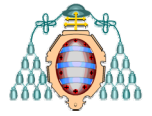


Universidad
de Oviedo



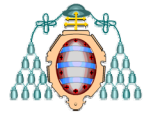
Especificaciones de diseño de sistemas de control

Sistemas Automáticos– Tema 7



Contenidos del tema

- ▶ Especificaciones en el dominio del tiempo
- ▶ Especificaciones en el dominio de la frecuencia
- ▶ Relación de las especificaciones en el dominio del tiempo y de la frecuencia



Especificaciones en el tiempo

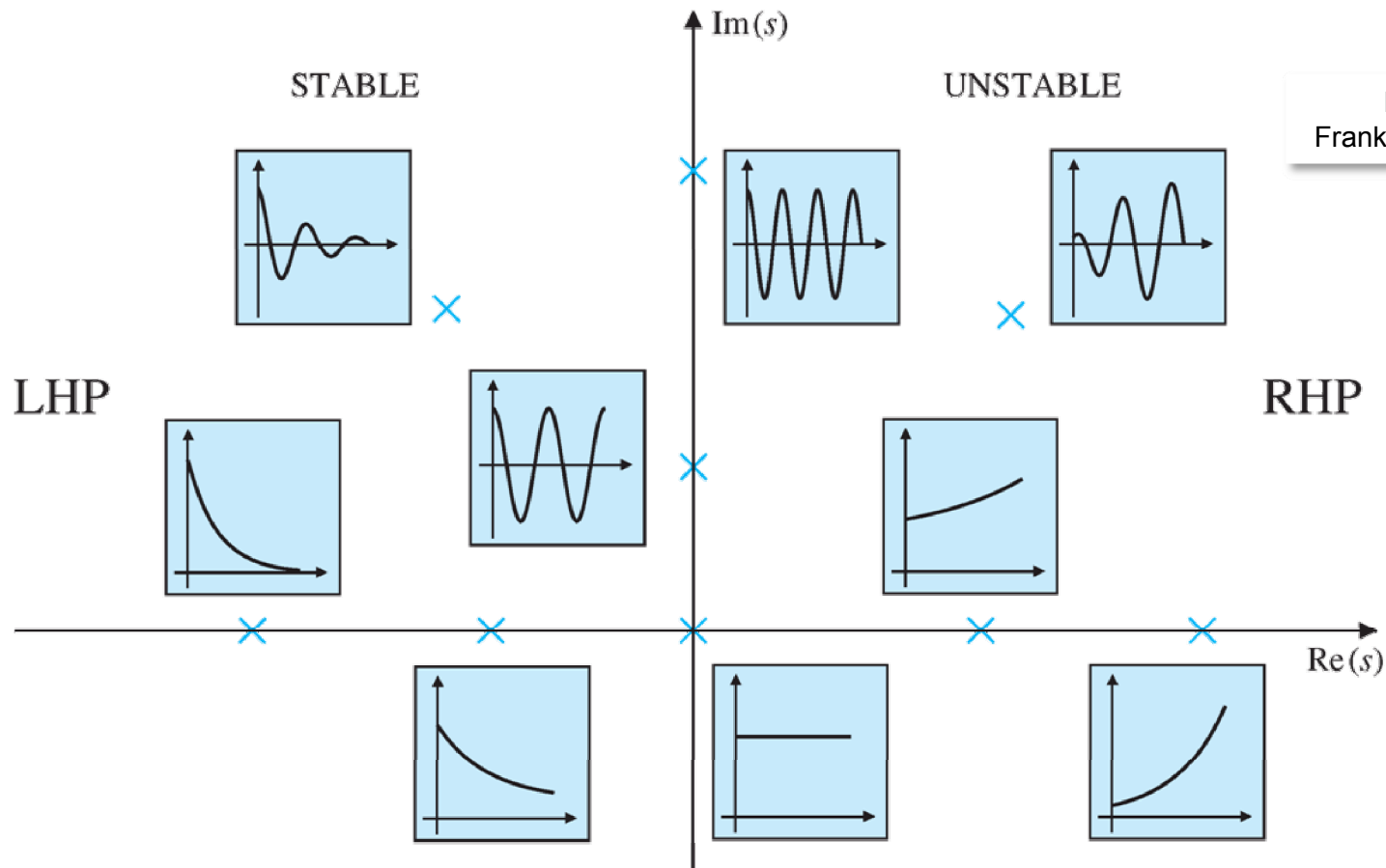
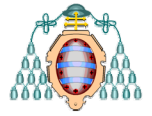
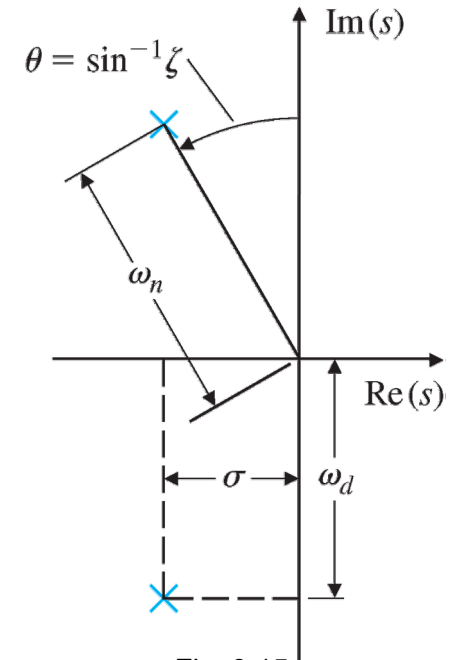
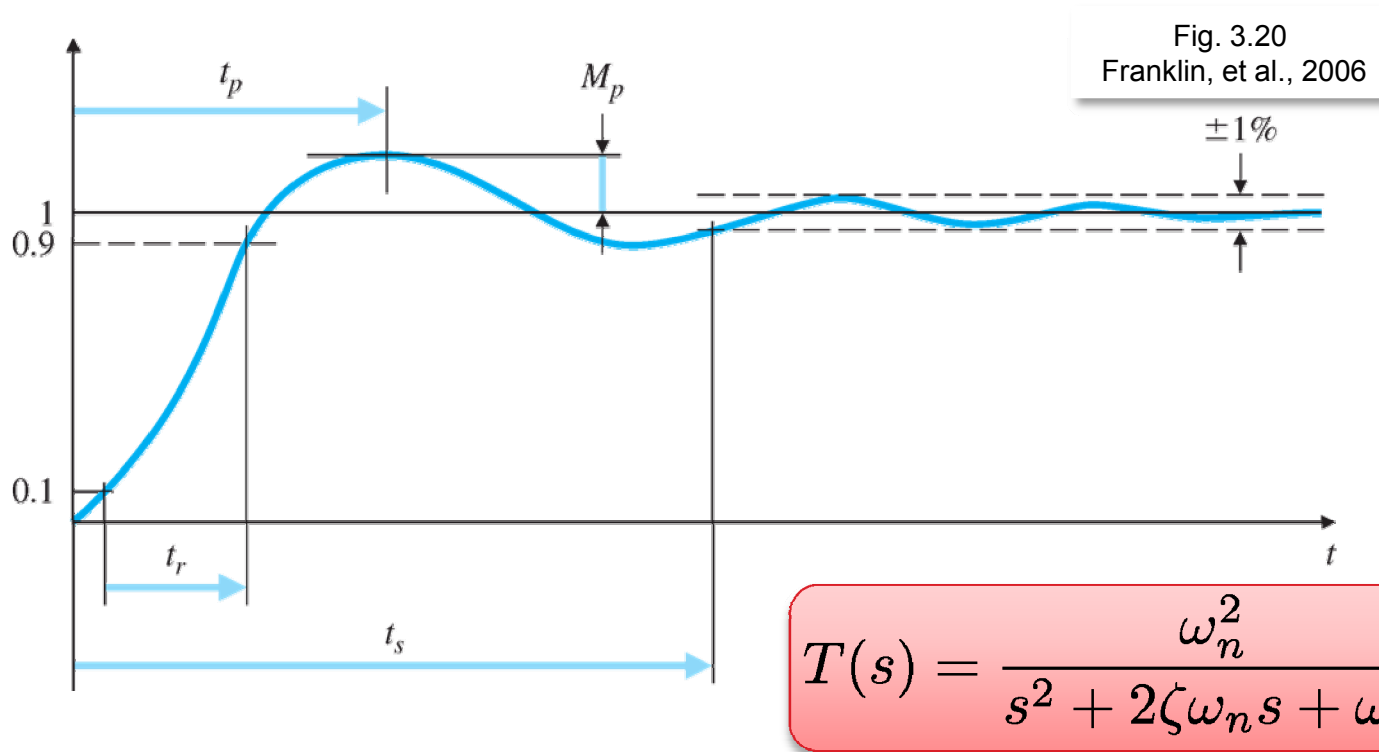


