

# ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE (SEZIONE A)

## INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE SESSIONE DI LUGLIO 2024 PROVA SCRITTA

### TEMA 1

Si progetti un multimetro digitale a vero valore efficace a 7 ½ cifre, con banda passante di 200kHz. In particolare, si considerino i seguenti vincoli:

- 1) Si progettino l'impedenza di ingresso, le tolleranze del blocco di condizionamento, il convertitore A/D, e l'algoritmo di misura in modo tale che, per misure di tensione continua, con portate pari a 1V, 10V, 100V, l'accuratezza sia garantita per un'impedenza di uscita della sorgente di tensione pari a 50 Ω.
- 2) Per misure di resistenza, si progettino la corrente impressa e la resistenza campione determinandone valori e dove necessario le tolleranze, in modo da garantire l'accuratezza di misura per portate di 10 kΩ, 100 kΩ, 1 MΩ.
- 3) Ipotizzando che l'unica sorgente di rumore sia dovuta alla quantizzazione, si dimensionino la lunghezza di un record e la frequenza di campionamento dell'ADC, in modo da garantire l'accuratezza di misura per una frequenza di misurazione pari a 100 misure/s.

### TEMA 2

La *DigitalCity s.r.l.*, una società che sviluppa servizi IT per il settore delle Smart City, desidera realizzare una piattaforma digitale per il monitoraggio dello stato di sicurezza di opere pubbliche quali ponti, viadotti e cavalcavia.

La piattaforma, denominata *BridgeMonitoring (BM)*, dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

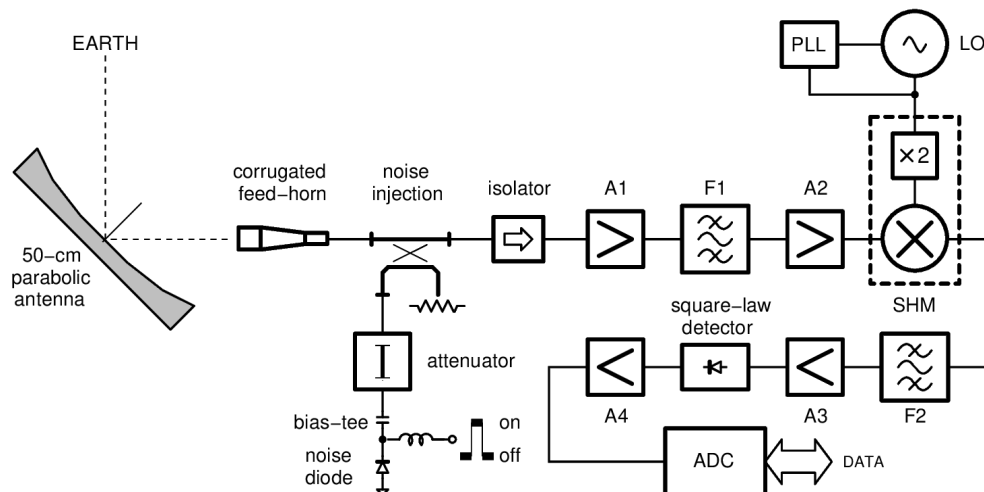
- i dati da monitorare sono prodotti da specifici sensori connessi alla rete Internet, e la comunicazione con il sistema informativo della piattaforma BM avviene mediante semplici richieste *POST* del protocollo *HTTP(S)*;
- le grandezze fisiche oggetto del monitoraggio, rilevate in diversi punti di una specifica costruzione, sono la *vibrazione (cm/s<sup>2</sup>)*, lo *spostamento relativo dei giunti (mm)*, la *temperatura (°C)* e la *velocità del vento (m/s)*;
- ogni sensore invia una misura ogni 5 minuti, includendo anche le sue coordinate GPS e il timestamp corrente;
- i dati sensoriali devono essere disponibili per un periodo di almeno 3 anni;
- l'accesso ai dati deve avvenire tramite un'interfaccia Web che dovrà prevedere almeno due profili utente: *root* e *normal user*;
- deve essere previsto un utente di tipo *normal user* per ogni ente pubblico o società privata che gestisce il monitoraggio di opere pubbliche in un determinato territorio;
- un utente *normal user* deve (i) configurare e installare i sensori su tali opere pubbliche, e (ii) poter accedere soltanto ai dati di sua pertinenza;
- deve essere previsto un unico utente *root*, il quale deve (i) poter creare nuovi utenti e (ii) poter accedere ai dati prodotti da ogni sensore;
- i dati sensoriali devono essere presentati mediante tabelle e/o grafici, con periodo temporale di riferimento selezionabile dall'utente.

