

Appendici

Appendice A

Sistema Internazionale

A.1 Sistema Internazionale

Il sistema internazionale é stato formulato nella XI Conferenza Generale di Pesi e Misure, tenutasi a Parigi dall'11 al 20 ottobre 1960, considerata la Risoluzione 6^a della X CGPM, con la quale essa ha adottato le sei unitá di misura che devono servire di base per l' istituzione di un sistema pratico di misura per le relazioni internazionali, considerata la risoluzione 3^a del Comitato Internazionale Pesi e Misure del 1956, e le Raccomandazioni adottate dal CIPM nel 1958, concernenti l' abbreviazione del nome di questo sistema e i prefissi per la formazione dei multipli e sottomultipli della unitá

DECIDE

I. Il sistema metrico fondato sulle sette unitá di misura base di cui sopra é designato con il nome di
« *Sistema Internazionale di Unitá* »

II. L'abbreviazione internazionale di detto sistema é « SI »

Il Sistema Internazionale, adottato nella XI CGPM e completato alla XIV CGPM (1971), alla XV CGPM (1975), alla XVI CGPM (1979), e alla XVII CGPM (1983) con alcune nuove adozioni e modifiche di precedenti definizioni, é fondato sulla adozione di sette grandezze fondamentali: le quattro del sistema mksA razionalizzato o *sistema Giorgi*, e cioé la *lunghezza*, la *massa*, *gli intervalli di tempo*, *l' intensitá di corrente elettrica*, alle quali vengono aggiunte *la temperatura*, *l' intensitá luminosa* e *la quantitá di sostanza*. Le corrispondenti unitá di misura vengono cosí definite:

Unitá di lunghezza: il **metro** (m), ovvero la distanza percorsa nel vuoto dalla luce nell' intervallo di tempo di $(1/299\,792\,458)$ s (XVII CGPM, 1983)

Unitá di massa: il **kilogrammo** (kg), ovvero la massa del prototipo di platino-iridio, sanzionato dalla I CGPM del 1889 e depositato presso il Bureau International des Poids et Mesures, nei sotterranei del padiglione di Breteuil, a Sèvres (III CGPM, 1901)

Unitá di intervalli di tempo: il **secondo** (s), ovvero la durata di $9\,192\,631\,770$ oscillazioni della radiazione emessa dall' atomo di cesio 133 (^{133}Cs) nello stato fondamentale $^2S_{1/2}$ nella transizione dal livello iperfine $F=4, M=0$ al livello iperfine $F=3, M=0$ (XIII CGPM, 1967)

Unitá di intensitá di corrente elettrica: l'**ampere** (A), ovvero la corrente elettrica che, fluendo in due conduttori rettilinei, paralleli, indefinitamente lunghi, di sezione circolare trascurabile, posti a distanza di un metro nel vuoto, determina tra essi una forza di $2 * 10^{-7}$ N per metro di conduttore (IX CGPM, 1948).

Unitá di temperatura: il **kelvin** (K), ovvero la frazione $1/273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua (IX CGPM, 1948).

Unitá di intensitá luminosa: la **candela** (cd) é l'intensitá luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza $540 * 10^{12}$ Hz e la cui intensitá energetica in tale direzione é di $(1/683)$ W/sr (XVI CGPM, 1979).

Unitá di quantitá di sostanza: la **mole** (mol), ovvero la quantitá di sostanza di un sistema che contiene tante entitá elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12 (^{12}C) (XIV CGPM, 1971).
Avvertenza : quando si usa la mole, le entitá elementari devono essere di volta in volta specificate: possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle o raggruppamenti specificati di tali particelle.

Unitá supplementari

Accanto alle sette unitá fondamentali vengono definite nel SI due unitá

unitá di angolo piano: il **radiante** (rad), ovvero quell' angolo piano con il vertice nel centro della circonferenza che sottende un arco di lunghezza uguale al raggio;

unitá di angolo solido: lo **steradiano** (sr), ovvero quell' angolo solido con il vertice nel centro della sfera che sottende una calotta sferica la cui area é uguale a quella di un quadrato con lati uguali al raggio della sfera.

