Esame di Stato – 21 novembre 2013
Prima prova scritta sez. A laurea magistrale

Settore dell'Informazione

Teoria dei sistemi

Il candidato illustri il concetto di stabilità dell'equilibrio di un sistema dinamico, con particolare riferimento ai sistemi lineari e stazionari.

Controlli automatici

Il candidato illustri le specifiche di progetto richieste per un sistema di controllo in controreazione.

Robotica

Il candidato discuta il concetto di cinematica inversa per un robot manipolatore

Esame di Stato – 22 novembre 2013
Seconda prova scritta sez. A laurea magistrale

Settore dell'Informazione

Teoria dei sistemi

Il candidato discuta il problema della stabilità dei sistemi in controreazione.

Controlli automatici

Il candidato descriva i principi di funzionamento di un controllore PID e, scegliendo tra quelli di sua conoscenza, descriva un metodo per la determinazione dei parametri di tale controllore.

Elettronica

Il candidato esponga le caratteristiche di un amplificatore operazionale e ne descriva nel dettaglio i principi di funzionamento, mostrando quali sono le cause di non idealità e le tecnologie circuitali elettroniche mediante le quali possa essere realizzato.

Esame di Stato – 22 novembre 2013
Seconda prova scritta sez. A laurea magistrale

Settore dell'Informazione

Teoria dei sistemi

Il candidato illustri il problema della stabilità dei sistemi in controreazione con particolare riferimento ai concetti di margine di fase e margine di guadagno.

Controlli automatici

Il candidato descriva principali caratteristiche dei regolatori standard (PID), mettendo in evidenza gli effetti delle singole azioni di regolazione (Proporzionale - Integrale - Derivativa), il loro uso combinato e le tecniche di taratura e progettazione.

Automazione

Il candidato illustri il processo che caratterizza il progetto di un sistema di controllo in retroazione per un sistema ad un solo ingresso e ad una sola uscita, dalla definizione delle specifiche sia statiche che dinamiche, ai metodi per il soddisfacimento di tali specifiche e per la selezione dei componenti.

Esame di Stato – 22 novembre 2013
Seconda prova scritta sez. A laurea magistrale

Settore dell'Informazione

Telecomunicazioni

I moderni sistemi di telecomunicazione prevedono che l'informazione venga trasferita tra i diversi apparati in forma numerica. Il candidato descriva le metodologie per la conversione in digitale e riconversione in analogico dei segnali coinvolti, presentandone i limiti sia funzionali che prestazionali.

Controlli automatici

Il candidato discuta le principali caratteristiche dei sistemi di controllo in retroazione.

Elettronica

Il candidato esponga le caratteristiche di un amplificatore operazionale e ne descriva nel dettaglio i principi di funzionamento, mostrando quali sono le cause di non idealità e le tecnologie circuitali elettroniche mediante le quali possa essere realizzato.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ELETTRONICA

Progettare e dimensionare, utilizzando un amplificatore operazionale ideale, un circuito in grado di realizzare la miscelazione di quattro segnali e che:

- abbia in ingresso una resistenza maggiore di 10 KΩ
- in uscita fornisca un segnale pari a:

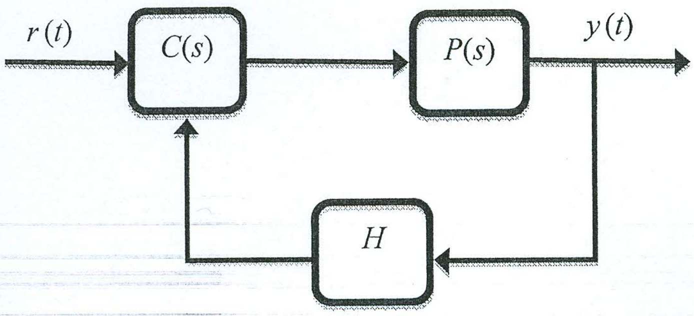
$$v_0 = 2v_1 + 4v_2 - 3v_3 - \frac{v_4}{2}$$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

CONTROLLI AUTOMATICI

Assegnate le funzioni di trasferimento dell'impianto P(s) da controllare e del trasduttore H,



$$P(s) = \frac{s+10}{(s+1)(s+20)}; \qquad H = 1;$$

determinare la struttura e i parametri della funzione di trasferimento del controllore $C(s)$ in modo da soddisfare le seguenti specifiche:

(i) per $r(t) = \delta_{-2}(t)$ si abbia a regime un errore $e_\infty = \lim_{t\to\infty} r(t) - y(t) \leq 0.1$;

(ii) la funzione di trasferimento a ciclo aperto $F(j\omega)$ presenti margine di fase $m_\phi = 40°$ e pulsazione di attraversamento $\omega_t = 1$ rad/s.