Fig. 3.13
 Franklin, et al., 2006

Respuesta a impulso del sistema en función de la posición de los polos



Especificaciones en el tiempo



Tiempo de subida: $t_r \cong \frac{1.8}{\omega_n}$

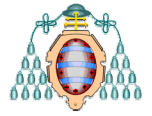
Sobreoscilación: $M_p = e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}}$

Tiempo de establecimiento:

$$t_s(1\%) = \frac{4.6}{\sigma}$$

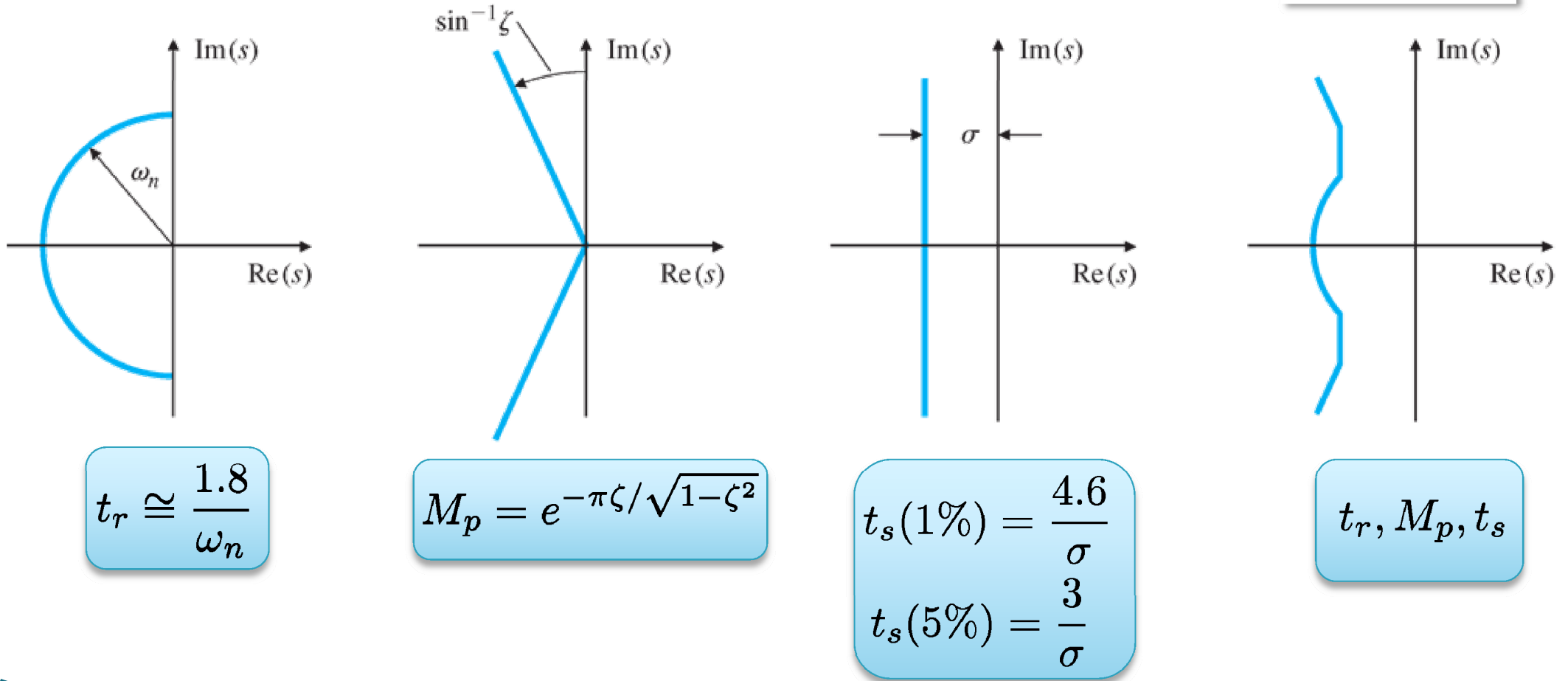
$$t_s(5\%) = \frac{3}{\sigma}$$

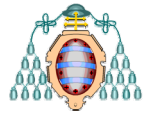
Tiempo de pico: $t_p = \frac{\pi}{\omega_d}$