A.2 Prefissi dei multipli e sottomultipli delle unitá di misura

Dal momento che talune unitá risultano di scomodo uso perché troppo grandi (vedi il farad, unitá di capacitá) o troppo piccole (vedi il pascal, unitá di pressione) o comunque per scrivere in modo piú sintetico il risultato numerico di una misura il SI prevede anche un certo numero di prefissi di multipli e sottomultipli delle unitá e relativi simboli (tab 1).

Moltiplica per	Nome	Simbolo
10^{24}	yotta-	Y-
10^{21}	zetta-	Z-
10^{18}	exa-	E-
10^{15}	peta-	P-
10^{12}	tera-	T-
10^9	giga-	G-
10^6	mega-	M-
10^3	kilo-	k-
10^2	etto-	h-
10	deca-	da-
10^{-1}	deci-	d-
10^{-2}	centi-	c-
10^{-3}	milli-	m-
10^{-6}	micro-	μ -
10^{-9}	nano-	n-
10^{-12}	pico-	p-
10^{-15}	femto-	f-
10^{-18}	atto-	a-
10^{-21}	zepto-	z-
10^{-24}	yocto-	y-

Non tutti i prefissi elencati nella tabella 1 sono usati in pratica: i piú diffusi sono quelli il cui esponente é multiplo positivo o negativo di 3 (kilo, milli, micro, ...), ma anche tra questi vengono usati molto raramente il tera, il femto e l' atto. In tutti i casi, anche se l' uso dei prefissi davanti al simbolo delle unita di misura rende la scritta piú compatta, ne é sconsigliato l' uso in quei casi nei quali si possano creare equivoci: per esempio il prefisso m- potrebbe confondersi col simbolo di metro, il prefisso T- col simbolo di tesla, ecc.

A.3 Norme di scrittura del SI

Il SI prevede una serie di norme di scrittura delle unita di misura e dei relativi simboli che possiamo cosí riassumere per sommi capi:

1. Le unita devono sempre essere scritte in carattere tondo, minuscolo, prive di accenti e di altri segni grafici.
2. I simboli si devono scrivere con l' iniziale minuscola, tranne quelli di unita derivanti da nomi propri: cosí K per kelvin, ma cd per candela.
3. I simboli non devono mai essere seguiti dal punto: perció m e non m., kg e non kg.
4. I simboli devono sempre seguire il valore numerico e mai precederlo: cosí 3,5 m e non m 3,5.
5. L' unita di misura, quando usata in un contesto discorsivo, deve sempre essere scritta per esteso: cosí si dirá « il pascal é l' unita SI di pressione » e non « il Pa é l' unita SI di pressione »
6. Nella scrittura del simbolo di unita composte da piú unita non devono usarsi trattini, ma solo spazi bianchi o punti a metá altezza: cosí si dovrá scrivere N m, oppure N•m, ma non N-m.

Non é superfluo sottolineare che dal momento che il SI é stato adottato in Italia da un DPR e da una legge, le norme di cui sopra devono essere obbligatoriamente rispettate, pena l' invalidazione di atti e documenti di qualsiasi genere

A.4 Grandezze derivate del SI e loro unitá di misura

Una volta fissate le sette grandezze e le corrispondenti unitá fondamentali del SI, é agevole ricavare tutte le altre grandezze derivate e definire le corrispondenti unitá di misura. Si inizia con la definizione di quelle grandezze derivate le cui unitá hanno un nome particolare (v. tab. 2). La XI CGPM suggerí (tab. 3) l' adozione di un certo numero di altre unitá derivate. Altre unitá SI di grandezze derivate sono riportate nella tabella 4.

