



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

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

SEZIONE A - Seconda sessione 2016

PRIMA PROVA SCRITTA DEL 16 NOVEMBRE 2016

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 (evidenziandone anche accuratamente i pregi e i difetti) le tecnologie e metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni applicabili, facendo riferimento a una delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- Tecniche e dispositivi per la conversione analogico/digitale;
- Tecniche di filtraggio dei segnali di misura;
- Principi di trasduzione di grandezze elettriche e sensori utilizzati per applicazioni biomedicali.

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 le tecnologie e metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni che possono essere utilizzate, facendo riferimento a una delle seguenti tematiche:

- Progettazione di applicazioni web.
- Machine learning per l'estrazione di conoscenza da una grande base dati.
- Problematiche di interazione uomo macchina nella progettazione e sviluppo di sistemi informatici.

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 le tecnologie e metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni che possono essere utilizzate, facendo riferimento a una delle seguenti tematiche:

- Algoritmi e metodi di elaborazione e di analisi per sistemi audio ad elevate prestazioni.
- Tecnologie e metodi per l'analisi ed ottimizzazione di reti di calcolatori.
- Algoritmi e tecniche per l'elaborazione e l'analisi di contenuti video.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

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

SEZIONE A - Seconda sessione 2016

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 16 NOVEMBRE 2016

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/27 - Ingegneria delle telecomunicazioni;

LM/32 - Ingegneria informatica;

LM/29 - Ingegneria elettronica.

Tema n. 1 (classe LM/29 - Ingegneria elettronica):

L'azienda PQMeasurement S.p.A. sviluppa da decenni soluzioni di misura per la Power Quality. Negli ultimi anni, la qualità dell'energia fornita dalla rete di distribuzione elettrica è sempre più condizionata dalla crescente presenza di energie rinnovabili, quali impianti fotovoltaici o micro impianti eolici. Queste ultime, a causa della loro produzione non predicibile, creano gravi problemi di gestione dei flussi energetici ai distributori di energia elettrica. Gli algoritmi di stima dello stato della rete elettrica non riescono a stimare in modo accurato quale deve essere la quantità di energia prodotta con fonti energetiche tradizionali da fornire alla rete di distribuzione in presenza di energie rinnovabili. Inoltre, la presenza di convertitori DC/AC, quali inverter fotovoltaici, introduce problemi di distorsione armonica della rete di distribuzione. Queste nuove esigenze di controllo della rete elettrica stanno aprendo ampi spazi di mercato per strumenti di misura della Power Quality. L'azienda PQMeasurement S.p.A., dopo un'attenta indagine di mercato, vuole sviluppare un innovativo sistema di misura distribuito per la qualità della tensione, in grado di identificare e misurare variazioni della frequenza di rete, la distorsione armonica, buchi di tensione e sovratensione sulla rete di distribuzione in bassa tensione.

La norma CEI EN 50160 definisce i seguenti limiti per la qualità della tensione erogata dalla rete di distribuzione:

La frequenza nominale di rete è di 50 Hz. In condizioni normali di esercizio e per sistemi con collegamento sincrono ad un sistema interconnesso, il valore medio della frequenza nominale misurato in un intervallo di 10 s deve essere compreso nell'intervallo:

- 50 Hz \pm 1 % durante il 99.5% di un anno

- 50 Hz [+4 %; -6 %] durante il 100% del tempo

Un segnale di tensione si può scomporre nella componente fondamentale più le sue armoniche di frequenza multipla. In condizioni normali di esercizio, durante ciascun periodo di una settimana, il 95% dei valori efficaci di ogni singola tensione armonica, mediati sui 10 minuti, deve essere inferiore o uguale ai valori indicati nella Tabella. Inoltre la distorsione armonica totale (THD) della tensione (comprese tutte le armoniche fino al 40° ordine) deve essere inferiore o uguale all'8%.

Armoniche dispari				Armoniche pari	
Non multiple di 3		Multiple di 3			
Ordine h	Ampiezza relativa u_h	Ordine h	Ampiezza relativa u_h	Ordine h	Ampiezza relativa u_h
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6 ... 24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

NOTA I valori corrispondenti alle armoniche di ordine superiore a 25 non sono indicati in questa tabella poiché essi sono generalmente piccoli ma imprevedibili a causa degli effetti di risonanza.