Si richiede di:

- fornire un'architettura di alto livello della piattaforma BM che offra una buona scalabilità;
- indicare una strategia di gestione della persistenza dei dati che garantisca anch'essa il requisito di scalabilità, illustrando la struttura della(e) bas(e)i di dati impiegata(e);
- definire il formato XML e/o JSON dei messaggi inviati dai sensori al sistema informativo della piattaforma BM;
- fornire i diagrammi delle classi UML dei principali moduli architetturali;
- specificare il tipo di tecnologia utilizzata e riportare il codice sorgente delle unità di programma (classi e/o metodi) ritenute più rilevanti;
- definire un insieme di test tesi a verificare l'efficacia e l'efficienza del codice sorgente descritto al punto precedente.

### TEMA 3

Effettuare la progettazione a livello di sistema di un radiometro total power operante in banda Ka da 31.3 a 31.8 GHz (centro 31.55 GHz, lunghezza d'onda 9.5 mm) per l'osservazione della terra. Lo strumento opererà a bordo di un cubesat in orbita bassa (LEO), con quota media di sorvolo pari a 400 km. Il radiometro sarà dotato di un'antenna parabolica che, dopo il dispiegamento, avrà un diametro di 50 cm e dovrà rilevare temperature di brillantezza comprese tra 0 e 400 K. Lo schema a blocchi del ricevitore e le specifiche dei blocchi principali sono riportati di seguito (figura e tabella).



ID	Stadio	G (dB)	F (dB)	Specifiche aggiuntive
CPL	Directional coupler	-0.5	0.5	accoppiamento -20 dB
ISO	Isolator + WG to PCB adapter	-0.5	0.5	
A1	LNA – stage 1	22.0	2.0	
F1	Image rejection filter	-3.0	3.0	frequenza centrale 30 GHz, banda a 3 dB, 2 GHz
A2	LNA – stage 2	20.0	2.0	
SHM	Sub-harmonic mixer	-12.0	12.0	
F2	IF filter	-4.0	4.0	frequenza centrale 3.7 GHz, banda a 3 dB, 500 MHz
A3	IF amplifier	TBD	5.0	
DET	square-law detector	-	-	responsività $\gamma = 1.0 \text{ mV}/\mu\text{W}$

Sulla base dei dati forniti, e integrando le informazioni mancanti ove necessario, determinare:

1. La cifra di rumore del ricevitore (stadi di front-end fino al detector di potenza), la temperatura equivalente di rumore e la temperatura di sistema  $T_{sn}$  (somma tra la

temperatura equivalente di rumore del ricevitore e quella d'antenna) nel caso in cui l'apparato osservi una scena a 400 K (ipotizzare, in prima approssimazione, che la temperatura di brillantezza sia uguale alla temperatura d'antenna).

2. La risoluzione radiometrica  $\Delta T$  per valori del tempo d'integrazione  $\tau$  pari a 0.01, 0.1 e 1 s (fornire tabella o grafico dei risultati). Come banda d'osservazione  $B$  si assuma quella del filtro IF e si considerino le fluttuazioni di guadagno  $\Delta G/G$  nell'intervallo tra due calibrazioni non superiori allo 0.1%, ovvero a una parte su mille.
3. Il guadagno dell'amplificatore IF (A3 in figura) affinché la potenza di rumore (integrata sulla banda  $B$  del ricevitore) all'ingresso del detector sia pari a -23 dBm. Per effettuare questa stima si consideri una temperatura d'antenna di 400 K (analisi di massimo segnale).
4. La tensione all'uscita del detector di potenza nel caso precedente. Si ipotizzi che tale rivelatore abbia una risposta potenza d'ingresso – tensione d'uscita lineare con costante (responsività)  $\gamma = 1.0 \text{ mV}/\mu\text{W}$ .
5. Il guadagno di tensione dell'amplificatore video in modo che la tensione massima all'ingresso del convertitore analogico-digitale (ADC) sia di 2.5 V. Proporre una realizzazione di tale stadio mediante amplificatore operazionale in configurazione non invertente.
6. Il numero minimo di bit dell'ADC in modo che a una variazione  $\Delta T$  della temperatura d'ingresso ( $\tau = 0.1 \text{ s}$ ) corrispondano almeno 4 count (o step) di conversione.
7. Il valore dell'attenuazione presente nel circuito di calibrazione in modo che, a fronte dell'iniezione di rumore, la temperatura all'ingresso del ricevitore aumenti di 40 K. Successivamente trovare anche la variazione della tensione d'uscita che corrisponde all'iniezione di rumore. Assumere che l'Excess Noise Ratio (ENR) del diodo impiegato come generatore di rumore sia pari a 26 dB.
8. La relazione che sussiste tra tensione all'uscita del radiometro (variabile dipendente) e la temperatura d'antenna (variabile indipendente). Discutere come questa relazione si modifica a causa dell'offset dell'amplificatore operazionale usato per implementare A3.
9. Il footprint a terra dell'antenna e, corrispondentemente, l'area del pixel in chilometri quadrati.

