

**POLITECNICO DI TORINO**  
**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE**  
**DI INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE**

**Il Sessione 2013 - Sezione A**  
**Settore dell'Informazione**

**Prova pratica del 23 gennaio 2014**

Il candidato svolga uno a scelta fra i seguenti temi proposti:  
(indicare sulla busta il numero del tema svolto):

**Tema n. 1**

La misura di precisione di distanze è sovente effettuata mediante strumenti al laser: il laser viene acceso per brevissimo tempo e contemporaneamente viene attivato un timer. Il raggio laser, che viaggia alla velocità della luce, colpisce l'oggetto e ne viene riflesso. Un sensore, quando rileva il raggio riflesso, ferma il timer. La distanza D viene quindi calcolata come

$$2D = T \times 3 \times 10^8$$

dove T è il tempo misurato dal timer in secondi.

Si progetti un modulo con le seguenti caratteristiche:

- vi sia un bottone che, quando premuto, attivi il laser
- il laser emetta il raggio per un colpo di clock
- vi sia un sensore che riceve il raggio riflesso e generi un segnale digitale a 1
- l'uscita codifichi su un numero di bit opportuno in binario puro il valore della distanza in metri.

Si assuma che lo strumento possa misurare distanze fino a 2000m.

Il candidato:

- tracci il diagramma degli stati del sistema e lo descriva in VHDL
- identifichi il data subsystem ed il control subsystem e le loro interazioni
- progetti e descriva in VHDL:
  - il data subsystem (a livello register-transfer strutturale)
  - il control subsystem (a livello behavioural).

## Tema n. 2

Progettare un sistema informativo per il monitoraggio dei costi legati al consumo energetico di un condominio. Supponendo che ogni condomino abbia fornito il consenso al trattamento dei dati personali e che il sistema conosca la composizione di ogni nucleo familiare, sviluppare un'applicazione in grado di rilevare il consumo energetico di ogni abitazione e di fornire agli utenti un'analisi "critica" dei costi rilevati. Quindi, i dati da supporre noti sono i seguenti:

- composizione dei nuclei familiari;
- tariffe orarie dell'energia;
- consumo medio ottenuto dai contatori ogni 30 min.

Il sistema informativo deve permettere:

1. La memorizzazione dei dati di consumo energetico, e dei relativi costi, per ogni nucleo familiare.
2. L'accesso (e la visualizzazione in forma grafica) mediante protocollo HTTP alle informazioni memorizzate.
3. Una comparazione tra i costi sostenuti da nuclei familiari simili. Il concetto di similitudine tra nuclei familiari è da intendersi legato alla numerosità dei medesimi. Ad esempio, possono essere ritenuti simili due nuclei familiari composti: il primo da tre adulti e il secondo da due adulti e un bambino.

Il candidato definisca i macro-blocchi necessari per la realizzazione del sistema informativo approfondendo gli aspetti software; inoltre, il candidato definisca nel dettaglio il progetto di almeno due dei seguenti punti:

- la struttura della base dati per l'archiviazione delle informazioni;
- un'applicazione web per la ricerca e la visualizzazione delle informazioni archiviate nella base dati; la visualizzazione deve poter essere, a scelta, su base: giornaliera, settimanale, mensile e annuale.
- il modulo di analisi comparativa che permetta di confrontare i costi sostenuti da nuclei familiari ritenuti simili.

## Tema n. 3

Si intende progettare un circuito filtrante con risposta in frequenza di tipo passa basso, con le seguenti caratteristiche:

- 1) Banda passante: dalla DC a 100 kHz;
- 2) Banda Attenuata: frequenze maggiori di 150 kHz;
- 3) Guadagno massimo in banda passante: 10 dB
- 4) Variazione massima di guadagno in banda passante: 1 dB;
- 5) Attenuazione minima (rispetto al massimo guadagno in banda passante) in banda attenuata: 20 dB;
- 6) Ampiezza massima del segnale di ingresso 200 mV picco-picco.

Utilizzare componenti passivi di tipo resistivo e capacitivo oppure attivi.

Disegnare lo schema elettrico del sistema. Dimensionare tutti i componenti passivi. Per gli eventuali componenti attivi fornire le specifiche principali che essi devono soddisfare.

Stimare l'effetto delle tolleranze dei componenti sulla risposta in frequenza del filtro.