Tabella 2- Grandezze derivate nel SI e loro unitá di misura

Grandezza	unitá di misura e simbolo	Definizione
Frequenza	hertz (Hz)	Frequenza di un fenomeno periodico con periodo di 1 s. $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Forza	newton (N)	Forza che, applicata a un corpo di massa 1 kg gli imprime un' accelerazione di 1 m/s^2 nella stessa direzione della forza. $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$
Energia e Lavoro	joule (J)	Lavoro compiuto dalla forza di 1 N quando il suo punto di applicazione si sposta di 1 m nella direzione della forza. $1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$
Pressione	pascal (Pa)	Pressione esercitata dalla forza di 1 N applicata perpendicolarmente a una superficie di 1 m^2 . $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N /m}^2$
Potenza	watt (W)	Potenza che dá origine alla produzione (o dissipazione) di energia di 1 J in 1 s. $1 \text{ W} = 1 \text{ J / s}$
Carica elettrica	coulomb (C)	Quantitá di elettricitá trasportata in 1 s dalla corrente di 1 A. $1 \text{ C} = 1 \text{ A s}$
Potenziale elettrico (differenza di potenziale, forza elettromotrice, tensione)	volt (V)	Differenza di potenziale esistente tra due punti di un conduttore , che percorso dalla corrente costante di 1 A, dissipa la potenza di 1 W, senza che nel conduttore avvengano altri fenomeni energetici oltre all' effetto Joule. $1 \text{ V} = 1 \text{ W / A}$
Capacitá elettrica	farad (F)	Capacitá di un condensatore tra le cui armature appare la differenza di potenziale di 1 V, quando su esso é posta la carica di 1 C. $1 \text{ F} = 1 \text{ C / V}$
Resistenza elettrica	ohm (Ω)	Resistenza elettrica esistente tra due punti di un conduttore ai quali é applicata la differenza di potenziale di 1 V, quando il conduttore é percorso dalla corrente di 1 A e non é sede di alcuna forza elettromotrice $1 \Omega = 1 \text{ V / A}$
Induttanza elettrica	henry (H)	Induttanza di una spira nella quale una variazione uniforme di intensitá di corrente di 1 A/s produce l' insorgere di una forza elettromotrice di 1 V. $1 \text{ H} = 1 \text{ V s / A}$
Flusso magnetico	weber (Wb)	Flusso magnetico che, concatenato con una sola spira, induce in essa la forza elettromotrice di 1 V, annullandosi a velocitá costante in 1 s. $1 \text{ Wb} = 1 \text{ V s}$

Tabella 2-Grandezze derivate nel SI e loro unità di misura(CONTINUA)

Grandezza	unità di misura e simbolo	Definizione
Conduttanza elettrica	siemens (S)	Conduttanza elettrica di un conduttore la cui resistenza elettrica è 1 Ω $1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
Flusso luminoso	lumen (lm)	Flusso luminoso emesso nell'angolo solido di 1 sr da una sorgente puntiforme isotropa di intensità 1 cd. $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$
Illuminamento	lux (lx)	Illuminamento prodotto su una superficie di area 1 m^2 dal flusso luminoso di 1 lm incidente perpendicolarmente. $1 \text{ lm} = 1 \text{ lux} / m^2$
Luminanza (o brillantezza)	nit (nt)	Luminanza di una superficie di area 1 m^2 che emette in direzione perpendicolare radiazioni con intensità luminosa di 1 cd. $1 \text{ nt} = 1 \text{ cd}/m^2$
Induzione magnetica	tesla (T)	Induzione magnetica uniforme che attraversando perpendicolarmente una superficie piana di area 1 m^2 , produce attraverso questa superficie un flusso magnetico di 1 Wb. $1 \text{ T} = 1 \text{ Wb}/m^2$
Attività	becquerel (Bq)	Attività di una sostanza radioattiva che subisce un decadimento al secondo. $1 \text{ Bq} = 1 s^{-1}$
Dose assorbita	gray (Gy)	Dose assorbita di qualsiasi radiazione ionizzante che cede 1 J di energia per ogni kilogrammo di materia attraversata $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}/\text{kg}$
Equivalente di dose	sievert (Sv)	Dose assorbita di qualsiasi radiazione ionizzante avente la stessa efficacia biologica di 1 Gy di raggi X

Tabella 3-Altre unità derivate del SI

Grandezza	Simbolo	Unità	Note
Superficie	A	m^2	-
Volume	V	m^3	-
Massa volumica (densità)	ρ	$\text{kg } m^{-3}$	-
Velocità	v	$\text{m } s^{-1}$	-
Velocità angolare	ω	$\text{rad } s^{-1}$	-
Accelerazione	a	$\text{m } s^{-2}$	-
Accelerazione angolare	γ	$\text{rad } s^{-2}$	-
Viscosità dinamica	η	$\text{N s } m^{-2}$	Detta anche decapoise (daP)
Viscosità cinematica	ν	$m^2 s^{-1}$	-
Intensità di campo elettrico	E	$\text{V } m^{-1}$	Anche N/C
Intensità di campo magnetico	H	$\text{A } m^{-1}$	Anche N/Wb

