

**Esame di Stato per l'Abilitazione all'Esercizio della  
Professione di Ingegnere Magistrale  
I Sessione 2014**

**Settori Civile-Ambientale, Industriale, dell'Informazione**

**I Prova Scritta**

Il candidato, con riferimento al proprio settore di competenza, illustri le più recenti evoluzioni metodologiche e tecnologiche, le criticità e gli sviluppi attesi.

# Settore Civile – Ambientale

## II Prova Scritta – Ing. Ambiente e Territorio

Con riferimento ad un progetto definitivo di una fognatura, il candidato illustri in via generale i contenuti della documentazione prevista dalla vigente normativa quale facente parte del progetto stesso ed in particolare dettagli il contenuto della relazione tecnica.

## Prova Progettuale – Ing. Ambiente e Territorio

Il candidato espliciti il diagramma di processo di un impianto di depurazione di reflui civili posto in un'area non sensibile ed avente potenzialità pari a 50.000 abitanti equivalenti, facendo ben attenzione allo schema di impianto proposto, motivandone adeguatamente le scelte ed individuandone i dati da assumere a base della progettazione.

Si dimensionino, inoltre, l'unità di trattamento biologico e si calcoli la quantità di ossigeno necessario al processo biologico. Calcolata, inoltre, la quantità giornaliera di fanghi da spurgare dal comparto biologico, si dimensionino l'unità di ispessimento, stabilizzazione aerobica e post ispessimento dei fanghi.

Il candidato effettui infine il dimensionamento della sezione di trattamento biologico della linea acque eseguendo per questa unità le verifiche strutturali e rappresentandone i dettagli costruttivi.

Quali caratteristiche del terreno si assumano le seguenti: limo debolmente sabbioso ( $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ ;  $c' = 0$ ;  $\varphi' = 22^\circ$ ).

Il candidato assuma, mediante scelte motivate e circostanziate, valori opportuni per i dati non forniti nel testo e necessari all'elaborazione del tema proposto.

## II Prova Scritta – Ing. Civile

Il candidato illustri, sotto forma di relazione, le scelte progettuali e i calcoli di dimensionamento di un capannone industriale realizzato in acciaio.

## Prova Progettuale – Ing. Civile

Con riferimento alla normativa vigente, il candidato rediga un progetto di massima, con dimensionamento dei principali elementi strutturali, di un edificio in c.a., con dimensione in pianta pari a  $10 \times 16 \text{ m}^2$ , con copertura a falde e altezza totale (piano campagna – colmo copertura), pari a 12 m. La struttura resistente è di tipo intelaiato e l'edificio ricade nel comune di Frascati, caratterizzato dai seguenti parametri sismici (relativi allo spettro elastico):

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.167 g
$F_o$	2.585
$T_C$	0.276 s
$S_S$	1.200
$C_C$	1.423
$S_T$	1.000

### Parametri dipendenti

S	1.200
$\eta$	1.000
$T_B$	0.131 s
$T_C$	0.393 s
$T_D$	2.266 s

Il candidato produca i seguenti elaborati:

- Pianta e sezioni tipo per descrizione dello schema strutturale;
- Carpenteria di solaio tipo;
- Pianta delle fondazioni;
- Pianta della copertura;
- Schema di armatura dei principali elementi strutturali.

## **II Prova Scritta – Ing. Ing. e Tecniche del Costruire/Ing. Edile-Architettura**

Il candidato, anche facendo uso di esemplificazioni grafiche, esponga i criteri generali da prendere in considerazione nell'impostare il progetto di un mercato coperto di quartiere destinato a un bacino d'utenza di 10.000 persone.

Il candidato si soffermi:

- sugli aspetti funzionali degli spazi coperti e delle aree circostanti in relazione alla circolazione degli utenti, al flusso delle merci, alla sicurezza del complesso ecc.;
- sui criteri di scelta
- a) del sistema strutturale e costruttivo in relazione alle esigenze di superare grandi luci e di semplificare le operazioni di cantiere,
- b) delle opere edilizie di completamento e delle opere impiantistiche in relazione al comfort ambientale.

## **Prova Progettuale – Ing. Ing. e Tecniche del Costruire/Ing. Edile-Architettura**

Progetto di un padiglione polifunzionale di un solo livello destinato a mostre temporanee, conferenze, incontri ecc. Il padiglione contenga indicativamente: un atrio con ricezione, servizi igienici e guardaroba; una o due sale di dimensioni differenti; un ufficio di direzione con servizi; un magazzino-laboratorio. Il candidato, a sua discrezione, può prevedere altri spazi funzionali. La superficie lorda complessiva può considerarsi compresa tra 250 e 500 mq.