## Tema n. 4

Si chiede al candidato di progettare la rete di accesso Wi-Fi e di interconnessione cablata che permetta l'accesso a Internet all'interno di 4 aule presenti nella sede distaccata di una università. I principali requisiti del progetto sono la minimizzazione del numero apparati utilizzati (al fine di contenere i costi) e il soddisfacimento della QoE (Quality of Experience) degli utenti nell'utilizzo della applicazione di e-learning, i cui requisiti di banda sono descritti nel seguito.

La rete deve coprire un edificio costituito da 4 aule adiacenti, sullo stesso piano, ciascuna in grado di contenere fino a 20 studenti e un docente. La figura 1 riporta una pianta approssimativa dell'edificio. L'accesso alla rete deve avvenire attraverso degli Access Point (AP) operanti in standard IEEE 802.11g, in grado di fornire accesso a livello fisico con bitrate compresi tra 6 e 54 Mbit/s. Si ricorda che il bitrate di livello fisico dipende dalla modulazione e codifica utilizzati, e determina esclusivamente il tempo di trasmissione di un frame. La figura 2 riporta lo spettro dei canali utilizzabili. Si ipotizzi che ciascun AP abbia a disposizione anche un'interfaccia Ethernet a 100 Mbit/s, e supporti l'instradamento a livello 3 (funzionando perciò da router) e i servizi di DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) e NAT (Network Address Translation).

La rete locale cablata dovrà interconnettere gli AP verso Internet attraverso un Internet Service Provider (ISP). La connessione all'ISP avviene attraverso un cavo UTP già presente nell'edificio, come indicato in figura 1. Il cavo è già collegato a una porta Ethernet a 100 Mbit/s presente in un apparato di rete dell'operatore. L'ISP ha comunicato le seguenti informazioni per il collegamento di un router di accesso da installare nell'edificio: indirizzo IP del router locale 140.3.2.2/30, default gateway 140.3.2.1/30, DNS 8.8.8.8.

La principale applicazione di e-learning da supportare è basata su servizi web localizzati su un cloud esterno ed è molto simile alla ben nota applicazione GoogleDocs. Essa permette la condivisione di una lavagna elettronica con cui il docente e gli studenti possono interagire in tempo reale. Ogni utente (docente o studente) che visualizza la lavagna necessita una banda di picco, a livello applicazione, pari a 100 kbit/s in download; ogni utente che scrive sulla lavagna (ad esempio, il docente che spiega o uno studente che fa una domanda scrivendo sulla lavagna) necessita 20 kbit/s a livello applicazione in upload. Si ipotizzi che circa il 10% della banda effettiva venga ridotta a causa dell'informazione di controllo presente nelle intestazioni dei protocolli di livello inferiore. Inoltre, l'applicazione non è in grado di sfruttare l'eventuale presenza di protocolli multicast.

1. Si dimensiona la rete in termini di numero AP necessari a garantire una QoE ragionevole a tutti gli utenti, specificando la scelta del canale per ciascun AP e discutendo l'effetto del protocollo di accesso usato da Wi-Fi e delle possibili interferenze tra canali adiacenti. Per il dimensionamento, si considerino specificatamente i due seguenti casi:
  - Scenario 1 (caso peggiore): il massimo numero di utenti è presente in ogni aula; tutti gli utenti sono associati a 6 Mbit/s.
  - Scenario 2 (caso più realistico): il massimo numero di utenti è presente in ogni aula; il 25% degli utenti sono associati a 6 Mbit/s e il 75% a 18 Mbit/s.

Si ipotizzi che le condizioni di propagazione e le collisioni incidano sul sistema riducendo la banda effettiva del 40%.

2. Si discuta come ci si aspetta che gli utenti delle quattro aule si distribuiscano tra i diversi AP.
3. Si descriva la topologia fisica della rete, elencando tutti gli apparati di rete e di comunicazione necessari per la realizzazione del progetto, scelti tra AP, switch, router, cavi UTP, etc.
4. Si descriva il posizionamento dei diversi apparati di rete sulla pianta dell'edificio, mostrandone anche il cablaggio.
5. Si descriva la topologia logica di livello 3, evidenziando le diverse reti IP.
6. Si progetti un piano di indirizzamento IP per tutti gli apparati di rete di livello 3, mettendo in evidenza (i) gli indirizzi di rete, (ii) gli indirizzi di ciascuna interfaccia presente nella rete e (iii) le tabelle di instradamento. Nel caso degli AP, indicare anche le configurazioni relative al DHCP (ad

esempio, il pool di indirizzi da assegnare agli host, il default gateway per ciascun host, etc). Indicare eventualmente i router abilitati al NAT.

