



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**  
**Facoltà di Ingegneria**

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

**PRIMA PROVA SCRITTA DEL 15 giugno 2011**

**SETTORE DELL'INFORMAZIONE**

**Tema n. 1**

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione, il candidato descriva in modo approfondito e discuta criticamente le tecnologie e metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni applicabili, facendo riferimento a una o più delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- sistemi di comunicazione per il trasferimento di informazioni analogiche o numeriche
- protocolli di comunicazione su reti di calcolatori
- tecniche di codifica dell'informazione e di dati multimediali

**Tema n. 2**

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione, il candidato descriva in modo approfondito e discuta criticamente le tecnologie e metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni applicabili, facendo riferimento a una o più delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- problematiche di integrazione dei circuiti analogici
- tecniche di elaborazione di segnali analogici
- conversione analogico/digitale: problematiche e soluzioni

**Tema n. 3**

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione, il candidato descriva in modo approfondito e discuta criticamente le tecnologie e metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni applicabili, facendo riferimento a una o più delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- progettazione del software e dei dati, anche con eventuale riferimento allo sviluppo di interfacce uomo – macchina o sistemi intelligenti
- configurazione e gestione di sistemi per la fornitura di servizi via rete
- architetture per sistemi informatici distribuiti



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**  
**Facoltà di Ingegneria**

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
 (Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

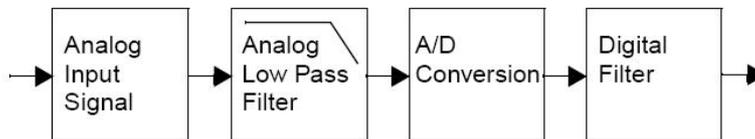
**SECONDA PROVA SCRITTA DEL 23 giugno 2011**

**SETTORE DELL'INFORMAZIONE**

**(classi di laurea appartenenti al settore: 35/S - Ingegneria informatica; 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni; 32/S - Ingegneria elettronica; 23/S - Informatica)**

Tema n. 1 classe 32/S – Ingegneria elettronica:

I filtri sono utilizzati in moltissimi circuiti elettronici. Nei sistemi audio, ad esempio, vengono utilizzati per la preamplificazione, l'equalizzazione e il controllo di tono; nei sistemi di comunicazione e di elaborazione dei segnali sono utilizzati ad esempio per eliminare i segnali fuori banda, il rumore e le interferenze. Una particolare applicazione delle tecniche di filtraggio riguarda i sistemi di conversione analogico/digitale. In figura è rappresentata in modo schematico la catena di acquisizione e di conversione di un generico segnale analogico:



Al candidato si richiede di:

- illustrare il fenomeno di aliasing e descrivere in cosa consiste il filtraggio antialiasing,
- confrontare i filtri analogici passivi e i filtri analogici attivi
- descrivere e confrontare le principali famiglie di filtri analogici (Butterworth, Bessel, Chebyshev)

Inoltre, al candidato si richiede di progettare un filtro passa basso anti-aliasing di Chebyshev del 6° ordine con frequenza di taglio 13KHz e 1dB di ondulazione. Per il dimensionamento si utilizzi la tabella qui riportata.

FILTER ORDER	Stage 1		Stage 2		Stage 3		Stage 4		Stage 5	
	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q	FSF	Q
2	1.0500	0.9565								
3	0.9971	2.0176	0.4942							
4	0.9932	0.7845	0.5286	3.5600						
5	0.9941	1.3988	0.6552	5.5538	0.2895					
6	0.9953	0.7608	0.7468	2.1977	0.3532	8.0012				
7	0.9963	1.2967	0.8084	3.1554	0.4800	10.9010	0.2054			
8	0.9971	0.7530	0.5538	1.9564	0.5838	2.7776	0.2651	14.2445		
9	0.9976	1.1964	0.8805	2.7119	0.6623	5.5239	0.3812	18.0069	0.1593	
10	0.9981	0.7495	0.7214	1.8639	0.9024	3.5609	0.4760	6.9419	0.2121	22.2779



