

Esame di stato di abilitazione alla  
professione di Ingegnere  
dell'Informazione  
Prima sessione dell'anno 2019  
Prima Prova Scritta  
Tema di Informatica

1. Il candidato definisca il concetto di tipo di dato astratto (ADT).
2. Il candidato illustri i seguenti ADT: lista, coda, pila. Per ciascun ADT, il candidato descriva dettagliatamente le operazioni supportate e le relazioni tra tali operazioni (assiomatizzazione algebrica).
3. Il candidato illustri come gli ADT illustrati al punto 2 possano essere implementati utilizzando un vettore (array) per la memorizzazione degli elementi. La descrizione deve essere accompagnata da frammenti di codice sorgente che implementino le operazioni definite al punto 2 .
4. Il candidato analizzi le prestazioni temporali asintotiche delle operazioni così come implementate al punto 3.

Per il codice sorgente, il candidato può utilizzare un linguaggio a propria scelta. Oltre alla correttezza dei contenuti, saranno oggetto di valutazione la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva.

Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione  
di Ingegnere dell'Informazione

Prima sessione dell'anno 2019

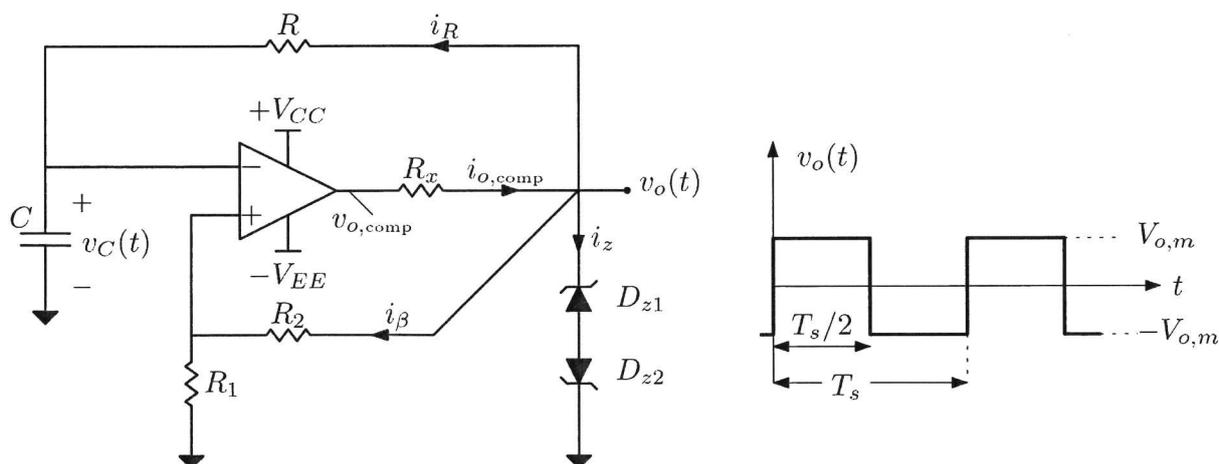
Prima Prova Scritta  
Tema di: ELETTRONICA

Si consideri il circuito riportato nella figura sottostante, il cui scopo è generare una tensione di uscita  $v_o(t)$  avente la forma d'onda indicata. Laddove non diversamente specificato, si consideri il comparatore ideale.

DATI:  $V_{CC} = +12V$ ,  $-V_{EE} = -9V$ ;  $D_{z1,2}$ : tensione di breakdown Zener  $V_{z0} = 6.8 V$ , resistenza in zona di breakdown Zener  $r_z = 0$ , tensione in conduzione diretta  $V_{D,on} = 0.7 V$ ;  $R = 5.1 k\Omega$ ,  $R_1 = R_2 = 51 k\Omega$ ,  $R_x = 510 \Omega$ .

