

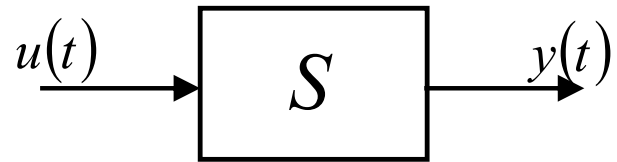
# Lezione 13.

## Ritardo di tempo

# Schema della lezione

1. Introduzione
2. Funzione di trasferimento
3. Risposta in frequenza
4. Diagrammi di Bode
5. Sistemi con ritardo

# 1. Introduzione



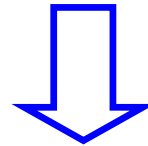
$$y(t) = u(t - \tau) \quad \tau > 0$$

È un sistema :

- Dinamico
- Lineare
- Stazionario
- Stabile (BIBO)

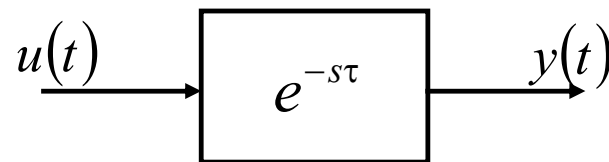
## 2. Funzione di trasferimento

$$Y(s) = \mathcal{L}[y(t)] = \mathcal{L}[u(t - \tau)] = e^{-\tau s} \mathcal{L}[u(t)] = e^{-\tau s} U(s)$$



$$G(s) = e^{-s\tau}$$

non razionale



guadagno statico  $G(0) = 1$

### 3. Risposta in frequenza

$$y(t) = u(t - \tau)$$

$$u(t) = A \sin(\omega t) \quad \Longrightarrow \quad y(t) = A \sin(\omega(t - \tau)) = A \sin(\omega t - \omega\tau)$$

L'ampiezza non viene modificata (a tutte le pulsazioni).  
Lo sfasamento è  $-\omega\tau$ , lineare nella pulsazione.

Se si osserva che (coerentemente):

$$G(j\omega) = e^{-j\omega\tau} \quad \Longrightarrow \quad \begin{cases} |G(j\omega)| = 1 \\ \angle G(j\omega) = -\omega\tau \quad \forall \omega \end{cases}$$

Si può affermare che vale il teorema della risposta in frequenza

$$y(t) = |G(j\omega)| A \sin(\omega t + \angle G(j\omega))$$

## 4. Diagrammi di Bode

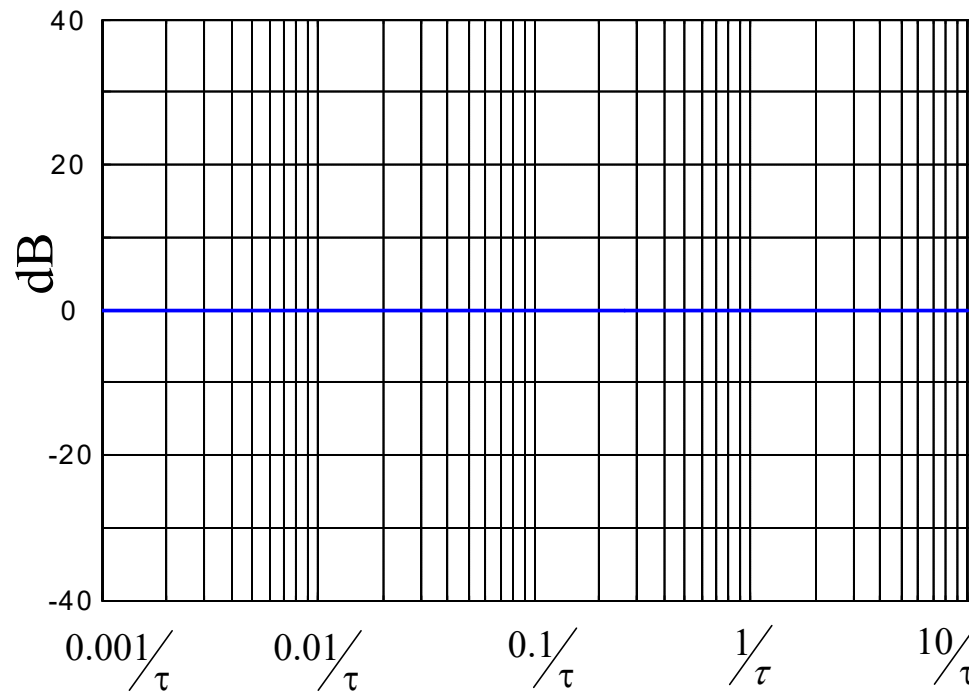
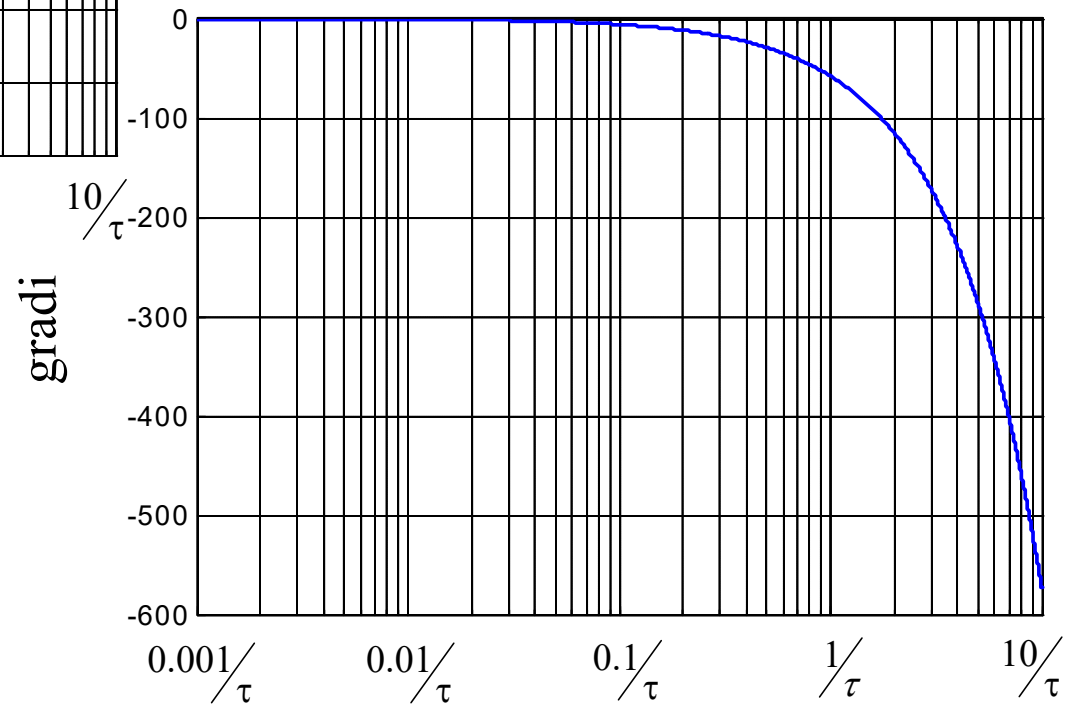