Especificaciones en el tiempo

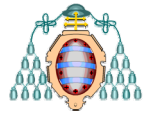
Fig. 3.22
Franklin, et al., 2006





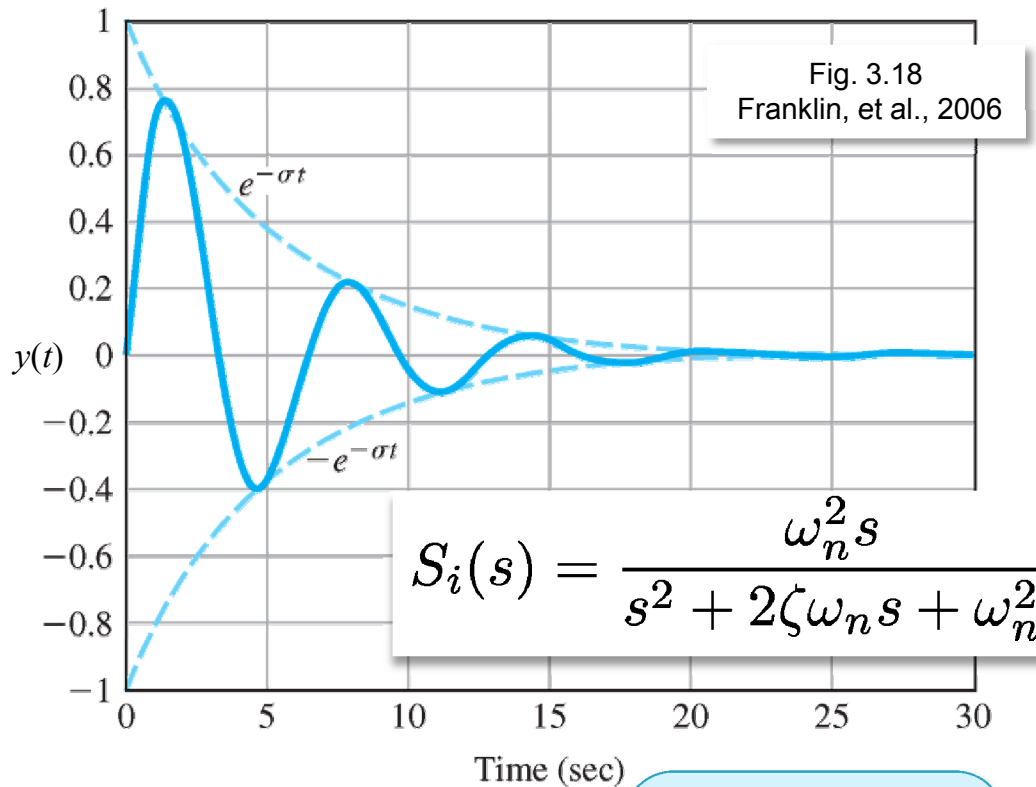
Especificaciones en el tiempo

- ▶ Habitualmente las especificaciones se fijan para seguimiento de referencias.
- ▶ El mismo procedimiento puede seguirse para rechazo de perturbaciones.
- ▶ Si el sistema es de tipo 0 (para rechazo de perturbaciones) las relaciones mostradas para seguimiento de referencia de sistemas con polos dominantes complejos conjugados se mantienen



Especificaciones en el tiempo

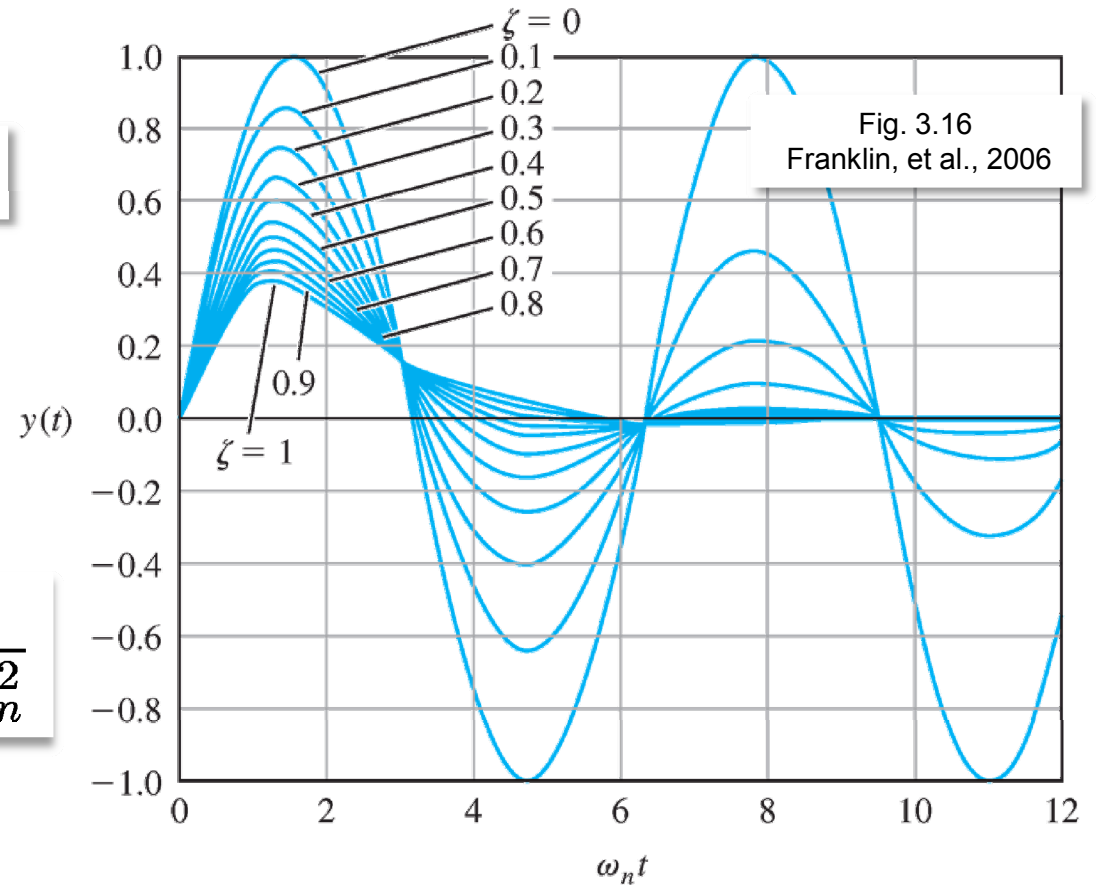
- ▶ Si el sistema es de tipo 1 (para rechazo de perturbaciones) las especificaciones difieren.