Elaborati richiesti:

- planimetria generale in scala 1:500 con indicazione delle sistemazioni dell'area di pertinenza (viabilità, parcheggi, spazi per la sosta). Il lotto sia di forma rettangolare con il lato a nord adiacente alla strada di accesso e con gli altri lati contornati da un parco pubblico urbano;
- pianta con indicazione della struttura portante, prospetti e una o più sezioni significative in scala 1:100;
- pianta delle fondazioni e carpenteria del solaio di copertura in scala 1:100;
- particolari costruttivi significativi in scala 1:10, con indicazione dei materiali impiegati (esempi: nodo d'angolo con finestra, in pianta; nodo tra solaio di copertura e parete con finestra, in sezione; nodo tra primo solaio e parete con finestra, in sezione);
- relazione sintetica che illustri gli elementi del progetto nei suoi aspetti architettonici e costruttivi.

# Settore Industriale

## **II Prova Scritta – Automatica**

Il candidato enunci il criterio di stabilità di Nyquist ed illustri le implicazioni che esso ha nell'analisi e nella sintesi dei sistemi di controllo.

## **II Prova Scritta – Energetica**

Il candidato descriva sinteticamente potenzialità e limiti delle diverse tipologie di combustibili fossili (solidi, liquidi e gassosi) correntemente impiegati nei settori della generazione di energia elettrica e del trasporto, in termini di prestazioni dei sistemi di conversione (motori primi) più adatti ad impiegare ciascuna fonte e del relativo impatto ambientale.

## **II Prova Scritta – Gestionale**

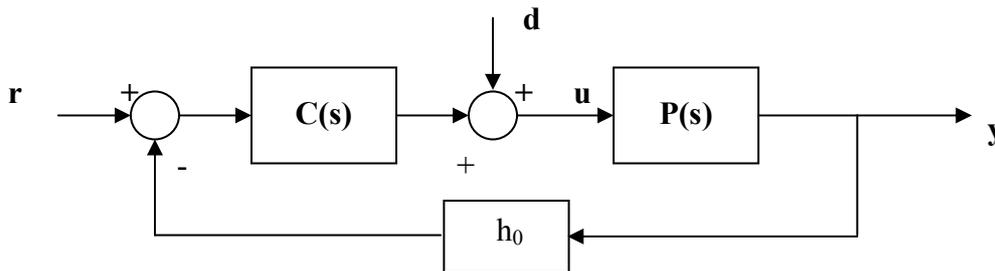
Il candidato esponga i principi generali per la progettazione di un impianto tecnico a servizio di un complesso industriale approfondendo i principali problemi ricorrenti per tali impianti e fornendo se possibile alcuni esempi a riguardo.

**Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione  
di Ingegnere Specialista/Magistrale  
I sessione 2014  
Prova progettuale –AUTOMATICA**

Un processo industriale è caratterizzato da una funzione di trasferimento  $P(s)$  data da:

$$P(s) = \frac{1}{s(s + 0.1)(s^2 + s + 1)}$$

1. Valutare la stabilità interna ed esterna del processo sapendo che il sistema ha uno stato di dimensione 7 e che è stata osservata una risposta libera  $y(t) = t^2 e^{-4t} \delta_1(t)$  (dove  $\delta_1(t)$  è la funzione gradino unitario).
2. Calcolare l'amplificazione  $A$  di un segnale sinusoidale a media nulla posto in ingresso al processo  $P(s)$  avente pulsazione  $\omega = 1 \text{ rad/s}$ . Valutare se il segnale sinusoidale ottenuto in uscita ha ancora media nulla, giustificando la risposta. Cosa può accadere nella pratica quando si pone in ingresso al sistema considerato un segnale sinusoidale, sapendo che per disturbi non previsti la media della sinusoide in ingresso potrebbe essere non esattamente nulla?
3. Determinare una possibile rappresentazione di stato del processo indicato (ossia una realizzazione della  $P(s)$ ) indicando per quali ragioni possa risultare necessario disporre di una tale rappresentazione.
4. Con riferimento allo schema in controreazione mostrato in figura in cui  $P(s)$  è la funzione indicata sopra e  $h_0 = 0.1$ , e assumendo per ora nullo il segnale di disturbo  $d$  in essa indicato, progettare il blocco di controllo  $C(s)$  in modo da ottenere errore nullo rispetto a riferimenti  $r$  costanti, un margine di fase di almeno  $40 \text{ gradi}$  e una pulsazione di attraversamento di circa  $1 \text{ rad/s}$ .
5. A progetto ultimato valutare l'errore a regime rispetto a disturbi  $d$  costanti. Qualora l'effetto sull'uscita di un disturbo costante  $d$  non fosse accettabile, quali passi occorre effettuare in sede progettuale per far sì che tale effetto sia minore di una certa soglia?