Una volta determinata la funzione di trasferimento a ciclo chiuso $W(s)$, si tracci l'andamento qualitativo dei diagrammi di Bode, Nyquist e Nichols della corrispondente funzione di risposta armonica $W(j\omega)$.

Note:

1. Il simbolo δ_{-2} indica la funzione rampa lineare unitaria $\delta_{-2} = t$.
2. Con il termine di pulsazione di attraversamento si intende la pulsazione tale che $|F(j\omega_t)| = 1$.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** – 2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 1 – CONTROLLI AUTOMATICI

TABELLA DELLE TRASFORMATE DI LAPLACE

Time Domain	Laplace Domain
f(t)	F(s)
a f(t)	a F(s)
$\dot{f}(t)$	s F(s) – f(0)
$f^{(n)}(t)$	$s^n F(s) - \sum_{i=0}^{n-1} s^i f^{(n-1-i)}(0)$
δ(t) (impulse)	1
δ_{-1} (step)	1/s
$\delta_{-2} = t\,\delta_{-1}$ (ramp)	$1/s^2$
$\delta_{-(n+1)} = t^n\,\delta_{-1}$	$1/s^{(n+1)}$
$\sin(\omega t)\,\delta_{-1}$	$\omega/(\omega^2+s^2)$
$\cos(\omega t)\,\delta_{-1}$	$s/(\omega^2+s^2)$
$e^{(-at)}\,\delta_{-1}$	1/ (s+a)
$\frac{t^{n-1}e^{-at}}{(n-1)!}\,\delta_{-1}$	$\frac{1}{(s+a)^n}$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** – 2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 2 – CONTROLLI AUTOMATICI

Formule di inversione per reti correttrici:

RETE ANTICIPATRICE

$$C_a(s) = \frac{1+s\tau}{1+s\alpha\tau} \quad ,$$

$$\tau = \frac{1}{\omega}\frac{\left(M\sqrt{1+\tan^2\phi}-1\right)}{\tan\phi},$$

$$\alpha = \frac{1}{\omega\tau M}\sqrt{1+(\omega\tau)^2-M^2},$$

dove M è l'amplificazione ($M > 1$) in valore naturale e ϕ è l'anticipo che si vogliono ottenere in corrispondenza della pulsazione ω.

RETE RITARDATRICE

$$C_a(s) = \frac{1+s\alpha\tau}{1+s\tau},$$

$$\tau = \frac{1}{\omega}\frac{\left(M-\sqrt{1+\tan^2\phi}\right)}{M\tan\phi},$$

$$\alpha = \frac{1}{\omega\tau}\sqrt{[1+(\omega\tau)^2]M^2-1},$$

dove M è l'attenuazione ($M < 1$) in valore naturale e ϕ è il ritardo che si vogliono ottenere in corrispondenza della pulsazione ω.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** – 2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

TEORIA DEI SISTEMI

Si consideri lo schema a blocchi in figura. P(s) è la funzione di trasferimento del sistema caratterizzato dal seguente modello ingresso-uscita:

$$\ddot{y}(t) + 7\dot{y} + 12y(t) = 4u(t) \qquad \text{(eq.1)}$$

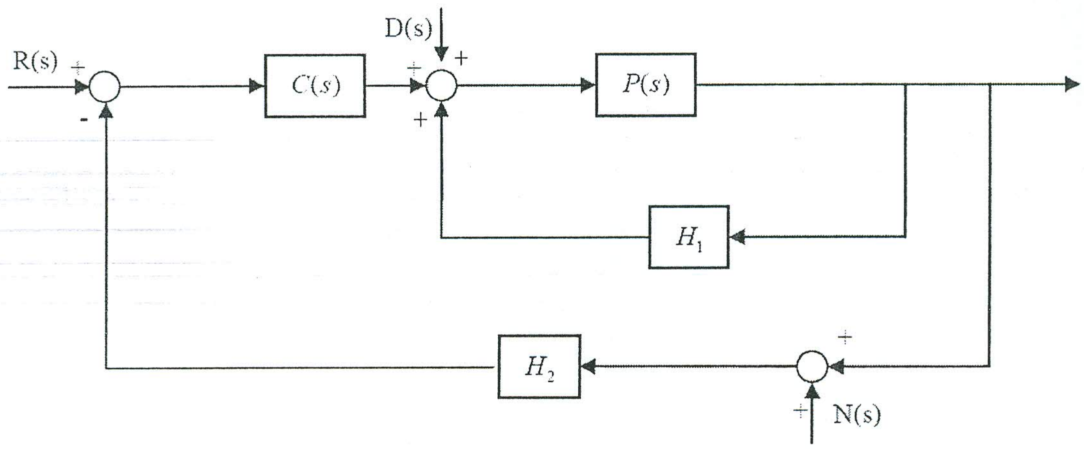


Figura 1

Assegnate le funzioni di trasferimento $H_1=\frac{1}{2}$; $H_2=\frac{1}{2}$ e $C(s)=\frac{k}{s}$, il candidato risponda ai seguenti quesiti:

a) calcolare la funzione di trasferimento $W_R(s)$, fra ingresso di riferimento r(t) ed uscita y(t), la funzione di trasferimento $W_D(s)$, fra ingresso di disturbo d(t) ed uscita y(t) e la funzione di trasferimento $W_N(s)$, fra ingresso di disturbo n(t) ed uscita y(t);

b) studiare la stabilità del sistema a ciclo chiuso al variare di k;

c) determinare la risposta del sistema a regime per k = 0.5 quando in ingresso al sistema sono applicati i segnali $r(t) = (4 + sin(t)) \cdot \delta_{-1}(t)$, $d(t) = 0.2 \cdot \delta_{-1}(t)$ e $n(t) = 0$.

d) per la funzione di trasferimento P(s) individuare i modi di evoluzione e tracciarne l'andamento qualitativo;

e) assegnate le condizioni iniziali $y_0 = 1$; $\dot{y}_0 = 1$; calcolare la risposta in evoluzione libera, nel dominio del tempo, del sistema descritto dal modello in eq. (1) e tracciarne l'andamento qualitativo.

Note:

1. Il simbolo $\delta_{-1}(t)$ indica la funzione gradino unitario.
2. Le trasformate di Laplace delle funzioni del tempo (es: $y(t)$) sono indicate dalle corris maiuscole (es: $Y(s)$).

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 1 – TEORIA DEI SISTEMI

TABELLA DELLE TRASFORMATE DI LAPLACE

Time Domain	Laplace Domain
f(t)	F(s)
a f(t)	a F(s)
$\dot{f}(t)$	s F(s) – f(0)
$f^{(n)}(t)$	$s^n F(s) - \sum_{i=0}^{n-1} s^i f^{(n-1-i)}(0)$
δ(t) (impulse)	1
δ_{-1} (step)	1/s
$\delta_{-2} = t\,\delta_{-1}$ (ramp)	$1/s^2$
$\delta_{-(n+1)} = t^n\,\delta_{-1}$	$1/s^{(n+1)}$
$\sin(\omega t)\,\delta_{-1}$	$\omega/(\omega^2+s^2)$
$\cos(\omega t)\,\delta_{-1}$	$s/(\omega^2+s^2)$
$e^{(-at)}\,\delta_{-1}$	$1/(s+a)$
$\frac{t^{n-1}e^{-at}}{(n-1)!}\,\delta_{-1}$	$\frac{1}{(s+a)^n}$