Tabella 4-Altre unitá di grandezze derivate nel SI

Grandezza	Simbolo	Unitá	Note
Accelerazione areolare	A	$m^2 s^{-2}$	-
Affollamento molecolare	N	m^{-3}	-
Ammettenza acustica	y_a	$m^4 s k g^{-1}$	-
- elettrica	Y	S	-
Azione	A	$J s$	-
Calore latente	c_l	$J k g^{-1}$	-
- specifico	c	$J k g^{-1} K^{-1}$	-
- - molare	c_p, c_v	$J mol^{-1} K^{-1}$	-
Cammino libero medio	λ	m	-
Capacitá acustica	c_a	$m^5 N^{-1}$	-
- termica	C	$J K^{-1}$	-
Cedevolezza meccanica	C_m	$m N^{-1}$	-
Cifra di perdita	p	$W k g^{-1}$	-
Coeffic. di allungamento	α	$m^2 N^{-1}$	-
- - assorbimento	μ	m^{-1}	-
- - comprimibilitá	K	$m^2 N^{-1}$	-
- - diffusione	D	$m^2 s^{-1}$	-
- - dilatazione termica	$\alpha, \beta, \lambda, \gamma$	K^{-1}	-
- - evaporazione	k	$m^{-2} s^{-1}$	-
- - flessione	ε	$m^2 N^{-1}$	-
- - Hall	R	$m^3 A^{-1} s^{-1}$	-
- - Joule-Kelvin	μ	$K m^2 N^{-1}$	-
- - Peltier	π	V	-
- - ricombinazione	α	s^{-1}	-
- - scambio termico	k	$W m^{-2} K^{-1}$	-
- - scorrimento	γ	$m^2 N^{-1}$	-
- - smorzamento	δ	s^{-1}	-
- - temperatura	α	K^{-1}	-
- - torsione	k	$m^2 N^{-1}$	-
- liminare	α	$W m^{-2} K^{-1}$	-
- piezoelettrico	d	$m^2 V^{-1}$	-
Conduttanza acustica	g_a	$m^4 s k g^{-1}$	-
- termica	g_t	$W K^{-1}$	-
Conduttivitá acustica	γ_a	$m^3 s k g^{-1}$	-
- elettrica	γ	$S m^{-1}$	-
- termica	λ	$W m^{-1} K^{-1}$	-
Corrente di spostamento	I_s	A	-
Costante dielettrica	ε	$F m^{-1}$	-
- di Richardson	A	$A m^{-2} K^{-2}$	-
- - tempo	τ	s	-
- - torsione	K	$N M rad^{-1}$	-
Covolume molare	b	$m^3 mol^{-1}$	-
Densitá di carica lineare	λ	$C m^{-1}$	-
- - - superficiale	σ	$C m^{-2}$	-
- - - volumica	ϱ	$C m^{-3}$	-
- - corrente	J	$A m^{-2}$	-
- - energia volumica	w	$J m^{-3}$	-

Tabella 4-*Altre unità di grandezze derivate nel SI (CONTINUA)*

Grandezza	Simbolo	Unitá	Note
Densitá di flusso termico	J_q	$W m^{-2}$	-
Differenza di fase	φ	rad	-
Diffusivitá termica	α	$m^2 s^{-1}$	-
Efficienza luminosa	η	$lm W^{-1}$	-
Emissivitá integrale	e	$W m^{-2}$	-
- specifica	e_v	$J m^{-2}$	-
Energia libera	F	J	-
Entalpia	H	J	-
Entropia	S	$J K^{-1}$	-
Esposizione luminosa	e	lx s	-
Fluiditá cinematica	f_c	$s m^{-2}$	-
- dinamica	f_d	$m^2 N^{-1} s^{-1}$	Anche daP^{-1}
Flusso elettrico	ϕ_E	V m	-
- gravitazionale	ϕ_g	$m^3 s^{-2}$	-
- termico	ϕ_q	W	-
Forza magnetomotrice	f_m	A	-
Impedenza acustica	z_a	$kg m^{-4} s^{-1}$	-
- specifica	z_s	($kg m^{-2} s^{-1}$) $N s m^{-3}$	-
- elettrica	Z	Ω	-
- meccanica	z_m	$kg s^{-1}$	-
Impulso	q	$kg m s^{-1}$	-
- angolare	J	$kg m^2 s^{-1}$	-
Inertanza	m_a	$kg m^{-4}$	Detta anche massa acustica
Intensitá acustica	J_a	$W m^{-2}$	-
- del campo gravitazionale	H	$m s^{-2}$	-
Magnetizzazione	M	$A m^{-1}$	-
Mobilitá elettrica	μ	$A m^{-1}$	-
Modulo di comprimibilitá	χ	$N m^{-2}$	-
- - Coulomb	G	$N m^{-2}$	-
- - flessione	E_f	$N m^{-2}$	-
- - scorrimento	E_s	$N m^{-2}$	-
- - torsione	E_t	$N m^{-2}$	-
- - Young	E	$N m^{-2}$	-
Momento angolare	P	J s	-
- d' inerzia	I	$kg m^2$	-
- elettrico di dipolo	m_e	C m	-
- - - quadrupolo	Q_e	Cm^2	-
- elettromagnetico	m	Am^2	-
- magnetico di dipolo	m_m	Wb m	-
- - - quadrupolo	Q_m	$A m^3$	-
- meccanico	M	N m	Pur essendo $1 N m = 1 J$, M non viene mai espresso in joule

