

II SESSIONE 2005 - COMMISSIONE II
SEZIONE A

VERBALE N.7

Prova pratica di progettazione

Oggi 20 dicembre 2005 alle ore 10.45 si riunisce presso l'aula 6.2 della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna la II Commissione Giudicatrice degli Esami di Stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere, Sezione A, per la prova pratica di progettazione. Sono presenti:

Prof. Paolo Bassi	Presidente
Ing. Andrea Chiesa	Membro Effettivo
Prof. Enrico Denti	Membro Effettivo
Ing. Carlo Manni	Membro Effettivo
Ing. Alberto Zucchini	Membro Effettivo
Ing. Luca Gentili	Membro Esperto
Ing. Marco Dozza	Membro Esperto
Ing. Aldo Romani	Membro Esperto
Ing. Valentina Cacchiani	Membro Esperto
Ing. Alessandro Linari	Membro Esperto
Ing. Raffaella Pedone	Membro Esperto

Assume le funzioni di Segretario il Prof. Enrico Denti.

Su proposta dei membri esperti dei diversi settori, la Commissione definisce i temi per la prova pratica di progettazione e li chiude in buste (Allegato 1).

Alle ore 11.00 la Commissione controlla che l'aula sia preparata per la prova pratica come previsto, in particolare verificando che non contenga materiale estraneo a quello strettamente necessario per la prova.

La Commissione provvede all'appello e all'ingresso in aula dei candidati, controllandone l'identità personale. Si presentano alla prova i 40 candidati ammessi.

La prova inizia alle ore 11.20 e termina alle ore 14.20. I membri della Commissione nel corso della prova assicurano a turno nell'aula il servizio di sorveglianza. La seduta termina alle ore 14.25.

Il Segretario

Il Presidente

(Prof. Enrico Denti)

(Prof. Paolo Bassi)

Allegato 1 al verbale N. 7

**ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

II SESSIONE 2005 – II COMMISSIONE - SEZIONE A

Temì proposti relativi alla prova pratica di progettazione.

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2005 Laurea Specialistica

Prova pratica

TEMA N. 1
AUTOMATICA

Si consideri il sistema retroazionato in figura 1 e si definisca l'impianto:

$$G(s) = \frac{50(s+b)}{s(s^2+16s+100)}$$

- Posto $D(s) = k$ e $b > 0$, determinare in funzione di b per quali valori del parametro K il sistema retroazionato è asintoticamente stabile.
- Posto $D(s) = 3.2$ e $b = 10$, determinare il valore a regime $y_{\infty}(t)$ dell'uscita $y(t)$ in risposta al seguente segnale di riferimento: $r(t) = 2 + 3 \sin(10t)$.
- Posto $b = 20$ disegnare qualitativamente i diagrammi di Bode di ampiezza e fase della funzione di trasferimento $G(s)$.
- Posto $D(s) = k$ e $b > 0$ disegnare qualitativamente il luogo delle radici al variare del parametro $k > 0$.

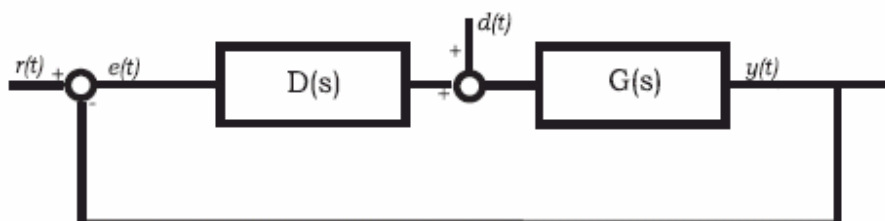


Figure 1: Sistema retroazionato

TEMA N. 2 - INFORMATICA

Esercizio 1

L'azienda "LavoraXte" vuole adottare un sistema informativo che tenga traccia dei suoi dipendenti e dei progetti in corso nei suoi reparti.

Ogni dipendente è contraddistinto dal codice-dipendente, dal nome e dal salario e lavora in uno specifico reparto.

Nell'ambito dell'azienda, può assumere più ruoli contemporaneamente: può essere un impiegato, il direttore di un reparto o il responsabile di un progetto. Per un impiegato è necessario registrare l'anzianità, per un direttore il reparto che dirige e gli eventuali bonus che gli derivano dallo status di dirigente: un bonus ha un nome e un valore monetario.