## Esami di Stato - Prima sessione 2014

### LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

#### PROVA PROGETTUALE - (8 ore)

Un sito industriale sia caratterizzato dai seguenti fabbisogni energetici:

- energia elettrica annua di circa 72,5 GWh con potenza di picco pari di 9,0 MW
- energia termica annua di circa 133,2 GWh sotto forma di vapore saturo secco alla pressione di 0,8 bar(rel.) (restituito sotto forma di acqua calda a 70°C)

con i seguenti profili di carico:

- A) 1000 ore a 10,8 MWe e 15,6 MWt
- B) 1000 ore a 10,8 MWe e 25,2 MWt
- C) 3000 ore a 8,4 MWe e 19,2 MWt
- D) 2000 ore a 8,4 MWe e 10,2 MWt
- E) 1000 ore a 7,2 MWe e 14,4 MWt
- F) 760 ore a 2,2 MWe e richiesta termica nulla

e che detti fabbisogni siano coperti nel modo seguente:

- energia elettrica integralmente acquistata in rete;
- energia termica prodotta in loco tramite n.7 caldaie a combustibile da 3,6 MWt nominali cadauna, aventi un rendimento medio pesato annuo di 0,78

Si analizzi innanzitutto la fattibilità di passaggio ad un sistema cogenerativo, costituito da una TG di potenza nominale pari a quella di picco richiesta (10,8 MWe) e da un GVR posto allo scarico di questa per la produzione del vapore saturo secco, integrata dal mantenimento in servizio, quando necessario, di una o più caldaie preesistenti con funzione di caldaie di integrazione.

Nell'ipotesi che l'impianto sia gestito "inseguendo" la copertura del carico elettrico richiesto dal sito industriale (e che nelle 760 ore del profilo F l'impianto sia fermo e in detto periodo il fabbisogno elettrico dello stabilimento, mediamente pari a 2,2 MW, sia soddisfatto integralmente da EE d'acquisto), sulla base di calcoli e di valutazioni di massima ed assunzioni effettuate con buon senso tecnico, si valutino:

- la potenzialità nominale del GVR (espressa in t/h vapore) associata a portata e temperatura dei fumi allo scarico nelle condizioni nominali della TG;
- il rendimento di 1° principio nominale del sistema cogenerativo;
- i deficit (in t/h) di produzione di vapore prodotto per via cogenerativa in alcuni dei profili di carico di cui sopra;
- il rendimento annuo medio "pesato" della TG;
- il rendimento annuo medio "pesato" di 1° principio del gruppo cogenerativo;
- il rendimento annuo medio "pesato" di 1° principio dell'intero sistema (comprensivo del contributo delle caldaie di integrazione);
- il risparmio energetico % rispetto al caso preesistente di produzione separata, assumendo per l'energia elettrica d'acquisto un rendimento convenzionale pari al 37,4%.

Si valuti inoltre la fattibilità di coprire la richiesta termica eccedente quella derivante dal solo recupero dai fumi della TG tal quali con il ricorso alla post-combustione, valutando:

- apporto termico da combustibile nelle condizioni di esercizio più sfavorevoli;
- i nuovi valori di rendimento medio pesato di 1° principio e di risparmio energetico.

## Prova Progettuale – Gestionale

Si deve realizzare uno stabilimento per la produzione di cavi elettrici in rame.

L'impianto dovrà essere in grado di realizzare una gamma di cavi unipolari per i quali sono stati previsti i volumi di produzione riportati nell'ALLEGATO I.

I cavi presentano dunque tutti la medesima struttura, risultando formati da una cordina di fili di rame (ottenuta intrecciando un adeguato numero di fascetti di filo elementare) ricoperta da un adeguato spessore di isolante in PVC. I prodotti finiti da realizzare differiscono per il numero di fascetti utilizzati per comporre la cordina, il numero di fili elementari che compongono i singoli fascetti ed il diametro dei fili di rame utilizzati (si veda ALLEGATO II).

La sequenza di operazioni necessarie per la produzione allo studio sono riportate e descritte nell'ALLEGATO III. Le caratteristiche dei macchinari utilizzati per la produzione sono invece riportate nell'ALLEGATO IV. La movimentazione dei materiali tra i macchinari e lo stoccaggio delle materie prime e dei prodotti finiti nei relativi magazzini avviene in appositi contenitori secondo quanto riportato dalla tabelle V e VI.

Lo studio e la progettazione vanno eseguiti tenendo conto delle seguenti informazioni di carattere generale:

- apertura dell'impianto pari a due turni al giorno (da 8 ore, comprensivi di 1 ora di pausa mensa a turno) per 5 gg a settimana;
- dovrà essere previsto un magazzino materie prime dimensionato in modo da soddisfare le richieste di produzione di due settimane.
- dovrà essere previsto un magazzino prodotti finiti, dimensionato in modo da garantire una capacità di stoccaggio di due settimane.

