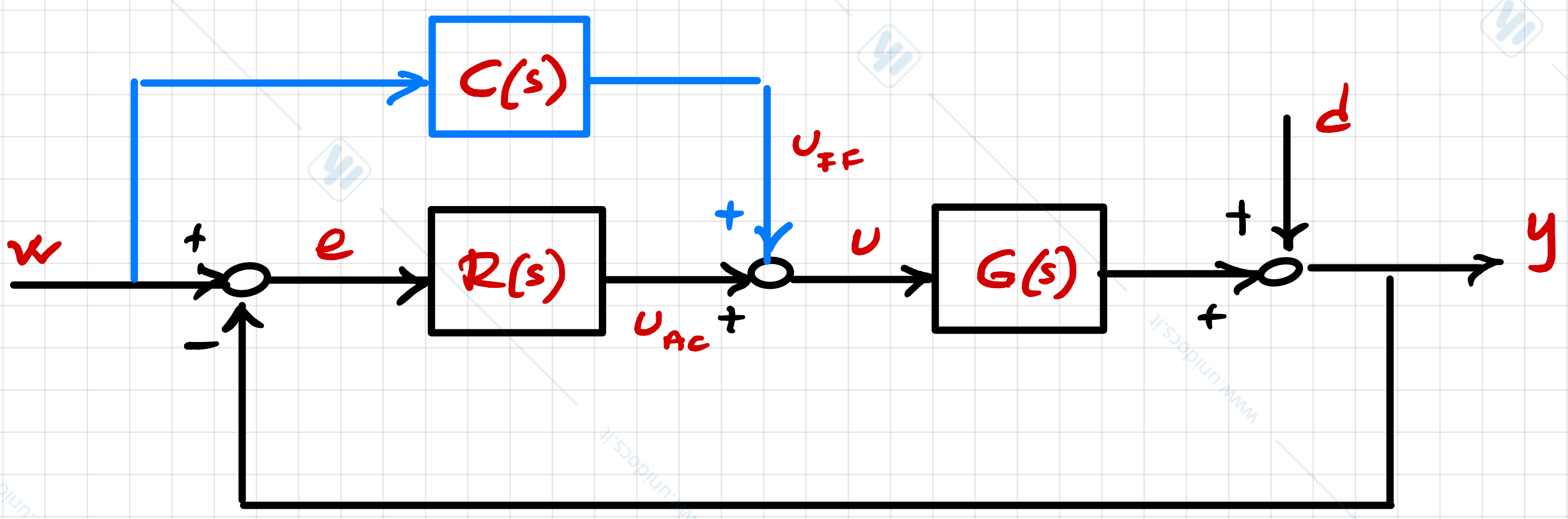
COMPENSATORI IN FEED-FORWARD

- AZIONE IN FEED-FORWARD DEL RIFERIMENTO



ATTENZIONE! $C(s)$ DEVE ESSERE AS. STABILE

$$G_{yw}(s) = \frac{(C(s)+R(s))\,G(s)}{1+\underbrace{R(s)G(s)}_{L(s)}} \overset{?}{=} 1$$

- SE $C(s) = 0 \implies G_{yw}(s) = \dfrac{L(s)}{1+L(s)} = F(s)$

F. DI SENSITIVITÀ COMPLEMENTARE

- SE $C(s) = \dfrac{1}{G(s)} \implies G_{yw}(s) = 1$

SITUAZIONE IDEALE!

- SOLUZIONE IDEALE : $\boxed{C^{\circ}(s) = \frac{1}{G(s)}}$

- OSSERVAZIONI

1. COINCIDE CON IL PROGETTO IN A.A.
2. REALIZZABILITÀ ?
3. STABILITÀ ?
4. CI SI PUÒ ACCONTENTARE DI AVERE

$$C(j\omega) = \frac{1}{G(j\omega)}$$ PER LE ω DI INTERESSE

p.e. $\omega = 0$ $\quad C(0) = \frac{1}{G(0)} = \frac{1}{\mu_G}$ AZIONE IN FF STATICA

