

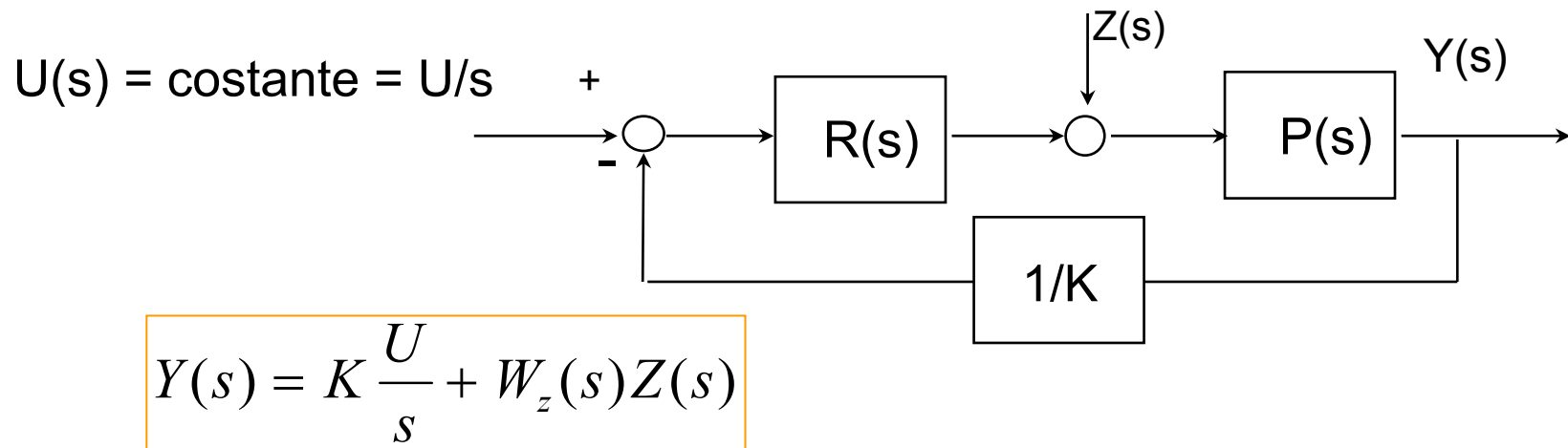
---

# SISTEMI DI REGOLAZIONE

(VEDI MARRO PAR. 6.9)

(VEDI ANCHE ES. REALIZZATI IN WORKING MODEL 2D ED IL FILE  
PID2.VI REALIZZATO CON LABVIEW)

- Regolatori standard
- Metodo di Ziegler - Nichols



- Nella regolazione spesso è più importante che

$$\lim_{s \rightarrow 0} s(W_z(s) \frac{1}{s}) = 0$$

(o almeno un valore molto piccolo) piuttosto che  $K$  sia noto.

- Il più completo è il **PID**

$$\text{PID}(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s}$$

$K_p$ : azione Proporzionale

$$W = \frac{K_p P(s)}{1 + K_p P(s)} \quad K_p \rightarrow \infty \quad W \rightarrow 1$$

- + Aumenta la banda passante
- + Riduce l'effetto di variazioni parametriche e disturbi
- Riduce i margini di stabilità

$\frac{K_I}{s}$ : azione Integrata

$$W = \frac{\frac{K_I}{s} \cdot P(s)}{1 + \frac{K_I}{s} \cdot P(s)} = \frac{K_I P}{s + K_I P} \quad s \rightarrow 0 \cong t \rightarrow \infty \quad W(s) \rightarrow 1$$

- + Azzera l'effetto di disturbi e variazioni parametriche a valle, sull'uscita a regime
- Riduce la banda passante
- Riduce molto i margini di stabilità

## $K_D S$ : azione Derivativa

“Prevede l’andamento dell’errore”