Ciascun progetto è legato al proprio responsabile, ha un budget e una durata. Ad un progetto è associata la lista dei dipendenti che partecipano e, per ciascuno di essi, è registrato il numero di ore che sono dedicate al progetto (non tutti i dipendenti sono associati ad un progetto e alcuni ne seguono più d'uno). Un progetto, inoltre, fa capo ad uno specifico reparto.

Il candidato disegni lo schema E/R per il database della "LavoraXte".

Esercizio 2

Si supponga di avere il seguente schema relazionale:

```
OSTERIA(NomeOsteria, PrezzoMedio)
foreign key: NomeOsteria references RISTORANTE
```

```
TRATTORIA(NomeTrattoria, Distanza)
foreign key: NomeTrattoria references RISTORANTE
```

e la seguente query espressa in SQL-like:

```
SELECT  o.NomeOsteria, o.PrezzoMedio
FROM    OSTERIA o, TRATTORIA t
WHERE   o.NomeOsteria = t.NomeTrattoria
ORDER BY      t.Distanza ASC
STOP AFTER k
```

La relazione OSTERIA è memorizzata nel file "Osterie.txt" e i record sono ordinati in ordine crescente sul valore dell'attributo PrezzoMedio. La relazione TRATTORIA è memorizzata nel file "Trattorie.txt" e i record sono ordinati in ordine alfabetico sul valore dell'attributo NomeTrattoria.

Si supponga, inoltre, di avere a disposizione la funzione:

```
TrovaRistorante(in: NomeFile, NomeRist; out: ValoreAttrib);
```

che, ricevuto in ingresso il nome del file e il nome del ristorante da cercare, restituisce il corrispondente valore dell'attributo.

Il candidato scriva, utilizzando la sintassi di un linguaggio di programmazione di alto livello, l'algoritmo risolutivo per la query precedente.

TEMA N. 3 - TELECOMUNICAZIONI

Si vuole studiare il collegamento in downlink di un sistema radio via satellite per telecomunicazioni che utilizza orbite circolari MEO (Medium Earth Orbit) ad una altitudine $D = 1650$ km. In particolare, si utilizzano satelliti rigenerativi che operano ad una frequenza portante $f_0 = 1700$ MHz, con banda in radiofrequenza pari a B e con $ERP = 24.2$ dBW.

Il sistema prevede l'impiego di due classi di terminali:

- **Terminali veicolari**, caratterizzati da una patch antenna attiva con guadagno costante $G_a^v = 4.3$ dB e temperatura d'antenna $T_a^v = 43$ K, amplificatore esterno con cifra di rumore $F_e^v = 2.5$ dB e guadagno $G_e^v = 14$ dB, cavo di discesa e connettori con attenuazione complessiva $A_c^v = 2.3$ dB, amplificatore interno con cifra di rumore $F_i^v = 4.5$ dB.

- **Terminali palmari**, caratterizzati da un'antenna di ridotte dimensioni con guadagno $G_a^p = 1.3$ dB e temperatura d'antenna $T_a^p = 47$ K, e amplificatore con temperatura di rumore $T_r^p = 140$ K.

Per entrambi i terminali, il ricevitore si può assumere operante alla temperatura di 21°C .

Poiché l'orbita impiegata è di tipo MEO, le condizioni del collegamento variano in funzione dell'angolo di elevazione θ con cui il satellite è visto dal terminale rispetto all'orizzonte. In particolare, per angoli $\theta < 90^\circ$ la distanza tra il terminale e il satellite risulta maggiore. Inoltre, in corrispondenza di bassi valori di θ , è possibile che il segnale trasmesso dal satellite sia maggiormente ostruito dagli ostacoli presenti nell'ambiente circostante (edifici, alberi, ponti). La corrispondente probabilità di fuori servizio P_{out} (outage probability) dovuta all'ostruzione da parte di ostacoli è pari a 0.001 per $\theta = 60^\circ$.