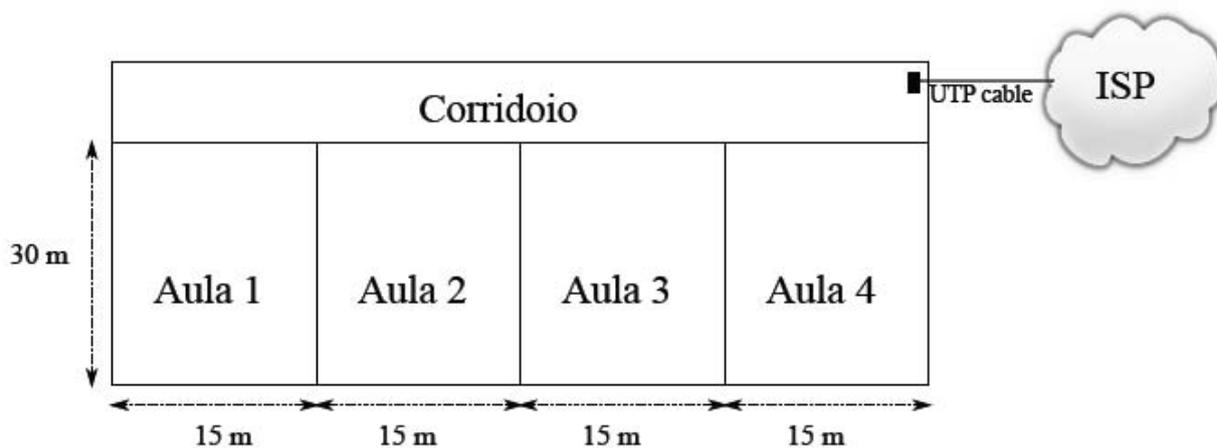


Figure 1. Pianta dell'edificio

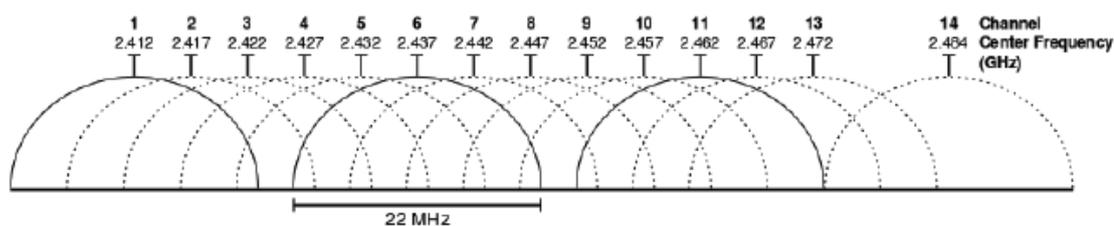
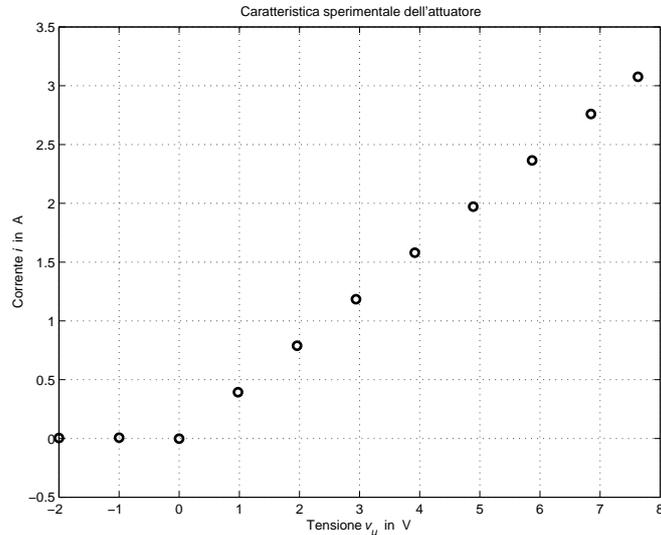


Figure 2. Canali 802.11b/g utilizzati nello spettro a 2.4 GHz. Si noti che l'uso del canale 14 non è consentito in Europa.