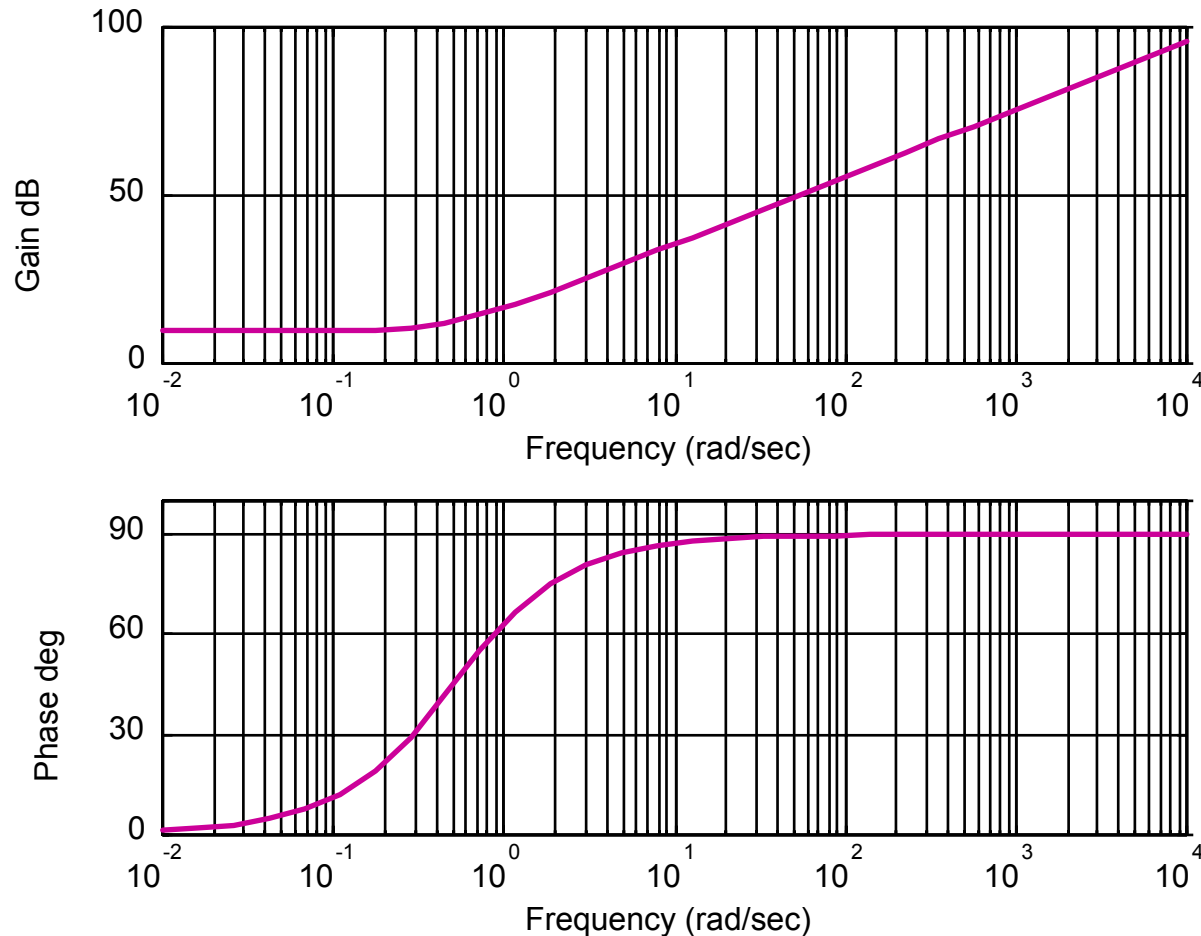
- + Migliora i margini di stabilità ( $m_\varphi + 90^\circ$ )
- + Riduce la sovraelongazione e i transitori
- Usato da solo (MAI !), azzererebbe il guadagno per  $\omega \rightarrow 0$  ( $\equiv$  anello aperto).
- Enfattizza le alte frequenze (rumori ?)
- Sollecita gli attuatori.
- Non è realizzabile,  $\text{approx} = \frac{K_D S}{1 + \varepsilon S}$