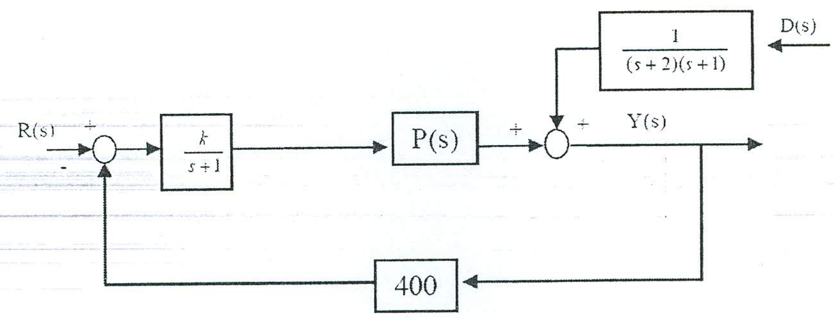
Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

TEORIA DEI SISTEMI

Si consideri lo schema a blocchi in figura. P(s) è la funzione di trasferimento del sistema caratterizzato dal seguente modello ingresso-uscita:

$$\ddot{y}(t) + 2\dot{y} + y(t) = u(t) \qquad \text{(eq.1)}$$



Il candidato risponda ai seguenti quesiti:

a) calcolare la funzione di trasferimento $W_R(s)$, fra ingresso di riferimento r(t) ed uscita y(t), la funzione di trasferimento $W_D(s)$, fra ingresso di disturbo d(t) ed uscita y(t);

b) studiare la stabilità del sistema a ciclo chiuso al variare di k;

c) determinare la risposta del sistema a regime per k = 2 quando in ingresso al sistema sono applicati i segnali $r(t) = (4 + sin(t)) \cdot \delta_{-1}(t)$, $d(t) = 0.2 \cdot \delta_{-1}(t)$.

d) per la funzione di trasferimento P(s) individuare i modi di evoluzione e tracciarne l'andamento qualitativo;

e) assegnate le condizioni iniziali $y_0 = 1$; $\dot{y}_0 = 1$; calcolare la risposta in evoluzione libera, nel dominio del tempo, del sistema descritto dal modello in eq. (1) e tracciarne l'andamento qualitativo.

Note:

1. Il simbolo $\delta_{-1}(t)$ indica la funzione gradino unitario.
2. Le trasformate di Laplace delle funzioni del tempo (es: *y(t)*) sono indicate dalle corrispondenti lettere

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** – 2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 1 – TEORIA DEI SISTEMI

TABELLA DELLE TRASFORMATE DI LAPLACE

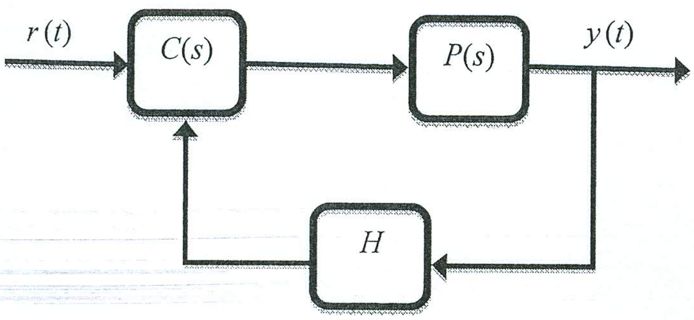
Time Domain	Laplace Domain
f(t)	F(s)
a f(t)	a F(s)
$\dot{f}(t)$	s F(s) – f(0)
$f^{(n)}(t)$	$s^n F(s) - \sum_{i=0}^{n-1} s^i f^{(n-1-i)}(0)$
δ(t) (impulse)	1
δ_{-1} (step)	1/s
$\delta_{-2} = t\,\delta_{-1}$ (ramp)	$1/s^2$
$\delta_{-(n+1)} = t^n\,\delta_{-1}$	$1/s^{(n+1)}$
$\sin(\omega t)\,\delta_{-1}$	$\omega/(\omega^2+s^2)$
$\cos(\omega t)\,\delta_{-1}$	$s/(\omega^2+s^2)$
$e^{(-at)}\,\delta_{-1}$	$1/(s+a)$
$\frac{t^{n-1}e^{-at}}{(n-1)!}\,\delta_{-1}$	$\frac{1}{(s+a)^n}$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