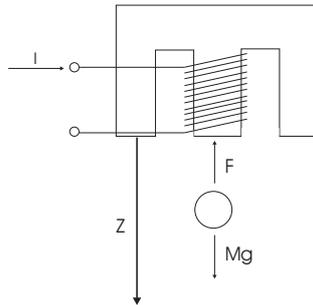
## Tema n. 5

Si consideri il dispositivo meccatronico per scopi didattici denominato *levitatore magnetico*, costituito in prima approssimazione dalla cascata dei tre seguenti sottosistemi:

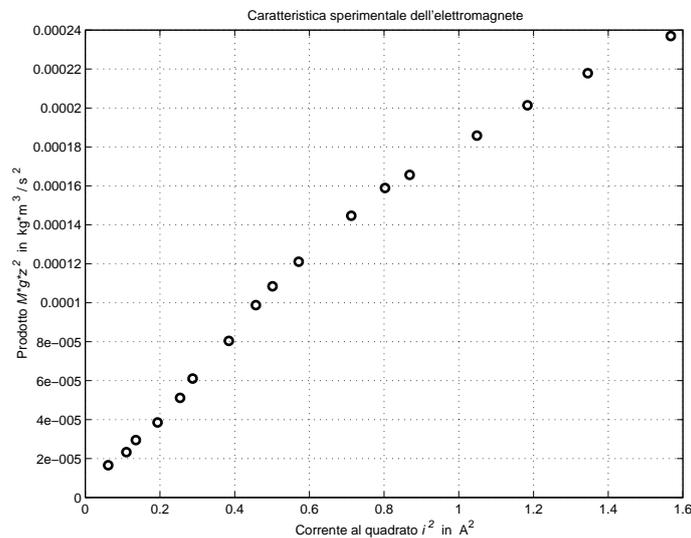
- un attuatore, che riceve in ingresso la tensione di comando  $v_u$  (espressa in V) e fornisce in uscita la corrente  $i$  (espressa in A); il legame sperimentale fra tali grandezze, mostrato nella figura sottostante, è approssimabile nell'intervallo di linearità tramite la caratteristica:  $i = K_a * v_u + i_0$



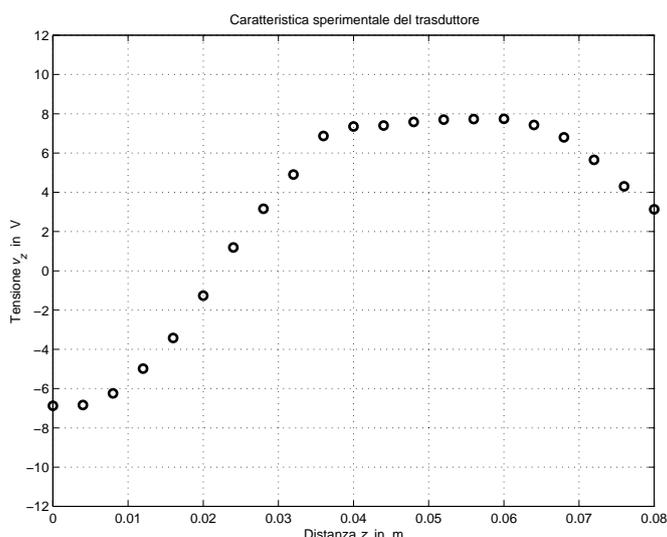
- un elettromagnete, che riceve in ingresso la corrente  $i$  fornita dall'attuatore e genera una forza magnetica  $F$  che attrae una sfera metallica di massa  $M = 0,022$  kg, da considerarsi un corpo puntiforme; tale sottosistema, mostrato in figura, è descritto dal modello dinamico:  $M * d^2z/dt^2 = M * g - F$ ,  $F = (K_m * i^2 + K_0) / z^2$ , in cui  $z$  è la distanza (espressa in m) fra l'elettromagnete e la sfera;



quando la sfera è in condizione di equilibrio, il legame sperimentale fra il prodotto  $M * g * z^2$  e il termine  $i^2$ , mostrato nella figura sottostante, può essere approssimato nell'intervallo di linearità mediante la caratteristica:  $M * g * z^2 = K_m * i^2 + K_0$



- un trasduttore, che misura la posizione  $z$  della sfera mediante sensori ottici e fornisce in uscita una tensione  $v_z$  (espressa in V); il legame sperimentale fra tali grandezze, mostrato nella figura sottostante, è approssimabile nell'intervallo di linearità centrato intorno al valore nullo di  $v_z$  tramite la caratteristica:  $v_z = K_t * z + v_0$



Si ricavano per via grafica i valori numerici dei parametri  $K_a$ ,  $i_0$ ,  $K_m$ ,  $K_0$ ,  $K_t$  e  $v_0$ , precisando gli intervalli di validità delle approssimazioni effettuate.

