



**Politecnico
di Torino**

POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO 2025

PRIMA SESSIONE

SETTORE INFORMAZIONE

Prova pratica del 19/09/2025

TRACCIA 1

Si chiede al candidato di progettare un sistema di *cruise control* per un autoveicolo. L'obiettivo è progettare un sistema di controllo in retroazione che permetta di raggiungere una determinata velocità di crociera partendo da fermo, rispettando opportuni requisiti di comfort ed efficienza.

Nella prima fase del progetto, è richiesta l'analisi del modello matematico del problema, a partire dai dati proposti.

Modellizzazione

Si consideri il seguente modello semplificato per la velocità longitudinale $v(t)$ (m/s) dell'autoveicolo:

$$m\dot{v}(t) + cv(t) = f(t) - d(t)$$

dove t è il tempo ($t \geq 0$); m (kg) è la massa dell'autoveicolo; c (kg/s) è il coefficiente d'attrito; $f(t)$ (N) è la forza equivalente di trazione applicata al veicolo e $d(t)$ è una forza di disturbo.

Si consideri un autoveicolo con massa $m = 1100$ kg, $c = 28$ kg/s e massima forza di trazione, ad una certa marcia prefissata, pari a $f(t) = 1300$ N. Si analizzi il sistema dato in termini di ingressi, uscite, funzione di trasferimento e stabilità. In particolare, si verifichi che il sistema dato può essere descritto dalla seguente funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{1}{c + ms}$$

dove s è la variabile di Laplace.

Progetto

Progettare un controllore in retroazione che soddisfi i seguenti requisiti

1. Il sistema controllato deve risultare stabile;
2. L'errore di inseguimento stazionario deve essere nullo in presenza di un riferimento costante di velocità;

