella stessa figura come si modifica il grafico al variare di t.

Soluzione

```
% Segnali e Sistemi a.a. 2015-16
% Laboratorio 1, Esercizio 3
clear all
close all
clc
%creo un asse dei tempi con passo 0.1
tau=[-10:0.1:10];
x=tanh(tau);
for t=-9:1:10
y=tanh(t-tau);
figure(1)
plot(tau,x,'b',tau,y,'r')
title(['t=',num2str(t)])
grid on
legend('x(tau)','y(tau)=x(t-tau)')
xlabel('tau');
ylabel('segnale')
pause
end
```

Per tutti i t da -9 a 10, creo la figura 1 in cui plotto x(tau) ed y(t-tau)

Per scrivere nel titolo il valore corrente di t uso il comando num2str che converte il valore numerico nella stringa corrispondente e lo concateno alla scritta ‘t=‘ usando le parentesi […]

Esercizio 3

Segnali Sinusoidali a Tempo Continuo

Si considerino i segnali sinusoidali:

$x(t)=\cos(\omega_0 t+\varphi_0)$ periodico di periodo $T_0=2\pi/\ \omega_0$

$y(t)=\text{sen}(\omega_1 t+\varphi_1)$ periodico di periodo $T_1=2\pi/\ \omega_1$

1) Plottare in una stessa figura x(t) ed y(t) (con $\omega_0=2\pi$, $\varphi_0=\pi/2$; $\omega_1=\pi$, $\varphi_1=\pi/3$)
2) Plottare il segnale z(t)=x(t)+y(t). È periodico? Perché?

3) Plottare in una stessa figura x(t) ed y(t) (con $\omega_0=2\pi$, $\varphi_0=\pi/2$; $\omega_1=2$, $\varphi_1=\pi/3$)
4) Plottare il segnale z(t)=x(t)+y(t). È periodico? Perché?

Usare passo=0.01

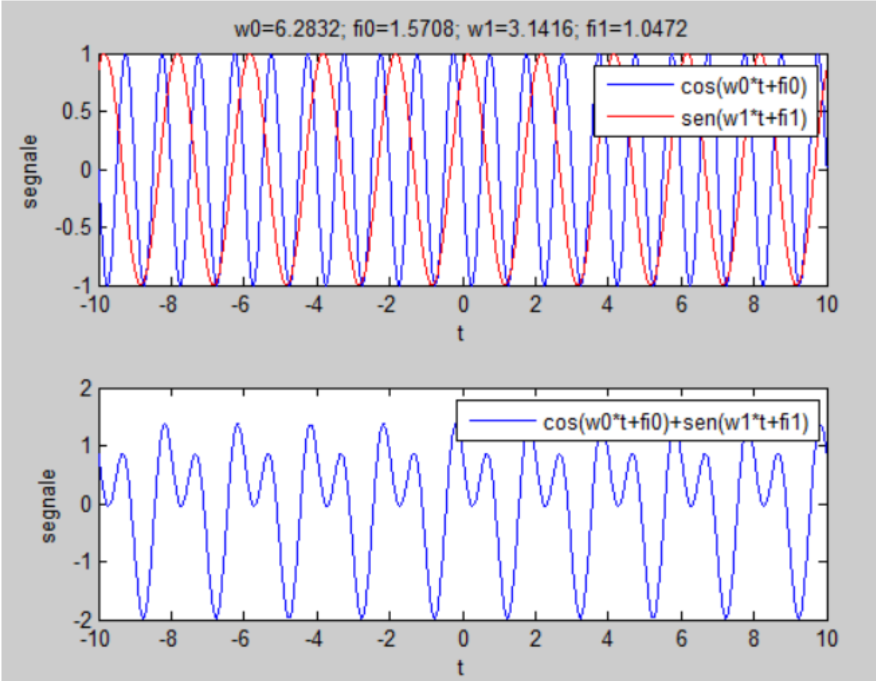
In matlab π si indica con il simbolo ***pi***

