TopAutomation

Elettrotecnica ed elettronica
Operatore/trice e montatore/trice in automazione

Edizione con soluzioni



2

Testo

Edition Swissmem

SWISSMEM
Formazione professionale

Per proposte di miglioramenti e correzioni:
https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool

Editore: Edition Swissmem

Titolo: «TopAutomation» Parte 2
Unità formative per operatore/trice e montatore/trice in automazione

Capo progetto: Michael Kummer, Swissmem Berufsbildung

Layout e impostazione grafica: Bruno Burger, Swissmem Berufsbildung

Autori: Gody Berger
Peter Meier-Herzog
Heinz Renggli
Mauro Sbriz

Traduzione italiana: Fabrizio Guarisco

Versione: Prima edizione 2020
Copyright © by Edition Swissmem, Zürich und Winterthur
Stampa: Stampato in Svizzera

ISBN: 978-3-03866-336-2

Riferimento: Swissmem Berufsbildung
Brühlbergstrasse 4
CH-8400 Winterthur
Telefono +41 52 260 55 55
Telefax +41 52 260 55 59
vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch
www.swissmem-berufsbildung.

Diritti d'autore: Tutti i diritti riservati. L'opera e i sui contenuti sono protetti dai diritti d'autore.
Ogni impiego da parte di terzi dei contenuti deve sottostare alle disposizioni legali, e in ogni caso, deve essere autorizzato dall'editore in maniera scritta.
Ringraziamo per il gradito supporto nella tecnica e nelle illustrazioni la ditta Sigpack Systems AG, 8222 Beringen

Test di lettura

Nell'industria delle Macchine, dell'Elettricità e dei Metalli (industria MEM) per i mercati mondiali vengono sviluppati e realizzati degli impianti di produzione e sistemi per le diverse applicazioni. A questo scopo sono necessarie delle buone conoscenze per ogni settore d'installazione.
Con l'ausilio didattico **AutomationControl** vengono fornite le basi tecniche, le direttive di sicurezza e quelle ecosostenibili.

Questo materiale didattico copre integralmente la parte della formazione professionale quadriennale richiesta dall'operatore in automazione AFC. È strutturato in base al catalogo delle risorse e delle competenze (CoRe; anno di formazione iniziale 2016) della professione di operatore in automazione AFC. La numerazione dei capitoli corrisponde al CoRe. I contenuti includono parti teoriche ed esempi pratici.

Per trovare gli argomenti più velocemente, il materiale didattico contiene, oltre al sommario, un indice. Alla fine del materiale didattico, la panoramica del CoRe è fornita in maggior dettaglio.

Naturalmente, il contenuto individuale può essere utilizzato anche per la professione triennale di montatôre in automazione AFC.

Ti ringraziamo e apprezziamo che stai lavorando con questo materiale didattico orientato verso pratica. Ti auguriamo ogni successo negli studi.
Buon divertimento!