Tiempo de establecimiento:

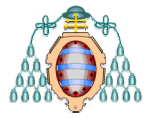
$$t_s(1\%) = \frac{4.6}{\sigma}$$

$$t_s(5\%) = \frac{3}{\sigma}$$



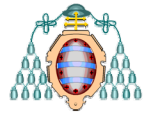
Pico máximo:

$$y_{max} = \omega_n e^{-\frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \arctan \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}}$$



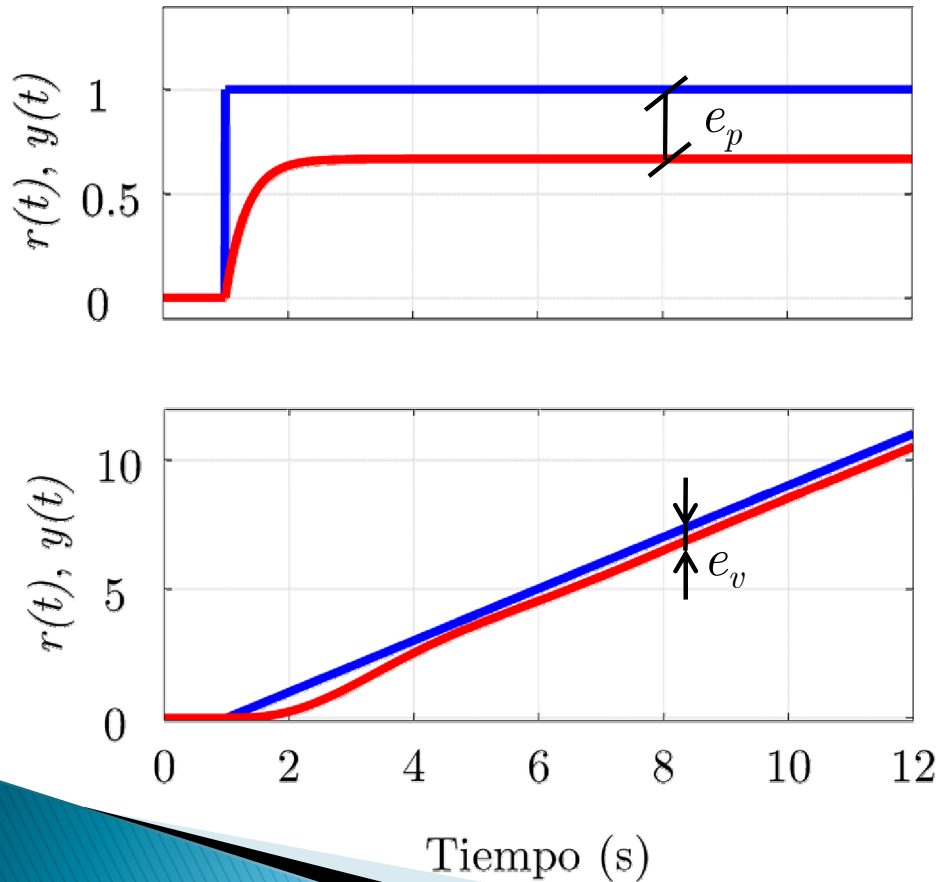
Especificaciones en el tiempo

- ▶ Para fijar la posición de los polos en cadena cerrada utilizaremos como herramienta básica el lugar de las raíces.
- ▶ La utilización del lugar de las raíces es orientativa, ya que la respuesta del sistema se ve afectada por ceros o polos próximos a los dominantes.
- ▶ Para fijar la precisión del sistema en régimen permanente se calculará la ganancia estática necesaria