---

**In genere si usa un mix di azioni: P, PI, PD, PID !!**

# REGOLATORE PROPORZIONALE DERIVATIVO

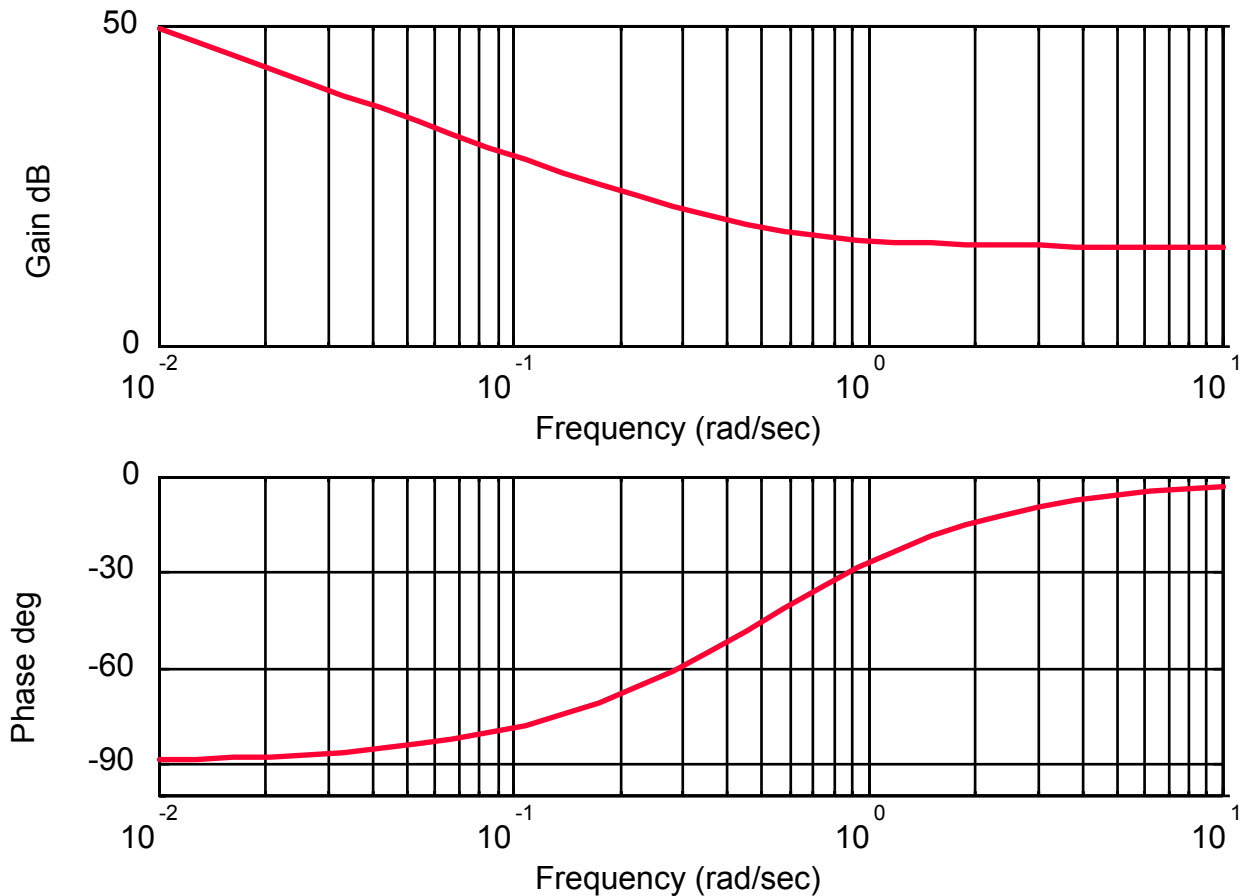
$$PD = K_P + s K_D = K_P (1 + \tau_1 s)$$



```
num=[6,3];  
den=1;  
bode(num,den)
```