Test di lettura

Test di lettura

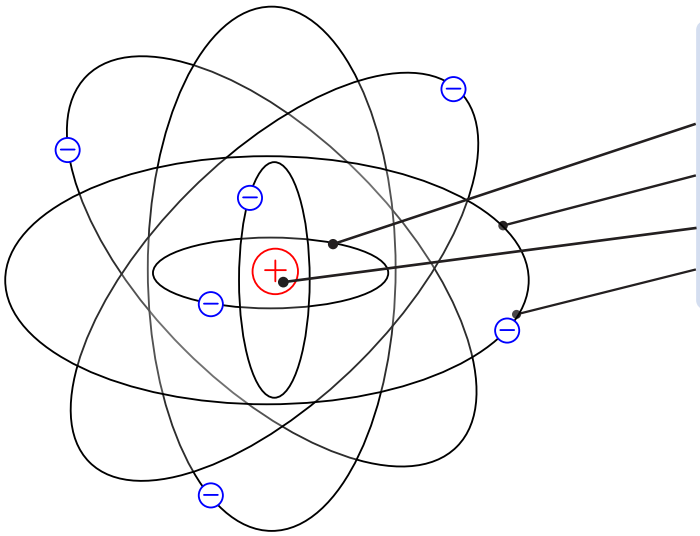
2.1 Nozioni di base **7**
2.1.1 Carica, corrente, densità di corrente, tensione 7
2.1.2 Leggi di Ohm e Kirchhoff 17
2.1.3 Resistenza 21
2.1.4 Tensione e corrente nei circuiti misti 35
2.1.5 Collegamento di strumenti di misura (tensione e corrente) 40
2.1.6 Potenza, lavoro, rendimento 45
2.1.7 Effetto calorico della corrente elettrica 52
2.1.8 Elementi galvanici 58
2.1.9 Tensione, resistenza interna, tipi di carico 66
2.2 Tecnica analogica **69**
2.2.1 Resistenze non lineari 69
2.2.2 Diodi e transistor 71
2.2.3 Semiconduttori di potenza 79
2.3 Campo elettrico **85**
2.3.1 Nozioni di base sul campo elettrico 85
2.3.2 Condensatore 89
2.4 Campo magnetico **103**
2.4.1 Magnetizzazione, linee di campo 103
2.4.2 Corrente, campo magnetico, effetti di forza 105
2.4.3 Circuito magnetico 107
2.4.4 Induzione, autoinduzione, induttanza 112
2.4.5 Impieghi 124
2.5 Norme **127**
2.5.1 Nozioni fondamentali sulle norme 127
2.5.2 Gamme di tensione, designazione di conduttori 135
2.5.3 Principio della protezione di persone e cose 143
2.5.4 Misure contro pericoli per le persone 163
2.5.5 Sistema di protezione IP 174
2.5.6 Protezione da sovracorrente 177
2.6 Tecnica della corrente alternata **197**
2.6.1 Grandezze della corrente alternata 197
2.6.2 Consumatori elettrici 200
2.6.3 Tipi di potenze 206
2.6.4 Corrente trifase 207
2.6.5 Misurazione della potenza 221
2.7 Tecniche di azionamenti, macchine elettriche **223**
2.7.1 Trasformatori monofase e trifase, trasformatori di misura 223
2.7.2 Macchine rotanti 237
2.7.3 Convertitori di corrente 266
2.7.4 Applicazioni 276
2.8 Approfondimento elettrotecnica **291**
2.8.1 Corrente di difetto, corrente di dispersione e compatibilità elettromagnetica (EMC) 291
2.8.2 Linee direttive per le macchine 307
Indice dei contenuti **323**
CoRe **325**

Testo in lettura

Test di lettura

2.1.1 Carica, corrente, densità di corrente, tensione

Basi elettrofisiche dei termini **carica**, **tensione** e **corrente**



Completate con i termini corretti

1° guscio elettronico

2° guscio elettronico

nucleo di protoni ed elettroni

elettroni

Il nucleo atomico si compone di particelle pesanti e stazionarie: i protoni, caricati positivamente e i neutroni, neutri.

Il guscio elettronico si compone di piccole particelle, che ruotano rapidamente attorno al nucleo: gli elettroni, con carica negativa.

In alcuni materiali, alcuni elettroni del guscio più esterno si lasciano strappare dal nucleo migrando verso altri atomi **(conduzione elettrica)**.

Nei **non conduttori** gli elettroni sono fortemente legati al nucleo.