Il sistema utilizza una modulazione QPSK (4-QAM), una codifica di canale con ritmo pari a $r = 1/4$ e un filtraggio adattato a coseno rialzato con fattore di roll-off $\alpha = 0.2$. Supponendo inizialmente di operare in condizioni di disponibilità di servizio:

1. Determinare il valore massimo della banda B utilizzabile dal sistema per avere un rapporto segnale rumore minimo $(E_s/N_0)^p = 5.5$ dB sul terminale palmare nella sezione a valle del campionatore con satellite allo zenit ($\theta = 90^\circ$), dove E_s è l'energia media per simbolo codificato e modulato, e il rumore è assunto bianco con densità spettrale di potenza bilatera pari a $N_0/2$. Utilizzando tale banda, calcolare il corrispondente rapporto segnale rumore $(E_s/N_0)^v$ sul terminale veicolare.
2. Calcolare i valori di rapporto segnale rumore $(E_b/N_0)^v$ e $(E_b/N_0)^p$ a valle del decodificatore corrispondenti ai valori trovati al quesito 1, dove E_b è l'energia per bit di informazione.
3. Sotto la condizione che il segnale non sia ostruito da ostacoli, determinare come cambiano i valori di rapporto segnale rumore $(E_s/N_0)^v$ e $(E_s/N_0)^p$ se i due terminali ricevono il segnale dal satellite con un'elevazione $\theta = 60^\circ$.

L'andamento della probabilità di errore per pacchetto (packet error rate – PER) in funzione del rapporto segnale rumore E_b/N_0 in condizioni di disponibilità di servizio è graficato in Figura 1. Considerando ora, oltre alla variazione di attenuazione in funzione di θ valutata al quesito 3, anche la probabilità di ostruzione da parte di ostacoli:

4. Determinare il rapporto segnale rumore E_b/N_0 minimo richiesto per garantire una PER media (considerando anche gli eventi di fuori servizio) minore di 0.03 in condizioni di elevazione $\theta = 60^\circ$. Discutere se tale requisito di prestazioni può essere soddisfatto dal sistema per entrambi i tipi di terminale.
5. Determinare come varia il bilancio di tratta al variare dell'elevazione θ adottando sul terminale veicolare un'antenna di ricezione con guadagno dipendente dall'elevazione secondo la funzione:

$$G_a^v(\theta) = G_a^v / \sin^2\theta$$

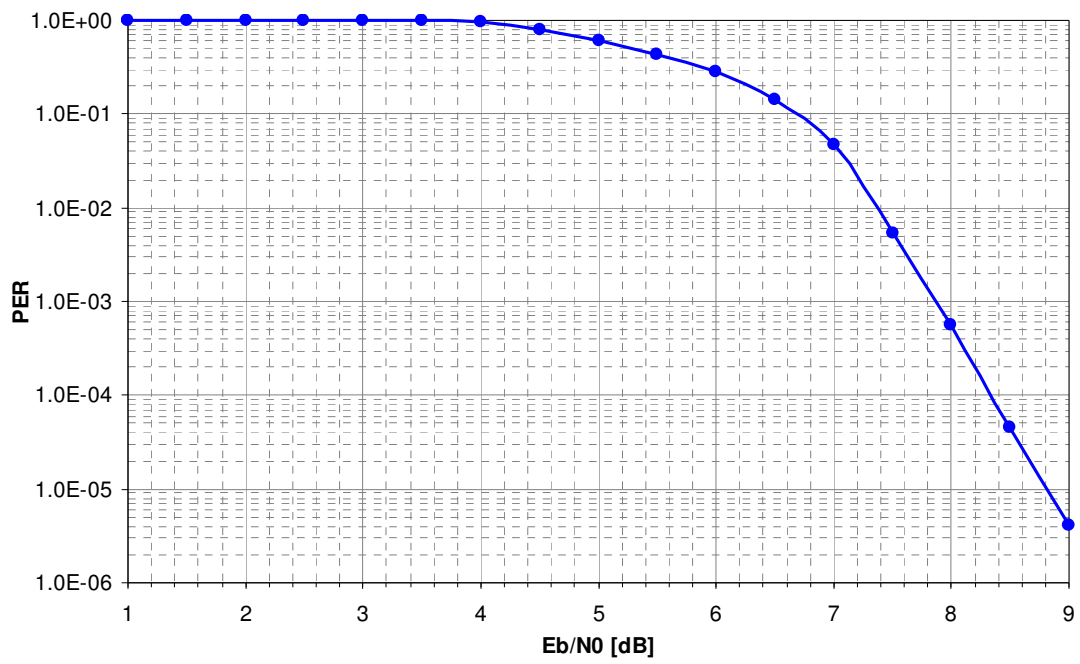
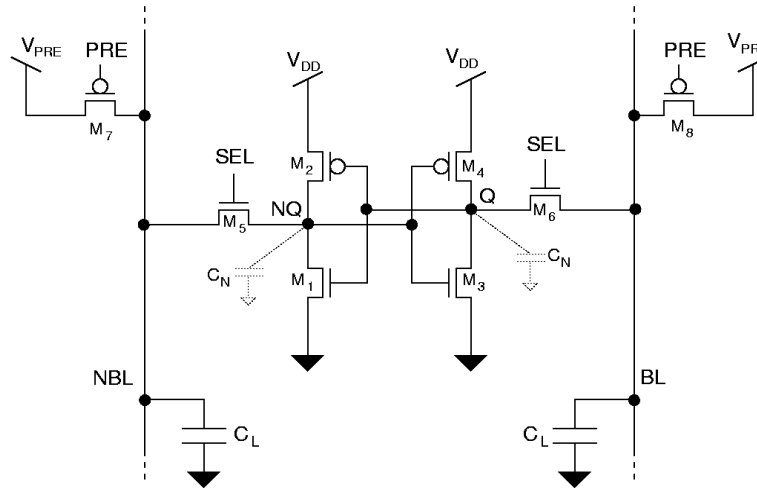