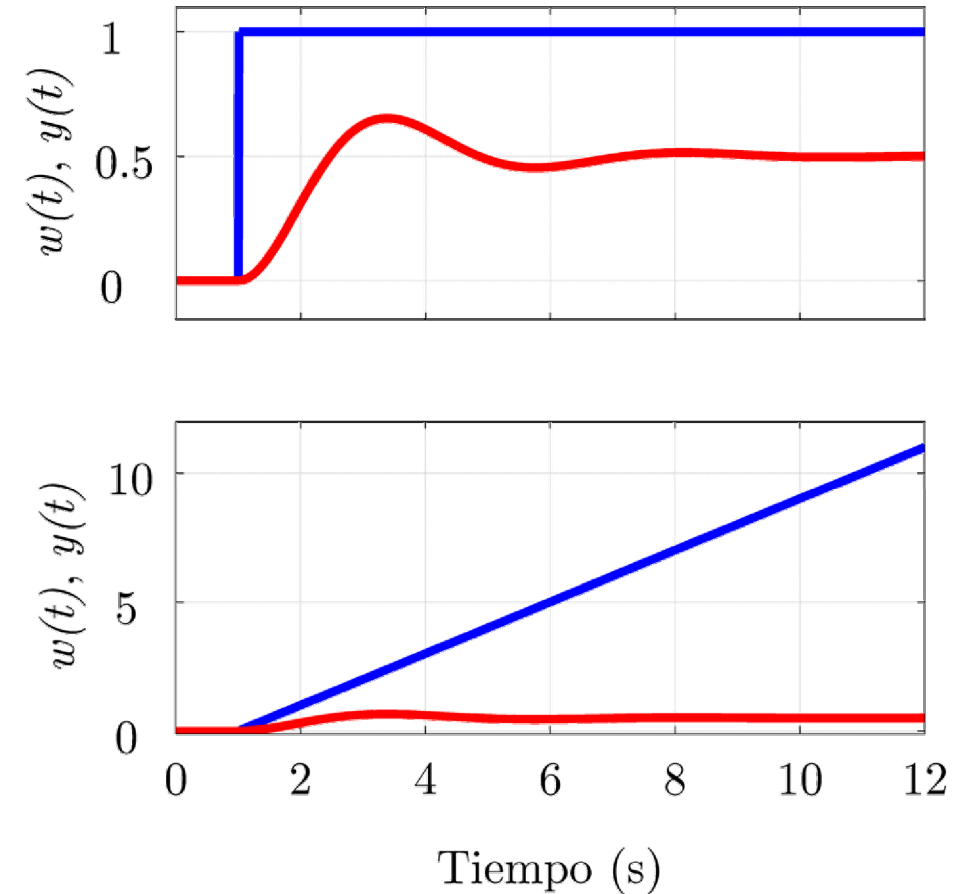


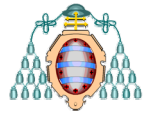
Especificaciones en el tiempo

Seguimiento de referencias



Rechazo de perturbaciones





Especificaciones en frecuencia

Fig. 6.5
 Franklin, et al., 2006

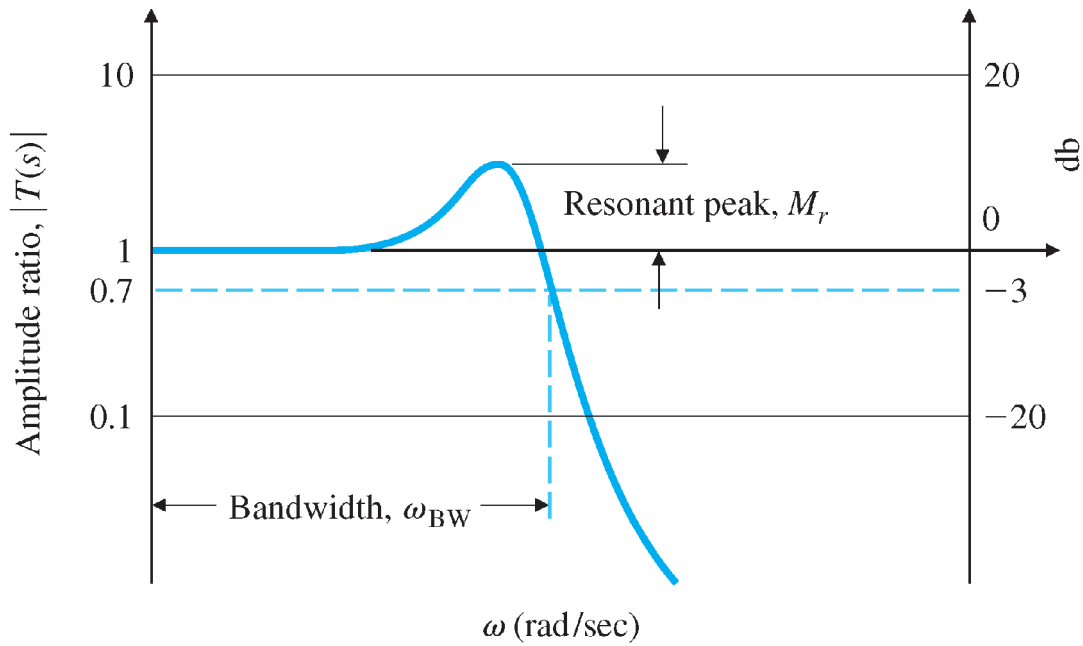


Fig. 6.33
 Franklin, et al., 2006

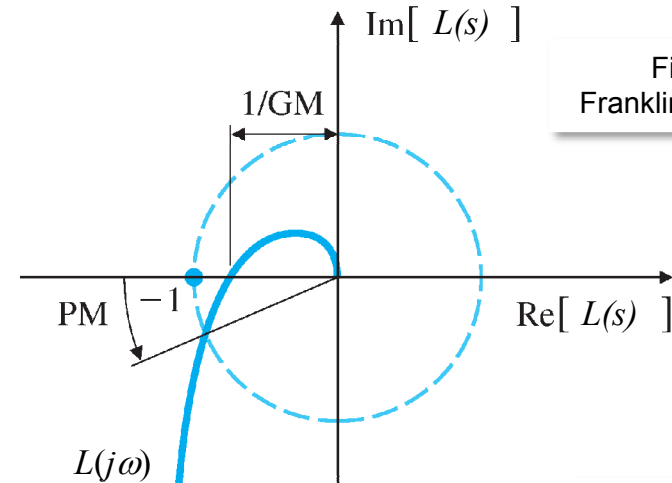
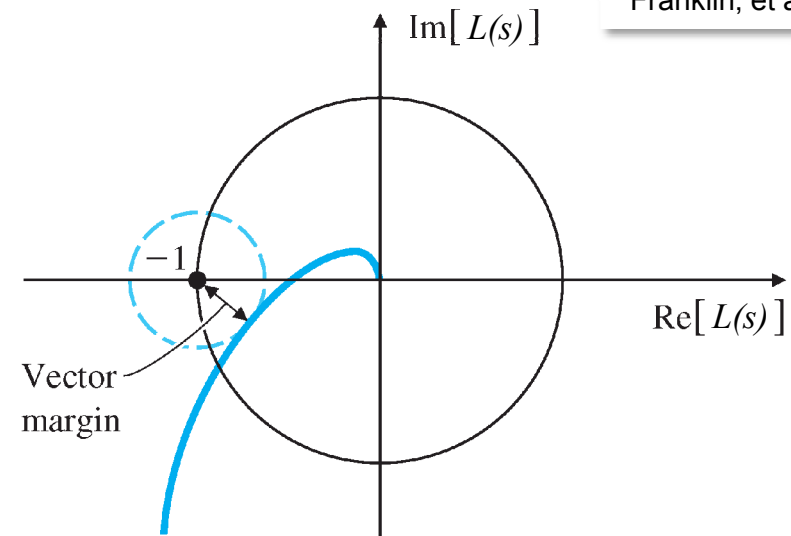
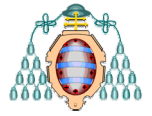


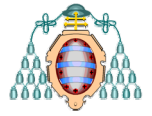
Fig. 6.38
 Franklin, et al., 2006





Especificaciones en frecuencia

- ▶ Para modificar la respuesta frecuencial del sistema en cadena cerrada lo haremos por medio de la función de lazo
- ▶ A esta técnica se le da el nombre de modelado de la función de lazo o *loop shaping*
- ▶ Hay que traducir las especificaciones a la función de lazo



Especificaciones en frecuencia

$$|T(j\omega)| = \left| \frac{L(j\omega)}{1 + L(j\omega)} \right| \approx \begin{cases} 1 & \omega \ll \omega_c \\ \left| \frac{1}{1 + 1 \angle \{MF - 180^\circ\}} \right| & \omega = \omega_c \\ |L| & \omega \gg \omega_c \end{cases}$$

Relación entre margen de fase (MF) y cresta de resonancia (M_r)