I buchi di tensione sono una riduzione temporanea della tensione efficace in un punto nel sistema di distribuzione elettrica al di sotto di una soglia di inizio specificata. I buchi di tensione sono caratterizzati da una durata. La durata di un buco di tensione è definita come il tempo tra l'istante in cui la tensione efficace in un punto particolare della rete di distribuzione elettrica scende al di sotto della soglia di inizio e l'istante in cui risale fino alla soglia di fine (il valore efficace nominale della rete di distribuzione). La tensione residua del buco di tensione è il valore minimo della tensione efficace registrato durante un buco di tensione.

I valori di soglia, in funzione di cui vengono classificati i buchi di tensione, sono i seguenti:

- Tensione residua efficace:]90, 80] %;]80, 70] %;]70, 40] %;]40, 5] %;]5, 0] %;
- Durata: [10, 200] ms;]200, 500] ms;]500, 1000] ms;]1000, 5000] ms;]5000, 50000] ms

La sovratensione è definita come un aumento temporaneo della tensione efficace in un punto del sistema di distribuzione elettrica al di sopra di una soglia di inizio specificata. La durata della sovratensione è definita come il tempo tra l'istante in cui la tensione efficace in un punto della rete di distribuzione supera la soglia di inizio e l'istante in cui essa scende al di sotto della soglia di fine. La sovratensione inizia quando la tensione si alza oltre il 110%, finisce quando si riabbassa sotto il 110%. I valori di soglia, in funzione di cui viene classificata la sovratensione, sono i seguenti:

- Tensione efficace: [110, 120] %;]120, +∞] %;
- Durata: [10, 500] ms;]500, 5000] ms;]5000, 50000] ms

Lo strumento per la valutazione della qualità della tensione sulla rete di distribuzione dovrà essere costituito da diverse sonde di misura che verranno installate presso le sottostazioni elettriche di conversione, sulle linee di bassa tensione. Ogni sonda dovrà essere connessa alla rete in bassa tensione attraverso opportuni trasduttori. Le misure ottenute dai trasduttori dovranno essere processate localmente al fine di identificare i disturbi di tensione: variazione della frequenza nominale; armoniche; buchi di tensione; sovratensione. I dati così ottenuti dovranno essere trasferiti in remoto per poter essere visualizzati e correlati.

Nota: Si ricorda che la rete di distribuzione italiana è trifase, con frequenza nominale di 50 Hz, e tensione nominale inferiore a 1 kV.

Si chiede al candidato di immedesimarsi nel responsabile del progetto e:

1. Valutare quale tipologia di sensori, tra quelli disponibili in commercio, possono essere utilizzati per la misura della tensione di rete. Le diverse tipologie dovranno tra di loro essere comparate, al fine di identificare vantaggi e svantaggi di ognuna. La scelta del sensore da utilizzare dovrà essere opportunamente motivata in funzione dei requisiti di misura del sistema. Il candidato dovrà quindi definire quali sono i requisiti di accuratezza dei sensori per poter identificare i disturbi di tensione definiti dalla norma CEI EN 50160.

2. Fornire uno schema a blocchi completo della sonda di misura da posizionare sulla rete di distribuzione. Lo schema a blocchi dovrà includere il sensore in campo, lo stadio di filtraggio, gli stadi di elaborazione dell'informazione di misura, gli stadi per la classificazione dei disturbi, fino al sistema di raccolta e presentazione dell'informazione. Evidenziare quali informazioni sono raccolte (corredate da relativa unità di misura) e quali sono le operazioni di elaborazione effettuate da ogni blocco.
3. Valutare la miglior soluzione tecnologica per la realizzazione della sonda di misura da posizionare sulla rete di distribuzione. Il candidato dovrà motivare la sua scelta in funzione delle caratteristiche del sistema (evidenziate al punto precedente), dei tempi di progetto e sviluppo ed in funzione dei volumi di mercato attesi (nell'ordine di qualche decina di migliaia di pezzi).
4. Valutare quali meccanismi di sincronizzazione temporale possono essere utilizzati al fine di poter permettere la correlazione tra i dati ottenuti da diverse sonde di misura distribuite sulla rete di distribuzione. Il candidato dovrà motivare la scelta della tecnologia da adottare in funzione dei requisiti richiesti dall'applicazione.
5. Proporre e descrivere il sistema di comunicazione e quali protocolli possono essere utilizzati per connettere le diverse sonde che compongono il sistema di monitoraggio. La scelta del sistema di comunicazione deve essere motivata e giustificata dalle specifiche del sistema di monitoraggio e dai vincoli di installazione presenti nelle sottostazioni elettriche.
6. Descrivere una possibile interfaccia utente del sistema di monitoraggio complessivo, fornendo anche una descrizione di quali devono essere i dati aggregati da fornire all'utilizzatore del sistema di misura.

