

Obiettivo: fornire una guida rapida sulla creazione di diagrammi di Bode con il software Matlab (o il clone gratuito Octave). Si rimanda all'help di Matlab/Octave per maggiori informazioni sui comandi citati e per approfondimenti.

Prerequisiti:

1. Conoscenze di base dell'ambiente Matlab®, in particolare sull'immissione dei dati da console.
2. Conoscenze generali dei diagrammi di Bode.

Nota:

le istruzioni sono compatibili con Octave (versione testata: 3.0.5); richiede Gnuplot o Jhandles e il pacchetto *control* installato; per verificare che sia installato lanciare il comando 'pkg list'

Tracciatura del diagramma (di ampiezza e fase) di Bode

Il comando `bode` consente di tracciare il diagramma di Bode, di ampiezza e fase¹, di un modello di un sistema dinamico LTI (lineare tempo invariante). Generalmente questo modello è definito dalla sua funzione di trasferimento che è del tipo:

$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$$

Il procedimento è molto semplice. Si vanno a definire innanzitutto i due polinomi, del numeratore e del denominatore, in due variabili (esempio n e d) con dei metodi che si vedranno fra poco.

Si crea quindi la funzione di trasferimento $G(s)$, passando al comando `tf` (transfer function), in ordine, la variabile del numeratore e quella del denominatore:

```
>> g=tf(n,d);
```

Infine, si invoca il comando `bode`, che consente di tracciare il diagramma.

```
>> bode(g)
```

Come appena detto, le variabili n e d , rispettivamente, definiscono il numeratore e il denominatore della f.d.t. che esprime il modello; a seconda della forma in cui è nota la funzione di trasferimento, esistono diversi metodi, di volta in volta più convenienti, per definire queste variabili. Vediamone alcuni.

Esempio 1

Funzione di trasferimento espressa come rapporto fra due polinomi nella variabile s

$$A_v(s) = \frac{250s}{(s+250\pi)}$$

Quando la funzione è espressa come rapporto fra due polinomi conviene definire il numeratore come vettore dei coefficienti del polinomio; quindi, il primo elemento di questo vettore sarà il coefficiente del termine di grado più alto e i restanti elementi saranno, in ordine discendente, quelli dei termini di grado inferiore, fino al termine noto. Ovviamente se manca il coefficiente di un monomio di grado inferiore, questo si assume a zero. Stesso discorso per il denominatore.

¹ L'ampiezza viene espressa in dB e la fase in gradi.

Ad esempio un polinomio tipo:

$$4s^3 + 3s + 1 = 0$$

Verrà espresso in Matlab mediante il vettore dei coefficienti, che possiamo chiamare v :

```
>> v=[4 0 3 1];
```

Manca l'elemento di grado due e quindi alla sua posizione si mette uno zero.

Ritornando all'esempio assegnato, esprimiamo il numeratore attraverso il vettore dei coefficienti del suo polinomio, che chiamiamo n :

```
>> n=[250 0];
```

Mentre per il denominatore il vettore d sarà espresso come:

```
>> d=[1 250*pi];
```

Costruiamo dunque la funzione di trasferimento, che memorizziamo nella variabile g ²:

```
>> g=tf(n,d);
```