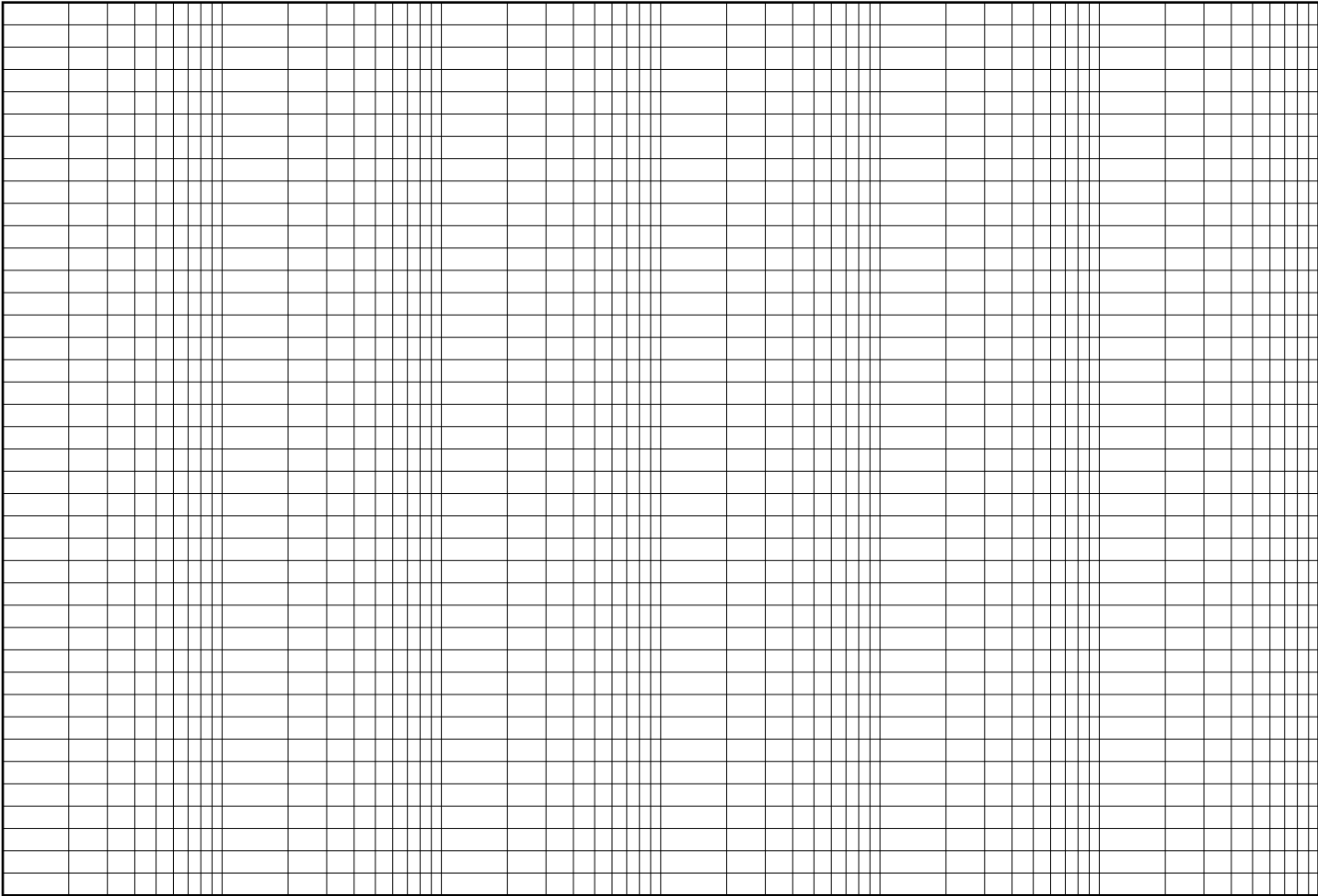


**Politecnico
di Torino**

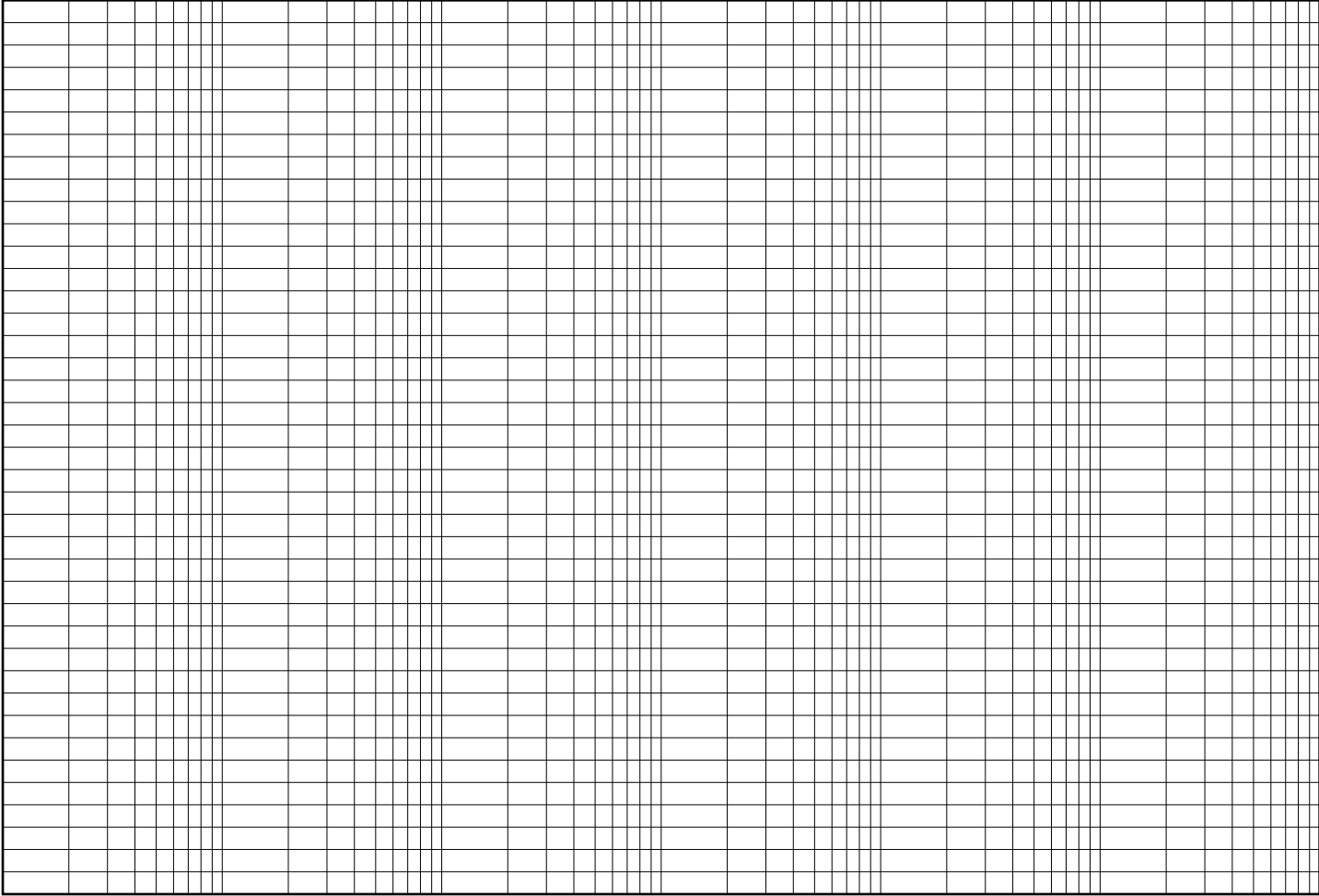
3. L'errore di inseguimento stazionario deve essere nullo in presenza di un disturbo $d(t) = d$ costante nel tempo;
4. Per motivi di comfort, la sovraelongazione massima nella risposta al gradino del sistema controllato non deve superare il 10%.