CONTROLLI AUTOMATICI

Assegnate le funzioni di trasferimento dell'impianto P(s) da controllare e del trasduttore H,



$$P(s) = \frac{s+10}{(s+1)(s+20)}; \qquad H = 1;$$

determinare la struttura e i parametri della funzione di trasferimento del controllore $C(s)$ in modo da soddisfare le seguenti specifiche:

(i) per $r(t) = \delta_{-2}(t)$ si abbia a regime un errore $e_\infty = \lim_{t\to\infty} r(t) - y(t) \leq 0.1$;

(ii) la funzione di trasferimento a ciclo aperto $F(j\omega)$ presenti margine di fase $m_\phi = 40°$ e pulsazione di attraversamento $\omega_t = 8$ rad/s.

Una volta determinata la funzione di trasferimento a ciclo chiuso $W(s)$, si tracci l'andamento qualitativo dei diagrammi di Bode, Nyquist e Nichols della corrispondente funzione di risposta armonica $W(j\omega)$.

Note:

1. Il simbolo δ_{-2} indica la funzione rampa lineare unitaria $\delta_{-2} = t$.
2. Con il termine di pulsazione di attraversamento si intende la pulsazione tale che $|F(j\omega_t)| = 1$.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 1 – CONTROLLI AUTOMATICI

TABELLA DELLE TRASFORMATE DI LAPLACE

Time Domain	Laplace Domain
f(t)	F(s)
a f(t)	a F(s)
$\dot{f}(t)$	s F(s) – f(0)
$f^{(n)}(t)$	$s^n F(s) - \sum_{i=0}^{n-1} s^i f^{(n-1-i)}(0)$
δ(t) (impulse)	1
δ_{-1} (step)	1/s
$\delta_{-2} = t\,\delta_{-1}$ (ramp)	$1/s^2$
$\delta_{-(n+1)} = t^n\,\delta_{-1}$	$1/s^{(n+1)}$
$\sin(\omega t)\,\delta_{-1}$	$\omega/(\omega^2+s^2)$
$\cos(\omega t)\,\delta_{-1}$	$s/(\omega^2+s^2)$
$e^{(-at)}\,\delta_{-1}$	$1/(s+a)$
$\frac{t^{n-1}e^{-at}}{(n-1)!}\,\delta_{-1}$	$\frac{1}{(s+a)^n}$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 2 – CONTROLLI AUTOMATICI

Formule di inversione per reti correttrici:

RETE ANTICIPATRICE

$$C_a(s) = \frac{1 + s\tau}{1 + s\alpha\tau},$$

$$\tau = \frac{1}{\omega} \frac{\left(M\sqrt{1 + \tan^2 \phi} - 1\right)}{\tan \phi},$$

$$\alpha = \frac{1}{\omega\tau M}\sqrt{1 + (\omega\tau)^2 - M^2},$$

dove M è l'amplificazione ($M > 1$) in valore naturale e ϕ è l'anticipo che si vogliono ottenere in corrispondenza della pulsazione ω.

RETE RITARDATRICE

$$C_a(s) = \frac{1 + s\alpha\tau}{1 + s\tau},$$

$$\tau = \frac{1}{\omega} \frac{\left(M - \sqrt{1 + \tan^2 \phi}\right)}{M \tan \phi},$$

$$\alpha = \frac{1}{\omega\tau}\sqrt{[1 + (\omega\tau)^2]M^2 - 1},$$

dove M è l'attenuazione ($M < 1$) in valore naturale e ϕ è il ritardo che si vogliono ottenere in corrispondenza della pulsazione ω.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** – 2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ELETTRONICA

Progettare e dimensionare, utilizzando un amplificatore operazionale ideale, un circuito in grado di realizzare la miscelazione di tre segnali e che:

- abbia in ingresso una resistenza maggiore di 30 KΩ
- in uscita fornisca un segnale pari a:

$$v_0 = 2v_1 + 4v_2 - \frac{v_3}{2}$$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ELETTRONICA

Progettare e dimensionare, utilizzando un amplificatore operazionale ideale, un circuito in grado di realizzare la miscelazione di quattro segnali e che:

- abbia in ingresso una resistenza maggiore di 20 KΩ
- in uscita fornisca un segnale pari a:

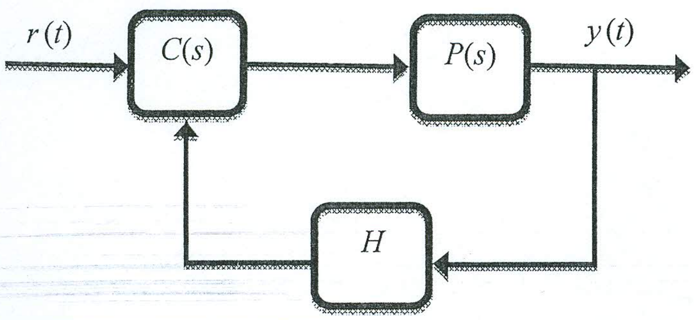
$$v_0 = 2v_1 + v_2 - \frac{v_3}{2} - \frac{v_4}{2}$$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

CONTROLLI AUTOMATICI

Assegnate le funzioni di trasferimento dell'impianto P(s) da controllare e del trasduttore H,



$$P(s) = \frac{10}{(s+1)^2}; \qquad H = 1;$$

determinare la struttura e i parametri di un regolatore PI avente funzione di trasferimento

$$C(s) = k_I \frac{1 + s\tau}{s};$$

in modo da soddisfare le seguenti specifiche:

(i) per $r(t) = \delta_{-1}(t)$ si abbia a regime un errore $e_\infty = \lim_{t\to\infty} r(t) - y(t) = 0$;

(ii) la funzione di trasferimento a ciclo aperto $F(j\omega)$ presenti margine di fase $m_\phi = 40°$ e pulsazione di attraversamento $\omega_t \geq 0.2$ rad/s.

Confrontare le prestazioni del sistema di controllo progettato con quelle ottenute adottando la procedura di Ziegler-Nichols in anello chiuso per il dimensionamento del PI.

Note:

1. Il simbolo δ_{-2} indica la funzione rampa lineare unitaria $\delta_{-2} = t$.
2. Con il termine di pulsazione di attraversamento si intende la pulsazione tale che $|F(j\omega_t)| = 1$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 1 – CONTROLLI AUTOMATICI

TABELLA DELLE TRASFORMATE DI LAPLACE

Time Domain	Laplace Domain
f(t)	F(s)
a f(t)	a F(s)
$\dot{f}(t)$	s F(s) – f(0)
$f^{(n)}(t)$	$s^n F(s) - \sum_{i=0}^{n-1} s^i f^{(n-1-i)}(0)$
δ(t) (impulse)	1
δ_{-1} (step)	1/s
$\delta_{-2} = t\,\delta_{-1}$ (ramp)	$1/s^2$
$\delta_{-(n+1)} = t^n\,\delta_{-1}$	$1/s^{(n+1)}$
$\sin(\omega t)\,\delta_{-1}$	$\omega/(\omega^2+s^2)$
$\cos(\omega t)\,\delta_{-1}$	$s/(\omega^2+s^2)$
$e^{(-at)}\,\delta_{-1}$	1/ (s+a)
$\dfrac{t^{n-1}e^{-at}}{(n-1)!}\,\delta_{-1}$	$\dfrac{1}{(s+a)^n}$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** – 2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 2 – CONTROLLI AUTOMATICI

Formule di inversione per reti correttrici:

RETE ANTICIPATRICE

$$C_a(s) = \frac{1 + s\tau}{1 + s\alpha\tau} \ ,$$

$$\tau = \frac{1}{\omega} \frac{\left(M\sqrt{1 + \tan^2 \phi} - 1\right)}{\tan \phi},$$

$$\alpha = \frac{1}{\omega\tau M}\sqrt{1 + (\omega\tau)^2 - M^2},$$

dove M è l'amplificazione ($M > 1$) in valore naturale e ϕ è l'anticipo che si vogliono ottenere in corrispondenza della pulsazione ω.