Come modello matematico del dispositivo complessivo, se ne ricavi una rappresentazione in variabili di stato, adottando  $v_u$  come variabile d'ingresso  $u$  e  $v_z$  come variabile d'uscita  $y$ . Scegliendo come uscita di equilibrio il valore  $y_{eq} = 0$ , si ricavano i valori dell'ingresso  $u_{eq}$  e dello stato  $x_{eq}$  di equilibrio corrispondenti; si linearizzi il modello in tale punto di equilibrio, analizzandone le proprietà di stabilità locale; si calcoli la funzione di trasferimento del modello linearizzato ricavato, analizzandone le proprietà di stabilità esterna.

Se possibile dal punto di vista teorico, si progetti un regolatore dinamico (o retroazione statica dallo stato stimato da un osservatore asintotico) che soddisfi le seguenti specifiche:

- errore di inseguimento nullo al gradino in caso di assenza di incertezze di modello (è sufficiente garantire la condizione di regolazione dell'uscita)
- sovralongazione massima non superiore al 15%
- tempo di salita non superiore a 0,015 s
- tempo di assestamento al 5% non superiore a 0,1 s
- costanti di tempo dell'osservatore asintotico dello stato non superiori alla metà delle costanti di tempo del sistema controllato mediante il regolatore dinamico

Assumendo come modello approssimato dell'intero levitatore la funzione di trasferimento

$$F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{V_z(s)}{V_u(s)} = \frac{-5000}{s^2 - 900},$$

si progetti un dispositivo di controllo analogico mediante

compensazione dinamica in cascata e retroazione negativa unitaria dell'uscita tale da soddisfare le seguenti specifiche:

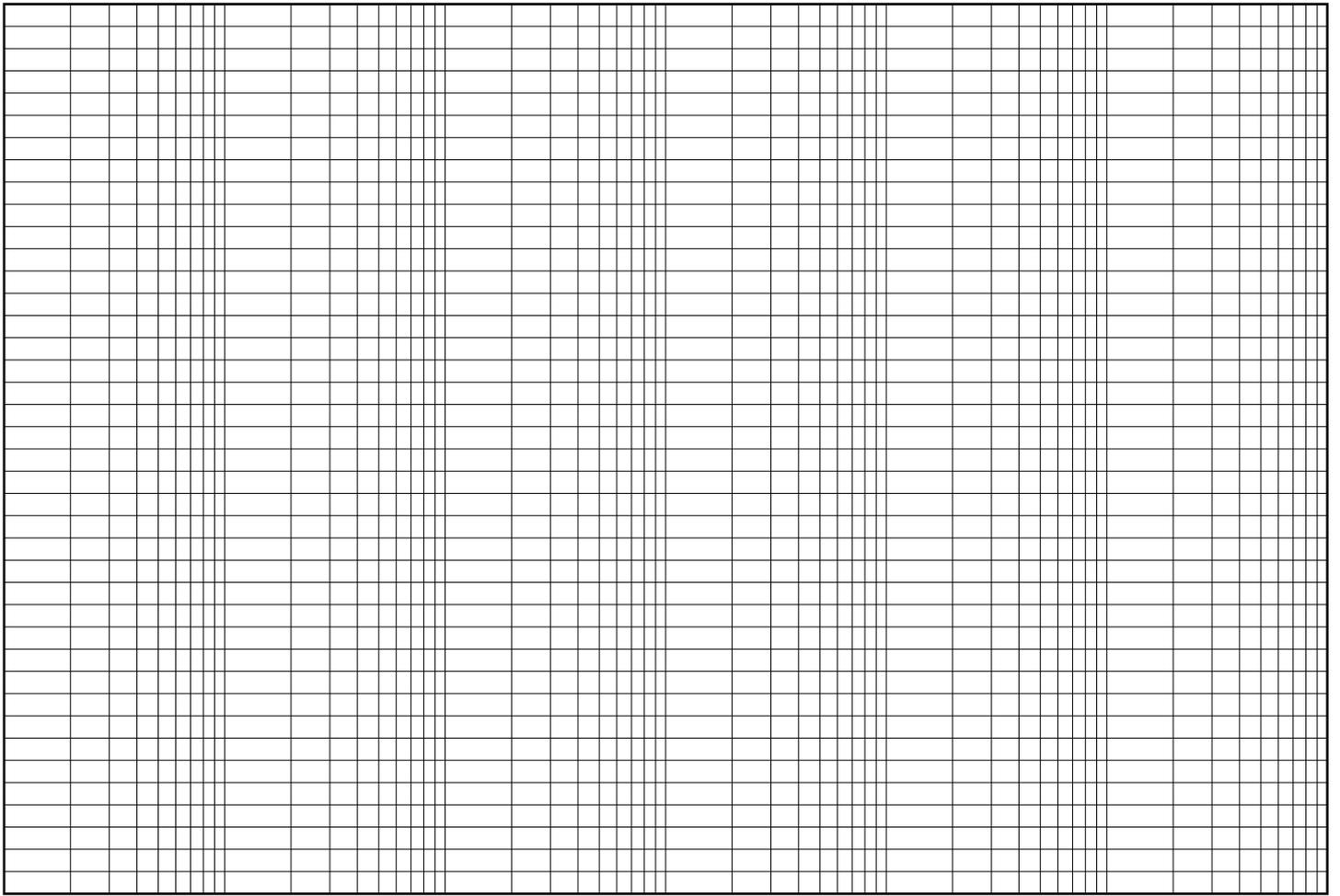
- fattore di scala ingresso-uscita unitario
- errore di inseguimento al gradino unitario non superiore a 0,02 V
- sovralongazione massima non superiore al 15%
- tempo di salita non superiore a 0,015 s
- tempo di assestamento al 5% non superiore a 0,1 s
- picco di risonanza della risposta in frequenza non superiore a 1 dB
- banda passante della risposta in frequenza non superiore a 120 Hz