Siamo quindi in grado di tracciare il diagramma di Bode:

```
>> bode(g);
```

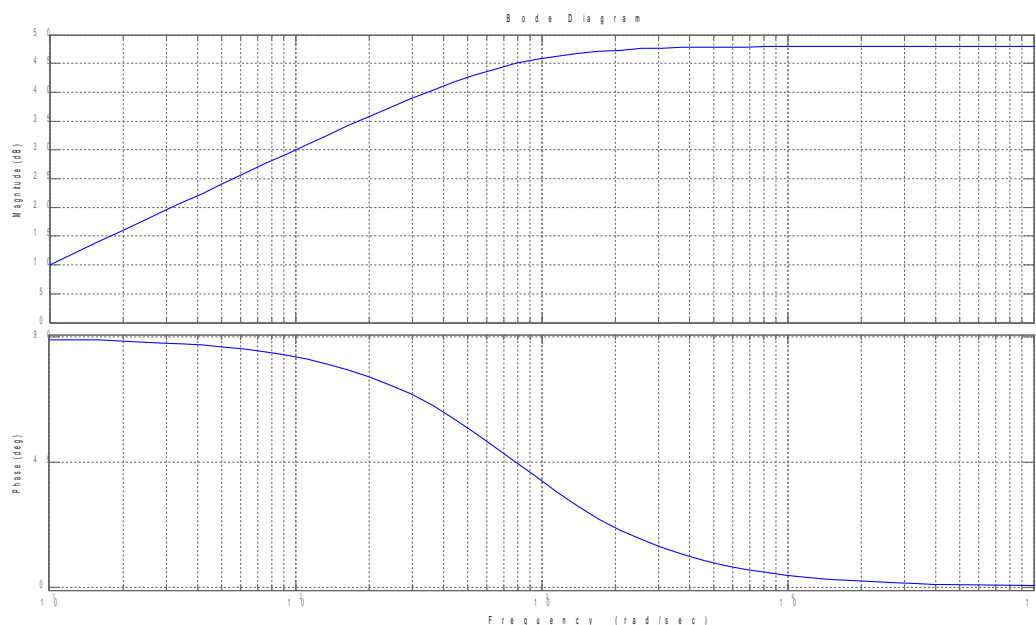


Diagramma di Bode (ampiezza e fase) dell'esempio 1 (Filtro passa alto).

2 Una piccola differenza fra Octave e Matlab, quando invochiamo il comando `tf`: in Matlab, se si omette il “;” nella console apparirà la f.d.t. con il segno di frazione; in Octave, invece, apparirà la successione delle istruzioni eseguite.

Vedremo alla fine come assegnare un intervallo di frequenze diverse e aggiungere oggetti tipo titolo, griglia, didascalia ecc.

Esempio 2

Funzione di trasferimento espressa in forma fattorizzata

$$A_v(s) = \frac{10}{(s+1)^3}$$

La definizione del numeratore è banale:

```
>> n=10;
```

La radice del denominatore è -1 con molteplicità 3 (ovvero le radici sono $p_1=-1, p_2=-1, p_3=-1$). Per cui, il polinomio del denominatore può essere espresso tramite la funzione `poly`, che prende come parametro di ingresso il vettore delle radici e restituisce il relativo polinomio, cioè:

```
>> d=poly([-1,-1,-1]);
```

La variabile d conterrà ora il polinomio del denominatore.

Costruiamo dunque la funzione di trasferimento, che memorizziamo nella variabile g ³:

```
>> g=tf(n,d);
```

Siamo dunque in grado di invocare il comando `bode`:

```
>> bode(g)
```

Esempio 3

Un altro esempio di funzione di trasferimento espressa in forma fattorizzata

$$A_v(s) = \frac{10}{(s+1) \cdot (s+100)}$$

La definizione del numeratore è immediata:

```
>> n=10;
```

Per quanto riguarda il denominatore è un prodotto di due polinomi⁴, che in Matlab si realizza attraverso la funzione `conv`:

```
>> d=conv([1 1],[1 100]);
```

³ Con Matlab se invochiamo il comando `tf`: in Matlab, se si omette il “;”, nella console apparirà la f.d.t. con il segno di frazione.

⁴ Nel caso di più di due polinomi, effettuare prodotti parziali a due a due (es. `d1, d2` ecc.)

Costruiamo dunque la funzione di trasferimento, che memorizziamo nella variabile `g`:

```
>> g=tf(n,d);
```

Successivamente, costruiamo la scala logaritmica delle frequenze con il comando `logspace`:

```
>> w=logspace (1,5,100);
```

In questo modo creiamo un vettore di 100 numeri (ovvero di 100 pulsazioni, espresse in rad/sec) compresi fra 10^1 e 10^5 e lo assegniamo alla variabile `w`.

Siamo dunque in grado di tracciare i diagrammi di Bode della f.d.t. `sys` nell'intervallo di frequenze `w`, invocando il comando `bode` con la sintassi già vista:

```
>> bode(g, w);
```

E' possibile aggiungere al diagramma, già dalla riga di comando, alcuni oggetti, come la griglia è un titolo. Esempio:

```
>> bode(g),grid,title 'Diagramma di Bode del filtro di fig.1';
```

Salvataggio del grafico generato

E' possibile salvare il grafico generato attraverso il comando `print`. Es:

```
>> print -dpng bode.png
```

Salva il grafico sul file `bode.png`. Fare riferimento all'help di `print`:

```
>> help print
```

per gli altri formati supportati (PDF, DXF ecc.) e per le altre opzioni.

Con Octave se siamo su un sistema Linux, l'immagine viene salvata nella home directory dell'utente (es. `/home/pippo/`), se invece siamo su un sistema Windows verrà salvata nella directory di installazione (es. `C:\Octave`)