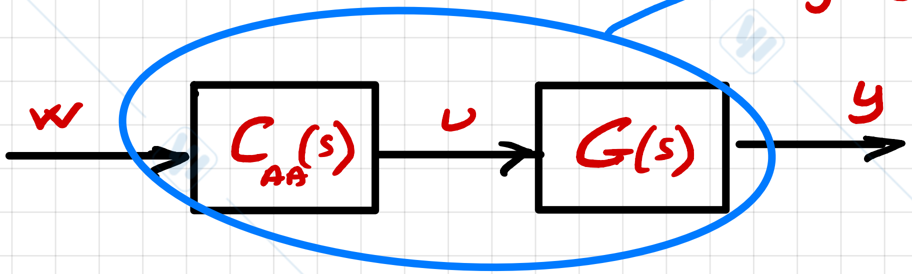
$\Longrightarrow G_{yw}(0) = 1$

5. ATTENZIONE!

È COMUNQUE UNA SOLUZIONE POCO ROBUSTA!

- PROGETTO IN A.A. (OSS. 1)

$G_{yw}(s) = 1$



$$C_{AA}(s) = \frac{1}{G(s)}$$

- ESEMPIO (OSS. 2)

$$G(s) = \frac{1}{1+s} \Longrightarrow C^{o}(s) = 1+s$$

NON REALIZZABILE!

- ESEMPIO (OSS. 3)

$$G(s) = \frac{1-s}{1+s} \Longrightarrow C^{o}(s) = \frac{1+s}{1-s}$$

INSTABILE!

- ESEMPIO 1

$G(s) = \frac{1}{1+s}$ $\quad R(s) = 10 \implies L(s) = \frac{10}{1+s}$ — $\mu_F = \frac{10}{11} \neq 1$

$C^o(s) = \frac{1}{G(s)} = 1+s$ — NON REALIZZABILE!

- APPROSSIMAZIONE A (FF DINAMICO)

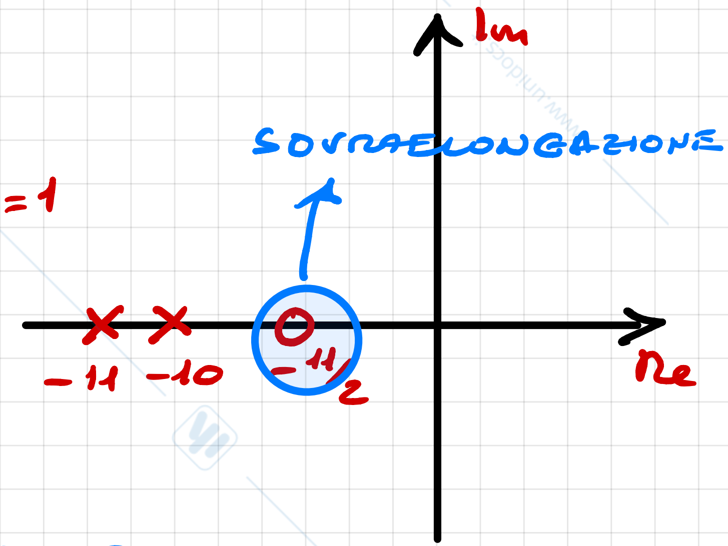
$C_A(s) = \frac{1+s}{1+s\tau}, \quad \tau << 1$

$\implies G_{yw}(s) = \dots = \dfrac{1 + \frac{1+10\tau}{11} s}{(1+s\tau)\left(1+\frac{s}{11}\right)} \neq 1$

MA $G_{yw}(0) = 1$

APPROX. DI $C^o(s)$ PER $\omega < 1/\tau$

p.e. $\tau = 0.1 \implies$ SOVRAELONGAZIONE



- APPROSSIMAZIONE B (FF STATICO)

