

# Circuiti Elettronici Digitali

angeloperotti7

February 2025

## 0.1 Introduzione

- esame scritto
  - domande di teoria e esercizi di analisi e progetto
- orale
  - facoltativo
  - solo se allo scritto voto è  $\geq 15$
  - $\pm 3$
- laboratorio
  - valutazione pratica dei circuiti visti a lezione e loro caratterizzazione
  - uso del linguaggio e simulatore spice, standard industriale
- materiale
  - dispense disponibili su moodle
  - testi di riferimento: Microelectronic Circuit Design, 5ed McGraw Hill
- Obiettivi del corso:
  - comprendere come costruire circuiti digitali a partire dai dispositivi
  - dimensionare correttamente i circuiti
  - confrontare le presentazioni di diverse famiglie logiche
  - macroargomenti
    - \* Dispositivi
      - semiconduttori
      - giunzione PN
      - Diodi
      - transistori MOS
    - \* Circuiti combinatori
      - inverter
      - logica CMOS
      - Logiche a rapporto
      - altre logiche
      - porte complesse
    - \* Circuiti Sequenziali
      - Latch, flip flop
      - Memorie
      - Logica dinamica
      - altre logiche
    - \* Laboratorio
      - analisi di circuiti
      - prestazioni
      - progetto
- aspetti progettuali di interesse
  - ...
  - controllo della precisione delle operazioni
  - dimensione fisica del sistema
  - consumo di potenza
  - prestazioni

# Chapter 1

## ripassos del turbo razzo

### 1.0.1 Carica elettrica e campo elettrico

- Protoni ed Elettroni sono dotati di *carica elettrica*

$$q = 1.60218 \cdot 10^{-19} C$$

- *Campo* elettrico e *forza* elettrica

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad F = QE$$

- Potenziale/Tensione

- *Lavoro* necessario per spostare una carica unitaria da un punto di riferimento (massa) al punto P
- misurato in Volt
- equivale all'energia potenziale della carica unitaria
- il campo elettrico e' conservativo, il potenziale *non dipende dal percorso di C*

$$V = - \int_C E \cdot ds \quad E = -\nabla V$$

- spesso intendiamo la differenza di potenziale tra due punti  $P_1$  e  $P_2$ 
  - \* e' definita come la differenza dei potenziali
  - \* il lavoro per andare da  $P_2$  a massa e' il negativo del potenziale di  $P_2$  a cui aggiungiamo il lavoro per andare da massa a  $P_1$
  - \*  $V_{P_1-P_2} = V_{P_1} - V_{P_2}$

- Corrente

- La *quantita'* di carica che attraversa una superficie nell'*unita'* di tempo
- normalmente si tratta di elettroni
- piu' ce ne sono piu' alta sara' la corrente
- piu' vanno veloci piu' sara' la corrente

- campo uniforme

$$V = - \int_C E \cdot dx \quad E = -\frac{dV}{dx}$$

### 1.0.2 Circuito elettrico

- sistema costituito da

- Sorgenti di tensione/corrente
- Utilizzatori
- Connessioni
  - \* le connessioni sono fili
  - li consideriamo conduttori ideali

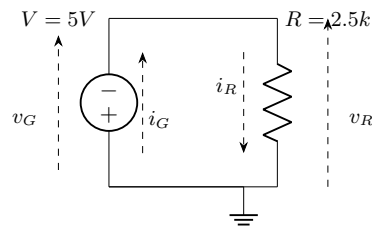
- il campo elettrico nel filo e' nullo
- la differenza di potenziale tra due punti qualsiasi del filo e' zero
- la corrente e' la stessa lungo tutto il filo, ma non e' vincolata  $F = qE$
- \* circuito aperto
  - filo rotto, non passa corrente  $\rightarrow I=0$
  - la differenza di potenziale tra i due estremi del circuito aperto non e' vincolata
- \* Resistenza
  - caratteristica lineare
  - $I = G \cdot v$
  - $V = R \cdot I \rightarrow R = \frac{1}{G}$
  - R = resistenza, misurata in Ohm
  - G = conduttanza, misurata in Siemens
  - potenza dissipata (legge di Joule) [W]

$$p = V \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R}$$

- \* generatore di tensione costante
  - caratteristica verticale
  - $v=V$
  - corrente I non vincolata, determinata dal resto del circuito

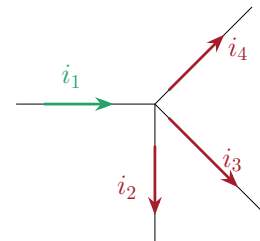
circuito: un esempio

equazioni strutturali:  $v_G = v_R$   $i_G = i_R$



- generatore di tensione variabile
  - l'analisi del comportamento nel tempo e' piu' complessa e necessita di
- leggi di Kirchhoff
  - \* **Legge 1 KCL**

- La somma delle correnti dei conduttori che si congiungono al nodo è nulla.
- Corrente entrante positiva, corrente uscente negativa.
- $i_1 - i_2 - i_3 - i_4 = 0$
- Somma entranti = somma uscenti.



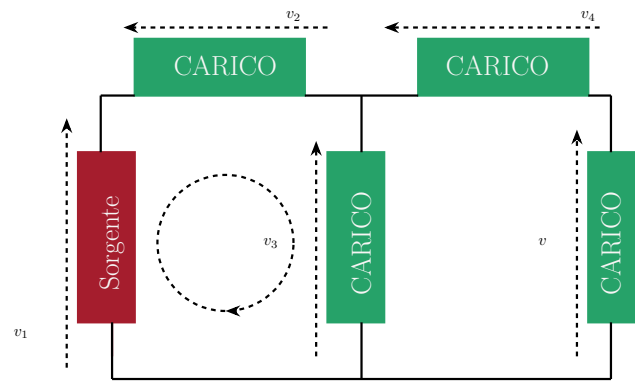
legge 2 KVL

- la somma delle tensioni lungo una maglia e' nulla
- tensione concorde e' positiva, tensione discorde negativa
- $v_1 - v_2 - v_3 = 0$

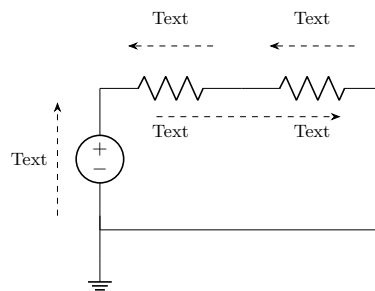
esempio: resistenze in serie

esempio: partitore di tensione esempio: cortocircuito generatore di corrente costante

- caratteristica orizzontale
- $i=I$
- tensione v non vincolata, determinata dal resto del circuito



$$\sum_{k=1}^n v_K = 0$$



esempio: resistenze in parallelo esempio: resistenze in serie e parallelo  
teorema di thevenin

- una rete elettrica contenente resistenze, generatori di tensione e corrente può essere sostituita da un singolo generatore di tensione in serie ad una resistenza di valore
- $V_T$  = tensione a circuito aperto tra a e b
- $R_T$  = resistenza equivalente azzerando tutti i generatori di tensione e corrente

esempio: teo thevenin