Tabella 4- Altre unitá di grandezze derivate nel SI (CONTINUA)

Grandezza	Simbolo	Unitá	Note
Mutua induttanza	M	H	-
Numero di Avogadro	N_o	mol^{-1}	-
- d'onda	ν	m^{-1}	-
Periodo	T	s	-
Permeabilitá magnetica	μ	H m^{-1}	-
Permeanza	Λ	H	-
Permeattivitá dielettrica	-	-	vedi costante dielettrica
Peso	P	N	-
Peso specifico	γ	N m^{-3}	-
Polarizzabilitá	α	F m^2	Comunemente α é definita come rapporto tra il momento elettrico di dipolo p e il campo elettrico E; qualche autore preferisce definirla come $(p/\epsilon_o E)$; in tal caso l' unitá di misura di α é il metro cubo
Polarizzazione elettrica	P	V m^{-1}	-
- magnetica	J	T	-
Polo magnetico	p	Wb	-
Portata di massa	Q_m	kg s^{-1}	-
- - volume	Q_V	$m^3 s^{-1}$	-
- ponderale	Q_p	N s^{-1}	-
Potenziale magnetico	\mathcal{U}	A	-
- - vettore	A	Wb m^{-1}	-
Potere diottrico	D	m^{-1}	Detto anche diottria
- termoelettrico	P	V K^{-1}	-
Prevalenza	h	m	-
Pulsazione	ω	rad s^{-1}	-
Quantitá di luce	Q	lm s	-
- - moto	q	kg m s^{-1}	-
Reattanza acustica	x_a	N s m^{-5}	-
- - specifica	x_s	(kg $m^{-4} s^{-1}$) N s m^{-3} (kg $m^{-2} s^{-1}$)	-
- elettrica	X	Ω	-
- meccanica	x_m	N s m^{-1} (kg s^{-1})	-
Resilienza	r	N m^{-1}	-
Resistenza acustica	r_a	N S m^{-5}	-
- idraulica	r_i	sm^{-2}	-
- meccanica	r_m	N s m^{-1} (kg s^{-1})	-
- termica	r_t	K V^{-1}	-
Resistivitá acustica	ϱ_a	kg $m^{-3} s^{-1}$	-
- elettrica	ϱ	Ω m	-
- termica	ϱ_t	K m W^{-1}	-

Tabella 4-*Altre unità di grandezze derivate nel SI (CONTINUA)*

Grandezza	Simbolo	Unità	Note
Rigidità acustica	s_a	$N m^{-5}$ ($kg m^{-4} s^{-2}$)	-
- dielettrica	K_e	$V m^{-1}$	-
- di una molla	k	$N m^{-1}$	Detta anche costante elastica
- magnetica	K_m	$Wb m^{-1}$	-
Riluttanza magnetica	\mathcal{R}	H^{-1}	-
Sezione d'urto	σ	m^2	-
Sforzo di taglio	τ	$N m^{-2}$	-
- normale	σ	$N m^{-2}$	-
Spostamento dielettrico	D	$C m^{-2}$	-
Suscettanza elettrica	B	S	-
Tensione di vapore	p	$N m^{-2}$	-
- superficiale	τ	$N m^{-1}$	-
- tangenziale	τ	$N m^{-2}$	-
Trasmittenza termica	K	$W m^{-2} K^{-1}$	-
Velocità areolare	\dot{A}	$m^2 s^{-1}$	-
Vettore di Poynting	S	$W m^{-2}$	-
Volume specifico	ν	$m^3 kg^{-1}$	-