# REGOLATORE PROPORZIONALE INTEGRALE

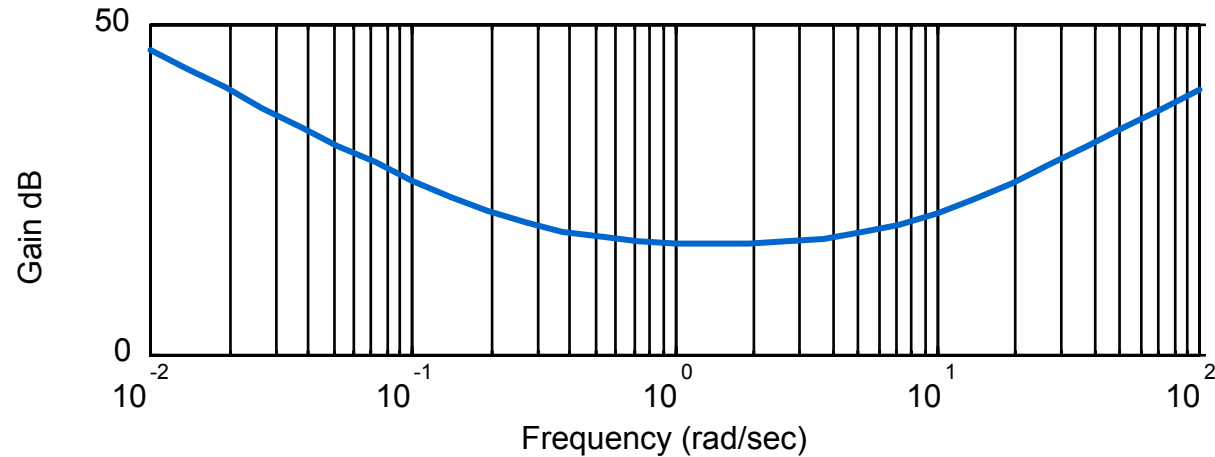
$$PI = K_P + \frac{K_I}{s} = \frac{K_I}{s} (1 + \tau_1 s)$$



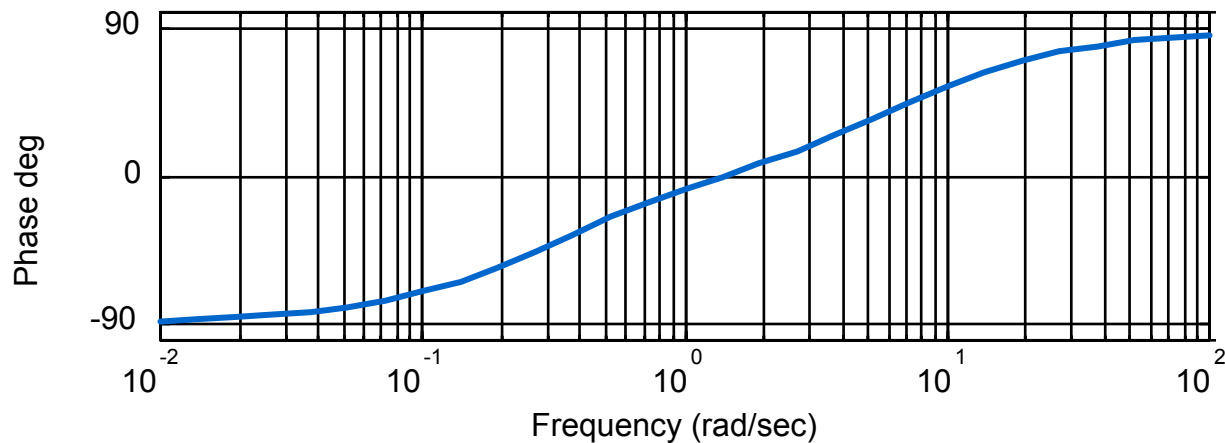
```
num=[6,3];  
den=[1,0]  
bode(num,den)
```

# REGOLATORE PROPORZIONALE INTEGRALE DERIVATIVO

$$PID = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s = \frac{K_I}{s} (1 + \tau_1 s)(1 + \tau_2 s)$$



```
num=[1,7,2];  
den=[1,0]  
bode(num,den)
```



Premessa:

- a) Sappiamo poco del processo
- b) Abbiamo specifiche generiche
- c) Il comportamento a regime dipende da  $F(j\omega)$  per  $\omega \cong 0$
- d) Il comportamento al transitorio dipende da  $F(j\omega)$  per  $\omega \cong \omega_T$

Spesso ci basta determinare un guadagno accettabile (quindi un  $\omega_T$ ) e qualche informazione su  $F(j\omega)$ .