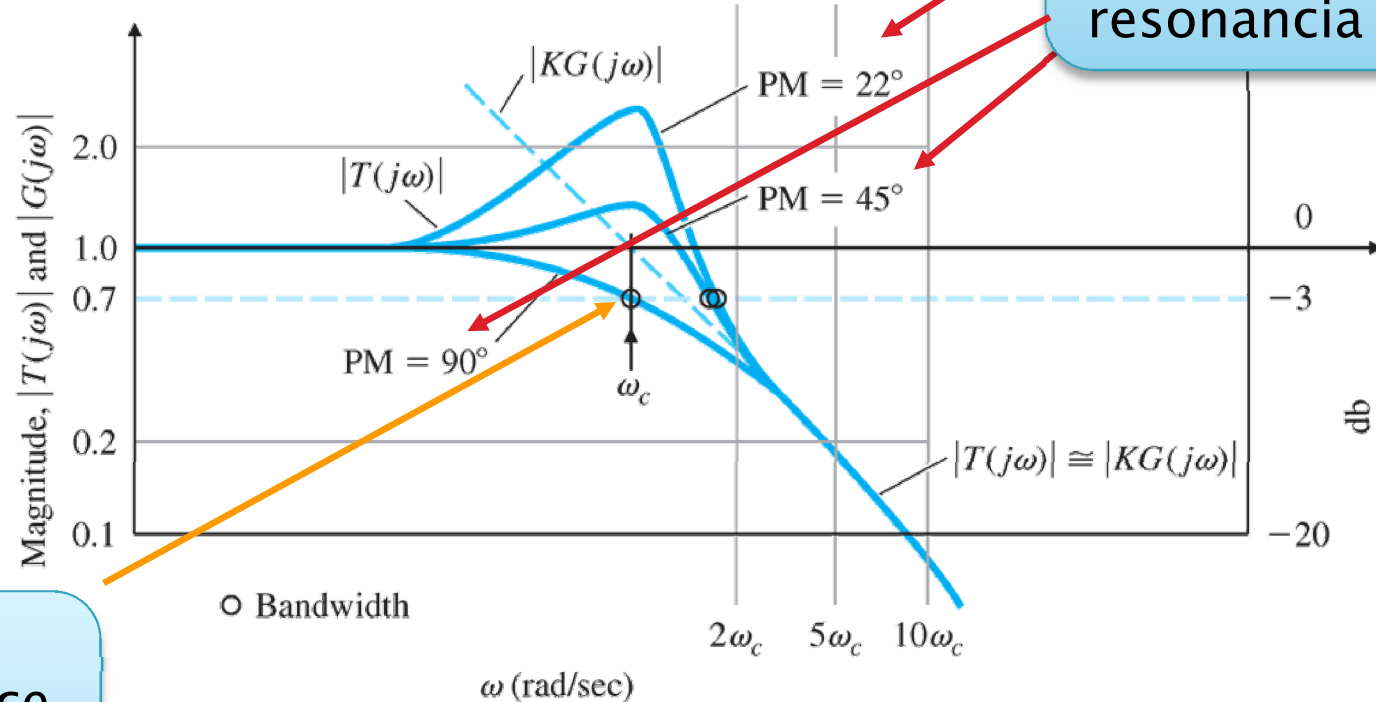
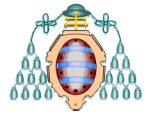


Fig. 6.50
Franklin, et al., 2006

Relación entre frecuencia de cruce de ganancia y ancho de banda

$$|S(j\omega)| = \left| \frac{1}{1 + L(j\omega)} \right| \approx \begin{cases} \frac{1}{|L|} & \omega \ll \omega_c \\ \left| \frac{1}{1 + 1 \angle \{MF - 180^\circ\}} \right| & \omega = \omega_c \\ 1 & \omega \gg \omega_c \end{cases}$$



Especificaciones en frecuencia

Fig. 6.72
 Franklin, et al., 2006

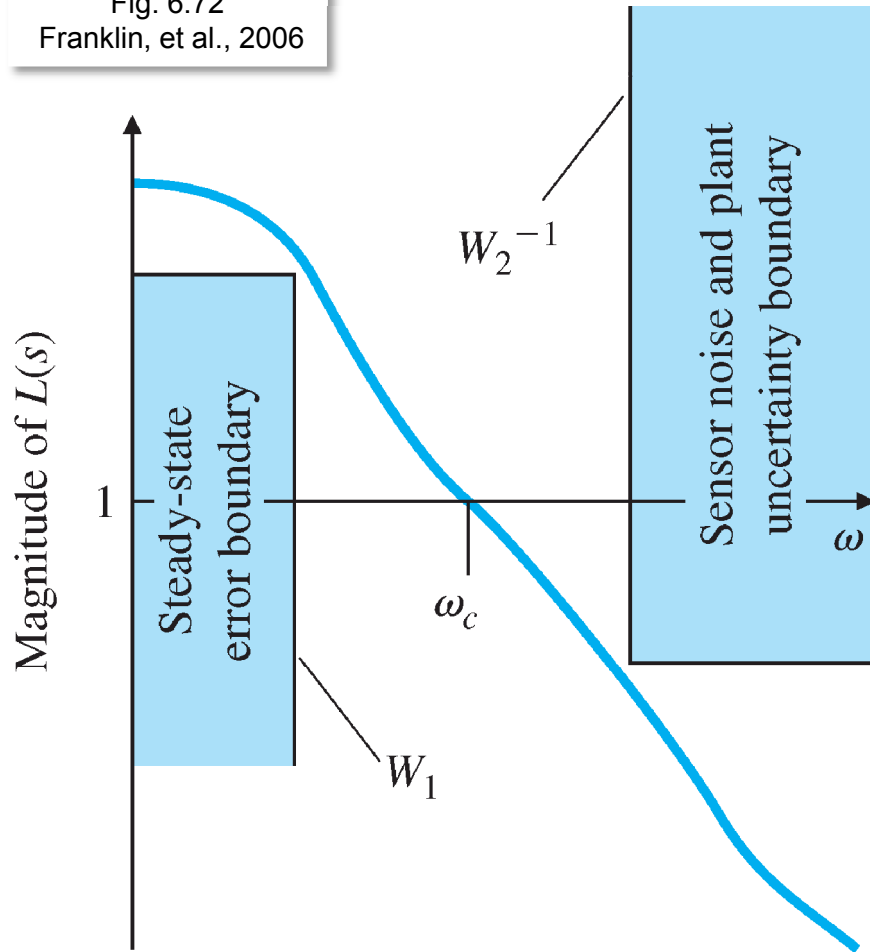


Fig. 6.33
 Franklin, et al., 2006

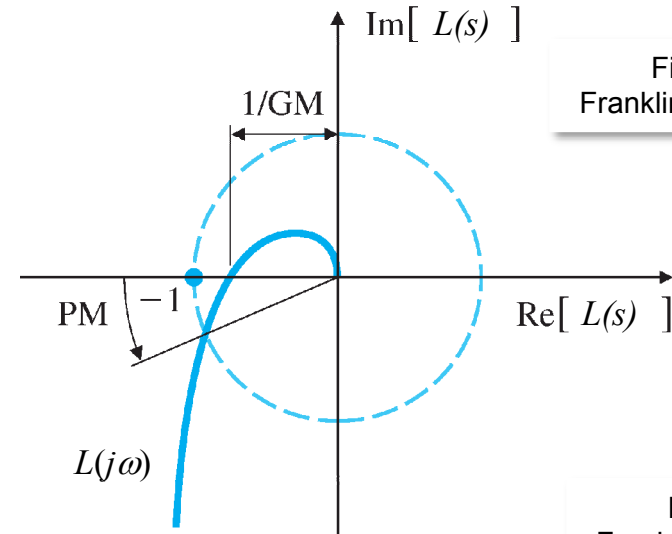
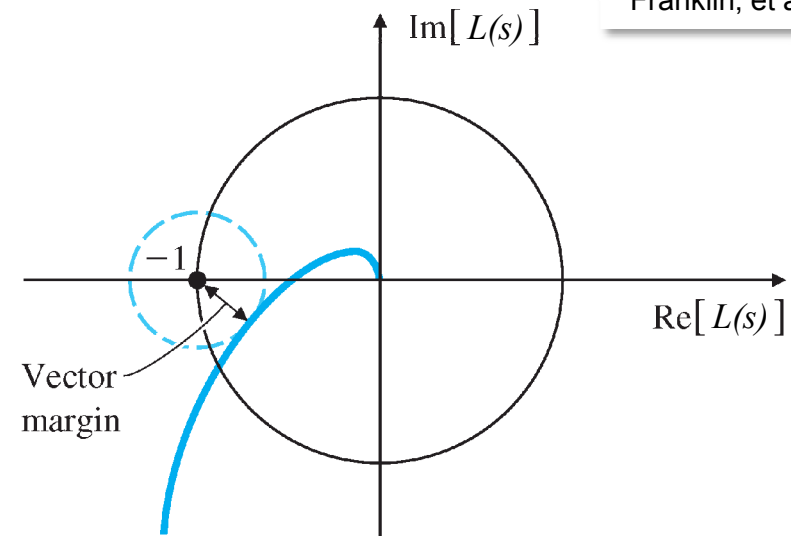
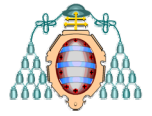