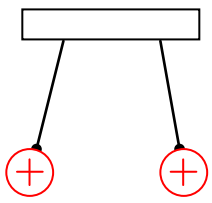
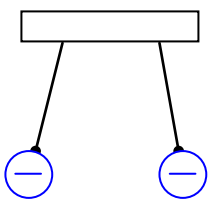
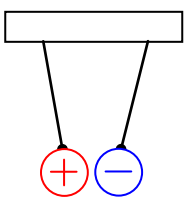
Un **movimento di elettroni** si chiama corrente elettrica

Un **accumulo di elettroni** si chiama tensione elettrica

L'elettricità (l' «l'effetto globale» degli elettroni) è una **forma d'energia**, che si lascia facilmente trasportare o convertire in altre forme d'energia, p.es. calore, radiazioni (luce) o energia meccanica.

Proprietà delle cariche elettriche

Esistono 2 tipi di cariche elettriche:

1. Carica elettrica positiva	2. Carica elettrica negativa	Cariche diverse
		
si respingono	si respingono	si attirano

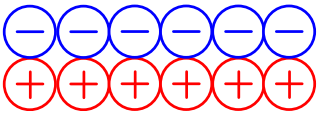
Conclusione:
le cariche uguali si respingono, le cariche diverse si attirano.

Test di lettura

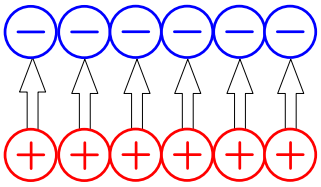
Tensione elettrica U in Volt [V]

Lo sappiamo già:
ci sono cariche positive e negative. Esse si attraggono. Normalmente si presentano distribuite uniformemente. Si neutralizzano mutualmente. Se è possibile spostare le cariche negative - con un lavoro - le cariche positive prevarranno su un punto e le cariche negative sull'altro punto. Tra i gruppi di cariche c'è ora uno stato speciale: uno stato di tensione (differenza di potenziale).

La tensione si ottiene con una separazione delle cariche



nessuna tensione



è presente una tensione elettrica

La tensione così ottenuta si chiama Ur- o tensione sorgente (U_o). La tensione sorgente è il quoziente del lavoro W necessario per la separazione delle cariche corrispondenti Q.

$$U_0 = \frac{W}{Q}$$

Una tensione può essere presente senza corrente!
La corrente può circolare solo se è presente una tensione.

Unità della tensione elettrica: 1 Volt [V]

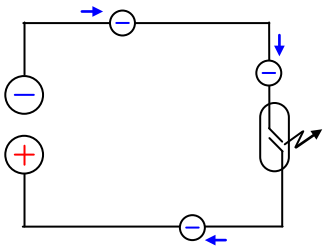
Esempi di tensione:

elemento galvanico	1,5 V
rete elettrica domestica	3 x 400 V/230 V
tram	500 – 800 V
FFS	15 000 V
alta tensione	sino a 400 kV (750 kV)
telefono	48 – 60 V

Test di lettura

Corrente elettrica I in Ampere [A]

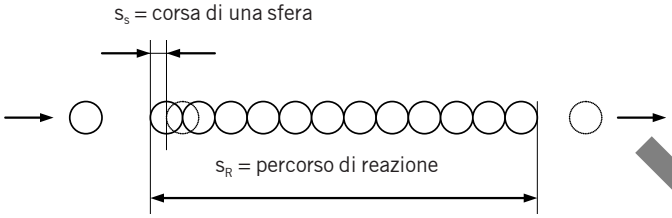
Collegando delle cariche con segni diversi tramite un conduttore, si verifica un bilanciamento della carica. Il bilanciamento della carica può essere reso visibile tramite una lampada ad incandescenza. La lampada ad incandescenza indica con un breve lampo che la carica è passata attraverso di essa.



La corrente elettrica è una carica in movimento.

Nei metalli è un flusso di elettroni.