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**

**Facoltà di Ingegneria**

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

**(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)**

**SEZIONE A - Prima sessione 2011**

**SECONDA PROVA SCRITTA DEL 23 giugno 2011**

**Tema di Ingegneria Informatica-Classi di laurea 35/S e 23/S**

Il *car pooling* si sta affermando come una modalità di trasporto che consiste nella condivisione di autovetture private tra gruppi di persone per effettuare viaggi lungo tratte comuni. Il sito web carToShare.it permette ai propri utenti registrati di mettere in vendita posti auto (nel caso di utenti proprietari di auto) con riferimento ad una certa tratta, data, ora di partenza e durata stimata del viaggio, specificando il prezzo richiesto. Oppure consente di cercare un passaggio (nel caso di utente passeggero), sempre con riferimento a certa tratta, data e fascia oraria. Il sito offre funzionalità che facilitano l'incontro di domanda e offerta. Gli utenti devono preliminarmente registrarsi al sito e in seguito possono pubblicare richieste e offerte che diventano visibili agli altri utenti. Gli utenti possono scambiarsi messaggi allo scopo di chiarire i dettagli di un'offerta o una richiesta e, quando trovano un accordo, il passeggero può comprare il posto pagando il proprietario tramite il sito carToShare.it. Il pagamento avviene anticipatamente, con carta di credito, e il sito ne trattiene una piccola percentuale come pagamento del servizio offerto. A viaggio avvenuto un passeggero può lasciare un commento e una valutazione numerica (voto da 1 a 5) che formano il feedback dato al proprietario. A sua volta il proprietario può lasciare un feedback sul passeggero. L'insieme dei feedback di un utente formano il suo profilo utente che verrà poi considerato da altri utenti per le future transazioni di compravendita di posti auto.

Anche se il sistema offre notevoli vantaggi, esso presenta alcuni difetti, sia dal punto di vista del funzionamento che dal punto di vista dell'usabilità, che a volte sono fonte di frustrazione e irritazione per i clienti. Ad esempio, alcuni dei problemi tipici che i clienti riscontrano sono i seguenti. Talvolta, nelle ore serali di maggior richiesta di consultazioni del sito, il sistema risulta "fuori servizio" perché il server è sovraccarico. Quando l'utente si collega con un browser diverso dal più diffuso Internet Explorer 8, viene visualizzato il menù del sistema di carToShare.it in modo parziale e alcune funzionalità non risultano visibili. Il sistema non compone tratte: se un passeggero cerca un passaggio da A a B e nessuna offerta da A a B è disponibile, ma sono disponibili due offerte, da A a C con arrivo all'orario X, e da C a B con partenza successiva all'orario X+60 minuti, il sistema non trova e propone questa soluzione (ragionevole solo per composizioni di massimo due tratte, allo scopo di evitare viaggi con troppi cambi). Il sistema rimane sempre loggato anche per lunghi periodi di inattività, esponendo l'account a qualche rischio qualora il cliente si dimentichi di effettuare il log-out. Il proprietario (rispettivamente, il passeggero) non può specificare informazioni sul bagaglio che può trasportare (rispettivamente, ha bisogno di far trasportare) al momento della pubblicazione dell'offerta (rispettivamente, richiesta). Infine, ma problema molto rilevante, la gestione dei rimborsi a seguito di cancellazione del viaggio: in questa versione del sistema, se un viaggio viene cancellato dal proprietario per un qualche problema, un passeggero che aveva acquistato un posto per quel viaggio, deve richiedere il rimborso inviando mail allo staff di carToShare.it. Lo staff contatta il proprietario, e avuta conferma che il viaggio è stato cancellato, rimborsa il passeggero con un bonifico richiedendo a lui le coordinate bancarie su cui effettuarlo. L'operazione essendo svolta manualmente talvolta

introduce errori e ha una durata tipica di due/tre giorni. Si vorrebbe perciò che il rimborso avvenisse in automatico, con accredito della somma pagata sulla carta di credito del passeggero, nel momento in cui il proprietario inserisce nel sistema notifica della cancellazione del viaggio.