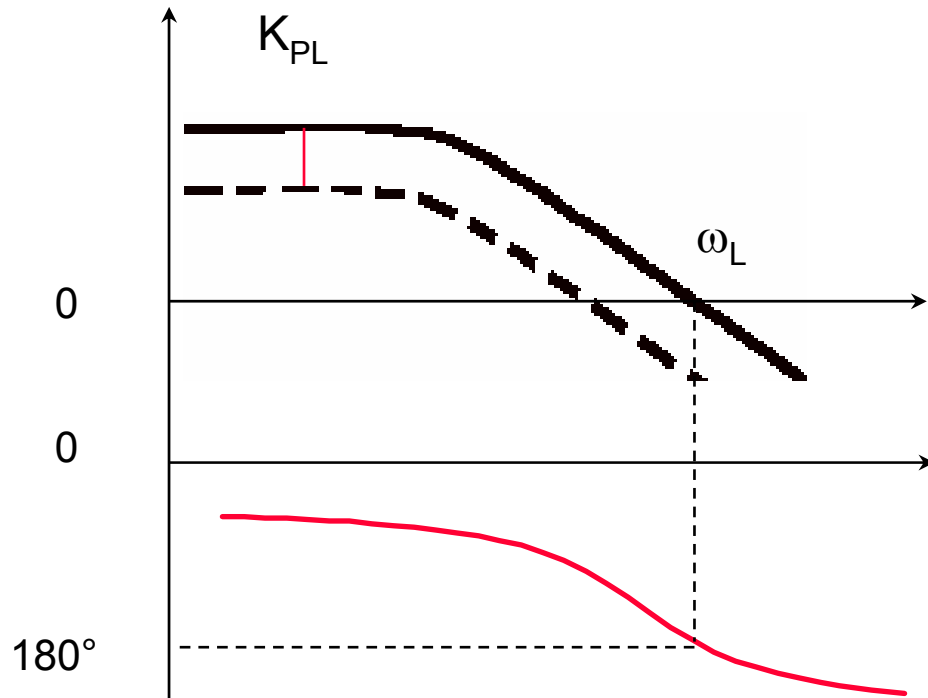
# 1° METODO DI ZIEGLER - NICHOLS

1)  $K_D=K_I=0$ ;

2) Aumentare  $K_P$  da 0 fino a quando si hanno oscillazioni

persistenti

(periodo  $T_L$ ;  $K_P=K_{PL}$ ). Si ha:  $\omega_L=2\pi/T_L$ ;  $m\phi=m_G=0$ .



$$R(s) = K_P \left( 1 + \frac{1}{\tau_I s} + \tau_D s \right)$$

Utilizzare i valori che

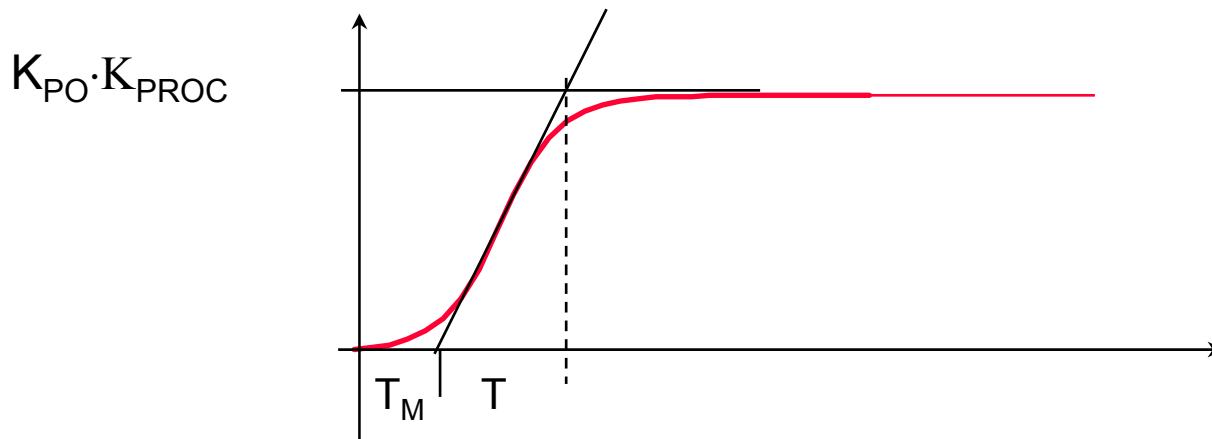
soddisfano:

	$K_P/K_{PL}$	$\tau_D/T_L$	$\tau_I/T_L$
P	0.5	-	-
PD	0.5	0.2	-
PI	0.45	-	0.85
PID	0.6	0.125	0.5