Figura 1 – Probabilità di errore per pacchetto in funzione del rapporto segnale rumore E_b/N_0

TEMA N. 4 - ELETTRONICA



Con riferimento alla cella di memoria RAM statica CMOS mostrata in figura, si risponda ai seguenti quesiti.

1. Si dimensionino i fattori di forma $S_{M2} = (W/L)_{M2}$ e $S_{M4} = (W/L)_{M4}$ dei transistori M_2 e M_4 in modo da collocare le soglie logiche degli invertitori M_1 - M_2 e M_3 - M_4 al valore di tensione $V_{DD}/2$
2. All'inizio della fase di scrittura SEL è al livello logico basso e le linee dati BL e NBL vengono portate rispettivamente al livello logico da memorizzare ed al suo negato. La fase di scrittura inizia portando al livello logico alto il segnale SEL. Si proponga un dimensionamento dei fattori di forma $S_{M5} = (W/L)_{M5}$ e $S_{M6} = (W/L)_{M6}$ dei transistori M_5 e M_6 tale che la cella sia in grado di commutare correttamente, ipotizzando trascurabile il contributo della capacità dei nodi Q e NQ.
3. La fase di lettura prevede invece una precarica iniziale delle linee dati BL e NBL al valore di tensione $V_{PRE} = V_{DD}$. Al termine della precarica, il segnale di indirizzamento SEL viene attivato, in modo che la cella possa pilotare le linee dati. Ipotizzando trascurabile il contributo della capacità dei nodi Q e NQ, si proponga un dimensionamento dei transistori M_5 e M_6 tale che la lettura del dato non provochi commutazioni indesiderate della cella e che contemporaneamente soddisfi il punto precedente.
4. Calcolare la durata dell'operazione di lettura, tenendo conto della fase di precarica con $V_{PRE} = V_{DD}$ (si supponga che le linee dati siano inizialmente completamente scariche) e del pilotaggio delle linee dati da parte della cella. Si considerino i transistori esauriti al 90% dell'escursione logica e si utilizzino i dimensionamenti dei punti precedenti.
5. Ipotizzando che la memoria contenga 1M celle si calcoli la potenza statica complessivamente dissipata a riposo, tenendo conto delle correnti di polarizzazione inversa delle giunzioni dei transistori (supposte tutte uguali e pari a I_S). Si supponga $SEL = 0V$ e che le linee dati siano precaricate a $V_{PRE} = V_{DD}$.
6. Si scrivano le equazioni differenziali che consentono di stimare la durata delle varie fasi del transitorio di scrittura della cella, a partire dall'istante successivo all'attivazione di SEL, supponendo che la capacità dei nodi Q e NQ sia pari a C_N e che la scrittura modifichi il valore della cella.