Si ipotizzi che gli Amministratori di carToShare.it, a seguito delle segnalazioni dei propri utenti, decidano di affidare a un'azienda di consulenza il compito di analizzare l'applicazione attualmente funzionante e di stilare una proposta di reingegnerizzazione della stessa. Si supponga che alla squadra di consulenti vengano forniti sia il codice sorgente che tutta la documentazione di specifica e progetto dell'applicazione. Si supponga inoltre che i consulenti non abbiano mai interagito (o interagito solo casualmente) con l'applicazione Web in questione, ma che possano disporre di un certo numero di utenti che, dietro congruo compenso, possano essere coinvolti in esperimenti di utilizzo dell'applicazione.

Si richiede al candidato di immedesimarsi nel capo progetto della squadra di consulenti e di descrivere, con adeguato dettaglio, come intenderebbe procedere per soddisfare le richieste della carToShare.it. In particolare, si richiede al candidato di:

- 1) stilare un piano di lavoro che specifichi le varie attività che saranno svolte e quali competenze specifiche sono richieste da ciascuna di esse, in che ordine tali attività saranno svolte;
- 2) descrivere quali tecniche intende adottare per svolgere una valutazione dell'applicazione dal punto di vista del funzionamento;
- 3) descrivere quali tecniche intende adottare per svolgere una valutazione dell'applicazione dal punto di vista dell'usabilità;
- 4) descrivere come i risultati ottenuti applicando le tecniche di cui ai punti (2) e (3) saranno utilizzati per la reingegnerizzazione dell'applicazione approfondendo e fornendo dettagli sulla reingegnerizzazione e implementazione di una specifica funzionalità;



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**  
**Facoltà di Ingegneria**

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

(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

**SECONDA PROVA SCRITTA DEL 23 giugno 2011**

**SETTORE DELL'INFORMAZIONE**

**(classi di laurea appartenenti al settore: 35/S - Ingegneria informatica; 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni; 32/S - Ingegneria elettronica; 23/S - Informatica)**

**Tema n. 3: classe 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni**

Il sindaco di Macondo intende installare un sistema per stimare automaticamente il numero delle persone che partecipano alle manifestazioni che si svolgono nella piazza principale della città (di dimensioni quadrate, 1km per lato). Specialmente per i raduni politici o per le manifestazioni di protesta il numero dei partecipanti all'evento implica anche un significato politico. Quindi, dato che a Macondo la passione politica è molto sentita, e che i numeri stimati da schieramenti differenti sono sempre oggetto di controversia, il sindaco ha deciso di affidarsi ad un sistema automatico.

A tale scopo, ai lati della piazza vengono posizionati dei *sensori di conteggio*, ognuno costituito da:

- una telecamera che inquadra una sottoarea della piazza;
- un'unità di elaborazione locale per il conteggio delle persone;
- un ricetrasmittitore radio per la trasmissione del flusso dati verso la stazione di controllo e la ricezione di comandi dalla stazione stessa.

La *stazione di controllo* svolge questi compiti:

- gestisce più sensori di conteggio;
- raccoglie dai sensori i dati di conteggio della folla relativi alle sottoaree;

La comunicazione tra sensori di accesso e la stazione di controllo locale di appartenenza avviene mediante collegamento wireless. Il candidato:

- i) proponga lo schema generale di tale sistema (ad es. mediante schemi a blocchi, etc.) e descriva le scelte progettuali inerenti al sistema di trasmissione dei dati tra sensori di conteggio e stazione di controllo (schemi di modulazione, etc.);
- ii) proponga una possibile soluzione per stimare a partire dalle riprese delle telecamere, il numero delle persone presenti, descrivendo le tecniche di analisi utilizzate;
- iii) discuta le problematiche legate alla sicurezza dei dati suggerendo meccanismi appropriati per difendere la privacy degli utenti e del servizio. In particolare si presti maggiore attenzione alla sicurezza dei dati durante la trasmissione sulla tratta radio e nei sistemi di immagazzinamento e post processing delle informazioni.