Tema n. 2 (classe LM/32 - Ingegneria informatica):

Si consideri una palestra con più sale per i corsi, un migliaio di clienti, una decina di dipendenti che ricoprono incarichi amministrativi e di addetti al ricevimento clienti e vendita abbonamenti, e una decina di istruttori che ricoprono incarichi di assistenti di sala, insegnante di corso e personal trainer. I clienti accedono alle sale della palestra tramite badge. La palestra intende dotarsi di un sistema informatico fruibile via web per gestire i corsi offerti ai clienti, i turni da assegnare ai propri istruttori, e le relazioni coi clienti. Il sistema informatico deve permettere ai clienti di visualizzare i corsi offerti dalla palestra, prenotare/disdire una lezione di un corso, prenotare/disdire una lezione di personal trainer specificando o meno un determinato insegnante, acquistare/rinnovare il proprio abbonamento alla palestra. Deve permettere agli istruttori di visualizzare i propri turni lavorativi, inserire e rimuovere vincoli e preferenze sui propri orari lavorativi. Deve permettere ai dipendenti della palestra la gestione dei corsi, delle lezioni, degli istruttori, dei turni, dei clienti e degli abbonamenti, permettere l'inserimento e la cancellazione di prenotazioni di clienti, permettere un'adeguata comunicazione coi clienti e con gli istruttori, e consentire la promozione delle attività della palestra. Relativamente alle funzionalità offerte ai clienti della palestra, il sistema deve consentire la registrazione dei clienti, evitare che i clienti prenotati ad una lezione superino il numero massimo di clienti ammessi alla lezione, evitare che i clienti che non hanno prenotato una lezione possano accedere alla sala dedicata alla lezione durante l'orario di lezione, consentire ai clienti gli acquisti tramite bonifico bancario, carta di credito o PayPal, e inviare apposite conferme delle avvenute prenotazioni e acquisti.

Si richiede al candidato di:

- stilare schematicamente un piano di lavoro che specifichi le varie attività di progettazione richieste per la realizzazione del sistema informatico, quali competenze specifiche sono richieste da ciascuna di esse, ed in che ordine tali attività saranno svolte;
- definire in modo organizzato il modello concettuale della base dati sottostante, utilizzando schemi e diagrammi opportuni;
- specificare in modo dettagliato l'architettura HW/SW del sistema per la memorizzazione e gestione dei dati e per l'implementazione delle funzionalità richieste;
- descrivere l'interfaccia operativa delle procedure, o classi software, principali;
- evidenziare in modo esaustivo gli aspetti critici dal punto di vista della sicurezza e dell'affidabilità del sistema, proponendo soluzioni specifiche per il problema presentato.

Tema n. 3 (classe LM/27 - Ingegneria delle telecomunicazioni):

La società Autostrada del Sole e la Polizia di Stato intendono installare un sistema per il monitoraggio del traffico al fine di rilevare infrazioni quali l'eccesso di velocità, il mancato pagamento dell'assicurazione RCA, la mancata revisione periodica dell'autoveicolo, ed il riconoscimento della tipologia di autoveicoli per delle elaborazioni statistiche sul traffico. Le operazioni di riconoscimento della targa e della tipologia di autoveicolo vengono entrambe effettuate a partire dall'acquisizione di un'immagine RAW a 8 bit/pixel a livelli di grigio effettuata da ripresa posteriore.

Il candidato disegni uno schema generale di come realizzerebbe il sistema di acquisizione, riconoscimento ed invio dei dati ad una centrale operativa utilizzando dei diagrammi a blocchi.

Il candidato proponga in particolare delle strategie adeguate per risolvere i seguenti problemi:

- **Lettura targhe:** gli elementi alfanumerici delle targhe di circolazione dovranno essere acquisiti ed inviati alla centrale operativa a terra in forma testuale;
- **Classificazione:** i veicoli rilevati devono essere categorizzati in una tra le seguenti classi: macchina, furgone, camion, autobus e motoveicolo.