Il candidato, formulando delle ipotesi coerenti per i dati mancanti, effettui il dimensionamento di massima dello stabilimento ed una sua rappresentazione grafica schematica su pianta rettangolare (proporzione 1 x 2), con l'individuazione:

- del numero, delle dimensioni e della disposizione ottimale dei centri di lavoro, e dei magazzini (si individuino anche un'area complessiva da destinare ai servizi accessori quali manutenzione, uffici, servizi, ecc.);
- del flusso dei materiali all'interno dello stabilimento (espresso in unità di carico);
- del numero totale di addetti alla produzione;
- delle soluzioni da adottare per la movimentazione dei materiali tra i centri di lavoro e all'interno dei magazzini.

### ALLEGATO I – Prodotti e volumi di produzione base richiesti

<i>Prodotto</i>	<i>Km/mese</i>
□	20.000
□	16.000
□	14.000

## ALLEGATO II – Caratteristiche dei prodotti finiti

<i>Prodotto</i>	<i>Diametro fili (mm)</i>	<i>Numero fascetti</i>	<i>Numero fili per fascetto</i>	<i>Coeff. Cordatura</i>
□	0,20	3	8	1,05
□	0,26	3	8	1,05
□	0,26	3	12	1,05

Il coefficiente di cordatura permette di calcolare la quantità di filo contenuta all'interno di un tratto di cordina (o di cavo), tenendo presente l'effetto dell'intrecciatura (lunghezza filo nella corda = lunghezza corda \* coefficiente cordatura).

### Materie Prime

La materia prima principale è il rame, approvvigionato allo stabilimento sotto forma di vergella (tondino) di rame, del diametro di 8mm (figura) e del peso di 4800 kg. Si trascurano per la presente prova gli aspetti legati alla gestione del PVC utilizzato per l'isolamento dei cavi.



forma  
kg.

## ALLEGATO III – Cicli di produzione

Tutti i prodotti sono caratterizzati dal medesimo ciclo di produzione che prevede, dopo la ricezione delle materie prime e lo stoccaggio nel magazzino dedicato, le seguenti attività:

- SBOZZATURA** – trafilatura della vergella con conseguente riduzione di diametro da 8 a 2 mm, effettuata attraverso impianti sbizzatori monofilo; gli stessi impianti provvedono ad effettuare l'operazione di ricottura necessaria per ripristinare le caratteristiche di flessibilità al rame trafilato; A questo stadio il semilavorato si presenta come una bobina monofilo.
- TRAFILATURA** – trafilatura vera e propria con riduzione di diametro del filo da 2mm al diametro finale (dipendente dal prodotto), effettuata attraverso trafale multifilo (da 8 o da 12 fili); le stesse macchine provvedono ad effettuare la ricottura del rame. A questo stadio il semilavorato si presenta come una bobina multifilo (fascetto da 8 o 12 fili a seconda del prodotto).
- CORDATURA** – i fascetti multifilo così ottenuti, vengono svolti ed intrecciati tra loro allo scopo di ottenere una cordina di materiale conduttore (tale operazione è necessaria affinché il cavo finale presenti una buona flessibilità, caratteristica che non può essere ottenuta utilizzando come conduttore un filo unico che abbia la stessa sezione della cordina). A questo stadio il semilavorato si presenta come una bobina di cordina;
- ISOLAMENTO** - La cordina ottenuta al termine della fase di cordatura viene rivestita da uno strato di isolante colorato (PCV che giunge al macchinario sotto forma di mescola). A questo stadio il semilavorato si presenta come una bobina di cavo.
- CONFEZIONAMENTO** – Il cavo così ottenuto può essere confezionato in matasse da quantitativi standard (100 o 200 m a seconda del tipo di prodotto) e quindi inscatolato. Le scatole vengono dunque impilate e pallettizzate.

A valle delle lavorazioni in tabella avviene l'invio del prodotto finito al magazzino dedicato per lo stoccaggio.