Soluzione

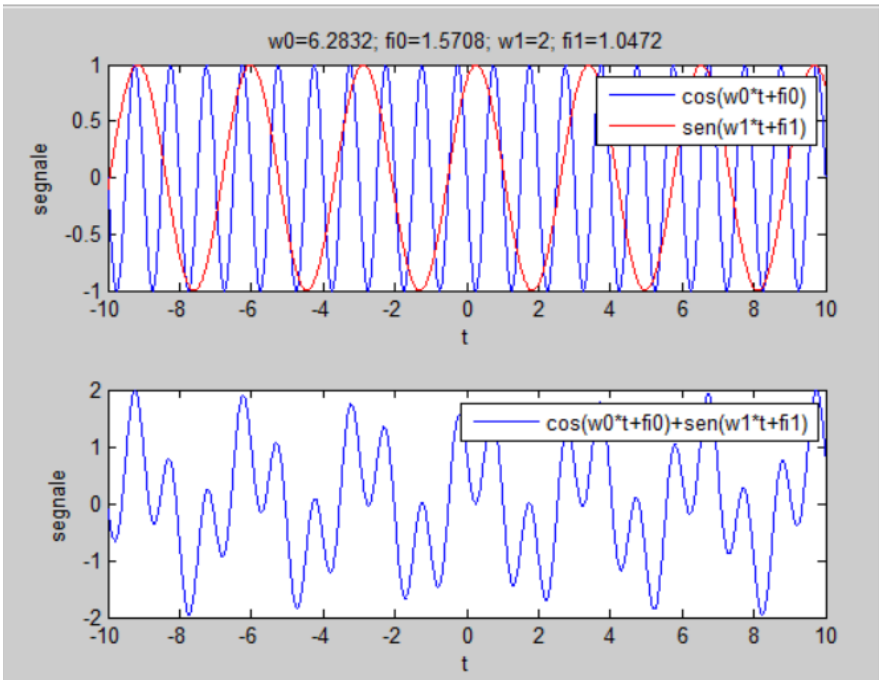
```
clear all
close all
clc
%creo un asse dei tempi con passo 0.01
t=[-10:0.01:10];

%domande 1 e 2
w0=2*pi;
fi0=pi/2;
x0=cos(w0*t+fi0);
w1=pi;
fi1=pi/3;
x1=sin(w1*t+fi1);
figure
subplot(2,1,1)
plot(t,x0,'b',t,x1,'r')
legend('cos(w0*t+fi0)','sen(w1*t+fi1)')
title(['w0=',num2str(w0),'; fi0=',num2str(fi0),'; w1=',num2str(w1),'; fi1=',num2str(fi1)])
xlabel('t');
ylabel('segnale')
x2=x0+x1;
subplot(2,1,2)
plot(t,x2,'b')
legend('cos(w0*t+fi0)+sen(w1*t+fi1)')
xlabel('t');
ylabel('segnale')
```

Funzioni già implementate in Matlab per ottenere π, coseno e seno

```
%domande 3 e 4
w1=2;
fi1=pi/3;
x1=sin(w1*t+fi1);
figure
subplot(2,1,1)
plot(t,x0,'b',t,x1,'r')
xlabel('t');
ylabel('segnale')
legend('cos(w0*t+fi0)','sen(w1*t+fi1)')
title(['w0=',num2str(w0),'; fi0=',num2str(fi0),'; w1=',num2str(w1),'; fi1=',num2str(fi1)])
x2=x0+x1;
subplot(2,1,2)
plot(t,x2,'b')
xlabel('t');
ylabel('segnale')
legend('cos(w0*t+fi0)+sen(w1*t+fi1)')
```



La somma dei due segnali (pannello inferiore) **è periodica**, come ci si attende visto che le **pulsazioni dei segnali sono in rapporto razionale**



La somma dei due segnali (pannello inferiore) **NON è periodica**, come ci si attende visto che **le pulsazioni dei segnali NON sono in rapporto razionale**

Esercizio 4

Segnali Esponenziali a Tempo Continuo

Modulo e fase; parte reale e parte immaginaria

Si consideri il segnale esponenziale complesso:

$x(t)=100 \cdot \exp[(a+j\omega)t]$ con $a=-1$ e $\omega=2\pi$

1) Plottare in una figura (due pannelli) modulo e fase di x(t) (Usare passo=0.01)
2) Plottare in una figura (due pannelli) parte reale e parte immaginaria di x insieme all'inviluppo
3) Ripetere l'esercizio nel caso a=1 ed a=0

L'unità immaginaria j in matlab si può indicare con **j** o con **1i**

Per trovare modulo e fase di un numero complesso in matlab, si posso usare le functions **abs.m e angle.m** (si veda l'help)
Per trovare parte reale e parte immaginaria di un numero complesso in matlab, si posso usare le functions **real.m e imag.m** (si veda l'help)

Soluzione

```
clear all
close all
clc
%creo un asse dei tempi con passo 0.01
t=[0:0.01:5];
a0=-1;
%a0=1;
%a0=0;
w0=2*pi;
x=100*exp((a0+1i*w0)*t);
modulo=abs(x);
fase=angle(x);
figure(1)
subplot(2,1,1)
plot(t,modulo,'b')
xlabel('t')
ylabel('modulo')
legend('|x|')
subplot(2,1,2)
plot(t,fase,'b')
legend('phase(x)')
xlabel('t')
ylabel('fase')
```