Di entrambi i dispositivi di controllo, si caratterizzino sia le strutture sia gli algoritmi.

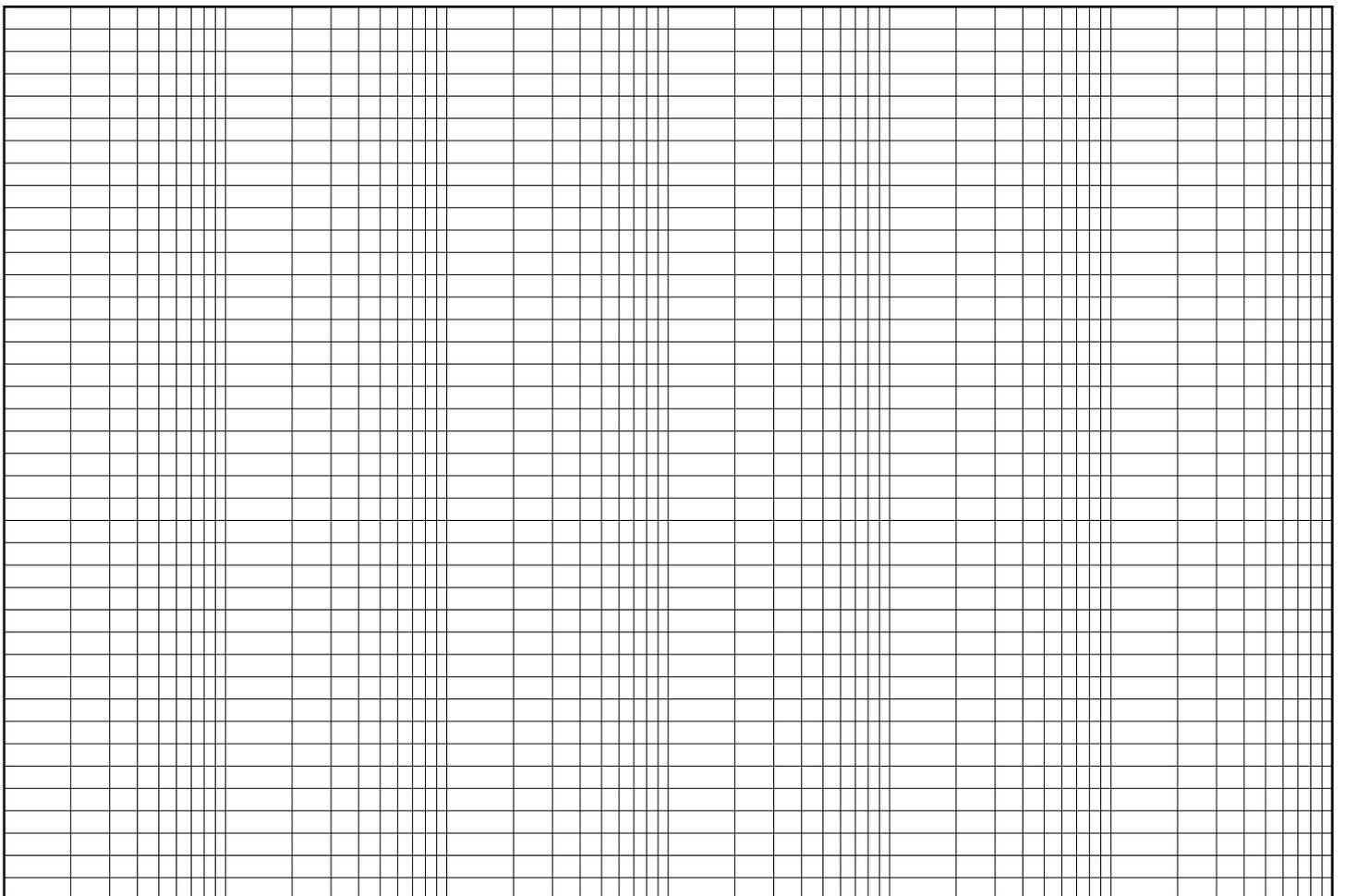
Infine, senza entrare nei dettagli implementativi, si proponghano architetture di controllo alternative che soddisfino tali specifiche in presenza delle inevitabili incertezze di modello.