RETE RITARDATRICE

$$C_a(s) = \frac{1 + s\alpha\tau}{1 + s\tau},$$

$$\tau = \frac{1}{\omega} \frac{\left(M - \sqrt{1 + \tan^2 \phi}\right)}{M \tan \phi},$$

$$\alpha = \frac{1}{\omega\tau}\sqrt{[1 + (\omega\tau)^2]M^2 - 1},$$

dove M è l'attenuazione ($M < 1$) in valore naturale e ϕ è il ritardo che si vogliono ottenere in corrispondenza della pulsazione ω.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 3 – CONTROLLI AUTOMATICI

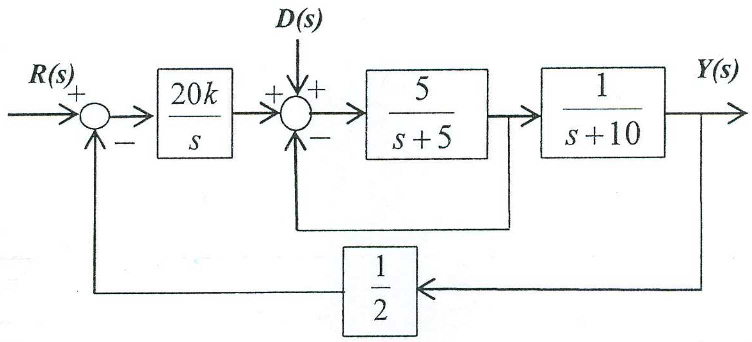
Tabella di taratura per la procedura di Ziegler e Nichols a ciclo chiuso

	Kp	Ti	TD
P	$0.5\ K_u$		
PI	$0.45\ K_u$	$0.8T$	
PID	$0.6\ K_u$	$0.5T$	$0.125T$

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** – 2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

TEORIA DEI SISTEMI



Dato lo schema a blocchi in figura, il candidato risponda ai seguenti quesiti:

a) calcolare la funzione di trasferimento $W_R(s)$, fra ingresso di riferimento r(t) ed uscita y(t) e la funzione di trasferimento $W_D(s)$, fra ingresso di disturbo d(t) ed uscita y(t);

b) studiare la stabilità del sistema a ciclo chiuso al variare di k;

c) determinare la risposta del sistema a regime per k = 20 quando in ingresso al sistema sono applicati i segnali $r(t) = (4 + sin(t)) \cdot \delta_{-1}(t)$ e $d(t) = 0.2 \cdot \delta_{-1}(t)$.

d) per la funzione di trasferimento sulla catena di andata, individuare i modi di evoluzione e tracciarne l'andamento qualitativo;

e) per il sistema avente modello ingresso-uscita $\ddot{y}(t) + 7\dot{y} + 12y(t) = 4u(t)$, assegnate le condizioni iniziali $\dot{y}(0) = 1$ e $y(0) = 4$, calcolare la risposta in evoluzione libera, nel dominio del tempo, e tracciarne l'andamento qualitativo.

Note:

1. Il simbolo $\delta_{-1}(t)$ indica la funzione gradino unitario.
2. Le trasformate di Laplace delle funzioni del tempo (es: *y(t)*) sono indicate dalle corrispondenti lettere maiuscole (es: *Y(s)*).

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere – **Sezione A** –
2° Sessione dell'anno 2013 – 28 gennaio 2014 – PROVA PRATICA

Settore Informazione

ALLEGATO 1 – TEORIA DEI SISTEMI

TABELLA DELLE TRASFORMATE DI LAPLACE

Time Domain	Laplace Domain
f(t)	F(s)
a f(t)	a F(s)
$\dot{f}(t)$	s F(s) – f(0)
$f^{(n)}(t)$	$s^n F(s) - \sum_{i=0}^{n-1} s^i f^{(n-1-i)}(0)$
δ(t) (impulse)	1
δ_{-1} (step)	1/s
$\delta_{-2} = t\,\delta_{-1}$ (ramp)	$1/s^2$
$\delta_{-(n+1)} = t^n\,\delta_{-1}$	$1/s^{(n+1)}$
$\sin(\omega t)\,\delta_{-1}$	$\omega/(\omega^2+s^2)$
$\cos(\omega t)\,\delta_{-1}$	$s/(\omega^2+s^2)$
$e^{(-at)}\,\delta_{-1}$	1/ (s+a)
$\frac{t^{n-1}e^{-at}}{(n-1)!}\,\delta_{-1}$	$\frac{1}{(s+a)^n}$