1)  $K_I=K_D=0$

2)  $K_P=K_{PO}$  qualsiasi

3) Applicare un gradino all'ingresso, registrare l'uscita



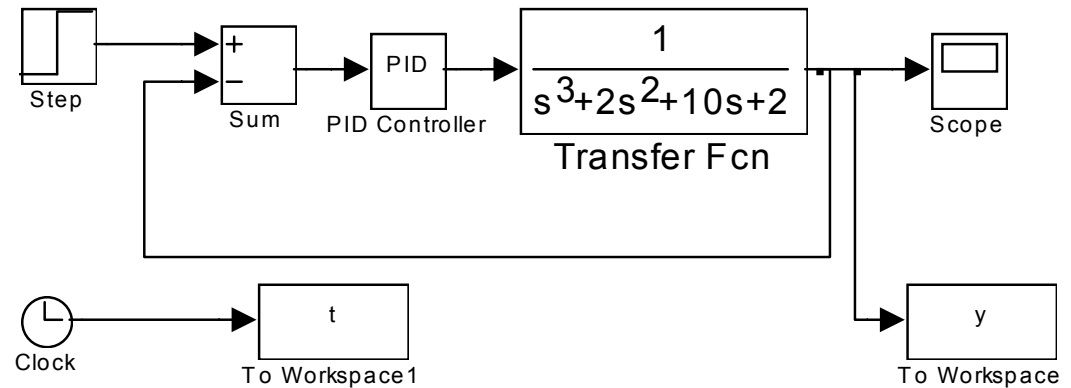
Si assume:

$$T_L = 4T_m$$

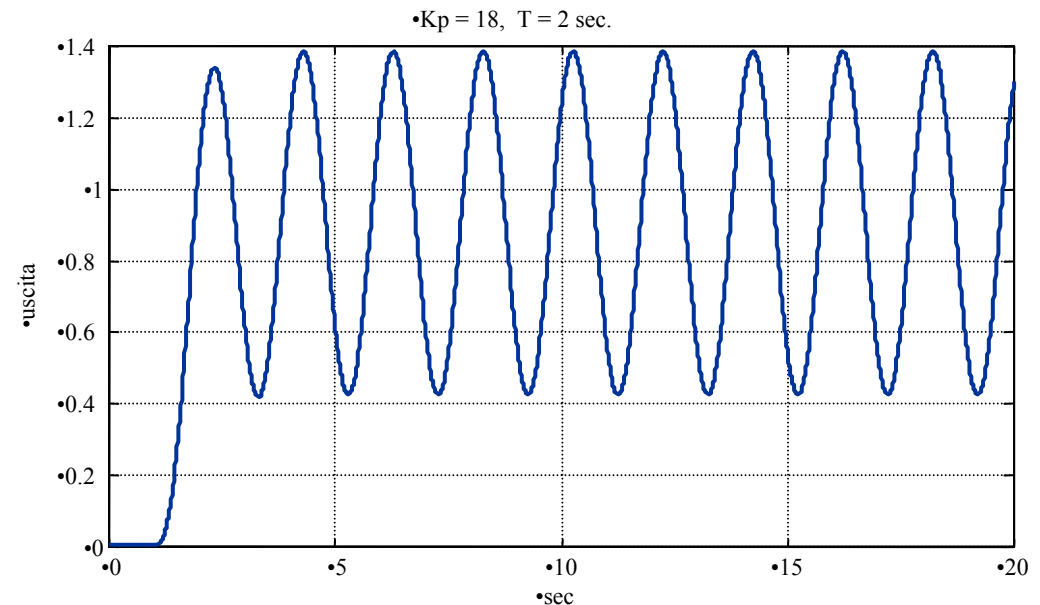
$$K_{PL} = \frac{2T}{T_m \cdot K_{PROC}}$$

- Valori più approssimati del precedente però non si innescano oscillazioni.
- Entrambi danno solo valori di massima anche a causa della difficoltà di misura.
- Oggi è spesso possibile rilevare la risposta armonica (nell'intorno del punto di lavoro) e procedere sui diagrammi di bode.