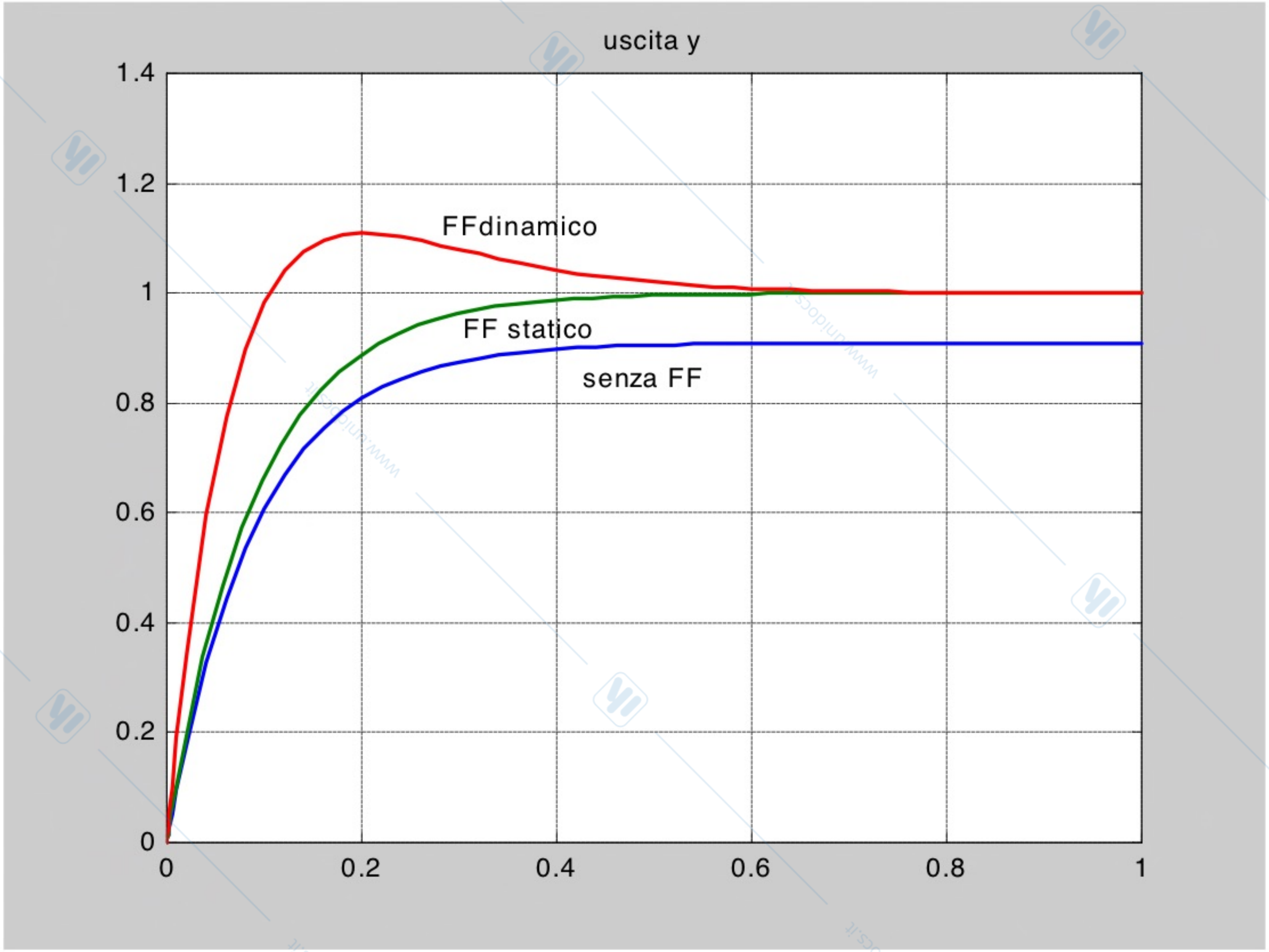
$C_B(s) = 1 \implies G_{yw}(s) = \dots \frac{1}{1+s/11} \neq 1$