Paragone tra delle sfere e un flusso di elettroni:



$v_{Impulso} = \frac{s_R}{t}$ → grande

$v_{Sfera} = \frac{s_s}{t}$ → piccola

Velocità dell'impulso degli elettroni:

≈ 300 000 km/s

Velocità degli elettroni liberi:

≈ 0,4 mm/s

Unità della corrente elettrica:

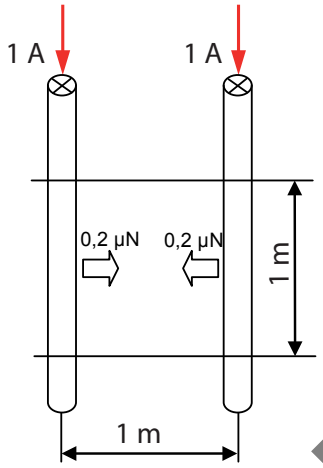
1 Ampere [A]

Esempi di corrente:

prova-fasi	1 mA
microfono	10 – 20 mA
illuminazione	0,1 – 10 A
produzione Al (Alu)	oltre 100 000 A

Test di lettura

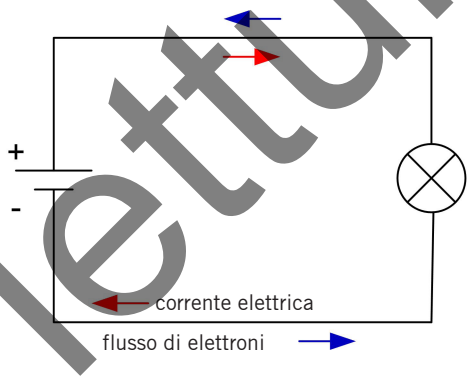
Nel 1948 l'Ampere è stato così definito: Unità fondamentale di misura dell'intensità di corrente elettrica, pari all'intensità della corrente costante che, percorrendo due conduttori ideali paralleli posti a 1 m di distanza, produce fra di essi una forza di $2 \cdot 10^{-7}$ N per ogni metro.



1 Ampere corrisponde al flusso di $6{,}24150948 \cdot 10^{18}$ cariche elementari e al secondo attraverso la sezione del conduttore.

Direzione della corrente

La definizione della direzione tecnica della corrente risale al passato, una volta si credeva infatti che la corrente fosse costituita da cariche positive che si spostavano dal polo di tensione elettricamente positivo verso quello negativo. Ai tempi di questa definizione però, non si conoscevano ancora gli elettroni , portatori della carica negativa, che invece fluivano dal polo negativo verso quello positivo. Nonostante ciò si é deciso di mantenere la vecchia definizione di direzione della corrente, quindi per convenzione la corrente scorre dal polo positivo verso quello negativo (anche se in realtà, gli elettroni, fanno il contrario).



Esempio:
Il conduttore in rame che alimenta una lampadina è lungo 8 m. Quanto tempo impiega un elettrone per percorrere questa distanza?

Soluzione:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{8\,\text{m}}{0{,}0004\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 20000\,\text{s} = 5{,}55\,\text{h}$$

Quanto tempo impiega un impulso per percorrere la stessa distanza?

$$t = \frac{s}{v} = \frac{8\,\text{m}}{300 \cdot 10^{6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0{,}0266 \cdot 10^{-6}\,s = 26{,}6\,\text{ns}$$

L'accumolatore di un'auto ha una capacità di 120 Ah. Ha una carica residua di 40 Ah. Quanto deve essere la corrente di ricarica affinché sia ricaricato in 12 h?

Soluzione:

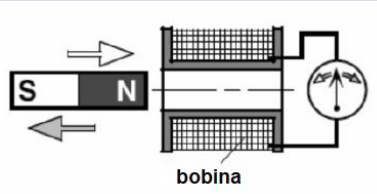
$$W = Q \cdot I \quad W = U \cdot I \cdot t$$
$$Q \cdot U = U \cdot I \cdot t \Rightarrow Q = I \cdot t$$
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{80\,\text{Ah}}{12\,\text{h}} = 6{,}66\,\text{A}$$

Test di lettura

Ottenimento di una tensione

La «pressione» per spostare i portatori di carica liberi — la tensione elettrica — può essere ottenuta in diversi modi:

tramite induzione (campi magnetici variabili)

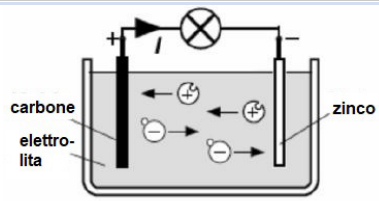


Modificando il flusso magnetico in un conduttore si induce una tensione. Chiudendo il circuito si avrà un flusso di corrente.