Il candidato può utilizzare qualsiasi tecnica di progetto purché adeguata alla soluzione del problema. I passaggi del progetto devono essere motivati e illustrati in modo esaustivo.

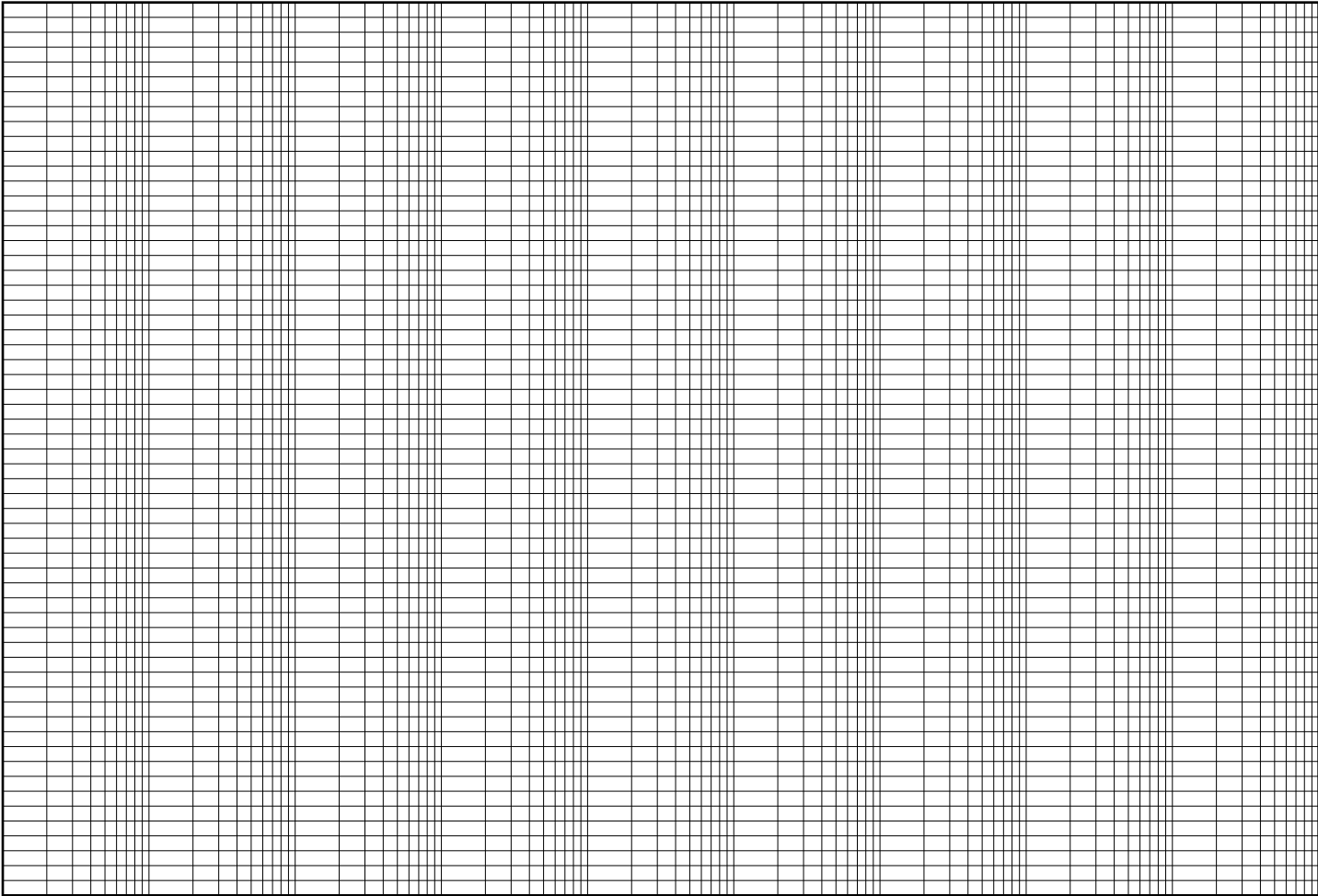
L'eventuale tracciamento di diagrammi di Bode e/o di Nichols può essere svolto sugli appositi fogli forniti in allegato oppure direttamente sui fogli utilizzati per lo svolgimento del tema d'esame.