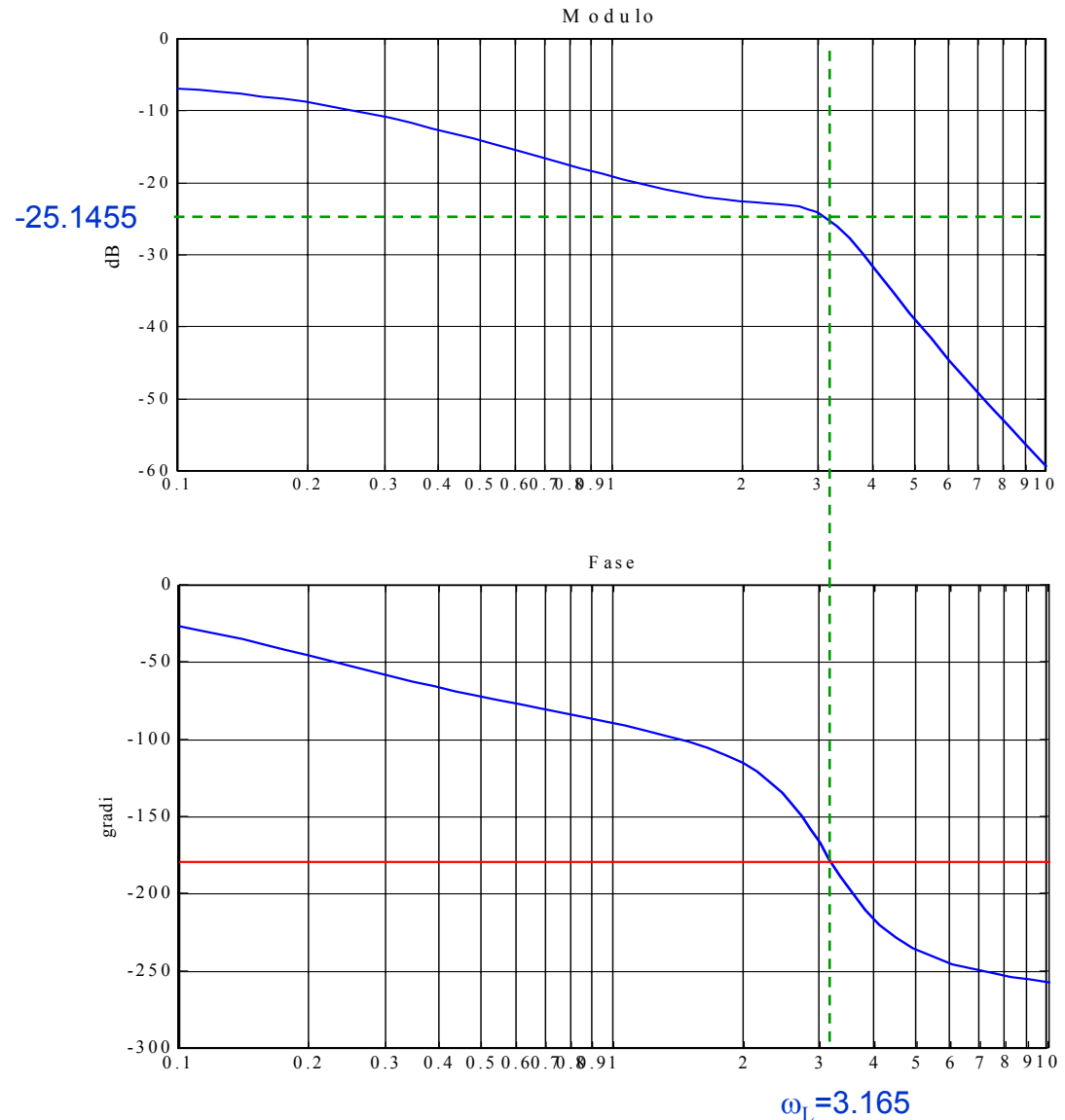
- Impianto stabile con un polo reale e due poli compl. coniugati