#### Definizioni:

<p>Stimare la risoluzione radiometrica in modalità total power secondo l'approccio classico, riportato anche nell'articolo di <i>Herman e Poe, IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, January 1981</i></p> <p>Risoluzione (o <i>sensitivity</i>) radiometrica <math>\Delta T</math>: minima variazione di temperatura di brillantezza rilevabile; coincide con deviazione standard delle misure</p>	<p>It has been common practice [5]–[8] to express the sensitivity of the total power radiometer in terms of the noise equivalent temperature difference</p> $\Delta T = T_{sn} \sqrt{\frac{1}{B\tau} + \left(\frac{\Delta G}{G}\right)^2} \quad (1)$ <p>where <math>T_{sn}</math> is the equivalent radiometer input system noise temperature, and <math>B</math> and <math>\tau</math> are, respectively, the predetection convolutional bandwidth, and the equivalent postdetection integration time. The quantity <math>\Delta G/G</math> represents the normalized rms fluctuation of receiver power gain.</p>
---	--

## TEMA 4

Il candidato progetti una rete di monitoraggio e controllo digitale di processi industriali per il sottosistema di un impianto, schematizzato in figura, che controlla la temperatura di un flusso d'acqua attraverso uno scambiatore di calore, in cui entra un vapore surriscaldato a temperatura nota. Il flusso del vapore, regolabile mediante una valvola, viene a sua volta monitorato mediante un apposito sensore. Sia la temperatura, il cui valore è selezionabile da un operatore, sia il flusso vengono controllati mediante dei PID. Si supponga che la gestione della temperatura di richieda misurazioni e attuazioni ogni 500 ms, mentre la gestione della valvola e la misurazione del flusso di vapore surriscaldato debbano essere effettuate ogni 100 ms.

Il candidato progetti il sistema, identificando in particolare:

- La tipologia di protocollo utilizzabile, selezionando una realizzazione tecnologica appropriata del livello fisico;
- L'architettura della rete di monitoraggio e controllo, identificando i blocchi funzionali principali;
- Il posizionamento ottimale degli algoritmi di calcolo dei PID negli eventuali processori disponibili.

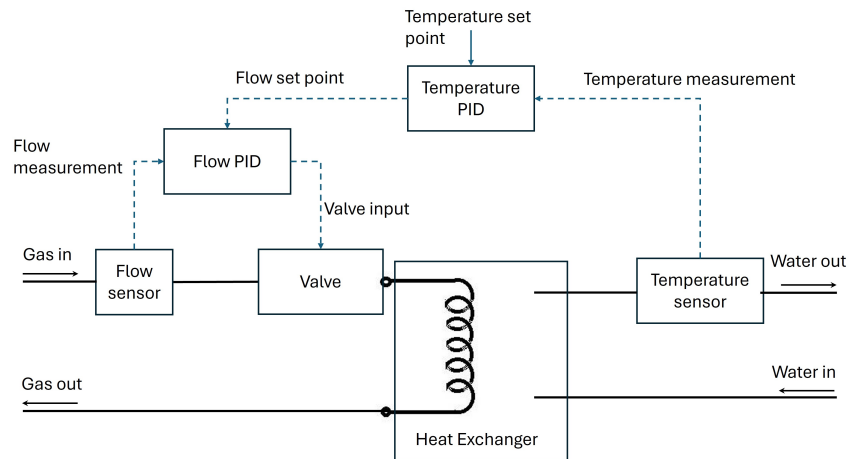


Fig. 1 – Schema a blocchi del sistema di monitoraggio e controllo della temperatura di un fluido proposto. Le linee tratteggiate identificano il flusso dei dati, le linee continue identificano il flusso dei fluidi coinvolti