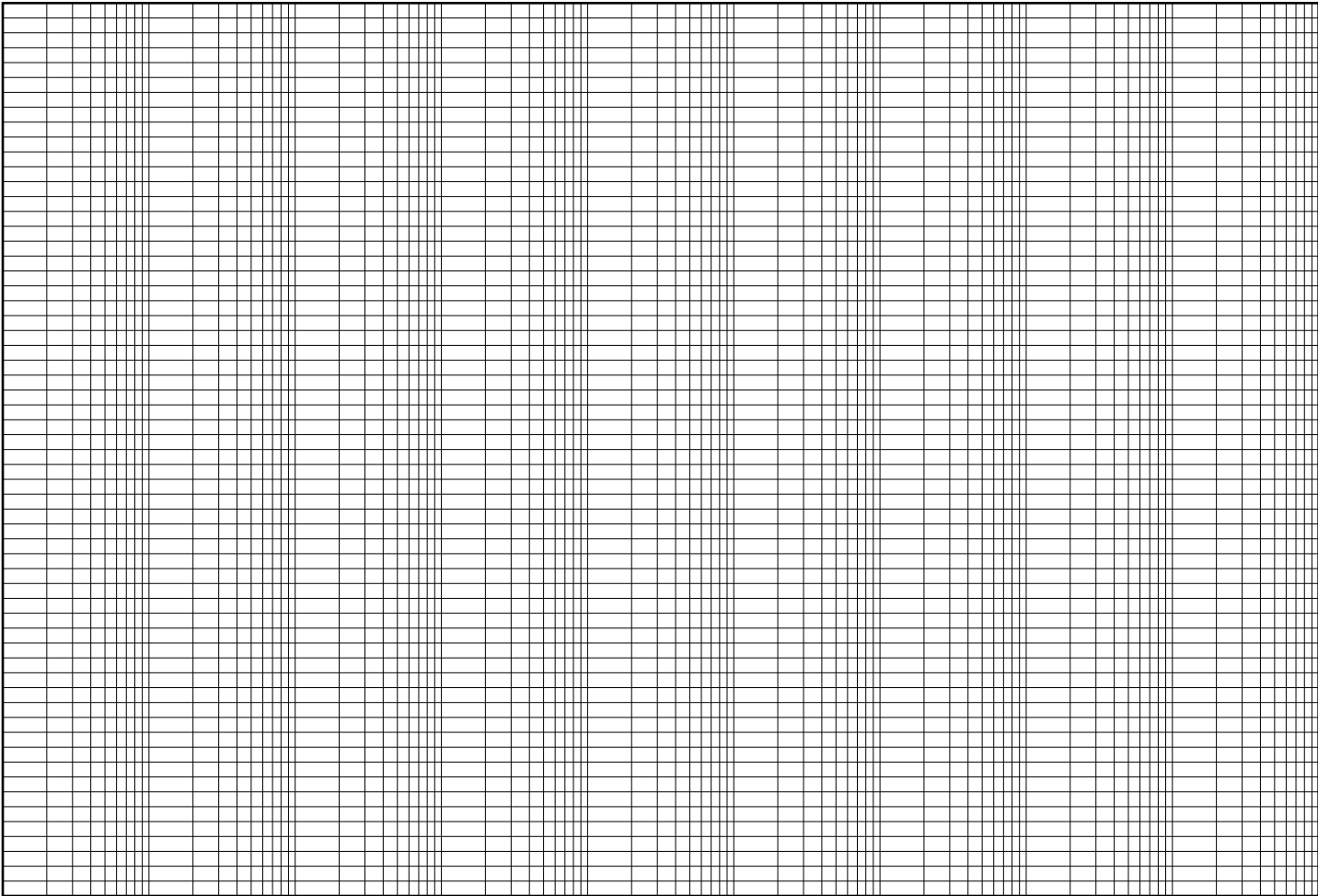
Pulsazione w



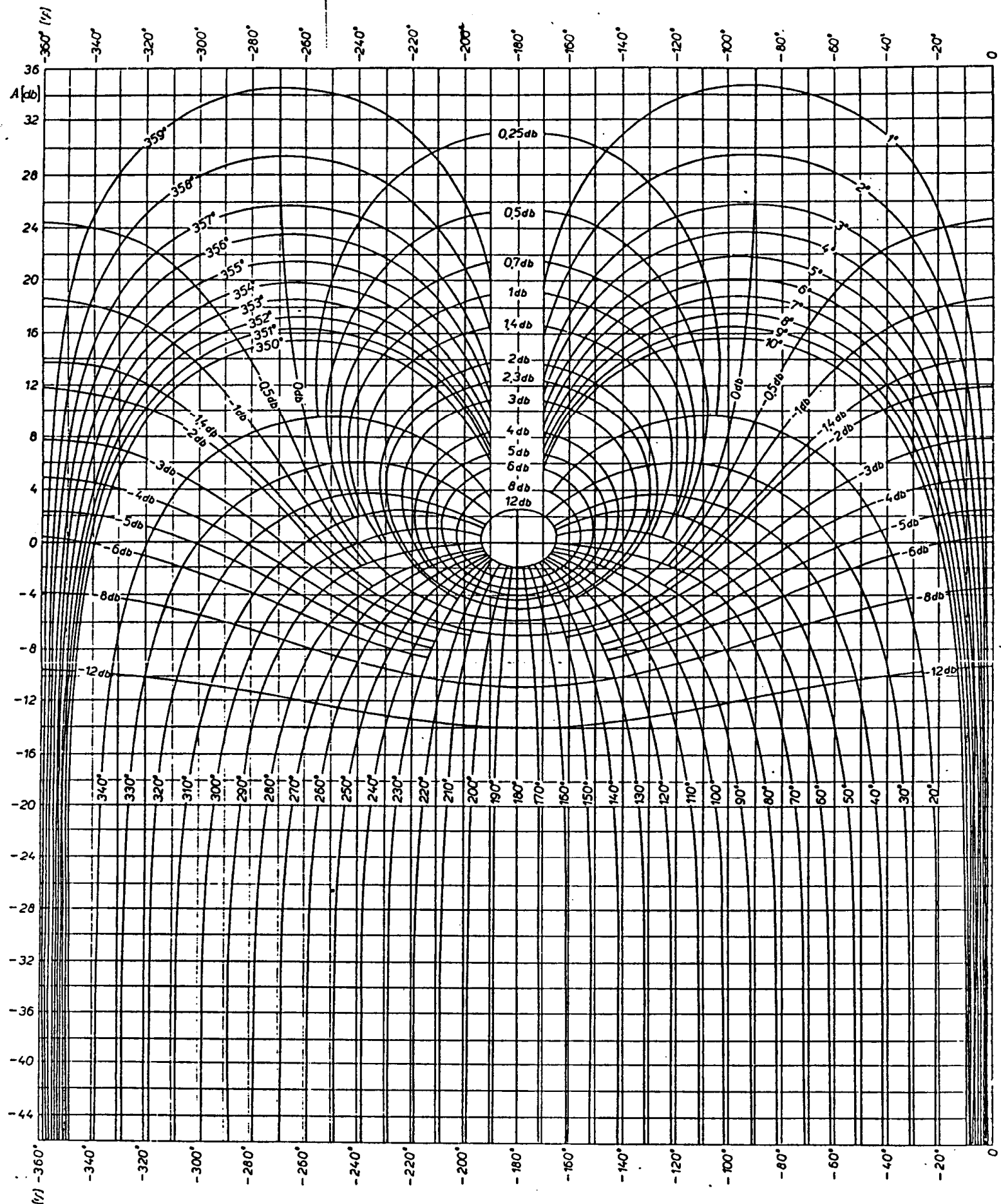
Pulsazione w



Pulsazione w



Pulsazione w





**Politecnico
di Torino**

TRACCIA 2

Progetto di un accelerometro integrato.

Il candidato progetti un accelerometro integrato realizzato su singolo chip, in grado di rilevare accelerazioni comprese tra $+1g$ e $-1g$.

In particolare il candidato:

- 1) Descriva la tecnologia scelta ed il principio di funzionamento.
- 2) Progetti la parte micromeccanica, scegliendo anche il materiale, ed adottando nei calcoli valori ragionevoli per le costanti meccaniche ed elettriche dello stesso.
- 3) Progetti il front-end elettronico per l'acquisizione.