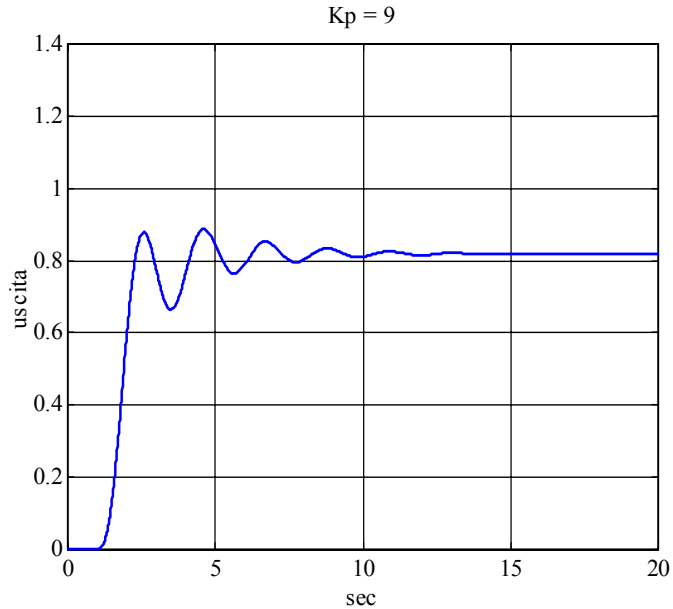
- Portato all'oscillazione fornisce  $K_{pL}=18$  e  $T_L=2$



- Dai diagrammi di Bode si deducono le stesse grandezze:  
 $K_{pL}=18.08$  e  
 $T_L=1.98$

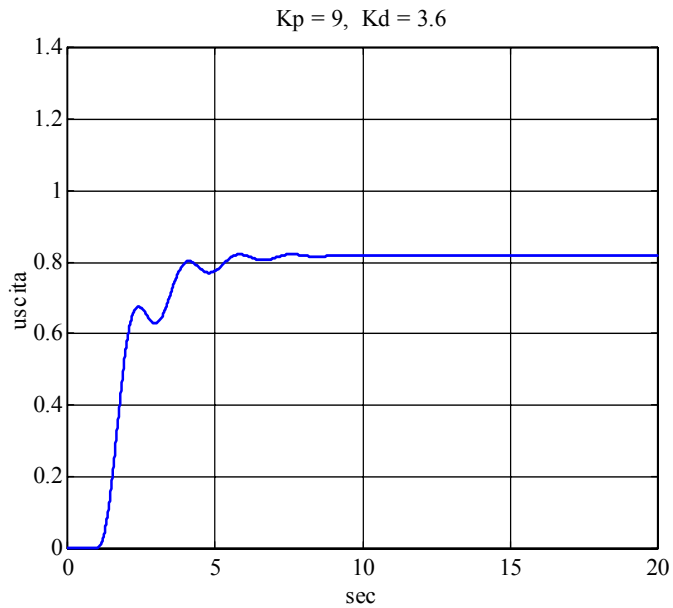
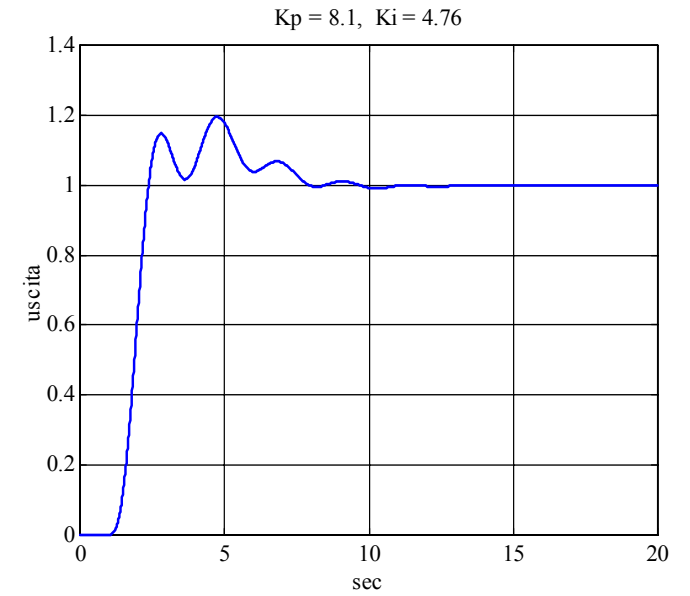


# ESEMPIO (CONTINUA)



**P**

**PI**



**PD**

**PID**