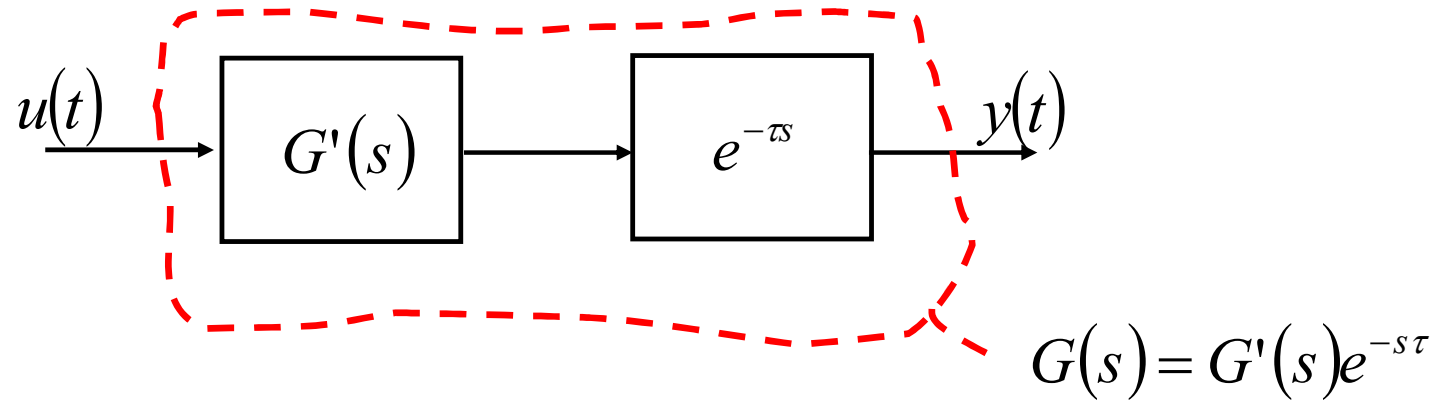
Diagramma del modulo  
(Filtro passatutto)

Diagramma della fase

$$\angle G(j\omega) = -\omega\tau \frac{180}{\pi}$$



## 5. Sistemi con ritardo



modulo

$$|G(j\omega)| = |G'(j\omega)| |e^{-j\omega\tau}| = |G'(j\omega)|$$

fase

$$\angle G(j\omega) = \angle G'(j\omega) - \omega\tau \frac{180}{\pi}$$

## 6. Matlab

Esiste una GUI per studiare le proprietà dei sistemi lineari tempo invarianti.

**ltiview** Opens the LTI Viewer GUI.

ltiview opens an empty LTI Viewer. The LTI Viewer is an interactive graphical user interface (GUI) for analyzing the time and frequency responses of linear systems and comparing such systems.

**ltiview(PLOTTYPE)** further specifies which responses to plot in the LTI Viewer.

Per esempio

```
ltiview({'step'; 'bode'; 'nyquist'; 'pzmap'})
```

Consente di aprire 4 grafici (risposta a scalino, diagrammi di Bode, diagramma di Nyquist e mappa poli/zeri).

```
>> G = ((s-1)*(s+2))/((s+3)*(s+10)*(s+20))
```

G =

$$\frac{s^2 + s - 2}{s^3 + 33s^2 + 290s + 600}$$

Continuous-time transfer function.