- 1) Si descriva il funzionamento generale del circuito e si riportino le forme d'onda della tensione di uscita  $v_{o,comp}(t)$  del comparatore, della tensione di uscita  $v_o(t)$  del circuito, della tensione  $v_C(t)$  ai capi del condensatore  $C$ , della corrente  $i_z(t)$  attraverso il bipolo ( $D_{z1}, D_{z2}$ ), della corrente  $i_R(t)$  attraverso la resistenza  $R$ , e della corrente  $i_\beta$  attraverso la resistenza  $R_2$ .
- 2) Si determini il valore numerico dell'ampiezza  $V_{o,m}$  della tensione di uscita e si derivi l'espressione analitica del periodo fondamentale  $T_s$ .
- 3) Si determini il valore della capacità  $C$  che garantisce una frequenza fondamentale  $f_s = 1/T_s = 10 \text{ kHz}$ .
- 4) Posto che la resistenza  $R$  e la capacità  $C$  sono soggette a tolleranze relative rispettivamente del  $\pm 5\%$  e del  $\pm 10\%$ , si determini il corrispondente intervallo assoluto  $[f_{s,min}, f_{s,max}]$  di tolleranza per la frequenza fondamentale  $f_s = 1/T_s$ .
- 5) Si determini il valore massimo della resistenza  $R_x$  che garantisce il corretto funzionamento del circuito, ossia la generazione della forma d'onda  $v_o(t)$  desiderata.
- 6) Si determini il valore minimo della resistenza  $R_x$  che garantisce il corretto funzionamento del circuito, sapendo che la corrente massima che il comparatore può erogare o assorbire al morsetto di uscita è pari a  $I_{o,comp,max} = \pm 15 \text{ mA}$ .
- 7) Posto  $R_x = 510 \Omega$  e supponendo di collegare una resistenza  $R_L$  di carico all'uscita  $v_o$ , si determini il valore minimo di  $R_L$  che garantisce il corretto funzionamento del circuito.

Tutte le risposte devono essere giustificate, riportando espressioni analitiche, passaggi intermedi e risultati numerici. Sono valutati positivamente capacità di sintesi, ordine e chiarezza espositiva.



# Esame di stato di abilitazione alla professione di Ingegnere dell'Informazione Prima sessione dell'anno 2019 Seconda Prova Scritta Tema di Telecomunicazioni

Il candidato analizzi in modo approfondito e pertinente le principali sfide tecnologiche di un sistema 5G che interconnetta miliardi di persone e trilioni di dispositivi. In particolare, si chiede di evidenziare criticamente gli aspetti più vicini alle competenze specifiche del candidato stesso, con riferimento ad almeno una delle seguenti tematiche:

- incremento della capacità wireless
- rete eterogenea di comunicazione
- minimizzazione dei ritardi di trasmissione
- risparmio energetico
- Internet of things
- connected health
- connected transportation
- connected house

con l'accortezza di evidenziare gli aspetti più propriamente legati al settore dell'Ingegneria delle Telecomunicazioni.

Oltre alla correttezza dei contenuti, saranno oggetto di valutazione la capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva.

Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di  
Ingegnere dell'Informazione Senior

Prima sessione dell'anno 2019

Seconda Prova  
Tema di Bioingegneria

Con riferimento all'EEG multicanale, il candidato discuta, in maniera concisa ma critica, i seguenti punti

- a. origine neurofisiologica;
- b. sistema di acquisizione e di conversione analogico-digitale;
- c. problematiche di misura legate a rumore, interferenze, artefatti;
- d. tecniche di elaborazione del segnale, a singolo o a multiplo canale, per mitigare l'effetto di rumore e artefatti di cui sopra;
- e. tecniche di analisi lineare, o non lineare, del segnale particolarmente rilevanti per l'uso di acquisizioni EEG in ambiti applicativi o di ricerca.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

*ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE*

*Prima sessione  
Seconda prova scritta del 12 giugno 2019*

Tema di: Automatica

Si discutano il ruolo e l'importanza dei modelli nell'Ingegneria del controllo. Si evidenzino, in particolare, i legami fra modello e realtà con riferimento ai vari tipi di modello, alla complessità del modello e alla capacità del modello di rappresentare le osservazioni. Si discutano anche le molteplici problematiche relative a:

- obiettivi del modello;
- sovrapparametrizzazione;
- stabilità;
- aspetti computazionali ed algoritmici.