Appendice B

Esempi di domande d'esame

Laurea 1^a parte

1. Struttura e principi di funzionamento dello strumento a bobina mobile e magnete permanente.
2. Dato uno strumento PMMC, sia $B_{traferro} = 0.12T$, e siano $D = 1.5cm$ e $l = 2.25cm$ le dimensioni delle spire. Si determini il numero di spire necessarie ad avere una coppia di $4.5\mu Nm$ quando la corrente nelle spire è di $100\mu A$.
3. Uno strumento a bobina mobile (PMMC), con corrente di fondo scala $I_{FS} = 50\mu A$ e resistenza interna $R_M = 1700\Omega$, deve essere impiegato come voltmetro nei campi di valore di tensione seguenti: 10 V, 50 V e 100 V.
 - a) Calcolare il valore della resistenza aggiuntiva che si deve impiegare nei 3 casi.
 - b) Determinare, nei 3 casi, l'errore (sistemico) di misura dovuto al valore finito della resistenza del voltmetro, quando la resistenza interna del circuito di misura è pari a 100Ω .
4.
 - a) Dato il circuito di figura B.1 determinare le caratteristiche (valore di resistenza e potenza dissipata) del resistore di "shunt" R , per incrementare la portata dello strumento a $10mA$, $50mA$, $200mA$.
 - b) Descrivere se e come l'inserzione dell'amperometro influenzi la corrente misurata.

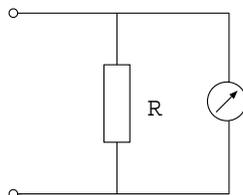


Figura B.1: $R_m = 990\Omega$ e $I_{FS} = 50\mu A$

5. Principi di funzionamento degli strumenti elettrodinamici. Loro impiego nelle misure di corrente, tensione, e potenza dc e ac.
6. Calcolo della forza vincolare nell'elettrometro a bilancia.

7. Misure di tensione continua con metodi potenziometrici.
8. Trasformatori TV e TA e loro condizioni di impiego.
9. Schema circuitale per la misura di resistenze (ohm-metro analogico).
10. Circuiti a ponte per la misura di (a) resistenze, (b) capacità, (c) induttanze.
11. Classificazione dei circuiti a ponte per misure di impedenza.
12. Un ponte di Maxwell (v. figura B.2) alimentato a 10kHz ha $C_3 = 0.1\mu\text{F}$ e $R_1 = 100\Omega$. Se entrambi i resistori R_3 e R_4 possono essere variati da 100Ω a $1\text{k}\Omega$, calcolare il campo di induttanza e fattori Q che possono essere misurati.