TRACCIA 3

Un'azienda di medie dimensioni ha manifestato la necessità di sviluppare un software interno per la catalogazione, archiviazione e ricerca dei documenti aziendali (rapporti tecnici, contratti, manuali, documenti fiscali, manuali, etc.). Attualmente, i documenti sono archiviati in cartelle locali o su cloud senza una logica condivisa, rendendo difficile il reperimento rapido delle informazioni e aumentando il rischio di smarrimento di dati importanti. Inoltre la stesura di documenti condivisa tra vari soggetti è eseguita in modo “*artigianale*” mediante condivisione di cartella oppure sono trasmessi tramite mail: questo causa continue revisioni e genera un aumento del tempo di redazione.

Obiettivo

Realizzare un piano di progetto per realizzare un software di gestione dei documenti a livello aziendale (ECM). Il software deve consentire di:

1. Autenticazione e profilazione degli utenti
2. Archiviare i documenti in modo strutturato
3. Taggare i documenti con metadati (es. autore, data, tipo, reparto, ecc.)
4. Consentire la ricerca avanzata
5. Gestire versioni e autorizzazioni
6. Fornire un meccanismo di lock sui documenti (check-in, check-out)
7. Integrare un workflow per gestire l'iter di pubblicazione dei documenti
8. Interfacciarsi eventualmente con sistemi esterni (ERP, gestionali documentali, ecc.)
9. Il software deve essere fruibile tramite browser
10. I documenti sono memorizzati su file system
11. Il sistema deve garantire una disponibilità del 99,99 % nella fascia oraria 8-20 (lun.-ven.)
12. Il sistema deve essere scalabile per numero utenti, volume dei documenti e dimensione dei dati
13. Il sistema deve garantire la protezione e l'accesso ai dati agli utenti abilitati
14. I metadati devono essere gestiti in modo coerente e non devono esserci conflitti
15. Il sistema deve essere compatibile con le disposizioni di legge relative a privacy e sicurezza (login, sapere chi ha fatto cosa, quando e come)



Il piano di progetto dovrà includere:

1. Analisi dei requisiti

- Funzionali e non funzionali
- Identificazione degli stakeholder
- Vincoli e assunzioni

2. Work Breakdown Structure (WBS)

- Scomposizione in fasi, attività, deliverable

3. Pianificazione temporale (Gantt di massima)

- Indicare tempistiche di progetto (durata, milestone, dipendenze)

4. Risorse e competenze necessarie

- Team di progetto, ruoli e responsabilità

5. Stima dei costi

- Budget preliminare suddiviso per fase o categoria di costo

6. Analisi dei rischi

- Identificazione, valutazione e possibili strategie di mitigazione

7. Metriche di successo del progetto

- Definire gli indicatori di performance (KPI) e i criteri di accettazione

8. Cenni alla metodologia di gestione del progetto proposta

- (Es. Agile, Waterfall, Iterativa) e motivazioni della scelta

TRACCIA 4

Un'azienda di building automation deve realizzare un sistema integrato per edifici residenziali. In campo sono presenti sensori cablati e radio (Wi-Fi, Bluetooth, sub-GHz/LPWAN), telecamere Wi-Fi e PoE. L'azienda acquista un gateway OEM per ogni edificio e progetta una piattaforma software capace di gestire tecnologie eterogenee. La piattaforma deve essere fruibile localmente e da remoto, con comportamento "local-first" in assenza di connettività Internet.

Il gateway comunica verso il cloud solo con connessioni cifrate; è richiesto mutuo riconoscimento (mTLS o equivalente) tra gateway e cloud. L'accesso remoto all'interfaccia locale deve funzionare anche dietro NAT e firewall standard domestici. La piattaforma è multi-tenant con isolamento tra organizzazioni e tra edifici. Le automazioni critiche devono continuare a funzionare offline.



In produzione si stima che vengano gestiti 1000 edifici; ogni edificio ha 120 sensori, 40 attuatori, 6 telecamere (4 PoE, 2 Wi-Fi). I sensori inviano una misura ogni 60 secondi; il 10% dei sensori invia anche eventi ogni 10 secondi 0-24 24/7. Gli attuatori pubblicano stato ogni 5 minuti. Ogni gateway invia heartbeat ogni 30 secondi. Sono attivi in media due stream video 1080p per edificio 0-24 24/7. La retention di telemetria è 90 giorni; per i media, registrazione locale continua e in cloud solo clip evento di 15 secondi.

Progettare un sistema completo edge–cloud che gestisca discovery, telemetria, comandi, automazioni, video, sicurezza, identità e aggiornamenti OTA. Il candidato deve motivare scelte architetturali e dimensionamenti, esplicitando ipotesi e calcoli.