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**  
**Facoltà di Ingegneria**

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

**PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 23 settembre 2011**

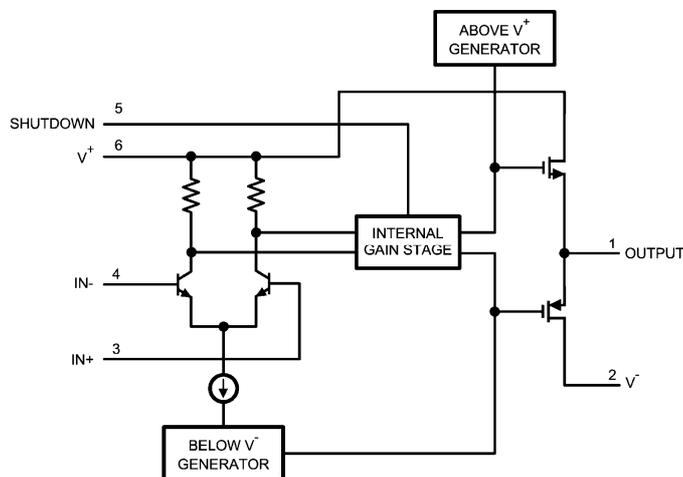
**SETTORE DELL'INFORMAZIONE**

(classi di laurea appartenenti al settore: 35/S - Ingegneria informatica; 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni; 32/S - Ingegneria elettronica; 23/S - Informatica)

Tema n. 1: classe 32/S – Ingegneria Elettronica

La tecnologia BiCMOS è una tecnologia per la produzione di componenti elettronici integrati. L'acronimo sta per *Bipolar Complementary Metal Oxide Semiconductor* ed indica la tecnologia mista che integra CMOS e BJT sullo stesso chip semiconduttore. Inizialmente, l'integrazione di transistori bipolari e MOS

in un unico dispositivo si dimostrò difficile e costosa e, nel campo dell'elettronica integrata è stato possibile introdurre la logica BiCMOS solo alla fine degli anni '80. I vantaggi principali sono derivati direttamente dai vantaggi delle due famiglie di dispositivi; gli svantaggi, invece, risiedono nel processo di fabbricazione, che è più complesso, e dunque costoso. Una delle possibili applicazioni della tecnologia BiCMOS è il progetto di amplificatori operazionali come quello mostrato in figura. Si tratta dello schematico semplificato dell'amplificatore commerciale LMV951.



Al candidato si chiede di:

- indicare il tipo di amplificatore (se si tratta di un amplificatore fully differential o single ended)
- indicare il tipo di stadio di ingresso (fully differential oppure single ended)
- dimensionare i resistori dello stadio di ingresso e la corrente di polarizzazione in modo che il guadagno di tensione sia 40 e che lo stadio di ingresso consumi 4mW
- trovare il rapporto W/L nei transistori MOS in modo che il ramo di uscita abbia una corrente di 4mA e una tensione (sul nodo OUTPUT) di 1V
- indicare e confrontare le possibili configurazioni che possono essere utilizzate per realizzare lo stadio di guadagno interno (internal gain stage)
- determinare se è necessario predisporre una rete di compensazione in frequenza

Ai fini del dimensionamento si considerino i seguenti dati:

$V_+=2V$ ;  $V_-=0V$ ; generatore di corrente dello stadio di ingresso ideale; stadio di guadagno interno con resistenza di ingresso infinita;  $V_T=25mV$ ; Above  $V_+$  generator= $2V$ ; Below  $V_-$  generator= $0V$ ;  $|V_{thresoldPMOS}|=V_{thresoldNMOS}=0.5V$ ,  $K_{pNMOS}=4mA/V^2$  e  $K_{pPMOS}=1mA/V^2$ .

Per l'espressione della corrente si consideri le seguenti espressioni, valide rispettivamente per MOS in saturazione di tipo N e di tipo P:

$$I_{drain}=K_p*W/L*(V_{gate}-V_{source}-V_{thresold})^2 \quad I_{source}=K_p*W/L*(V_{source}-V_{gate}-V_{thresold})^2$$

Si trascurino invece gli effetti di modulazione di canale, nel calcolo della corrente, e l'effetto body.