**ALLEGATO IV – Caratteristiche dei macchinari**

<i>Macchinario</i>	<i>Gamma</i>	<i>Ingombro</i>	<i>Numero addetti</i>
SBOZZATORE	Tutti	10m x 6m	1
TRAFILA MULTIFILO	8 o 12 fili*	8m x 4m	1/3
CORDATRICE	3 fascetti	6m x 4m	1/2
MACCHINA ISOLAMENTO CAVI	Tutti	6m x 2m	1
CONFEZIONATRICE/PALLETTIZZATRICE	Tutti	5m x 2m	1/2

<i>Macchinario</i>	<i>Velocità massima (m/min)</i>	<i>Tempo di carico (min)</i>	<i>Tempo di scarico (min)</i>
SBOZZATORE	100	40	15
TRAFILA MULTIFILO tipo A	1800	30	15
TRAFILA MULTIFILO tipo B	1500	30	15
CORDATRICE	300	30	20
MACCHINA ISOLAMENTO CAVI	1000	20	15
CONFEZIONATRICE/PALLETTIZZATRICE	400	15	15

\* Le trafilanti richiedono un tempo di setup per il passaggio dalla produzione di un prodotto ad un altro pari a circa 3 ore per cambio diametro dei fili elementari da produrre e circa 1 ora in più in caso di cambio del numero di fili.

L'intero processo produttivo è caratterizzato da un tasso di scarto medio del 5% di prodotto (in lunghezza). Per il dimensionamento si assuma che lo scarto del prodotto si realizzi tutto a valle dell'intero processo produttivo, dove avviene l'operazione di controllo a campione delle confezioni.

## Esame di Stato, Ingegneria Medica

Prova Progettuale – Specialistica (Martedì 7 Ottobre 2014)

All'interno di un sistema biomedico per la misura non invasiva dell'emoglobina legata nel sangue (*pulse-oximetry*) un segnale in corrente (segnale di uscita del foto-rivelatore) deve essere convertito in tensione secondo la funzione di trasferimento  $H(\omega)$ .

Facendo uso di amplificatori operazionali, resistenze e condensatori si progetti un convertitore i-v adatto e si discuta la scelta di tutti i componenti circuitali, con particolare riferimento alla dissipazione di potenza e agli errori del convertitore (sia in continua, sia a frequenze diverse da zero).

$$H(\omega) = \frac{R_0}{\left(1 + j \frac{f}{f_0}\right)^2},$$

$$R_0 = 1M\Omega$$

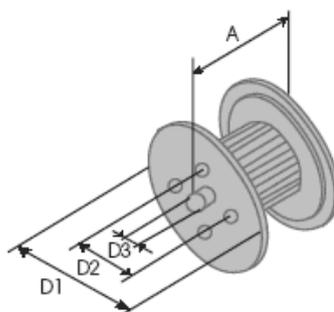
$$f_0 = 10Hz$$

**Tabella V – Contenitori**

Tipo	Dimensioni [cm]
Scatola	25 x 25 x10
Pallet	1200 x 800 x 1000

**Bobine standard**

Tipo	D1 - mm	D2 - mm	A - mm	D3 - mm	Peso - kg
06	600	315	420	82	21
08	800	400	530	82	42
10	1000	500	690	82	70
12	1250	630	800	82	120
14	1400	710	890	82	208
16	1600	900	1100	82	328
18	1800	1000	1100	100	404



**Tabella VI – Unità di carico**

Fase del processo	Accettazioni	Dopo la sbazzatura	Dopo la trafilatura	Dopo la cordatura	Dopo isolamento	Immagazzinam. PF
Forma semilavorato	Vergella (tondino)	Filo	Fascetto	Cordina	Cavo	Matassa
Tipo di contenitore	Pallet	Bobina metallica	Bobina metallica	Bobina metallica	Bobina legno	Scatola su Pallet
Prodotto						
<input type="checkbox"/>	4800 kg	Tipo 16 (960 kg)	Tipo 08 (480 kg)	Tipo 10 (480 kg)	Tipo 12 (960 kg)	Scatole (200m)
<input type="checkbox"/>						Scatole (200m)
<input type="checkbox"/>						Scatole (100m)

Il peso indicato si riferisce sempre alla quantità di rame. In prima approssimazione si trascuri pure il peso dell'isolante. La densità del rame è pari a 8,9 g/cm<sup>3</sup>

## **II Prova Scritta – Meccanica**

Si illustrino i principali aspetti progettuali delle turbomacchine operatrici radiali a singolo stadio (turbopompe e/o turbocompressori).

In particolare il candidato approfondisca i seguenti temi:

- le ricadute del disegno della macchina e della scelta dei parametri progettuali sulle prestazioni, mettendo in dovuta evidenza gli aspetti fluidodinamici e in particolare l'accoppiamento tra fluido e pala, la deviazione, l'effetto della forza centrifuga, delle perdite viscosse e della comprimibilità del fluido. Si ricorra all'illustrazione dei parametri adimensionali operativi e di progetto se ritenuto necessario.
- la scelta dei possibili materiali per la realizzazione di suddette turbomacchine. Si illustrino le problematiche principali e i legami tra la resistenza dei materiali e i parametri di prestazione. Si analizzi in tal senso la sostenibilità tecnico-economica delle soluzioni allo stato dell'arte e di quelle tecnologicamente innovative dal punto di vista della scelta dei materiali.