Dati del problema:

$$V_{DD} = 3.3V, \quad V_{TN} = 0.5V, \quad V_{TP} = -0.7V, \quad \beta'_N = 40 \mu A/V^2, \quad \beta'_P = 20 \mu A/V^2,$$

$$S_{M1} = (W/L)_{M1} = 2, \quad S_{M3} = (W/L)_{M3} = S_{M1}, \quad S_{M2} = (W/L)_{M2} = S_{M4} = (W/L)_{M4},$$

$$S_{M7} = (W/L)_{M7} = 20, \quad S_{M8} = (W/L)_{M8} = S_{M7}, \quad C_L = 5pF, \quad I_S = 10Fa$$

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
SECONDA SESSIONE 2005 - Sezione A - Laurea Specialistica - Prova pratica

TEMA N. 5 – RICERCA OPERATIVA

Costruire il diagramma di flusso per la simulazione della seguente PISCINA che offre N corsi di Q tipi ($N=4Q$, ossia si hanno Q tipi di corsi che vengono ripetuti in 4 diverse fasce orarie).

Gli utenti arrivano alla piscina secondo una distribuzione esponenziale di valor medio λ e sono uomini o donne con uguale probabilità. La piscina ha due spogliatoi (uno per gli uomini ed uno per le donne, ciascuno con associata una coda FIFO) che vengono puliti ogni TP istanti (la prima pulizia inizia TP istanti dopo l'inizio della simulazione e ogni pulizia ha durata $TPUL$). Quando un utente arriva, se lo spogliatoio corrispondente è occupato dal servizio di pulizia, si mette in attesa nella corrispondente coda, altrimenti entra nello spogliatoio.

Ogni spogliatoio ha NC cabine e NA armadietti. Se l'utente trova una cabina libera la occupa in tempo nullo e si prepara per la piscina in un tempo uniformemente distribuito in $[TP1, TP2]$, altrimenti si mette in attesa in un'unica coda FIFO. Quando si è preparato cerca un armadietto libero. Se lo trova lo occupa in tempo nullo, altrimenti con probabilità PA decide di attendere che se ne liberi uno in un'unica coda FIFO e con probabilità residua lascia la borsa incustodita.

Con probabilità PC un utente è iscritto ad un corso indicato con un numero uniformemente distribuito in $[1, N]$, e con probabilità residua ha la tessera per il nuoto libero. Si supponga che i primi Q corsi inizino all'istante di inizio della simulazione e che ciascun corso abbia durata $TC(i)$, ($i=1, \dots, Q$). Al termine di ogni corso inizia un nuovo corso dello stesso tipo e della stessa durata. Ad ogni corso è associata una coda FIFO.

Se l'utente è iscritto ad un corso, prima di entrare in vasca attende l'inizio del corso nella coda corrispondente, altrimenti (ossia se il corso è già iniziato) entra in vasca e vi rimane per la durata del corso. Se l'utente arriva a corso terminato esce dal sistema.

Per il nuoto libero si possono utilizzare K corsie, ognuna delle quali può contenere al massimo NN nuotatori; alle corsie è associata un'unica coda FIFO. Se l'utente ha la tessera per il nuoto libero, cerca una corsia in cui poter nuotare (che contenga cioè meno di NN nuotatori). Se non la trova, si mette in attesa nella coda, rimanendo in attesa per un tempo massimo $TMAX$ dopo il quale esce dal sistema. Il nuoto libero ha durata uniformemente distribuita in $[TN1, TN2]$.

La piscina ha ND docce per gli uomini e ND per le donne, con associate due code FIFO. Quando l'utente ha terminato il corso o il nuoto libero, esce dalla vasca e si reca alle docce corrispondenti. Se trova una doccia libera la occupa in tempo nullo, altrimenti si mette in attesa in coda. La durata della doccia è uniformemente distribuita in $[TD1, TD2]$. Per semplicità si consideri che l'utente esca dal sistema una volta terminata la doccia, liberando l'armadietto eventualmente occupato.

Relativamente a NS utenti usciti dal sistema, determinare:

- la percentuale di utenti che non hanno trovato l'armadietto libero;
- la percentuale di utenti di nuoto libero che hanno dovuto rinunciare;
- il tempo medio di attesa nella coda alle docce per gli uomini e per le donne.