MA $G_{yw}(0) = 1$

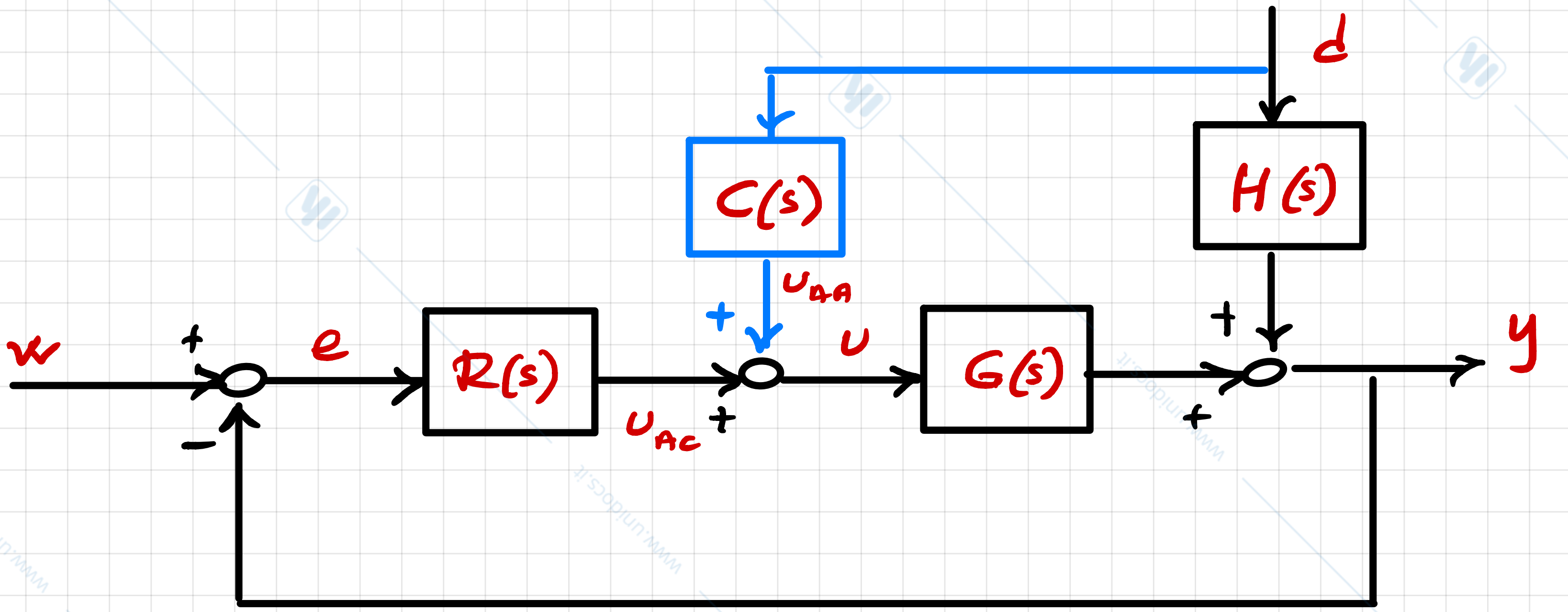
APPROX. DI $C^o(s)$ PER $\omega = 0$

MIGLIORI PRESTAZIONI RISPETTO A $C_A(s)$!

1. AZIONE IN FEED-FORWARD DEL RIFERIMENTO



- COMPENSAZIONE IN A.A. DI UN DISTURBO (MISURABILE)



ATTENZIONE!
$C(s)$
DEVE ESSERE
A.S. STABILE

$$G_{yd}(s) = \frac{H(s) + C(s)G(s)}{1 + R(s)G(s)} \overset{?}{=} 0$$

- SE $C(s) = 0 \Longrightarrow G_{yd}(s) = \frac{H(s)}{1 + R(s)G(s)} = H(s)\underbrace{S(s)}_{\text{F. DI SENSITIVITÀ}}$

- SE $C(s) = -\frac{H(s)}{G(s)} \Longrightarrow G_{yd}(s) = 0$ SITUAZIONE IDEALE!