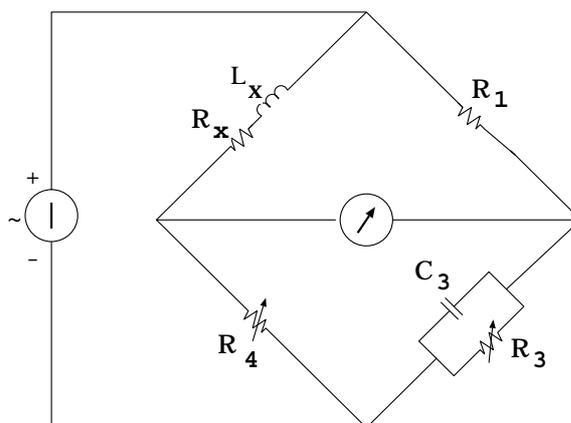


Figura B.2: Ponte di Maxwell

13. Volendo misurare induttanza (L) e fattore di qualità (Q) di un induttore, tracciare un circuito a ponte con 2 elementi regolabili di cui uno corrisponda ad L e l'altro a Q .
14. Volendo misurare capacità (C) e fattore di qualità (Q) di un condensatore, tracciare un circuito a ponte con 2 elementi regolabili di cui uno corrisponda ad C e l'altro a Q .
15. Si consideri il circuito di misura in figura B.3
 - a) Se la resistenza R_X viene determinata mediante il rapporto V/A , quale errore si commette se la resistenza del voltmetro è finita e di valore R_V ?
 - b) Si può pensare di ridurre l'effetto di R_V aumentando R_1 ?
 - c) L'errore dipende dalla resistenza dell'amperometro R_A ?
16. Nel circuito di un Q-metro alimentato da un generatore di tensione di 100 mV alla frequenza di 1.6 MHz , si misura una tensione di 2 V ai capi del condensatore di valore pari a 80 pF in condizione di risonanza.
 - a) Quale è il valore dell'induttanza e della resistenza serie del bipolo sotto misura?
 - b) Come si modificherebbe la tensione ai capi del generatore se la sua resistenza interna fosse pari a 5 ohm ?
17. Descrivere la funzionalità di un oscilloscopio mediante diagramma a blocchi.

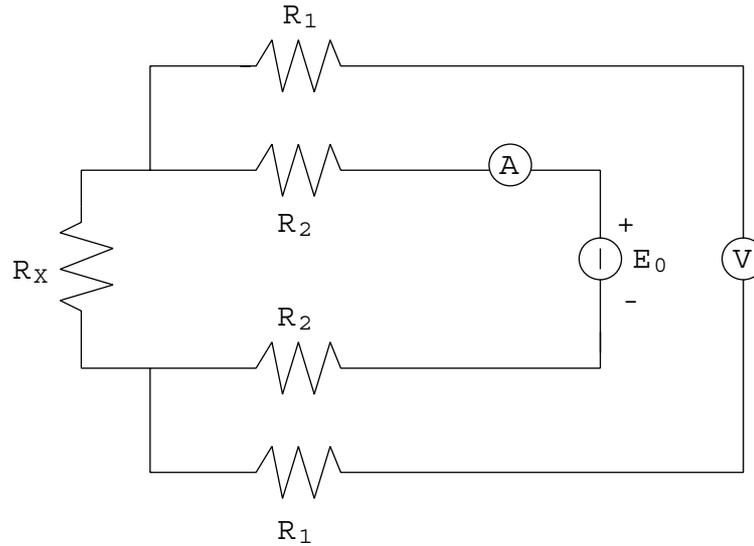


Figura B.3:

18. Illustrare i principi della deflessione elettrostatica e definire il fattore di deflessione.
19. Effetti di tempo di transito nella regione di deflessione.
20. Con riferimento alla figura B.4 (placchette di deflessione) determinare per quale valore della tensione V_d il fascio elettronico passa per il punto B , quando la tensione di accelerazione del fascio è $V_b = 3 \cdot 10^3 \text{ V}$. ($m_{\text{elettrone}} = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$, $q_{\text{elettrone}} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$)

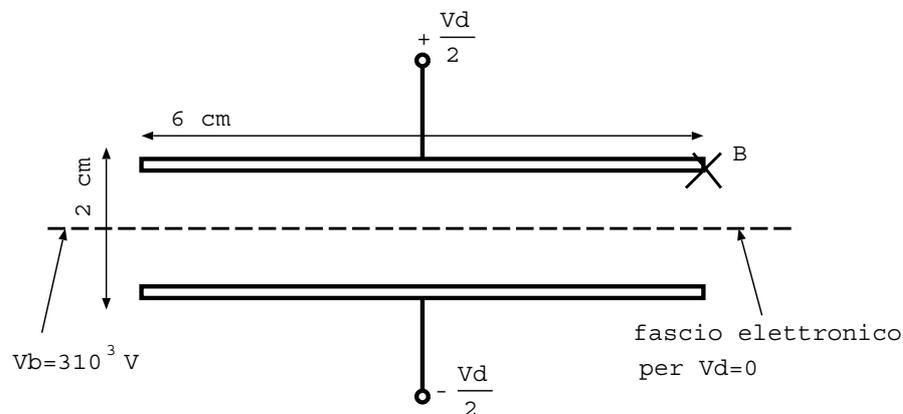


Figura B.4: Placchette di deflessione

21. Descrivere la struttura e la funzionalità delle varie parti di un tubo a raggi catodici (CRT).
22. Illustrare comparativamente gli schemi diretto e reciproco per la misura di frequenza.
23. Sensori per la misura di temperatura basati su resistenze: tecniche di linearizzazione della relazione ingresso-uscita.
24. La resistenza di una termistore alla temperatura di $\theta \text{ K}$ (gradi Kelvin) è data da

$$R(\theta) = 1.68 e^{3050(1/\theta - 1/298)} \text{ k}\Omega$$

Il termistore è utilizzato nel circuito a ponte di figura B.5:

- calcolare il campo di variazione di V_{out} (tensione a vuoto) quando la temperatura varia da 0 a 50 °C;
- determinare la non-linearità della relazione ingresso-uscita alla temperatura di 12 °C come percentuale dell'escursione del segnale in uscita.