TEMA N. 6 – INGEGNERIA BIOMEDICA

Analisi del movimento con giroscopi

L'analisi del movimento umano è tradizionalmente legata a strumenti di laboratorio quali pedane di forza e sistemi stereofotogrammetrici. L'uso di questi sistemi, molto accurati e precisi, è però limitato dal loro ingombro e costo. Ecco perchè, negli ultimi anni, la ricerca di strumenti alternativi per l'analisi del movimento ha visto fra i protagonisti i sensori giroscopici.

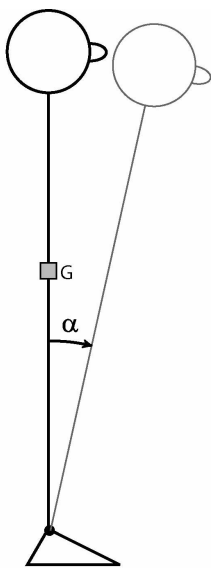


Fig. 1 - Rappresentazione nel piano sagittale

Si consideri il sistema a un giroscopio mostrato in Fig. 1. Si vuole usare questo sistema per stimare l'angolo di inclinazione α di un soggetto umano. A tal fine, il segnale proporzionale a $\omega = \dot{\alpha}$ rilevato dal giroscopio viene condizionato dallo stadio integratore reale in Fig.2.

1) Analizzando le oscillazioni naturali di un soggetto in postura ortostatica eretta, che si muove utilizzando una strategia di caviglia pura, si trova che l'angolo varia mediamente fra $\pm 1^\circ$ e che la frequenza media di oscillazione è di circa $f=1.5$ Hz. Schematizzando allora le oscillazioni posturali del soggetto in Fig.1 con un moto sinusoidale di ampiezza $a=1^\circ$ e frequenza $f=1.5$ Hz, si determini il valore della velocità massima registrata da un giroscopio montato come da Fig.1.

2) Al fine di ottenere un segnale proporzionale all'inclinazione posturale α si integra il segnale fornito dal giroscopio utilizzando lo stadio integratore di Fig. 2. Relativamente a tale stadio:

- Si determini la funzione di trasferimento V_u/V_i .
- Assegnata $R_1 = 10$ k Ω , si dimensioni R_2 in modo tale che il guadagno statico sia -100.
- Si dimensioni C in modo tale che la frequenza media di oscillazione posturale (1.5 Hz) sia 10 volte maggiore della frequenza di taglio.
- Si disegni qualitativamente il diagramma di Bode.
- Si discuta l'errore che si commette assumendo che il segnale in uscita da questo stadio sia proporzionale all'inclinazione posturale α .

3) Per l'acquisizione del segnale di stima dell'inclinazione posturale si hanno a disposizione tre tipi di convertitori analogico/digitale, a 8, 12 e 16 bit rispettivamente. Si chiede di determinare, motivando la risposta, quale sia il convertitore più adatto fra quelli proposti in modo da ottenere un errore di quantizzazione minore dello 0.2% del fondoscala.

4) Si immagini ora di replicare il sistema descritto e analizzato nei punti precedenti 3 volte e di applicare i 3 sistemi ai segmenti tronco, coscia e gamba del soggetto in esame (Fig. 3). Si disegnino gli andamenti qualitativi dei segnali rilevati dai 3 giroscopi durante lo svolgimento dei seguenti compiti: alzata da una sedia, salita di un gradino, inizio del passo.

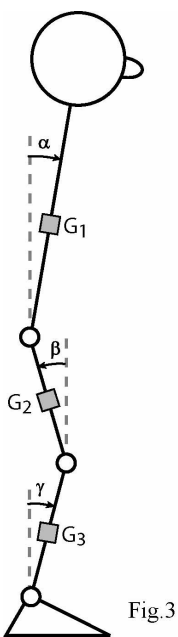


Fig.3

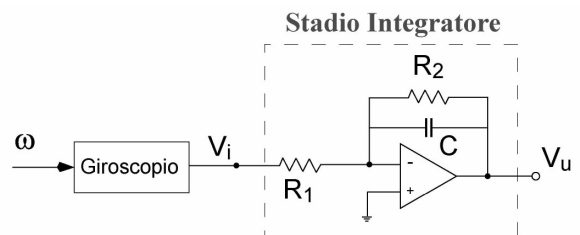


Fig.2 - Diagramma del sistema di stima dell'inclinazione posturale.