- SOLUZIONE IDEALE : $\boxed{C^{\circ}(s) = -\frac{H(s)}{G(s)}}$

- OSSERVAZIONI

1. COINCIDE CON IL PROGETTO IN A.A.
2. REALIZZABILITÀ ?
3. STABILITÀ ?
4. CI SI PUÒ ACCONTENTARE DI AVERE

$$C(j\omega) = -\frac{H(j\omega)}{G(j\omega)}$$ PER LE ω DI INTERESSE

p.e. $\omega = 0$ $\quad C(0) = -\frac{H(0)}{G(0)} = -\frac{\mu_H}{\mu_G}$ COMPENSAZIONE STATICA

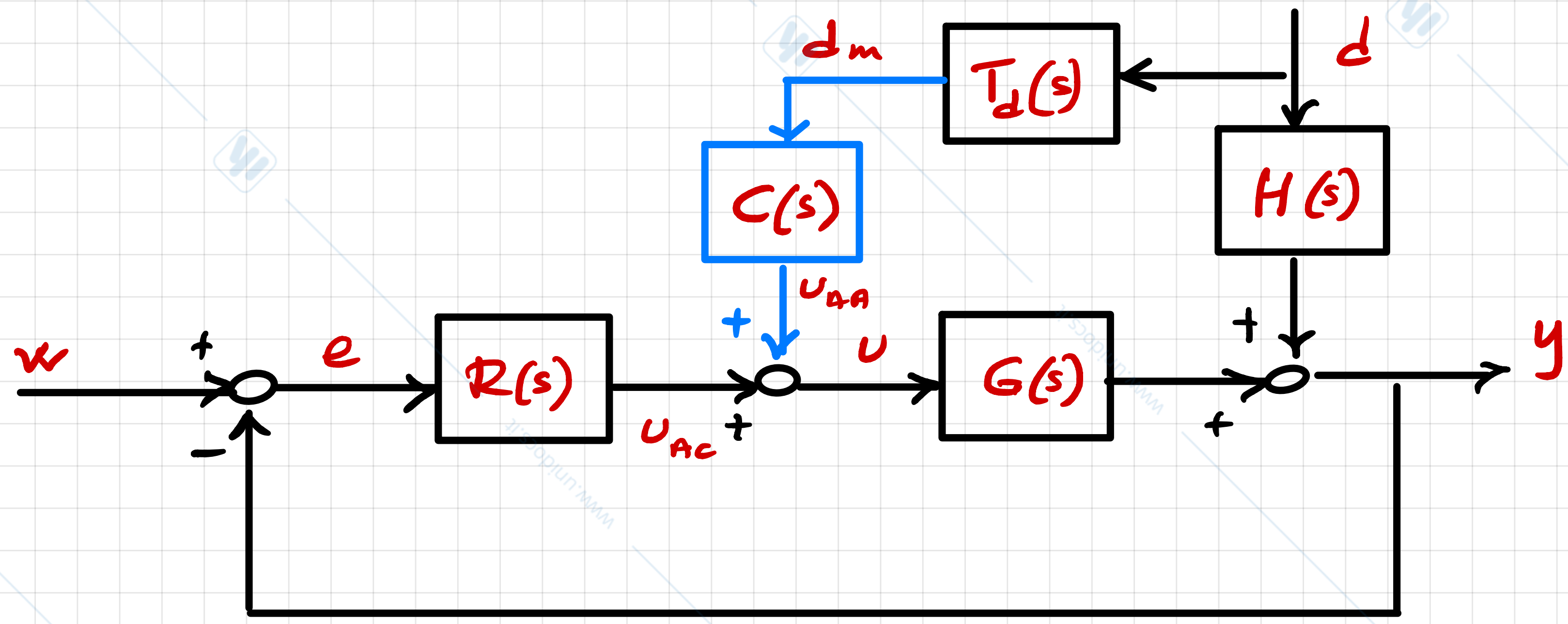
$\Longrightarrow G_{yd}(0) = 0$.

5. ATTENZIONE!

È COMUNQUE UNA SOLUZIONE POCO ROBUSTA!