## **Prova Progettuale – Meccanica**

Il candidato progetti una fune per funivia, con movimento va e vieni, con le seguenti caratteristiche: dislivello 500 m, lunghezza tronco 2000 m, velocità di esercizio 2.5 m/s, cabina con capacità massima di 8 persone.

- 1) Scegliere, motivandola, la tipologia e individuare i fattori critici da considerare ai fini del dimensionamento della fune.
- 2) Eseguire un dimensionamento di massima della fune, assumendo con buon senso tecnico gli altri dati necessari.

## **II Prova Scritta – Medica**

Nelle apparecchiature elettromedicali il rumore elettronico ed ambientale hanno un ruolo determinante per definirne le prestazioni. Si descrivano i tipi di rumore più conosciuti e gli eventuali accorgimenti necessari per la loro riduzione.

# **Settore dell'Informazione**

## **II Prova Scritta – Elettronica**

Il candidato illustri le strategie di acquisizione dei segnali analogici e digitali mettendo evidenza (avvalendosi anche di schemi circuitali e diagrammi) le potenzialità, i limiti e le eventuali contromisure che possono essere applicate a tali metodologie quando il segnale è affetto da rumore.

## **II Prova Scritta – Informatica**

Illustrare le caratteristiche dei pattern architetturali/progettuali per il software e descriverne qualcuno presentandone esempi tipici di impiego.

## **II Prova Scritta – Ing. delle Tecnologie di Internet e Telecomunicazioni**

Il candidato illustri le caratteristiche principali del collegamento in ambiente radiomobile outdoor (terrestre oppure satellitare); si focalizzi l'attenzione sui problemi legati al canale di propagazione (es. fading da cammini multipli, alta attenuazione atmosferica per frequenze portanti superiori a 10 GHz, ecc.) e si indichino possibili contromisure.

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI  
INGEGNERE ELETTRONICO

Martedì 7 Ottobre 2014

4° Prova: Prova progettuale

Ad uno studio di ingegneria viene commissionato il progetto di un sistema per il monitoraggio delle acque reflue di un impianto industriale. Il processamento di tali acque prevede tre diversi trattamenti che sono svolti in tre distinti serbatoi. Al termine di ogni trattamento il sistema di monitoraggio sulla base dei dati provenienti dai sensori dovrà stabilire, prima di travasare le acque al serbatoio successivo o farle uscire dal sistema di purificazione immettendole nel sistema fognario, se il processo è stato effettuato correttamente ed in caso negativo ripeterlo da capo.

In particolare il sistema dovrà prevedere:

1. Una centralina che avrà il compito di:
  - a. Gestire le informazioni provenienti dai sensori;
  - b. Avviare e porre fine ai trattamenti nei singoli serbatoi;
  - c. Travasare le acque da un serbatoio all'altro o dal terzo serbatoio al sistema fognario, attraverso l'azionamento di un opportuno sistema di elettrovalvole;
  - d. Nel caso di un mal funzionamento dei sensori (valori dei sensori al di sopra o al di sotto dei valori stabiliti dal costruttore) la centralina dovrà provvedere all'arresto del processo;
  - e. Comunicare i dati del processo nel tempo ad un server accessibile da un operatore che potrà autonomamente gestire le varie fasi del processo.
2. Una scheda elettronica per ogni serbatoio che preveda al suo interno l'interfaccia circuitale del sensore, il sistema di processamento e di trasmissione (wireless) dell'informazione proveniente dal sensore. Le singole interfacce dovranno essere sviluppate sapendo che:
  - a. Per il 1°serbatoio il sensore misurerà la concentrazione di ammoniaca. Tale sensore è rappresentabile dal punto di vista elettronico come una resistenza con la seguente relazione  $R_{sens1}=10k\Omega+ k *conc$ ; dove  $k = \frac{10\Omega}{\frac{mg}{l}}$ . L'interfaccia dovrà essere progettata in maniera tale da permettere la rilevazione di almeno 0.1mg/l nell'intervallo 0-100mg/l;
  - b. Il sensore per il 2°serbatoio che misurerà la concentrazione di cloro disciolto in acqua. Tale sensore è rappresentabile dal punto di vista elettronico come una capacità (con valore tra  $C_{sens2}=200nF+ b^2 *conc$ ; dove  $b = \frac{5nF}{\frac{mg}{l}}$ ). L'interfaccia dovrà essere progettata in maniera tale da permettere la rilevazione di almeno 0.5mg/l nell'intervallo 0-200mg/l ;
  - c. Per il 3°serbatoio il sensore misurerà la concentrazione di nitrati. Tale sensore è rappresentabile dal punto di vista elettronico come una batteria la cui tensione è

funzione della concentrazione dei nitrati secondo la relazione  $R_{\text{sens3}}=5k\Omega+ d$   
*\*conc*; dove  $d = \frac{2\Omega}{\frac{mg}{l}}$ .