**N.B. Verranno valutate positivamente chiarezza, precisione e sinteticità delle risposte.**

Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di  
Ingegnere dell'Informazione

Prima sessione dell'anno 2019

Seconda Prova Scritta

Tema di: ELETTRONICA

Il candidato, con riferimento al circuito riportato in figura:

**1ª PARTE:** studio del comportamento del circuito alle basse frequenze:

- tracci il diagramma di Bode asintotico del modulo e della fase della funzione di trasferimento  $A_{V_s} = v_u(f)/v_s(f)$  alle "basse" frequenze (si trascurino, cioè, in questa fase, gli effetti di taglio superiore della funzione di trasferimento dovuti alle capacità parassite del transistor);
- determini la frequenza di taglio introdotta dalla presenza dei due condensatori di disaccoppiamento  $C_1$  e  $C_2$ ;

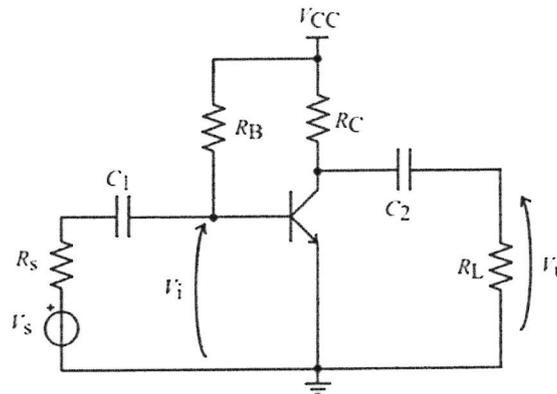
**2ª PARTE:** studio del comportamento del circuito alle alte frequenze:

- tenga conto degli effetti dei parametri parassiti del transistor ed effettui l'analisi ad alta frequenza della rete producendo il diagramma di Bode asintotico del modulo di amplificazione  $A_{V_s}$  ad alta frequenza;
- determini la frequenza di taglio superiore e la frequenza dello zero di trasmissione.

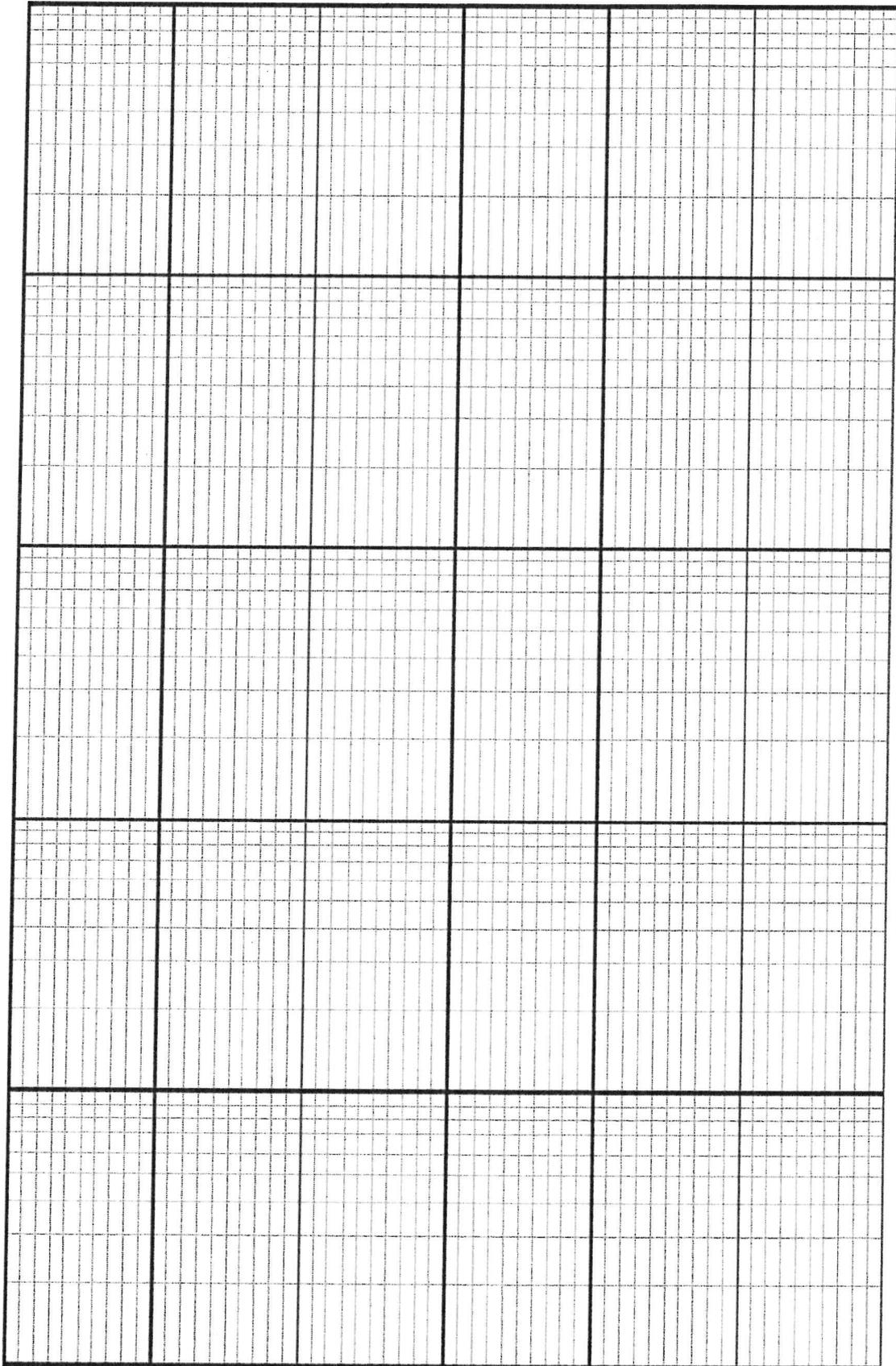
**3ª PARTE:** stabilità termica del punto di lavoro:

- discuta la stabilità del punto di lavoro al variare della temperatura tra  $T_1 = 25^\circ \text{C}$  e  $T_2 = 125^\circ \text{C}$ . A questo proposito si conosce:  $\beta_F(125^\circ \text{C}) = 190$ ;
- proponga una modifica circuitale per migliorare la stabilità termica del circuito.

**N.B.:** È richiesto che il candidato disegni gli schemi elettrici dei circuiti equivalenti per il calcolo dell'amplificazione di tensione, dei poli e degli zeri sia alle basse sia alle alte frequenze e che ricavi le formule dall'analisi dei circuiti.



Dati ( $T = 25^\circ \text{C}$ )	
Tensione di alimentazione:	$V_{cc} = 8 \text{ V}$
Punto di lavoro del transistor:	Corrente di collettore: $I_c = 5 \text{ mA}$ Tensione collettore-emettitore: $V_{CE} = 3 \text{ V}$
Guadagno di corrente diretto:	$\beta_F = 100$
Tensione base-emettitore:	$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$
Resistenza di carico:	$R_L = 1 \text{ k}\Omega$
Resistenza interna del generatore:	$R_s = 1 \text{ k}\Omega$
Condensatori di disaccoppiamento:	$C_1 = C_2 = 1 \mu\text{F}$
Capacità di diffusione (base-emettitore):	$C_\pi = 10 \text{ pF}$
Capacità di transizione (base-collettore):	$C_\mu = 2 \text{ pF}$



Esame di stato di abilitazione alla  
professione di Ingegnere dell'Informazione  
Prima sessione dell'anno 2019  
Seconda Prova Scritta  
Tema di Informatica

1. Il candidato definisca il concetto di applicazione e in particolare di APP da consumare su dispositivi mobili
2. Il candidato descriva i criteri conosciuti per classificare la qualità di una App e proponi adeguate tecniche di progettazione per ottenere gli stessi
3. Il candidato definisca il concetto di WEB APP precisando le caratteristiche che la qualificano
4. Il candidato descriva l'uso delle seguenti tre piattaforme/tecnologie utilizzate per fornire Servizi in mobilità
  - Web Browser
  - Progressive Web App
  - Native Web App
5. Il candidato analizzi pro e contro di ciascuna piattaforma/tecnologia , valutando la convenienza nella scelta secondo la tipologia di applicazione e il contesto operativo

# Esame di Stato di Abilitazione all'Esercizio della Professione di Ingegnere dell'Informazione Senior

Prima Sessione, Anno 2019

Terza Prova Scritta

Tema di: Bioingegneria

Per scopi di analisi retrospettiva (si considerano quindi solo eventi conclusi) si deve mettere a punto un data base nazionale di ricoveri presso ospedali. Ogni ricovero è descritto da codice ICD9-CM di diagnosi principale, data di ricovero, durata in giorni del ricovero, DRG già attribuitogli dal grouper. Un paziente non può essere ricoverato due volte nello stesso giorno. Ogni paziente è individuato da un codice identificativo univoco a livello nazionale ed è descritto solo da data di nascita, sesso, città di nascita, regione (non esistono due città con lo stesso nome). Per ogni ospedale, individuato da un codice univoco, si deve censire nel data base tipologia (es. Policlinico, Azienda, IRCSS, ...), città, regione (si ipotizza che un ospedale sia collocato in una sola città). Nel data base, per consentire il calcolo di indicatori di produttività, per ognuno dei 492 possibili DRG sono memorizzati durata media del ricovero e frequenza relativa nello standard e MDC di appartenenza.