Il candidato affronti e discuta inoltre almeno tre tra le seguenti problematiche:

- **Calibrazione:** all'accensione della telecamera il sistema deve calibrarsi per garantire che non siano intervenuti rilevanti spostamenti fisici della telecamera rispetto all'inquadrato;
- **Correzione prospettica:** dato che la telecamera non sempre sarà perfettamente in asse, sarà necessario correggere le distorsioni introdotte dai fattori di scala causati dalla prospettiva o dalle angolazioni diverse del posizionamento della telecamera;
- **Invarianza rispetto alle condizioni di luce** su immagini riprese sia di giorno, quindi con illuminazione variabile, che di notte;
- **Risorse HW:** si discuta su come risolvere i problemi dovuti alle limitate risorse hardware per effettuare l'elaborazione e la trasmissione dei dati nei tempi richiesti, tenendo conto che i tempi di elaborazione indicativi per un'immagine RAW con risoluzione 800x600 devono restare sotto i 100ms.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

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

SEZIONE A - Seconda sessione 2016

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 2 DICEMBRE 2016

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/27 - Ingegneria delle telecomunicazioni;

LM/32 - Ingegneria informatica;

LM/29 - Ingegneria elettronica.

Tema n. 1 (classe LM/29 – Ingegneria Elettronica)

L'azienda Smart Grid Solutions S.p.A. da anni sviluppa soluzioni innovative per la gestione ed il monitoraggio della rete elettrica. L'azienda offre un ampio catalogo di dispositivi, sia per l'automazione della rete di trasmissione che per la rete di distribuzione. Il responsabile del settore ricerca e sviluppo, dopo attenta analisi di mercato, ha deciso di sviluppare una linea di prodotto dedicata al monitoraggio avanzato della rete di trasmissione nazionale. L'azienda vuole sviluppare un'unità PMU (Phasor Measurement Unit) per il monitoraggio del sincrofasore della rete di trasmissione. Il fasore è un numero complesso che permette di rappresentare sia l'ampiezza che la fase delle tensioni e delle correnti sinusoidali della rete elettrica. Il sincrofasore è il valore di fasore ottenuto da campioni riferiti rispetto ad un riferimento temporale univoco (UTC). In questo modo è possibile correlare tra di loro misure di sincrofasore ottenute in diversi punti della rete. La misura di sincrofasore permette all'operatore della rete di trasmissione di avere un'informazione in tempo reale sullo stato delle rete, sulla sua stabilità e della qualità dell'energia trasmessa. In figura 1, sono riportati alcuni esempi di calcolo di sincrofasore di diverse forme d'onda. Si noti che con il termine sincrofasore ci si riferisce alla misura, mentre con il termine PMU ci si riferisce allo strumento di misura.

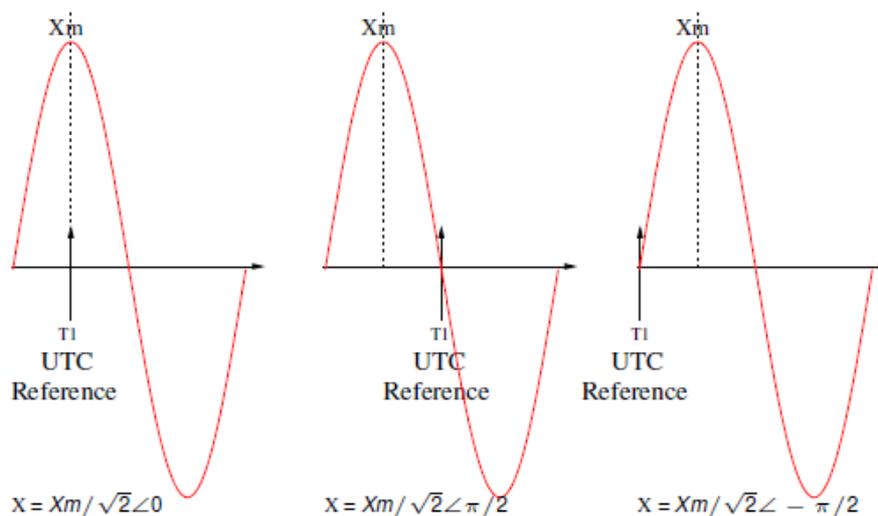


Figura 1: Esempio di calcolo di sincrofasore di diverse forme d'onda. Si noti il diverso valore di fase in funzione del diverso riferimento temporale UTC.