Il candidato illustri dapprima con uno schema a blocchi il funzionamento dell'intero sistema, entrando successivamente nei dettagli dei singoli blocchi e degli schemi circuitali utilizzati argomentando le singole scelte.

## Prova Progettuale - Ing. delle Tecnologie di Internet e Telecomunicazioni

Il candidato sviluppi i quesiti del problema formulando e motivando eventuali ipotesi aggiuntive per tutto ciò che non è esplicitamente specificato.

E' necessario dimensionare un sistema di comunicazione basato su un satellite geostazionario (altezza del satellite  $H_{\text{sat}}=35790$  km) trasparente. Il sistema prevede la trasmissione monodirezionale da una gateway (GW) terrestre verso 9 terminali di utente. L'informazione trasmessa è costituita da 9 stream informativi multiplexati a divisione di frequenza. La banda utile viene quindi suddivisa in 9 portanti (con opportuni intervalli di guardia), ciascun terminale di utente è progettato per ricevere una sola di queste portanti. La GW è situata ad una latitudine di  $42^\circ\text{N}$ , mentre il satellite è posizionato sullo stesso meridiano della GW.

I terminali sono tutti localizzati nella stessa area geografica, ad una latitudine di  $18^\circ\text{N}$  e stessa longitudine della GW.

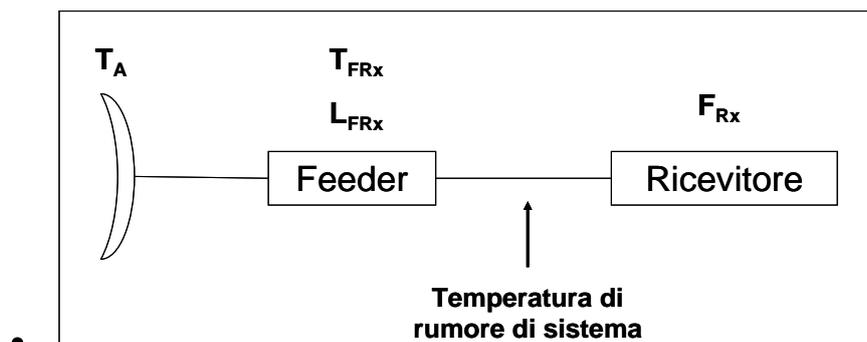
Il feeder link (collegamento fra GW e satellite) utilizza l'innovativa banda di frequenze denominata V, con portante di uplink a 48 GHz. Lo user link (collegamento fra satellite e terminali) utilizza la banda Ka, con portante di downlink centrata a 20 GHz.

La GW ha le seguenti caratteristiche:

- Antenna parabolica con diametro di 6 m ed efficienza di 0.6
- Amplificatore di alta potenza (HPA) in grado di erogare 350 W in saturazione, operante con 4 dB di output backoff

Il terminale di utente ha le seguenti caratteristiche (riportate in Figura 1):

- Antenna parabolica con diametro di 0.8 m ed efficienza di 0.75.
- Perdite del feeder ( $L_{\text{FRx}}$ ) pari a 0.9 dB, temperatura termodinamica del feeder ( $T_{\text{FRx}}$ ) pari a 290 K.
- Figura di rumore del ricevitore ( $F_{\text{Rx}}$ ) pari a 3 dB.
- Temperatura di rumore dell'antenna ( $T_A$ ) pari a 25 K.