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**  
**Facoltà di Ingegneria**

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

(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

**PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 23 settembre 2011**

**SETTORE DELL'INFORMAZIONE**

**(classi di laurea appartenenti al settore: 35/S - Ingegneria informatica; 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni; 32/S - Ingegneria elettronica; 23/S - Informatica)**

Tema n. 2: classe 35/S – Ingegneria Informatica e classe 23/S - Informatica

Si consideri il caso di un'agenzia specializzata nell'organizzare eventi musicali e teatrali che deve dotarsi di un adeguato sistema informatico (hardware e software) di supporto allo svolgimento del proprio business.

L'allestimento di una rassegna di eventi viene concordato con gli enti competenti di una determinata città o regione (tipicamente assessorati a cultura e/o turismo) e richiede l'impiego di opportune strutture, quali teatri, stadi, sale concerto. Una struttura è caratterizzata da parametri quali la capienza, il tipo di eventi a cui si presta e da altre caratteristiche che la descrivono (per esempio, se si tratta di una struttura al coperto o all'aperto, qual è la tipologia dei posti, quali sono le dimensioni del palcoscenico). Una rassegna è composta da più eventi dove ogni evento è appunto un concerto o un'opera teatrale. Ciascun concerto è descritto dal titolo, dall'artista o dagli artisti che vi partecipano e da tutte le informazioni che lo specificano (il titolo, la data, l'orario, il luogo, etc.); ciascuna opera teatrale dal titolo, autore, nome della compagnia e attori principali. Un evento è anche caratterizzato dall'inventario dei materiali necessari per l'allestimento (esempio l'impianto di diffusione acustica, i ponteggi usati per estendere il palcoscenico, gli elementi di scena, etc.) e dalle dimensioni minime richieste per il palcoscenico. L'agenzia si avvale di collaboratori esperti del settore musicale o teatrale, che definiscono con gli enti competenti il contenuto di una rassegna. Ogni rassegna è dunque caratterizzata da:

- a) il tema della rassegna, in base al tipo (teatrale/musicale/mista) e ai singoli eventi che si decide di includere nella rassegna stessa;
- b) le caratteristiche fisiche della/e strutture ospitanti;
- c) il costo (preventivo e consuntivo) dell'allestimento complessivo e di ciascun evento;
- d) il programma della rassegna (dove un particolare evento potrebbe ripetuto più di una volta nella stessa rassegna);
- e) i collaboratori esperti coinvolti

I servizi che l'agenzia offre sono i seguenti:

- 1) allestimento delle rassegne o di singoli eventi su richiesta degli enti competenti di città o regioni;

- 2) la vendita o prenotazione di biglietti per gruppi o per singoli spettatori attraverso il proprio *call center*;

Si richiede che il nuovo sistema informatico supporti in maniera integrata i servizi sopra citati, i quali attualmente sono gestiti in modo scarsamente coordinato e senza il supporto di alcun sistema informatico. Si richiede in particolare, che il punto 2) sia supportato da un'apposita applicazione web. Inoltre questa applicazione dovrebbe offrire un ulteriore tipo di servizio che consiste nel fornire informazioni e pubbliche su eventi e rassegne tramite il Web. Il sistema quindi si presenterà con una parte di funzionalità dedicate al personale dell'agenzia e una parte dedicate ai potenziali spettatori.