Evitando di introdurre altri attributi oltre a quelli sopra evidenziati (ed in particolare ad hoc per gestire le identificazioni) e senza introdurre forme di ridondanza:

- a) Eseguire la progettazione concettuale, discutendo eventuali vincoli;
- b) Eseguire la progettazione logica;
- c) Scrivere in un linguaggio di interrogazione di data base la sequenza di comandi che restituisce il MDC per il quale, a livello nazionale, ci sono stati più ricoveri
- d) Si discuta, qualitativamente, come dal database progettato si potrebbero estrarre statistiche utili a valutare e monitorare l'attività delle singole aziende ospedaliere (es. ICP, ICM)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE**

*Prima sessione*

*Terza prova scritta del 21 giugno 2019*

Tema di: Automatica

Dato il sistema

$$x(t+1) = Fx(t) + Gu(t), y(t) = Hx(t)$$

dove

$$F = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{9}{4} & 0 \\ 1 & -3 & 0 \\ 1 & 2 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}, G = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix}, H_1 = [0 \ 1 \ 0], H_2 = [0 \ 1 \ 1]$$

è richiesto di:

- calcolare la risposta impulsiva del sistema tra ingresso e prima uscita;
- progettare uno stimatore asintotico che, utilizzando la sola prima uscita, renda l'errore di stima convergente a zero con la massima rapidità possibile;
- progettare una retroazione dallo stato che renda *dead-beat* il sistema a catena chiusa;
- costruire un regolatore basato sulla retroazione e sullo stimatore appena progettati e calcolare la risposta impulsiva del sistema complessivo (sempre tra ingresso e prima uscita). Si dica anche se tutti gli autovalori (della matrice di stato del sistema a catena chiusa complessivo) sono poli della funzione di trasferimento complessiva oppure no;
- progettare un secondo stimatore asintotico che, utilizzando entrambe le uscite, renda l'errore di stima convergente a zero con la massima rapidità possibile;
- costruire un regolatore basato sulla retroazione progettata al punto c) e sullo stimatore progettato al punto e) e calcolare la matrice delle risposte impulsive del sistema complessivo. Si dica anche se tutti gli autovalori (della matrice di stato del sistema a catena chiusa complessivo) sono poli della matrice di trasferimento complessiva oppure no.

# Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere dell'Informazione

Prima sessione dell'anno 2019

Prova Pratica

Tema di: **ELETTRONICA**

Il candidato progetti una cuffia con microfono antirumore per uso in ambiente industriale come dispositivo di protezione individuale.

Il dispositivo deve essere in grado di attenuare i rumori ambientali consentendo nel contempo di ascoltare segnali d'allarme e/o la voce di un collega attraverso il microfono posto sulla cuffia.

Specifiche:

- a. banda di ascolto (banda passante): tra 500 Hz e 2 kHz;
- b. pendenza della risposta fuori banda passante  $\pm 40$  db/decade;
- c. volume in cuffia regolabile.

## ***PARTE I***

1. fornisca lo schema a blocchi del sistema dal microfono agli altoparlanti della cuffia, descrivendo concisamente il funzionamento dei singoli sottosistemi;
2. utilizzando amplificatori operazionali:
  - a. disegni il circuito elettrico e dimensioni il preamplificatore a valle del microfono, nell'ipotesi che il guadagno massimo sia di 30 db;
  - b. dimensioni i filtri.

## ***PARTE II***

1. modifichi lo schema a blocchi per aggiungere un ingresso a cui collegare l'uscita audio di uno smartphone;
2. facendo uso di un amplificatore operazionale, disegni lo schema circuitale del blocco aggiuntivo.

## ***PARTE III***

Disegni lo schema a blocchi e quello elettrico di un circuito che consenta di registrare in formato digitale il suono depurato dai "rumori" alle basse ed alte frequenze, indicando il punto di prelievo del segnale. Supponendo che il valore di picco del segnale all'inizio della catena di amplificazione sia pari a 100 mV, si calcoli l'ampiezza massima del segnale nel punto di prelievo.

**N.B.** Il candidato ha facoltà di fissare, arbitrariamente, eventuali dati mancanti e/o stabilire motivate ipotesi di lavoro. È richiesto di giustificare esplicitamente i criteri di dimensionamento adottati.