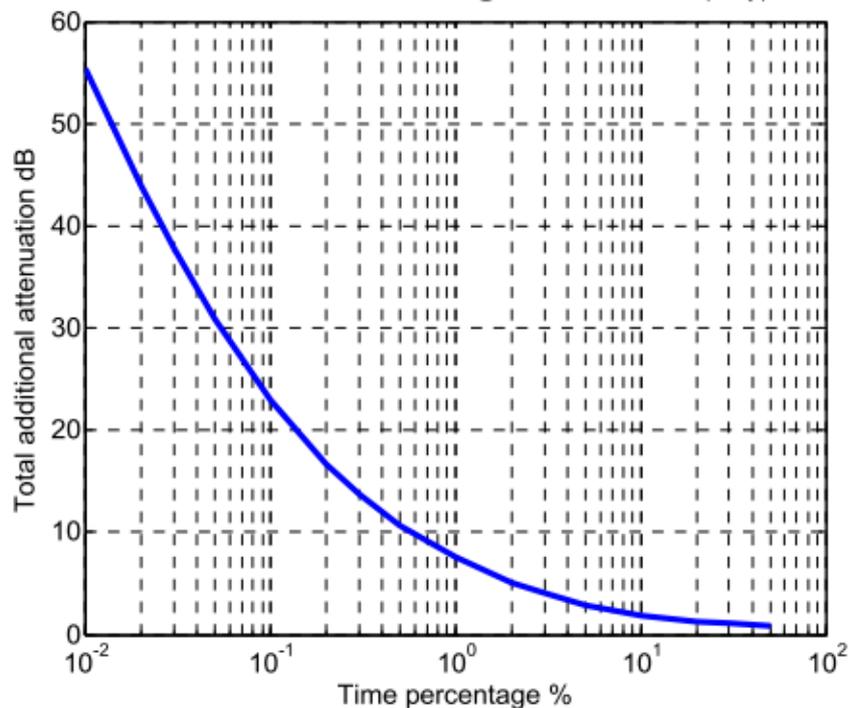


*Fig.1: Caratteristiche del terminale di utente*

Il satellite ha le seguenti caratteristiche per forward link (collegamento fra la GW e il terminale di utente):

- l'antenna puntata sulla GW ha una larghezza di fascio a 3 dB ( $\theta_{3dB}$ ) di  $0.25^\circ$ , una efficienza di 0.6 e una temperatura di rumore di 290 K, inoltre le perdite di feeder sono trascurabili.
- la temperatura equivalente di rumore del ricevitore ( $T_{eSat}$ ) è 455 K.
- Per il collegamento satellite-terminale di utente, l'EIRP per portante è 64 dBW.

Considerate le frequenze operative del sistema, oltre l'attenuazione di spazio libero, occorre considerare le perdite supplementari atmosferiche. Per il sito dove è ubicata la GW, la distribuzione cumulativa dell'attenuazione supplementare (per la banda V, 48 GHz) è riportata in Figura 2. In ascissa è riportata la percentuale del tempo per la quale l'attenuazione in ordinata non viene superata.



*Fig.2: Distribuzione cumulativa dell'attenuazione supplementare atmosferica per la GW operante in banda V (48 GHz).*

**Quesito 1** - considerando come requisiti di servizio una disponibilità del 99.9% sul collegamento GW-satellite e una disponibilità del 99.7% sul collegamento satellite-terminale di utente, calcolare:

- il  $C/N_0$  in uplink; per il calcolo si consideri la GW posizionata al centro della copertura dell'antenna satellitare;

- il  $C/N_0$  in downlink; per il calcolo si consideri il caso peggiore, in cui il terminale di utente è localizzato al bordo della copertura dell'antenna satellitare. Si consideri inoltre che, per il sito dove sono localizzati i terminali di utente, l'attenuazione atmosferica supplementare non superata per il 99.7% del tempo totale di collegamento è 3.5 dB.
- il  $C/N_0$  totale misurabile al terminale di utente.

Per il calcolo della distanza di collegamento si ricorda che il raggio medio terrestre è 6371 km. Si ricorda inoltre che la costante di Boltzman è -228.6 dBW/KHz.

La GW trasmette su ciascuna portante un differente stream audio/video real time (il ritardo di propagazione satellitare può essere accettato). Ogni flusso video trasmette 50 frame per secondo di 720x576 pixel; ad ogni pixel sono associati due valori di crominanza e uno di luminanza, (tutti con 256 livelli di risoluzione). L'informazione di crominanza è spazialmente sottocampionata 2:1, sia in orizzontale che in verticale. Il segnale audio digitale associato al video ha un data rate di circa 1.5 Mbps.

Ciascun segnale audio/video viene compresso e predisposto per lo streaming; questa operazione ha un'elevata efficienza di compressione, il data rate del segnale viene infatti ridotto del 96.4%.

**Quesito 2** - calcolare il data rate totale di trasmissione richiesto

Per la trasmissione possono essere utilizzate alcune delle coppie modulazione/codifica di canale dello standard DVB-S2. Le loro caratteristiche principali (il data rate utile di trasmissione supportato e il  $C/N_0$  minimo per ottenere il frame error rate richiesto dal servizio) sono riportate in tabella I.

*Tabella I: Caratteristiche delle coppie modulazione/codifica di canale utilizzabili.*

	QPSK 1/4	QPSK 5/6	8PSK 2/3	8PSK 5/6	16APSK 3/4	16 APSK 8/9
<b>Data rate utile (information rate) - Mbit/s</b>	18,5	61,222	73,283	91,7	109,768	130,356
<b><math>C/N_0</math> richiesto - dBHz</b>	74,42	82,38	84,60	87,33	89,18	91,87

**Quesito 3** – identificare le coppie modulazione/codifica di canale che possono essere impiegate per supportare il servizio di streaming audio/video precedentemente descritto. Si ricorda di considerare un adeguato margine nel progetto del collegamento.