Si definiscano:

- I requisiti del router/gateway OEM. Descrivere CPU/architettura, memoria, storage, interfacce di rete e bus industriali, moduli radio richiesti, alimentazione, requisiti ambientali, certificazioni.
- I requisiti della piattaforma software distinguendo tra requisiti funzionali e non funzionali.
- Il modello concettuale del sistema. Fornire un class diagram UML di alto livello che rappresenti tutte le entità di alto livello necessarie. Si riportino le classi principali, con attributi essenziali e cardinalità.
- L'architettura del sistema. Descrivere i componenti edge, i servizi cloud, i flussi principali e le superfici di sicurezza attraverso deployment diagram e sequence diagram.
- La progettazione cloud dettagliando:
 - Come strutturare messaging e storage in modalità multi-tenant
 - Come ogni edificio diventa raggiungibile dall'esterno senza aperture inbound
 - Come avviene l'accesso remoto all'UI locale
 - Come gestire i flussi video (inclusi i casi dietro NAT)
 - Quali meccanismi garantiscono scalabilità e isolamento.
- Uno schema di topic MQTT multi-tenant e per edificio, indicando wildcard consentite e negate, esempio di policy di publish/subscribe per gateway, per utente manutentore e per integrazione esterna, e come prevenire attraversamenti tra tenant o tra edifici.
- La pianificazione definendo:
 - Una WBS coerente
- Un diagramma di Gantt di massima per arrivare a un MVP in circa 12 mesi, con dipendenze e milestone esplicite.
- Una stima dell'effort richiesto in persone-mese (PM) e la scomposizione per aree (edge/runtime, cloud, video, web/API, SRE/DevOps, sicurezza/compliance, qualità/test), indicando le ipotesi alla base della stima.



TRACCIA 5

Parte A — Progettazione rete di interconnessione HPC/Data Center

I moderni sistemi di calcolo ad alte prestazioni (HPC) e i grandi data centers utilizzano reti di interconnessione a bassa latenza e alta capacità per collegare migliaia di servers. Due topologie rappresentative sono:

- Fat-Tree (Clos)
- 2D-Torus

Obiettivo: progettare una rete per $N = 2048$ server a 100 Gb/s usando switch S-32×100Gb/s (radix $R=32$). Si scelga una delle due topologie (Fat-Tree 3-tier o 2D-Torus) e si sviluppi il progetto; successivamente si confrontino i risultati con l'alternativa.

Dati tecnici forniti

- Switch S-32×100G: radix $R=32$; potenza base $P_0=100$ W;
- Un TRx ottico per ogni porta dello switch; $P_{TRX}=3$ W;

Definizioni di d e u

- d = numero di porte dedicate ai server per ciascun switch.
- u = numero di porte dedicate agli uplink/interconnessioni tra switch.
- Vincolo: $d + u \leq R$ (con $R = 32$).

Formule / relazioni utili

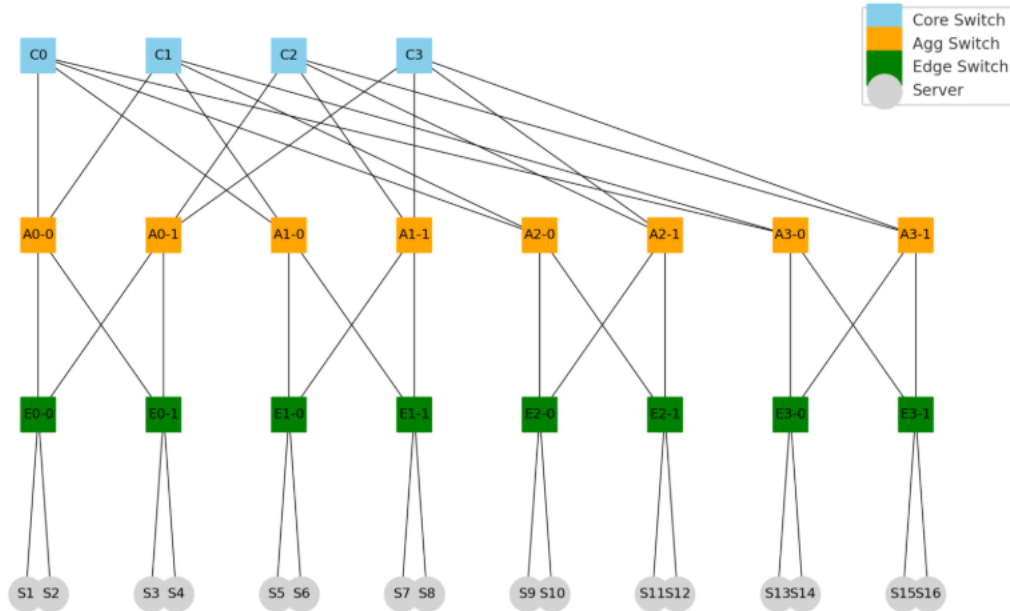
- Numero di ToR: $N_{ToR} = N / d$
- Uplink totali dal livello ToR: $U = N_{ToR} \cdot u$
- 2D-Torus – link paralleli per direzione: $m = (R - d) / 4$
- 2D-Torus – dimensione della griglia: $a \cdot b = N/d$