# Esame di stato di abilitazione alla professione di Ingegnere dell'Informazione Prima sessione dell'anno 2019 Terza Prova Scritta Tema di Informatica

Il Consorzio di Bonifica BacchiglioneBrenta ha incaricato la Società SpiderInformatica, della quale fai parte, di realizzare il progetto di informatizzazione delle attività del Consorzio.

Il Dirigente Operativo del Consorzio, ing. Paola Zanetti, presenta l'Azienda e lo specifico ambito di Informatizzazione:

Il Consorzio di Bonifica ha la responsabilità di tutela del territorio in chiave idrogeologica; in particolare, per le vie d'acqua e flussi di canalizzazione irrigua, gestisce la manutenzione :

- Ordinaria ( gestione del verde, intubazione dei flussi, erosione fisiologica, deterioramento, efficientamento della rete irrigua )
- Straordinaria ( alluvioni, frane, smottamenti, erosione calamitosa, siccità ....)

## A s s e t s

La forza Operativa diretta del Consorzio è una struttura di **Case di Guardia ( Cdg )**, distribuite nel territorio : ne è responsabile il **Guardiano**, che coordina gli operatori ( **Dugaroli, Escavatoristi** ) . Il Consorzio si avvale per l' operatività anche di **Ditte Esterne**, assimilabili per tipologia ad imprese di costruzione.

I lavori da eseguire sono definiti e controllati da un team di **Geometri** dipendenti del Consorzio, dei quali io sono a capo.

Esemplifico tipiche **Operazioni** di manutenzione

- Tubazioni ( per interrimento flussi ): posa e manutenzione
- Decespugliatura
- Sfalcio
- Zappatura
- Trincia Braccio
- Ricostruzione di argini
- Risgomatura sezione di fossati/canali
- Espurgo
- Gestione Frane, con o senza palafitte
- Massi ciclopici posa-rimozione
- Ripresa frane o erosioni

Per le sue operazioni il Consorzio è dotato di un parco **Mezzi** che si possono classificare nelle seguenti tipologie

- Escavatore gommato vari modelli
- Escavatore cingolato vari mod
- Trattore trincia laterale vari mod
- Miniescavatore vari mod
- Trattore semplice vari mod
- Autocarro vari mod

I **Canali** nel territorio sono associati al Sistema Cartografico del territorio e classificati per

- geolocalizzazione del punto di inizio e di termine

lo sviluppo del canale è suddiviso in **Tratti**, seguendo il criterio

- omogeneità di Sezione
- omogeneità di tipologia ( cielo aperto, intubazione cemento / metallo / Pvc.. )

e di questi va tenuto conto della Sezione e della lunghezza di sviluppo

## Attività

Il **Dirigente** ( io ) definisce i Progetti di Lavoro, che contengono

- Titoli e ambiti delle attività
- Riferimenti ditte appaltatrici/subappaltatrici eventuali

e vanno preliminarmente registrati e sottoposti al Ministero competente per approvazione

I **Geometri** sono i responsabili della definizione, assegnazione, esecuzione dei lavori; hanno il compito di

- Proporre le operazioni programmabili su base statistica / andamento stagionale
- Certificare le necessità emergenziali con rilievo sul territorio
- Identificare e quantificare i siti oggetto di una operazione
- Definire e quantificare lo opere da effettuare
- Assegnare quanto sopra ad una Ditta Esterna associando un Contratto in essere oppure decidere di gestire in proprio
- Controllare il SAL ( Stato Avanzamento Lavoro ) in rapporto al Budget assegnato al Contratto-Progetto
- Verificare l' eseguito e vidimare il consuntivo di spesa, e liquidare il compenso a terzi ove pertinente: la liquidazione avviene sulla base del conteggio ore lavorazione valorizzate alla tariffa specifica

Le **Cdg** oppure le **Ditte Esterne**

- Assegnano il lavoro agli operatori Dugaroli / Escavatoristi loro dipendenti
- Certificano e firmano i consuntivi dell' eseguito, da inoltrare al Geometra per vidimazione / liquidazione secondo il caso

L' **Operatore** della Ditta / Cdg

opera con mezzo della Ditta oppure del Consorzio  
riporta l'eseguito a fine lavoro oppure a fine giornata, specificando

- ore impiegate,
- consumo di carburante del mezzo eventuale
- quantità eseguita sul totale assegnato per singola Operazione / Tratto

## Progetto

Il Sistema Informatico che progettate dovrà:

Interfacciarsi con la cartografia per la localizzazione dei siti operativi

Interfacciarsi con la contabilità per la rilevazione dei contratti in essere e per il versamento delle liquidazioni delle attività svolte

Gestire il parco macchine proprio del consorzio

Classificare ogni canale e quindi i tratti

Classificare le Lavorazioni attribuendo per ciascuna unità di misura e valore unitario

Gestire gli accessi per i diversi utilizzatori garantendo la sicurezza e la ripartizione delle competenze

Dovranno essere definite le attività da svolgere in Sede del consorzio, in sede delle Cdg e sul campo operativo e ad opera di chi

Si dovranno scegliere i dispositivi adatti per fascia di attività e la tipologia di Applicazione adeguata, tenendo conto di potenziali aree geografiche di non copertura di Rete Wan nel territorio: si citino i motivi favorevoli o sfavorevoli per ciascuna scelta

Si traccino le linee di progetto di un Sistema Informatico con questi passi

### 1 ) Interfacciamenti

Definire quali informazioni devono essere scambiate con le applicazioni esterne interessate

- Gestione Progetti Contratti ( lettura )  
Contiene la codifica e descrizione dei progetti definiti e approvati dal Ministero  
Definizione Budget per singolo progetto
- Inventario Mezzi ( lettura )  
Classifica mezzi e strumenti del consorzio e tra questi i mezzi operativi esterni
- Gestione Risorse Umane ( lettura )  
Dipendenti del Consorzio
- Contabilità ( lettura – scrittura )  
Anagrafica dei fornitori

Partite contabili tra cui quelle relative ai progetti sviluppati con risorse interne e quelle che coinvolgono fornitori esterni

## 2) DataBase

Definire una lista di entità che possano supportare i processi da gestire

- Master Tables

Definire:

1. un opportuno criterio di codifica
2. le proprietà rilevabili in base all'analisi esposta dal Dirigente del Consorzio e il relativo attributo
3. ogni ulteriore proprietà non direttamente rilevabile dall'analisi esposta dal Direttore del Consorzio ma necessaria alle elaborazioni del progetto

- Transaction Tables

Definire le entità e relative proprietà:

1. in base alla descrizione delle funzioni da implementare descritte nell'analisi
2. in base a ulteriori funzioni ritenute necessarie per lo sviluppo completo dell' Applicazione

Opzionalmente valutare la scelta per DBEngine : Sql ⇔ Nosql

## 3 ) Macro-Descrizione delle funzioni

- A) Gestione dell'autenticazione, dispositivi di sicurezza  
Distribuzione delle funzioni per Ruolo ( Geometra, Cdg, Ditta, Operatore sul campo)
- B) Gestione delle tabelle Master con specifica dei collegamenti ai DB Esterni ( punto 1 )
- C) Geometra: gestione delle attività
- D) Cdg: gestione delle attività
- E) Ditta: gestione delle attività
- F) Dugarolo/Escavatorista : gestione delle attività

## 4) Scelta delle modalità operative: Dispositivi Hw / applicazione relativa

Tenendo conto dei profili assegnati ai ruoli addetti all'operatività nel Sistema Informatico e delle caratteristiche del campo operativo, scegliere le tipologie di supporto hw / tipo di applicazione più adatta  
Eventualmente introdurre la Definizione di Sub-Database di supporto locale  
Descrivere in che modo le varie componenti del sistema interoperano

# Esame di stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere dell'Informazione

## Prima sessione dell'anno 2019 Prova Pratica Tema di: **TELECOMUNICAZIONI**

### 1<sup>a</sup> PARTE:

Si desidera trasmettere un segnale digitale su un canale di banda passante  $B_{ch} = 1$  MHz, affetto da rumore bianco di densità spettrale:

$$\frac{N_0}{2} = 50 \frac{nW}{Hz} .$$

Il candidato:

1. progetti un sistema di modulazione QPSK ed uno 8PSK e confronti le tecniche di modulazione in termini di bit rate  $R$  e probabilità di errore sul bit  $P_{e(b)}$ , nell'ipotesi di trasmettere bit di energia  $E_b = 2 \mu W$ ;
2. progetti un sistema di modulazione 16PSK ed uno 16QAM e compari le modulazioni in termini di probabilità di errore, nell'ipotesi di trasmettere con un'energia dei simboli (media per la QAM) pari a  $E_{(16PSK)} = E_{av(16QAM)} = 10 \mu W$  ;
3. determini l'energia  $E_b$  da associare a ciascun bit nel caso di sistemi di modulazione BPSK e BFSK, per ottenere  $P_e \leq 10^{-9}$ .