Fig. 6.38
 Franklin, et al., 2006



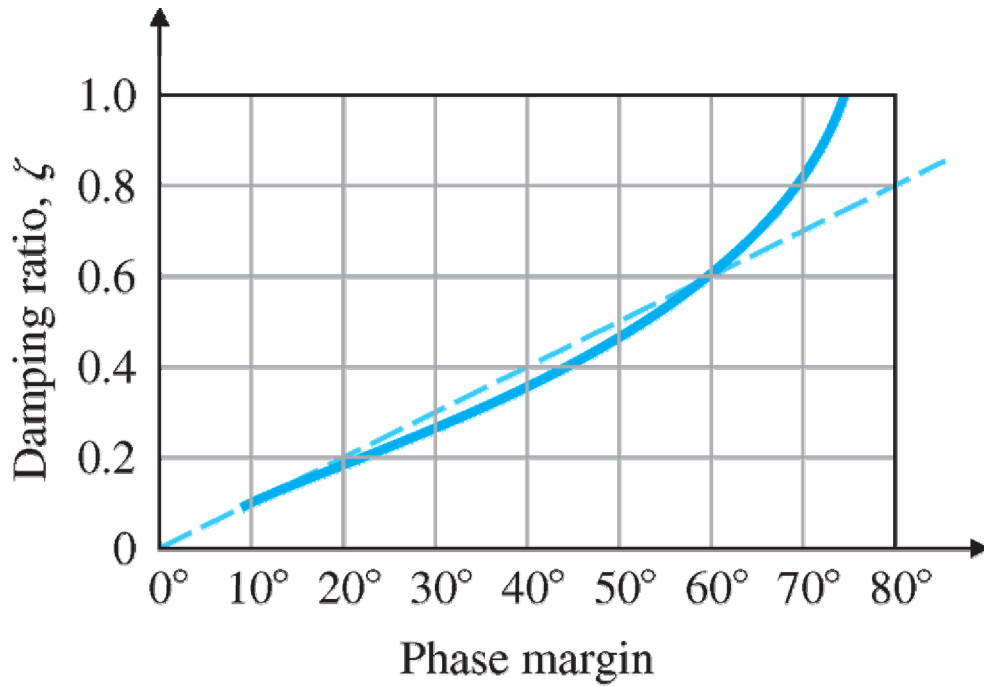


Relación tiempo-frecuencia

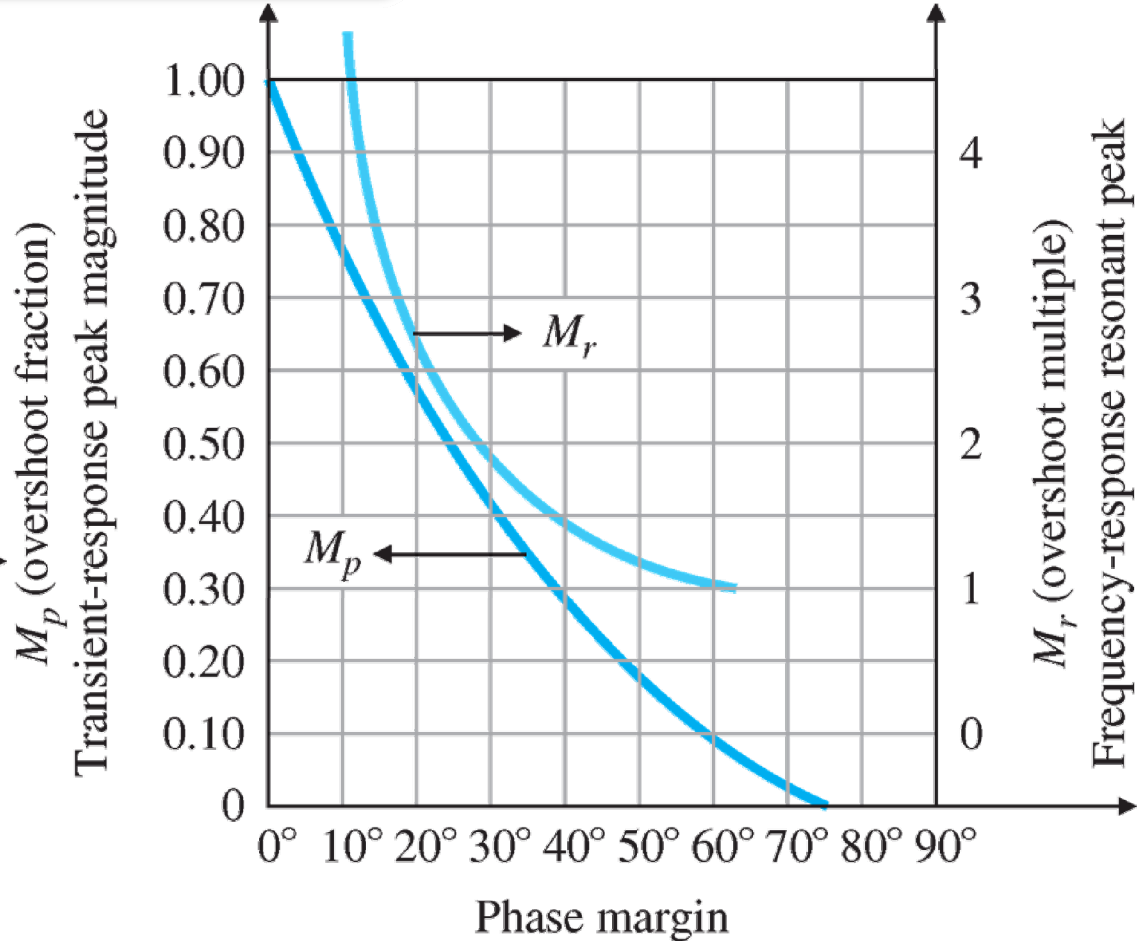
$$T(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