Ogni PMU deve essere in grado di monitorare il sincrofasore sia dei segnali di tensione che di corrente su un particolare nodo della rete di trasmissione. Tipicamente, il riferimento temporale UTC viene ottenuto attraverso un ricevitore GPS. Un ricevitore GPS è in grado di fornire un segnale di riferimento temporale (un'uscita digitale con frequenza di 1 secondo), un segnale periodico (tipicamente 10 MHz) ed una linea digitale (tipicamente RS-232 o RS-485) per il trasferimento dell'informazione spaziale e temporale attraverso il protocollo NMEA. Ogni PMU deve essere in grado di sincronizzare il suo riferimento temporale con un'accuratezza inferiore ad 1 μ s, al fine di rispettare i requisiti di misura del sistema.

Un possibile algoritmo per il calcolo del sincrofasore prevede l'utilizzo della Discrete Fourier Transform (DFT), la cui espressione è riportata nella seguente equazione:

$$\hat{X} = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=-N/2}^{N/2-1} x[\Delta t(k + 1/2)] \cdot e^{-j(k+1/2)\frac{2\pi}{N}}$$

Eq. 1: Espressione per il calcolo del DFT di un segnale.

In Fig. 2 è riportato un esempio di calcolo del sincrofasore, ottenuto campionando il segnale tra 0.5 e 19.5 ms (20 campioni).

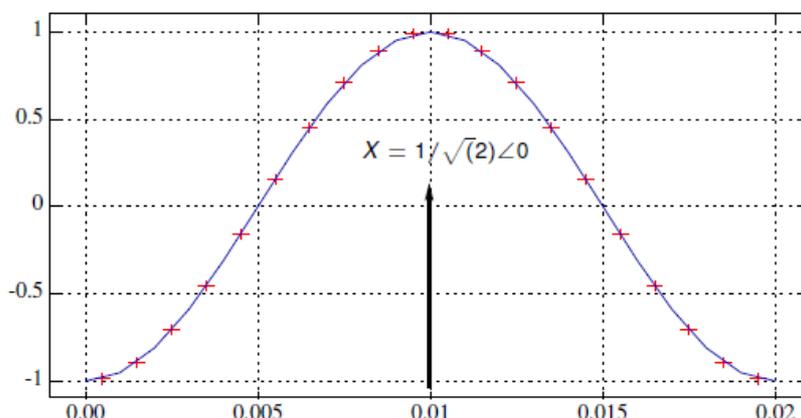


Figura 2: Esempio di calcolo di sincrofasore con 20 campioni, ottenuti tra 0 e 20 ms.

Una rete per il monitoraggio del sincrofasore, come definito dallo standard IEEE C37.118-2, prevede la presenza di una rete di PMU, distribuita lungo la rete di trasmissione, che trasmettono periodicamente le loro informazioni ad un Phasor Data Concentrator (PDC) e questi, a loro volta, ad un sistema di supervisione. Ogni PMU deve inviare 25 misure di sincrofasore al secondo. I PDC possono raccogliere ed aggregare l'informazione di un numero variabile di PMU, tipicamente nel range tra una decina ed una cinquantina di PMU, e trasmettono le informazioni aggregate al sistema di supervisione (tipicamente ogni 5 secondi).

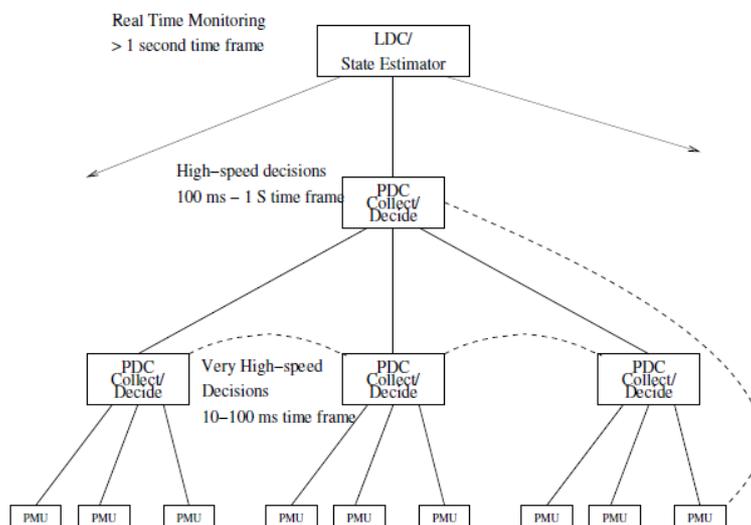


Figura 2: Esempio di sistema per la raccolta dati da PMU.