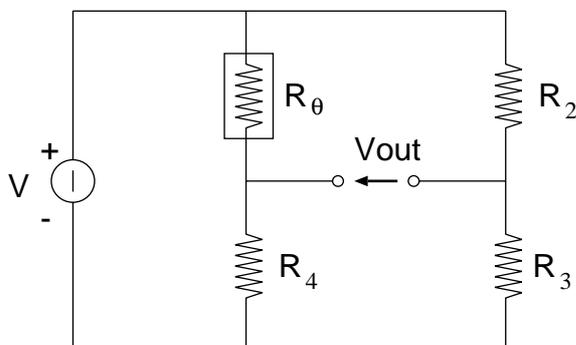


Figura B.5: $V = 2.56V$, $R_2 = 1k\Omega$, $R_3 = 0.29k\Omega$ e $R_4 = 1.22k\Omega$

- Un termometro a resistenza di platino è tarato interpolando tra le temperature di 0°C, 100°C e 419.6°C (punto di fusione dello zinco). I corrispondenti valori di resistenze sono 100Ω, 138.5Ω e 253.7Ω. Tenendo conto che la variazione della resistenza con la temperatura è esprimibile come

$$R(T) = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2)$$

con T in °C, si determini la forma numerica di tale relazione.

- Principi di impiego dei sensori a termocoppia.
- Una termocoppia ferro-costantana è usata per misurare temperature tra 0 e 300 °C. I valori di f.e.m. sono

$$E_{100,0} = 5268 \mu V$$

$$E_{200,0} = 10777 \mu V$$

$$E_{300,0} = 16325 \mu V$$

- determinare la non-linearità della risposta tensione-temperatura a 100 °C e a 200 °C in percentuale del campo di misura;
 - considerando la risposta a 100 °C e a 300 °C esprimere la f.e.m. in funzione della temperatura come $E_{T,0} = a_1 T + a_2 T^2$, determinando a_1 e a_2 ;
 - se si misura una f.e.m. di 12500 μV quando la temperatura della giunzione di riferimento è a 20 °C, a quale temperatura si trova la giunzione di misura?
- Una termocoppia ferro-costantana è usata per misurare temperature tra 0 e 300 °C, dove il valore di f.e.m. è

$$E_{300,0} = 16325 \mu V$$

- (a) se la non-linearità della risposta tensione-temperatura a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ in percentuale dell'escursione del segnale di uscita è rispettivamente di 2.5% e 2%, determinare i valori di f.e.m. che si osservano a queste temperature;
 - (b) considerando la risposta a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ esprimere la f.e.m. in funzione della temperatura come $E_{T,0} = a_1T + a_2T^2$, determinando a_1 e a_2 ;
 - (c) se si misura una f.e.m. di $12500\text{ }\mu\text{V}$ quando la temperatura della giunzione di riferimento è a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, a quale temperatura si trova la giunzione di misura?
29. Principi di funzionamento degli estensimetri a resistenza (strain gauge): relazione funzionale tra variazione di resistenza e deformazione; campi di utilizzo.
- (a) Se il fattore di calibro G di un estensimetro vale 2, se l'estensimetro nella condizione di riposo ha una lunghezza di 2.5 cm, se osservo una variazione di resistenza pari all'8%, di quanto si è allungato il filo dell'estensimetro?
30. Trasduttori di forza piezoelettrici: tipica risposta in frequenza e soluzioni circuitali.
31. Principi di funzionamento di un accelerometro.
32. Sensori di spostamento di tipo (a) capacitivo e (b) induttivo.
33. Dispositivi magnetici sensibili agli spostamenti: circuito magnetico e sua dipendenza dai fattori geometrici.
34. Caratteristiche ed utilizzo del trasduttore ad effetto Hall.