L'azienda intende inoltre offrire nuovi servizi che vanno considerati nella definizione dei requisiti del sistema da progettare:

- 1) mantenere la contabilità dei biglietti venduti per evento e degli abbonamenti venduti, per rassegna/evento. Il sistema dovrebbe quindi consentire per una data rassegna/evento di ottenere il numero di abbonamenti/biglietti venduti, eventualmente suddivisi per tipo (es., numerati settore A, numerati settore B, non numerati,...). Dovrebbe inoltre consentire di calcolare indicatori statistici (quali, ad esempio: numero spettatori medi totali, per tipo di spettacolo, per tipo di biglietto, etc.)
- 2) mantenere un archivio storico delle rassegne organizzate; tale archivio deve essere consultabile secondo diverse modalità: ad esempio, per conoscere il numero di volte che una certo evento è stato rappresentato o il numero di eventi caratterizzati dalla presenza di un dato artista;
- 3) pianificare e controllare adeguatamente lo stato di avanzamento dei singoli eventi o rassegne; ognuno dei quali è caratterizzato in un certo momento del processo di definizione dai seguenti stati: "proposta", "in esame", "approvata", "in allestimento", "in corso", "conclusa". Infatti, eventi o rassegne seguono un processo di sviluppo (analogamente a quanto avviene con il software) e ogni stato determina una fase del processo a cui sono associati prerequisiti. Ad esempio, l'organizzazione di una rassegna teatrale in una certa città è possibile solo se esiste ed è disponibile una struttura adeguata disponibile per un certo numero minimo di serate del periodo considerato e se esiste un dato contributo finanziario dall'amministrazione comunale. Oppure, è opportuno verificare che le rassegne stagioni troppo simili (in termini di artisti o delle opere teatrali che le compongono) non siano organizzate in periodi troppo vicini o in città limitrofe.

### **Si richiede al Candidato di:**

- (1) specificare i requisiti del sistema informatico; il Candidato può aggiungere nuovi requisiti e raffinare i requisiti dati sulla base della propria esperienza e di ragionevoli ipotesi;
- (2) proporre un progetto di massima del sistema informatico complessivo da realizzare sia a livello di architettura software che di architettura hardware;
- (3) specificare lo schema dei dati richiesti per la realizzazione di un sistema software adeguato alle esigenze individuate;
- (4) specificare, attraverso opportuni linguaggi grafici (ad esempio UML), i principali moduli di elaborazione/archiviazione dati;
- (5) proporre un insieme di parametri che andranno considerati per stimare il costo di realizzazione del sistema informatico
- (6) descrivere in maniera dettagliata uno degli aspetti che il Candidato considera particolarmente qualificante del sistema da lui proposto (ad es., gli aspetti legati alla definizione della sicurezza del sistema informatico)



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BRESCIA**  
**Facoltà di Ingegneria**

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

(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04)

SEZIONE A - Prima sessione 2011

**PROVA PRATICA DEL 23 settembre 2011**

**SETTORE DELL'INFORMAZIONE**

**(classi di laurea appartenenti al settore: 35/S - Ingegneria informatica; 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni; 32/S - Ingegneria elettronica; 23/S - Informatica)**

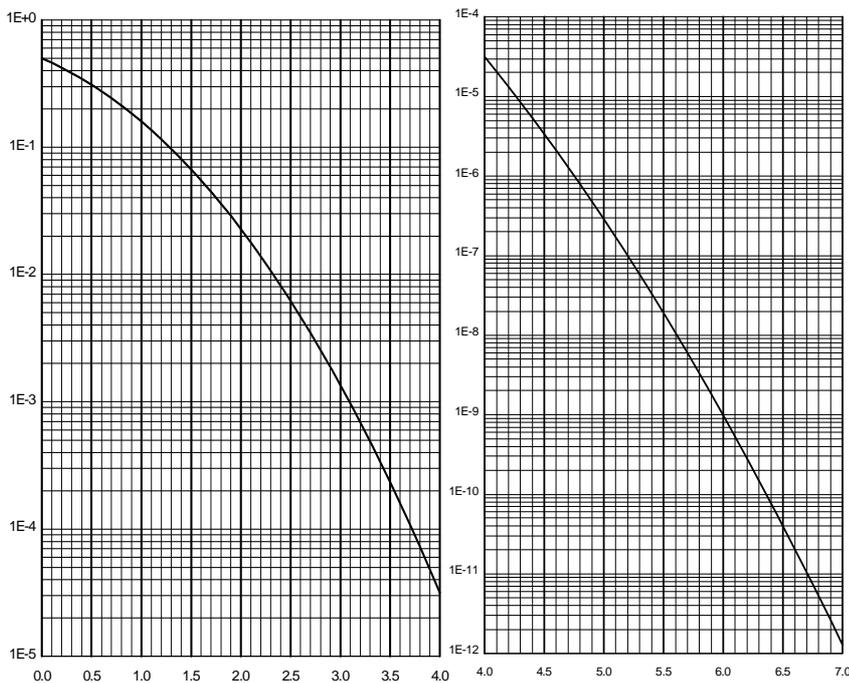
Tema n. 3: classe 30/S - Ingegneria delle telecomunicazioni