Il candidato dovrà effettuare la progettazione di un PMU, per l'elaborazione e la trasmissione del sincrofasore e progettare il sistema per la raccolta dei dati ottenuti da PMU distribuite sulla rete di trasmissione. Si ricorda che

la rete di trasmissione di energia elettrica ad alta tensione è trifase, con frequenza nominale 50 Hz, ed opera a tensioni di lavoro nell'intervallo da 380 kV fino a 150 kV.

Al candidato si chiede di:

(1) Fornire lo schema a blocchi del circuito di condizionamento, elaborazione e trasmissione dell'informazione per la realizzazione della PMU. Ogni blocco deve essere descritto nel dettaglio, identificando possibili soluzioni per la loro realizzazione.

(2) Elencare, descrivere le tipologie di sensori di tensione e di corrente che possono essere utilizzati ai fini dell'acquisizione dei segnali di tensione e di corrente della rete di trasmissione. Per semplicità, si dimensiona il sistema per funzionare con tensioni di rete fino a 200 kV e con correnti di rete di 2 kA.

(3) Dopo aver selezionato la tipologia di sensoristica da utilizzare per l'acquisizione della tensione e della corrente di un nodo della rete (e quindi aver identificato il range di tensioni in ingresso ai terminali del PMU), il candidato dovrà identificare quale tra i dispositivi ADC, di cui vengono forniti i datasheet, dovrà essere utilizzato per la realizzazione dello strumento. La scelta del convertitore dovrà essere motivata nel dettaglio. Il candidato dovrà anche definire la frequenza di campionamento dei segnali, motivando opportunamente tale scelta.

(4) Fornire un'analisi della massima risoluzione che può essere ottenuta attraverso il dispositivo selezionato al punto (3) e quali possono essere le strategie per migliorare la risoluzione.

(5) Fornire una soluzione circuitale per disciplinare il clock utilizzato dall'ADC rispetto al segnale di riferimento fornito dal ricevitore GPS. Tale soluzione serve a migliorare la stima del sincrofasore, disciplinando l'istante di campionamento dell'ADC con la frequenza fornita dal GPS, limitando il contributo di incertezza dovuto alla deriva dell'oscillatore locale. Si consideri che tipicamente un ricevitore GPS può fornire tre possibili segnali: un impulso digitale ad una frequenza di 1 s, un segnale a 10 MHz, un'uscita seriale (tipicamente RS-232 o RS-485) che fornisce i dati di posizione e tempo attraverso il protocollo NMEA.

(6) Identificare le modalità di interconnessione del convertitore ADC al sistema di elaborazione. Deve essere identificato il bus di comunicazione e descritto come integrare, anche a livello software, il convertitore al sistema di elaborazione.

(7) Fornire lo schema circuitale dei vari blocchi che compongono il sistema di condizionamento e acquisizione del sensore e dimensionare opportunamente i vari componenti (guadagno degli amplificatori, banda passante dei filtri, eventuali condensatori e resistori), considerando il range di funzionamento fornito al punto 2.

(8) Descrivere in pseudocodice l'algoritmo per il calcolo del sincrofasore, utilizzando le informazioni fornite nell'introduzione.

(9) Identificare possibili limiti dell'algoritmo nell'identificazione del sincrofasore causati da non idealità della rete di trasmissione (quali distorsioni armoniche, variazioni della frequenza di rete, ..) e si propongano eventuali modifiche.

(10) Fornire lo schema a blocchi dell'architettura di un sistema distribuito per la raccolta delle informazioni di misura fornite dalle PMU, che sia compatibile con l'architettura di sistema definita dallo standard IEEE C37.118-2, descritto nell'introduzione. Il Candidato dovrà identificare eventuali possibili criticità del sistema.