Figure illustrative (esempi)

Fat-Tree 3 livelli (radix = 4, 16 servers, oversubscription = 1):



Esempio di Fat-Tree 3 livelli (radix=4, 16 server)



2D-Torus (2x8, 32 server):

Esempio di 2D-Torus (2x8, 32 server)



Consegna — Parte A

- 1) Definire i parametri della topologia scelta per $N = 2048$ servers e disegnare uno schema delle due topologie.
- 2) Calcolare e riportare: # switch, # TRx, numero di hop medi, minimo, massimo della rete.
- 3) Stimare potenza consumata totale e CAPEX.
- 4) Scrivere una breve discussione critica (max 2 pagine) sulle performance e scalabilità delle due architetture in relazione anche alla tipologia di traffico (i.e., uniformemente distribuito, localizzato, ecc....).



Parte B — Progettazione collegamento ottico intra-DC (100Gb/s) e inter-DC (400Gb/s)

La crescita del traffico tra server e apparati di rete, unita alla necessità di collegare più data centers in ambito metropolitano, porta all'uso di collegamenti ottici ad alta capacità. La scelta del formato di modulazione, del ricevitore e del numero di lunghezze d'onda deve tenere conto del budget di potenza e del rapporto segnale-rumore - SNR – disponibili per diversi tipi di ricevitori ottici: i.e., ricevitore di tipo PIN e ricevitore di tipo APD.

Formule fornite (per singola λ /canale)

- PIN: $SNR^* \approx (R \cdot P_{RX})^2 / (4kTB / R_L + 2q \cdot (R \cdot P_{RX}) \cdot B)$
- APD: $SNR^* \approx (M \cdot R \cdot P_{RX})^2 / (4kTB / R_L + M^2 F \cdot 2q \cdot (R \cdot P_{RX}) \cdot B)$

$$*k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}, T = 300 \text{ K}, q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, R_L = 50 \text{ } \Omega; \text{ banda } B \approx R_s/2$$

Parametri comuni:

- Soglie minime SNR: [per canale (lunghezza d'onda)]: PAM2 ≈ 10 dB; PAM4 ≈ 15 dB.
- $P_{TX} = 0$ dBm per lunghezza d'onda λ ;
- Perdita Wavelength MUX/DEMUX: 3 dB cad.; Perdita fibra ottica: $\alpha = 0.2$ dB/km;
- PIN: $R = 0.8$ A/W; APD: $M = 8, F = 3$.
- $B \leq 25$ GHz;

Scenario 1 — Intra-DC 100 Gb/s ($L_{max} = 2$ km)

Considerando i parametri comuni riportati qui sopra, ed una lunghezza di fibra massima di 2 km, dimensionare il sistema in termini di:

- formato di modulazione (PAM2 o PAM4),
- numero di canali (lunghezze d'onda λ),
- banda $B \approx R_s/2$ e symbol rate R_s per canale al fine di raggiungere un valore complessivo di 100 Gb/s.

Nota: calcolare il budget di potenza e la SNR con PIN e APD, confrontare con le soglie fornite, e motivare la scelta finale.

Scenario 2 — Inter-DC 400 Gb/s ($L_{max} = 80$ km)

Considerando i parametri comuni riportati qui sopra, ed una lunghezza di fibra massima di 80 km, dimensionare il sistema in termini di:

- formato di modulazione (PAM2 o PAM4),
- numero di canali (lunghezze d'onda λ),
- banda $B \approx R_s/2$ e symbol rate R_s per canale al fine di raggiungere un valore complessivo di 400 Gb/s.

Nota: calcolare il budget di potenza e la SNR con PIN e APD per almeno due configurazioni (es. una con PAM4 ed una con PAM2), confrontare con le soglie e motivare la scelta finale.