### 2<sup>a</sup> PARTE:

Si desidera trasmettere un segnale digitale su un canale avente banda passante  $B_{ch} = 100$  kHz affetto da un rumore bianco di potenza:

$$\frac{N_0}{2} = 0,5 \frac{\mu W}{Hz} .$$

Il candidato determini la massima velocità di trasmissione sul canale  $R_{max} \left[ \frac{bit}{s} \right]$  e la minima energia  $E_{b(min)}$  che permette di avere  $P_e \leq 10^{-9}$  nell'ipotesi di impiegare un:

1. sistema di modulazione OOK;
2. sistema di modulazione BPSK.

**N.B.** È richiesto lo schema a blocchi dei modulatori e dei demodulatori di ciascuna tecnica di modulazione citata. Il candidato ha facoltà di fissare, arbitrariamente, eventuali dati mancanti e/o stabilire delle ipotesi di lavoro, se necessari a rispondere ai quesiti posti.

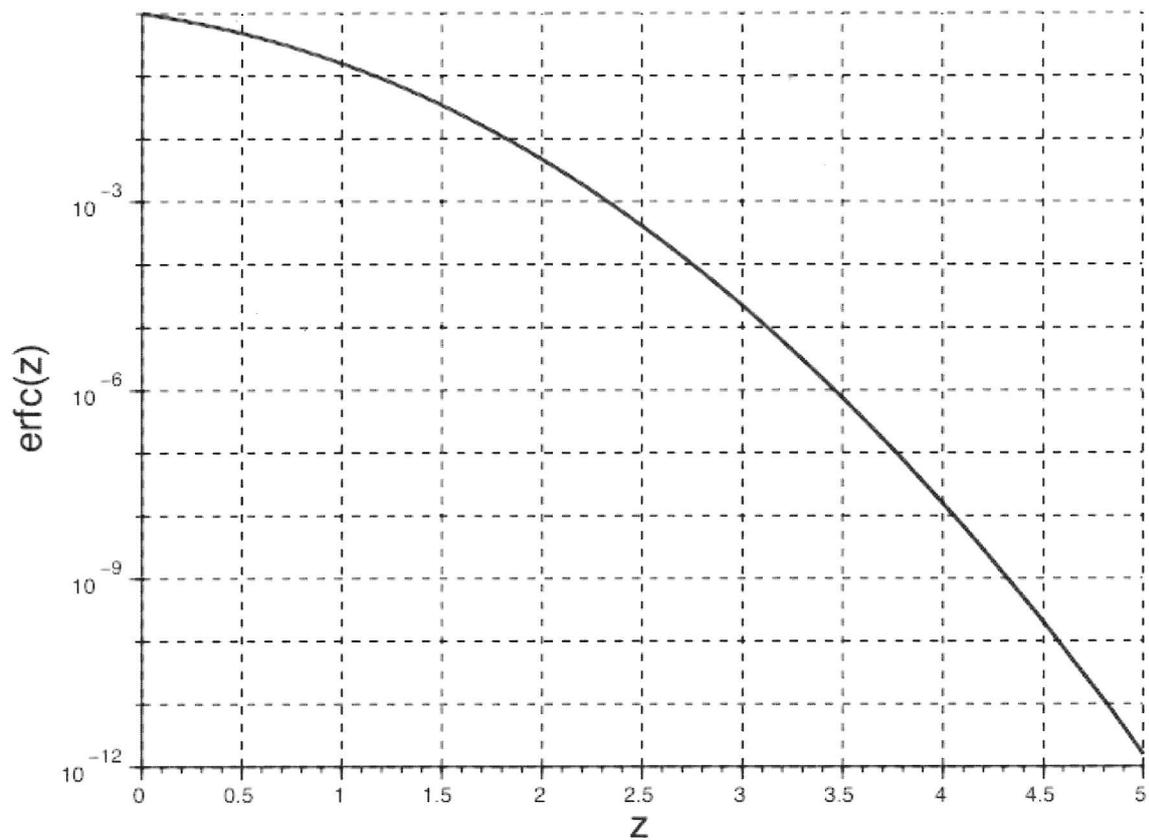


Figura 1: Grafico della funzione di errore complementare