(11) Con riferimento all'architettura definita al punto precedente, identificare la tecnologia di comunicazione più adatta alla trasmissione delle informazioni (stimando la quantità di informazione da trasmettere), in grado di garantire la compatibilità con ulteriori sistemi di misura, per realizzare un sistema di monitoraggio integrato.

(12) Indicare le principali criticità nella realizzazione di tale sistema e quali fasi dello sviluppo del prodotto potrebbero risultare bloccanti.

Si consideri un consorzio di farmacie che ha la necessità di ammodernare il proprio sistema informatico, divenuto oramai inadeguato alla mole di farmaci in vendita nel moderno mercato farmaceutico. In particolare i farmacisti hanno riscontrato sempre maggiori difficoltà nell'uso della interfaccia utente e tempi di risposta inadeguati del sistema informatico. Il sistema attuale permette alle farmacie di gestire il proprio magazzino, gli ordinativi dei farmaci presso i fornitori, le vendite, le fatturazioni degli ordini, e la fidelizzazione dei clienti della farmacia (per consentire, ad esempio, l'adozione di tessere punti).

I farmacisti segnalano l'esigenza di avere un maggior supporto nella gestione delle giacenze, per esempio il nuovo sistema informatico dovrebbe segnalare eventuali prodotti sotto scorta minima, i prodotti da riordinare e stimare i tempi di fine scorta. Inoltre con l'introduzione della ricetta elettronica i pazienti si presenteranno presso il bancone delle farmacie con la sola tessera sanitaria, cioè senza alcuna prescrizione medica. Il nuovo sistema informatico delle farmacie dovrà necessariamente recuperare la ricetta interfacciandosi con il sistema informatico nazionale presso il quale il medico ha memorizzato la prescrizione, rilevando eventuali esenzioni di pagamento secondo la codifica di esenzioni nazionale (da considerare nell'emissione del pagamento per la quota a carico dell'assistito), e comunicare al sistema informatico nazionale l'avvenuto ritiro (eventualmente parziale) dei farmaci prescritti nella ricetta. Infine il nuovo sistema informatico dovrà consentire alle farmacie il commercio elettronico di farmaci prodotto da aziende farmaceutiche e farmaci galenici (cioè confezionati dalle farmacie stesse), affinché i pazienti possano acquistare i farmaci dalla propria abitazione (fornendo gli opportuni dati per il recupero della ricetta elettronica per quei farmaci che richiedono prescrizioni), e i farmaci possano essere recapitati presso le abitazioni dei clienti tramite corriere. Per questo il sistema di commercio elettronico dovrà consentire ai farmacisti l'aggiunta, rimozione, e modifica delle caratteristiche dei farmaci venduti; dovrà consentire ai pazienti la registrazione presso il sistema informatico, l'acquisto tramite carta di credito o PayPal, e inviare una notifica dell'avvenuto acquisto tramite e-mail e/o SMS. Il sistema dovrà inoltre prevedere la gestione delle spedizioni, permettendo la stampa delle ricevute da inserire nei pacchi, e interfacciandosi con il sistema informatico del corriere.

Si richiede al Candidato di:

1. specificare schematicamente i requisiti funzionali e non funzionali del sistema informatico dettagliandoli opportunamente; il Candidato può quindi 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 e di telecomunicazioni complessivo da realizzare a livello di architettura software e hardware;
3. specificare, attraverso opportuni linguaggi di modellazione grafici (ad esempio UML), i principali moduli di elaborazione dati;
4. indicare schematicamente quali parametri utilizzare per stimare il costo di realizzazione del sistema informatico e di telecomunicazioni;
5. approfondire gli aspetti del progetto che riguardano l'affidabilità, la sicurezza e la privacy, del sistema.

La sonda Galileo (vedi Fig. 1) è stata lanciata dalla NASA il 18 ottobre 1989 con destinazione finale Giove e i suoi satelliti, e ha raggiunto il pianeta il 7 dicembre 1995. La sua odissea è terminata il 21 settembre 2003, quando dalla Terra è arrivato il comando per la sua ultima missione: precipitare su Giove e trasmettere dati scientifici sull'atmosfera gioviana, prima di essere distrutto dal forte calore e dalla grande pressione. Gli ultimi dati sono arrivati sulla Terra alle ore 21:43:14 ora italiana, circa 45 minuti dopo il loro invio.