Impieghi ed esempi:

- È la più importante fonte di energia elettrica.
- Generatori e dinamo (biciclette)
- microfoni dinamici

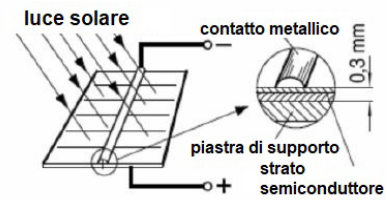
tramite reazione chimica (elettrochimica)



Se si immergono due elettrodi in un elettrolita, p.es. dei sali, tra di loro si forma una tensione elettrica.
Anche il sistema nervoso degli esseri viventi sviluppa correnti e tensioni.

- Batterie (elementi galvanici)
- Accumulatori
- Corrosione elettrochimica

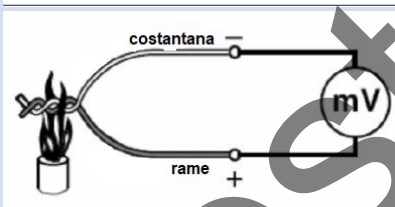
tramite la luce solare (fotovoltaico)



Un fotoelemento converte la luce, p.es. solare, in energia elettrica. Il semiconduttore attivo, con il polo negativo, è composto in generale da dischi di silicio sottili. Con la luce si forma una tensione elettrica tra il semiconduttore e la piastra di supporto.

- Fotocellule
- Energie alternative

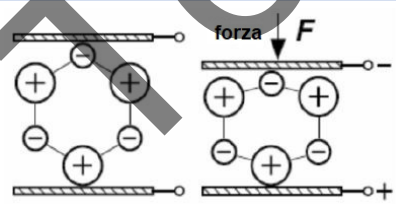
tramite calore (termoelemento)



Riscaldando il punto di giunzione di due materiali diversi, si forma una tensione proporzionale all'aumento della temperatura. L'energia elettrica prodotta ha un basso rapporto se paragonata con l'energia termica usata.

- Misura di temperature elevate
- Fonti energetiche per i viaggi spaziali

tramite deformazione cristallina (piezoelettricità)



Molti cristalli, in generale quarzi, se caricati meccanicamente (trazione/compressione) si deformano e generano delle cariche superficiali (tensioni).

- Microfono a cristalli
- Pickup (giradischi)
- Accendini
- Sensori di pressione

tramite attrito (influenza)



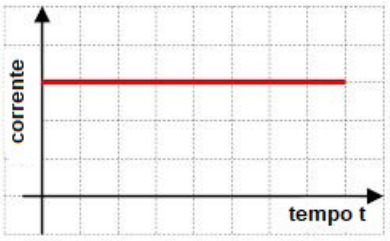
Tramite attrito o separazione di materiali isolanti, ma anche tramite agitazione di fluidi non conduttori si formano delle cariche con tensioni elevate. Questa elettricità statica è generalmente indesiderata.