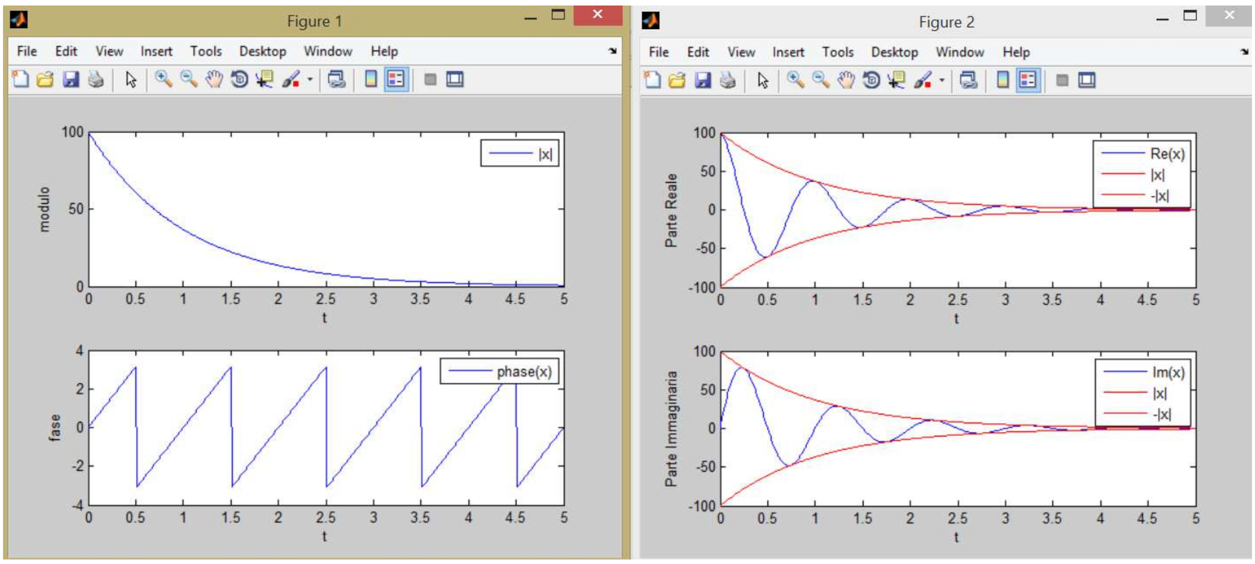
Togliere il simbolo di commento % quando si vogliono i casi a0=1 ed a0=0

Funzioni che calcolano modulo e fase di x

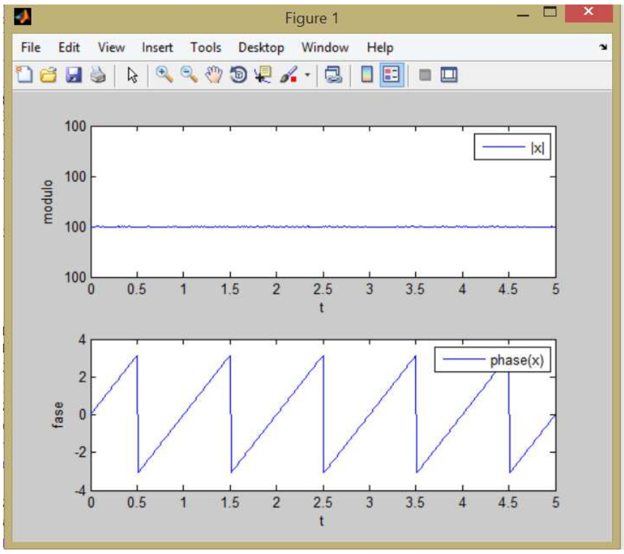
```
r=real(x);
im=imag(x);
figure(2)
subplot(2,1,1)
plot(t,r,'b',t,modulo,'r',t,-modulo,'r')
legend('Re(x)','|x|','-|x|')
xlabel('t')
ylabel('Parte Reale')
subplot(2,1,2)
plot(t,im,'b',t,modulo,'r',t,-modulo,'r')
legend('Im(x)','|x|','-|x|')
xlabel('t')
ylabel('Parte Immaginaria')
```

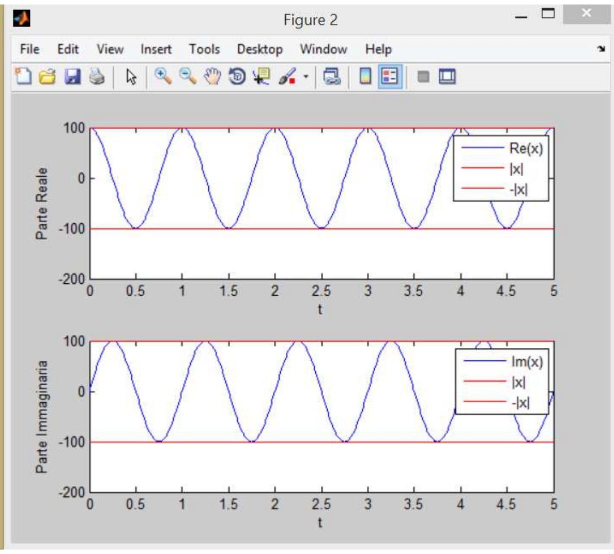
Funzioni che calcolano parte reale e parte immaginaria di x

Risultati con a=-1



Risultati con a=0





Risultati con a=1