La sonda Galileo ha trasmesso da Giove verso la Terra (da una distanza compresa tra 800 e 900 milioni di Km) immagini a colori (24 bit/campione) o in bianco e nero (8 bit/campione) a 800x800 pixel (o 400x400 pixel) e dati scientifici rilevati da 10 strumenti. A bordo della sonda erano disponibili un'antenna trasmittente a $f_0=8,4$ GHz con $D_T=4,8$ m (efficienza $\eta=0,6$), un'amplificatore a radiofrequenza (un tubo ad onda progressiva) in grado di trasmettere una potenza di picco pari a $P_p=27$ W.

La potenza necessaria per alimentare i sistemi della sonda proveniva da sue motori termoelettrici a radioisotopi che fornivano una potenza complessiva di 570 W. La sonda pesava 2223 kg.

Sulla Terra era disponibile almeno un'antenna ricevente con $D_R=70$ m, $\eta=0,6$ e un ricevitore con temperatura equivalente di rumore di sistema $T_S=20$ K. Le stazioni riceventi erano tre: Goldstone (California), Madrid (Spagna), e Canberra (Australia), a circa 120 gradi di longitudine una dall'altra, parte del Deep Space Network della NASA.

Il ritmo di trasmissione massimo previsto era di 134,4 kbit/s, con una propagazione elettromagnetica come in spazio libero. Supponendo che:

- al campionatore si inviassero impulsi di Nyquist con roll-off $\delta=0,5$;
- venisse utilizzato un metodo di modulazione numerica con una sola portante modulata in ampiezza, doppia banda laterale, portante soppressa (BPSK) per garantire di avere un trasmettore semplice, robusto ed efficiente;
- si utilizzassero impulsi rettangolari antipodali per assicurare un utilizzo efficiente della potenza di picco disponibile;

il Candidato:

1. calcoli il valore minimo della potenza di picco da trasmettere;
2. determini il tempo impiegato per inviare una fotografia a colore di 800x800 punti tollerando una probabilità di errore sul bit $P_b(E)<5 \times 10^{-3}$, il valore standard previsto dalla NASA per immagini non compresse;
3. ripeta i calcoli precedenti supponendo di applicare una codifica di sorgente con fattore di compressione $F_c=10$, e una codifica di canale realizzata con un codice concatenato costituito da un codice esterno di Reed-Solomon, con tasso di codifica $R_{RS}=223/255$, seguito da un codice interno convoluzionale con tasso di codifica $R_C=1/2$ con guadagno 7dB. Per le immagini compresse la NASA richiede una probabilità di errore sul bit $P_b(E)<10^{-7}$.

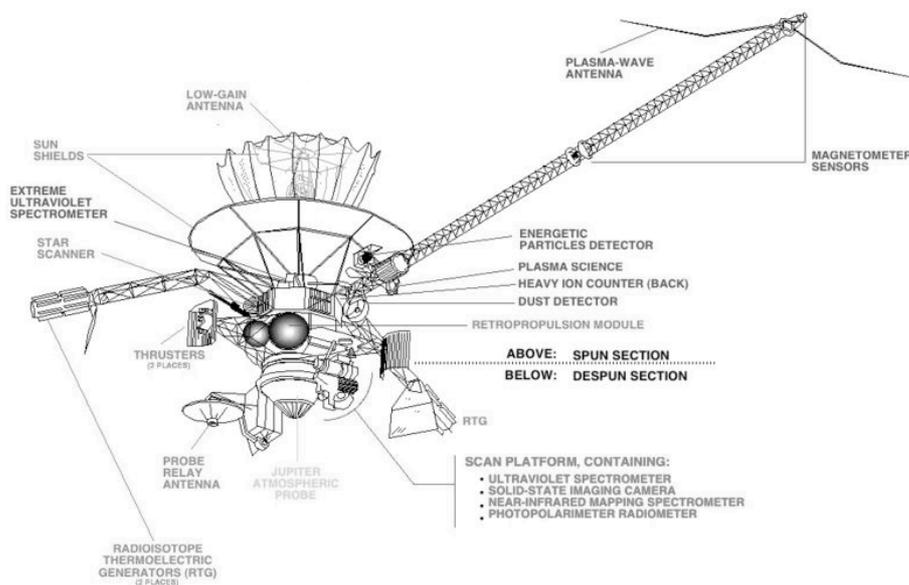


Figura 1: Struttura e componenti della sonda Galileo.