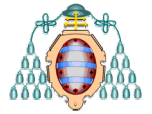
Fig. 6.36
 Franklin, et al., 2006

Fig. 6.37
 Franklin, et al., 2006



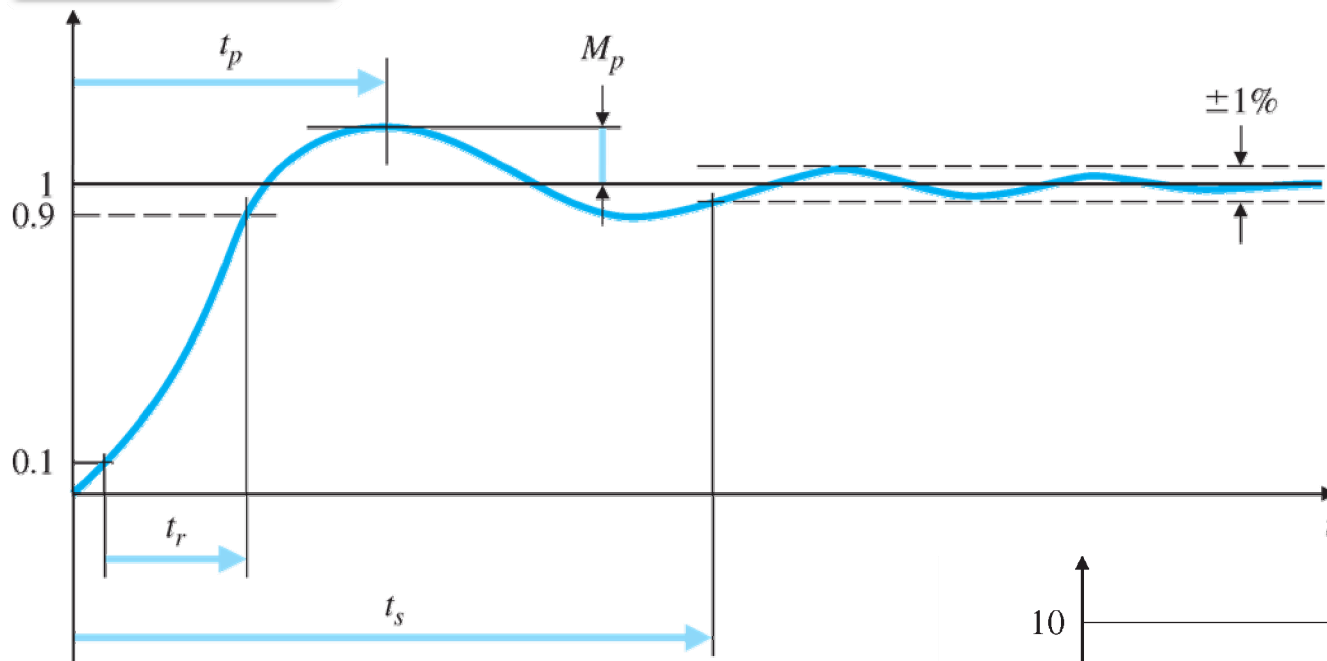
$$\zeta \approx \frac{MF}{100}$$





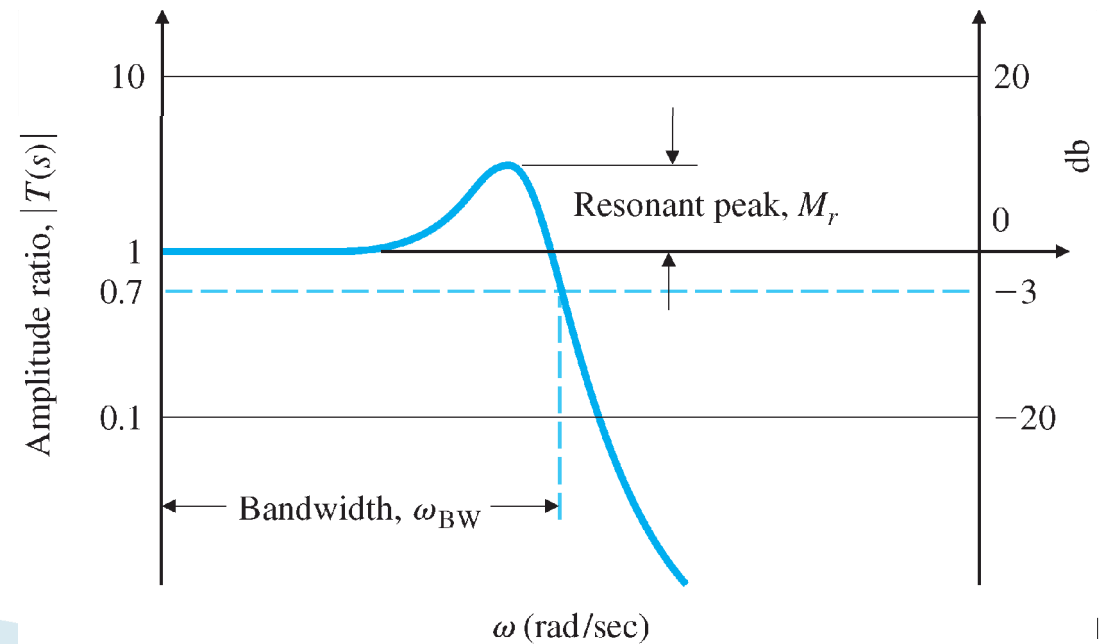
Relación tiempo-frecuencia

Fig. 3.20
Franklin, et al., 2006

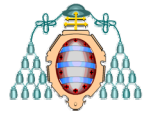


$$t_r \approx \frac{1,8}{\omega_{bw}}$$

Fig. 6.5
Franklin, et al., 2006



$\omega_{bw} \uparrow \rightarrow t_s \downarrow t_r \downarrow$
 $M_r \uparrow \rightarrow t_s \uparrow$



Relación tiempo–frecuencia

Frecuencia de cruce
de ganancia, ω_c



Velocidad de respuesta

ω_{bw} , t_r , t_s

Margen de fase (MF)



Sobreoscilación y resonancia

ζ , M_p , M_r

Ganancia en baja frecuencia



Errores en régimen permanente

K_p , K_v , ...