



Volfango Furgani

DIAGRAMMI DI BODE

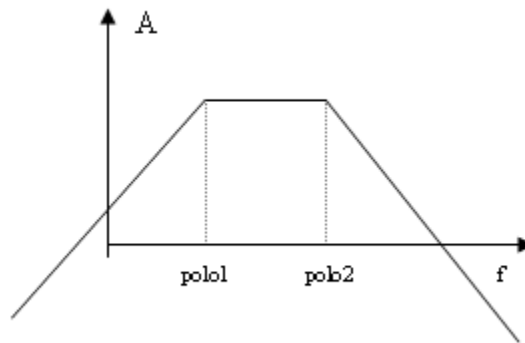
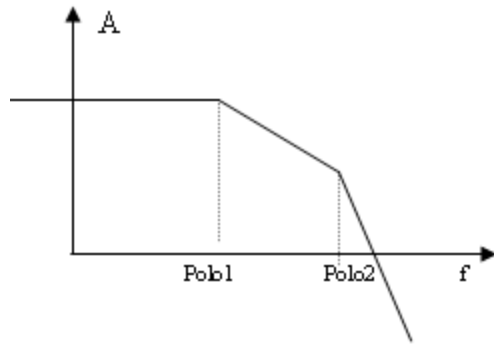
29 September 2002

Domanda:

Vorrei sapere a cosa servono in Elettronica i diagrammi di Bode e come si creano

Risponde Volfango Furgani

Una risposta esaustiva richiede un capitolo almeno di un libro di testo. Vediamo in breve come sono fatti. Un sistema fisico, ad esempio un amplificatore, ma anche un motore od un impianto di riscaldamento od altro, risponde in maniera diversa a sollecitazioni di diversa velocità. Nel caso specifico, un amplificatore ha un guadagno che cala all'aumentare della frequenza del segnale di ingresso. I diagrammi di Bode (due, per essere esatti) descrivono uno la risposta in frequenza del sistema. Quest'ultimo è, cioè, un diagramma che porta la frequenza in ascisse ed in ordinate il guadagno. In talune applicazioni, come lo studio delle possibili oscillazioni del solito amplificatore, assieme al diagramma descritto se ne usa un secondo con il ritardo del sistema, misurato in gradi, in ordinate. La più semplice informazione ricavabile è la massima frequenza alla quale l'amplificazione resta sufficiente. Più in generale, la frequenza entro la quale il sistema funziona correttamente. Passiamo alla costruzione del diagramma. Noi sappiamo che ogni sistema è caratterizzato dai ritardi intercorrenti fra la variazione dell'ingresso e quella corrispondente dell'uscita. Tali ritardi sono dovuti alla presenza nel sistema di elementi che immagazzinano energia. L'accumulo di energia non può essere istantaneo perché le sorgenti che la forniscono dovrebbero avere potenza infinita. Una massa in rotazione (motore) acquisisce la velocità di regime in un tempo finito. La corrente in una induttanza e la tensione ai capi di una capacità subiscono un ritardo pari a circa cinque volte il tempo caratteristico (costante di tempo del sistema) espresso rispettivamente come L/R e CR dove R è la resistenza che alimenta L o C . Note le costanti di tempo del sistema, si possono considerare i loro inversi, che cambiati di segno, danno le frequenze tipiche del sistema stesso e vengono dette poli. E' plausibile, spero, che in corrispondenza ad un ritardo, e quindi ad un polo, la risposta del sistema è meno efficace, cioè diminuisce. In particolare è la pendenza a diminuire ed al primo polo, e solo per quello, la variazione è di 45° . Vediamo due esempi di diagrammi secondo Bode.



Il primo fa riferimento ad un sistema con due poli e guadagno costante alle basse frequenze come un amplificatore operazionale. Il secondo, sempre con due poli, è dotato di una frequenza di taglio inferiore corrispondente a $polo1$. Esistono altri elementi, gli zeri del sistema, che ne rendono più veloce la risposta. Il cambiamento della pendenza è verso l'alto in senso contrario a quello dei poli. Per certi dettagli riguardanti la configurazione degli assi, se posso autocitarmi, si può vedere il file [Elettronica per classi quarte](#) pubblicato in Electroportal.net. E' ovvio, ripeto, che per le giustificazioni matematiche ed i necessari esercizi il riferimento ad un testo è d'obbligo. Volfango Furgani