6. SE C'È UN TRASDUTTORE, VA CONSIDERATO

- COMPENSAZIONE CON TRASDUTTORE



- COMPENSATORE IDEALE: $\boxed{C^{\circ}(s) = -\frac{H(s)}{G(s)T_d(s)}}$

- ESEMPIO 2

$$G(s) = \frac{10}{(1+s)(1+2s)} \qquad H(s) = \frac{1}{1+4s} \qquad R(s) = \frac{0.02}{s}$$

REGOLATORE I

- PROGETTARE $C(s)$ IN MODO DA COMPENSARE:

A $d(t) = \cos(t)$

B $d(t) = \sin(3t)$

$$C^{o}(s) = -\frac{H(s)}{G(s)} = -\frac{0.1(1+s)(1+2s)}{1+4s}$$

COMPENSATORE IDEALE

NON REALIZZABILE!

- CASO A

$d(t) = sca(t)$ È SUFFICIENTE COMPENSAZIONE STATICA

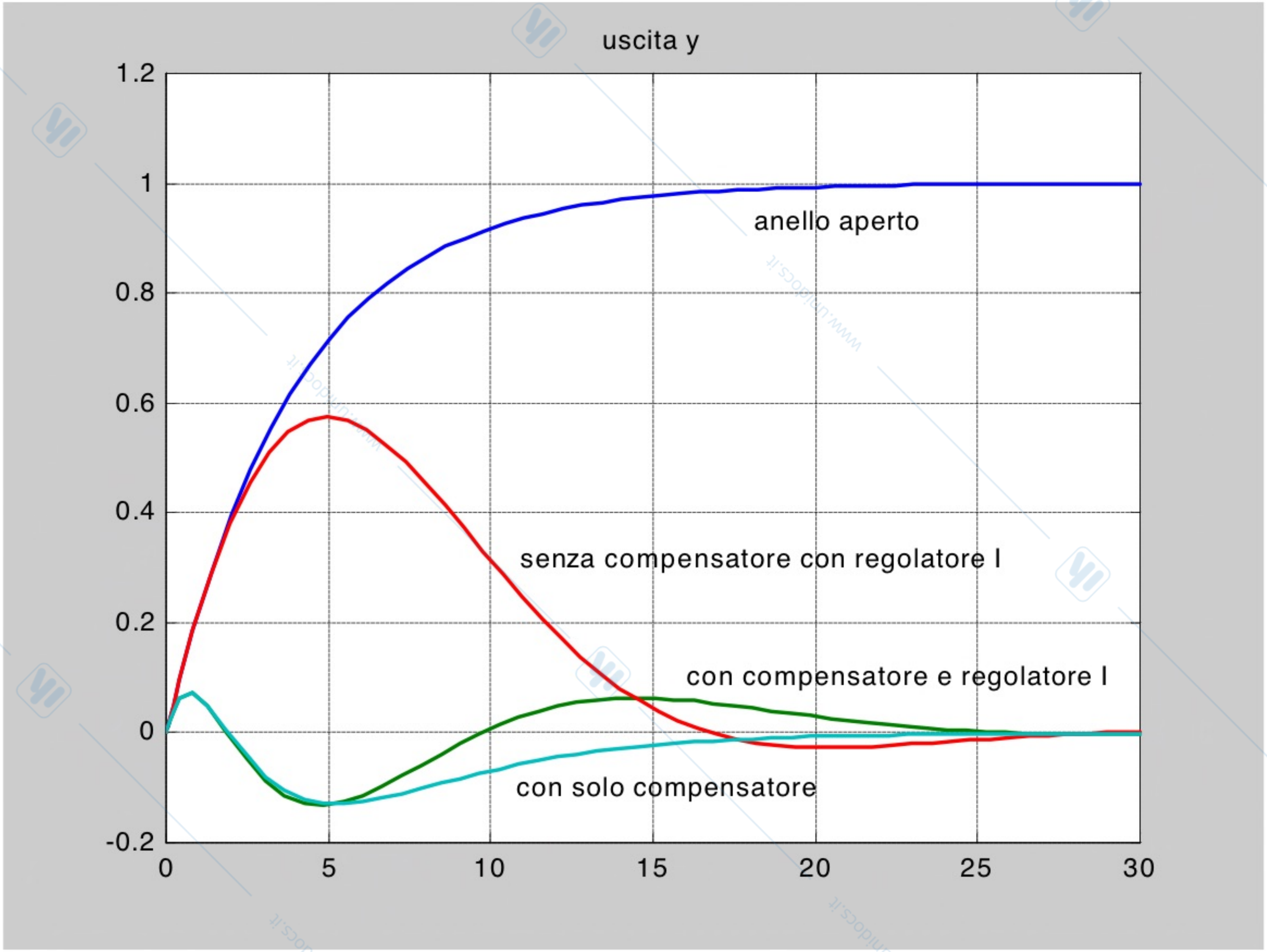
NOTA: A REGIME BASTEREBBE $R(s)$
$C(s)$ PUÒ AIUTARE ANCHE NEL TRANSITORIO

$$C(s) = -\frac{\mu_H}{\mu_G} = -0.1$$

- SIMULAZIONI

- $R(s) = 0$, $C(s) = 0$ ANELLO APERTO
- $R(s) = \frac{0.02}{s}$, $C(s) = 0$ SOLO REG. A.C.
- $R(s) = \frac{0.02}{s}$, $C(s) = -0.1$ REG. A.C. + COMP.
- $R(s) = 0$, $C(s) = -0.1$ SOLO COMPENSATORE

2. COMPENSAZIONE IN ANELLO APERTO DI UN DISTURBO A SCALINO



- Caso B

$d(t) = \text{sen}(3t)$ $\quad \omega = 3 > \omega_c \simeq 0.2$

- È SUFFICIENTE UN COMPENSATORE SPECIFICO PER $\omega = 3$

$$C(j3) = -\frac{H(j3)}{G(j3)} \Longrightarrow \begin{cases} |C(j3)| = |C^\circ(j3)| \simeq 0.16 \\ \measuredangle C(j3) = \measuredangle C^\circ(j3) \simeq -113^\circ \end{cases}$$