**Nota:** il tracciamento di diagrammi di Bode e/o di Nichols sia effettuato sugli appositi fogli da richiedersi alla Commissione.

Carta semilogaritmica a 6 decadi

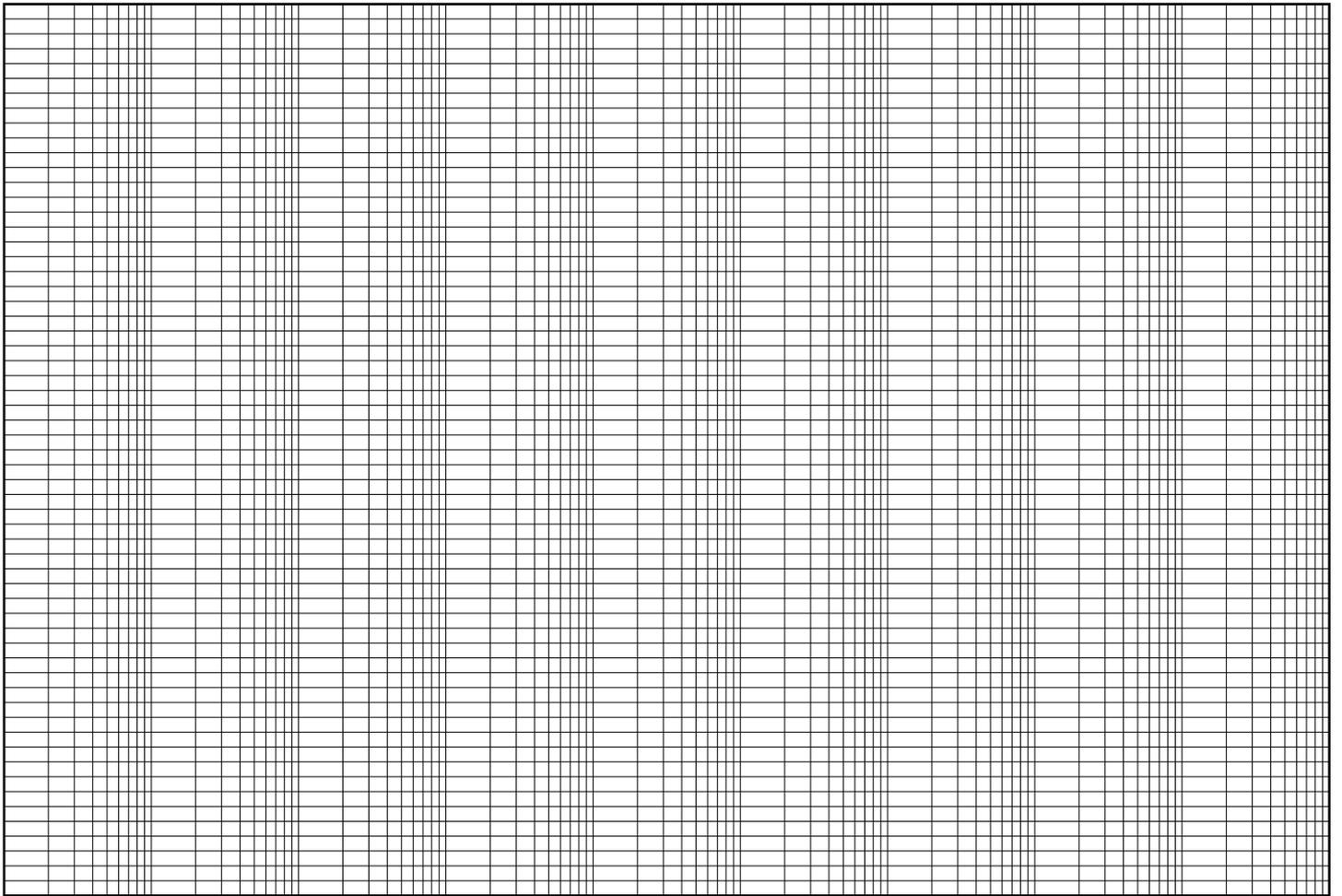


Pulsazione

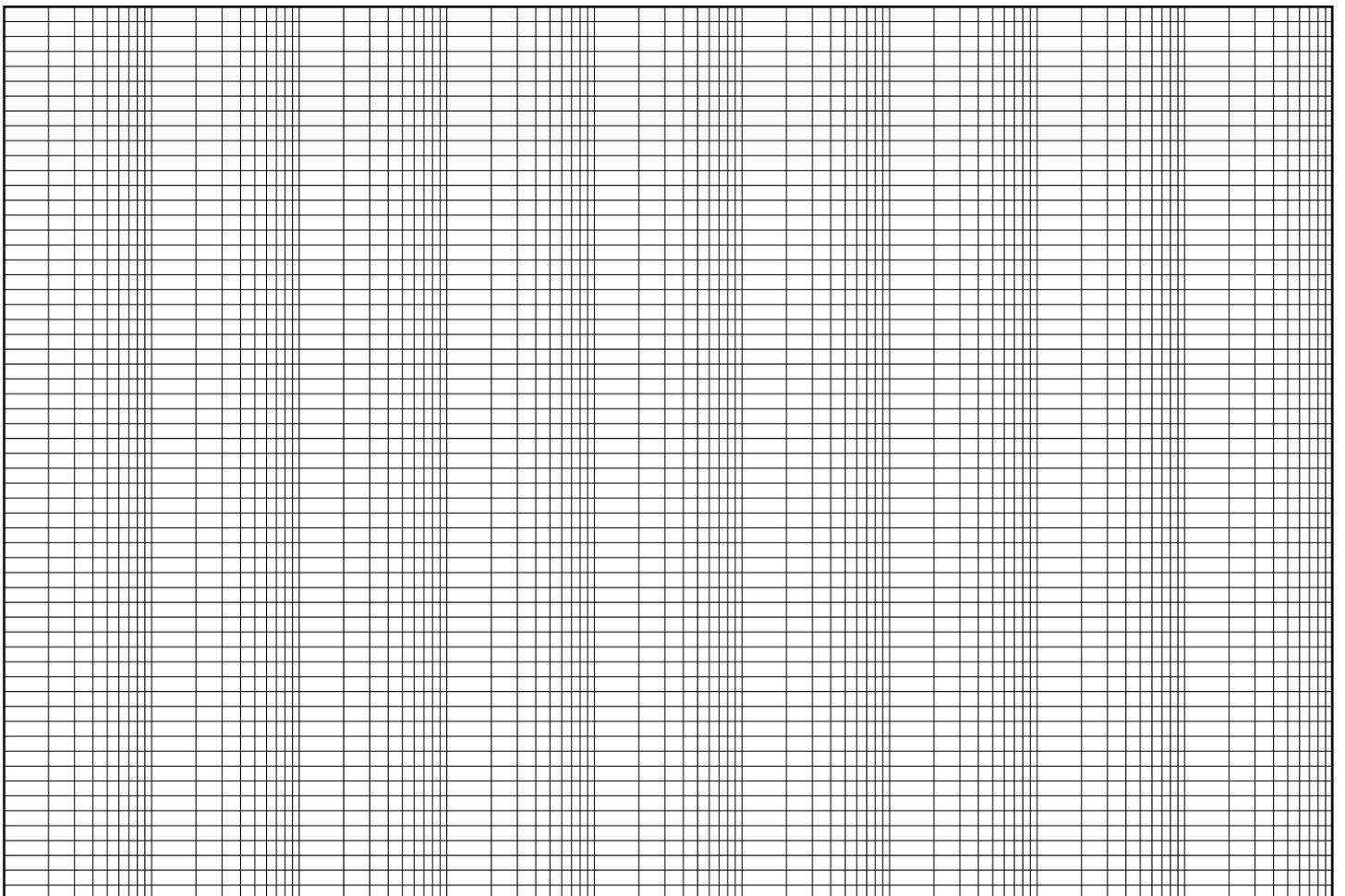


Pulsazione

Carta semilogaritmica a 9 decadi



Pulsazione



Pulsazione