Il prefetto di Macondo intende installare un sistema per monitorare la curva dei sostenitori della squadra di cricket locale al fine di garantire un pronto intervento da parte della polizia in caso di disordini. A tale scopo si vuole realizzare un sistema multicamera che impiega  $n=4$  videocamere ad alta definizione con risoluzione spaziale  $1920 \times 1080$  [pixel] a  $25$  [frame/sec]. Lo schema di campionamento spaziale di tali telecamere è  $Yuv$  4:4:4 dove la componente di luminanza viene rappresentata con  $12$  [bit/pixel] mentre le crominanze sono rappresentate con  $8$  [bit/pixel]. Oltre ad acquisire il video, si vuole anche monitorare l'audio per identificare i cori "goliardici" indirizzati verso i sostenitori delle squadre avversarie. A tale scopo sono installati  $m=2$  microfoni per ogni telecamera, i cui ingressi vengono campionati ad una frequenza  $f_c=44,1$  [KHz] e quantizzati con  $16$  bit. I segnali audio e video multiplati vengono infine inviati alla centrale di polizia che si trova ad una distanza  $d=10$  [km] mediante un ponte radio su  $n_T=5$  tratte di uguale lunghezza  $l$ .

Il candidato affronti i seguenti punti:

1. Si disegni lo **schema a blocchi** dettagliato del sistema complessivo, scegliendo in modo adeguato la tecnologia trasmissiva da utilizzarsi e le **frequenze** di modulazione per la tratta in ponte radio, sapendo che essa utilizza uno schema di **modulazione QAM** ad impulsi a coseno rialzato;
2. Sapendo che i dati vengono trasmessi su tratte **rigenerative** le cui apparecchiature sono caratterizzate da una figura di rumore  $F=6$ , e che si vuole tollerare una probabilità totale di fuori servizio pari a  $P_{FS} = 10^{-3}$ , calcolare la potenza  $P_T$  necessaria al fine di trasmettere con una probabilità di errore sul bit in ricezione  $P_b(E) < 10^{-6}$  ed indicare l'occupazione di banda  $B_T$ ;
3. Ripetere i calcoli al punto precedente nel caso di utilizzo di tratte **amplificative**, e discutere i risultati ottenuti;

4. Al fine di ridurre l'occupazione del segnale video, si proponga uno schema di **codifica intra-frame** con perdita a qualità costante con un  $PSNR=40$  [dB], spiegando come si può derivare il rapporto di compressione ottenibile in funzione della distorsione introdotta;
5. Si discuta l'effetto causato dalla **presenza di errori** rispetto allo schema di codifica di sorgente utilizzato;
6. Si progetti uno schema di **codifica di canale** e di riorganizzazione del flusso dati che permetta di ridurre gli effetti evidenziati al punto precedente;
7. Calcolare la **capacità del canale** discreto che modella una modulazione M-QAM (scegliendo M limitato per semplificare il problema) su una singola tratta, e confrontarla con la capacità di un canale gaussiano che utilizza la stessa potenza.



per:  $\gamma > 3$ :

$$Q(\gamma) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \gamma} \cdot e^{-\frac{\gamma^2}{2}}$$

$$\log_{10} Q(\gamma) \approx -0.22 \cdot \gamma^2 - 1.04$$

$$k \cong 1,37 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$$

$$kT_0 \cong 4 \cdot 10^{-21} \text{ Watt} \cdot \text{s}$$