p.e. $C(s) = \dfrac{\mu}{(1+sT)^2}, \quad \mu > 0$

$$\boxed{C(s) = \frac{0.52}{(1+0.5s)^2}}$$

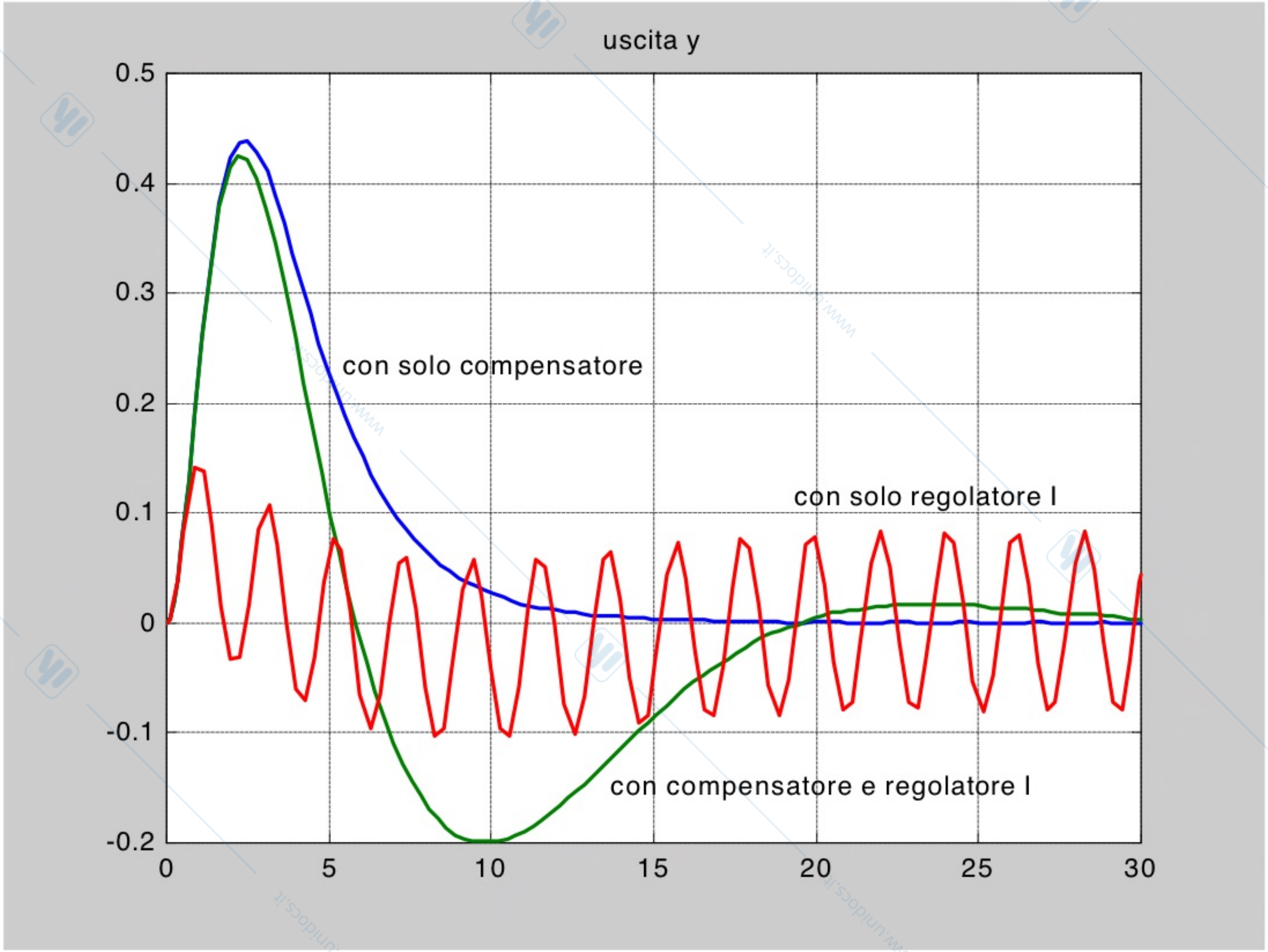
$$\mu = 0.16\,(1+2.25) \simeq 0.52$$

$$\begin{cases} |C(j3)| = \dfrac{\mu}{1+9T^2} = 0.16 \\ \measuredangle C(j3) = -2\,\text{arctg}(3T) = -113^\circ \end{cases} \longrightarrow T = \frac{1}{3}\,\text{tg}\,\frac{113^\circ}{2} \simeq 0.5$$

- SIMULAZIONI

- $R(s) = \frac{0.02}{s}$, $C(s) = 0$ — SOLO REG. A.C.
- $R(s) = \frac{0.02}{s}$, $C(s) = \frac{0.52}{(1+0.5s)^2}$ — REG. A.C. + COMP.
- $R(s) = 0$, $C(s) = \frac{0.52}{(1+0.5s)^2}$ — SOLO COMPENSATORE

3. COMPENSAZIONE IN ANELLO APERTO DI UN DISTURBO SINUSOIDALE



- VARIANTE: È POSSIBILE COMPENSARE CONTEMPORANEAMENTE $\sin(t)$ E $\sin(3t)$?

$$C(s) = \frac{C^0(s)}{1+s\tau} = -\frac{0.1(1+s)(1+2s)}{(1+4s)(1+s\tau)}, \quad \tau > 0$$

$$\begin{cases} C(0) = -0.1 \\ |C(j3)| = \dfrac{|C^0(j3)|}{|1+j3\tau|} \simeq |C^0(j3)| \\ \angle C(j3) = \angle C^0(j3) - \operatorname{arctg} 3\tau \simeq \angle C^0(j3) \end{cases}$$

$\tau \ll \frac{1}{3}$

$\tau \ll \frac{1}{3}$

p.e. $\tau = 0.01$