- Separatori di polvere
- Effetti indesiderati nella quotidianità
- Pericolo d'esplosioni

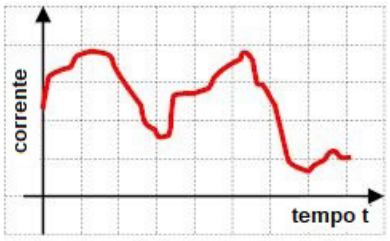
Test di lettura

Tipi di corrente

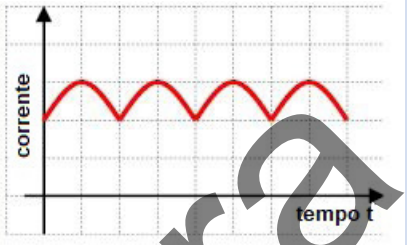
Corrente continua **simbolo:** ⎓ **o** DC **(direct current)**



corrente continua costante



corrente continua pulsante

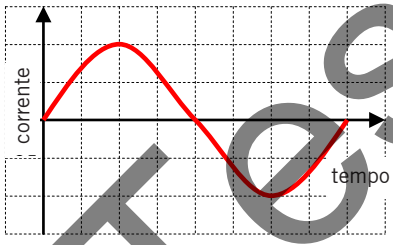


corrente ondulata (mista)

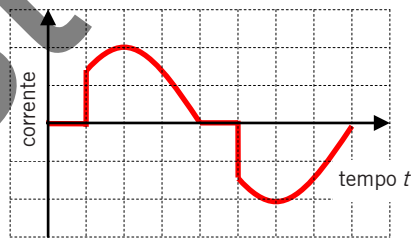
Generatori
- Batteria
- Generatore DC
- Raddrizzatore

Impieghi
- Elettrochimica
- Telefonia
- Elettronica di comando

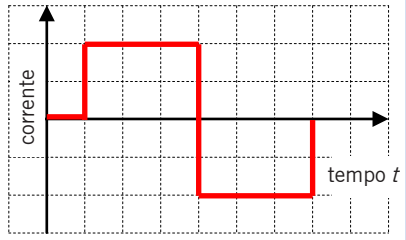
Corrente alternata **simbolo** ~ **o** AC **(alternating current)**



Sinusoidale



Sinusoidale tagliata



Rettangolare

Generatori
- Generatore corrente alternata
- Trasformatore

Impieghi
- Installazioni domestiche
- FFS
- Elettronica di comando
- Rete di alimentazione

Test di lettura

La corrente elettrica viene riconosciuta dai suoi effetti.

Effetti della corrente elettrica

Alcuni effetti si verificano sempre, non possono essere prevenuti, altri vengono osservati solo in determinate condizioni. Gli effetti principali sono:

Effetto calorico, sempre presente (effetto termico).

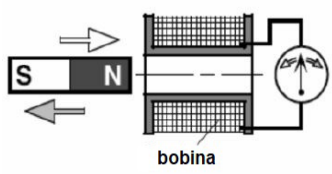


Se una corrente scorre attraverso una resistenza, questa diventa calda; L'energia elettrica viene convertita in energia termica. Nel caso di apparecchi di riscaldamento, questo effetto è desiderabile, deve essere preso in considerazione per cavi e avvolgimenti.

Impieghi ed esempi:

- Riscaldamento, cucina
- Saldatore elettrico, bimetallo
- Fusibili
- Forni industriali

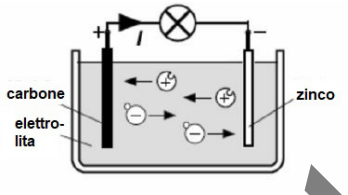
Effetto magnetico, sempre presente.



Ogni conduttore percorso da una corrente, genera un campo magnetico attorno ad esso. Questo fenomeno potrebbe generare delle forze.

- Elettromagneti (Relais)
- Motori elettrici
- Strumenti di misura
- Campanello di casa

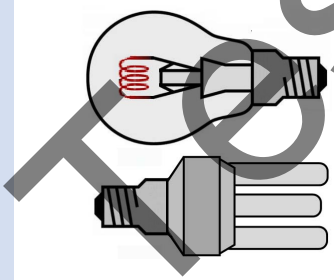
Effetto chimico nei liquidi conduttori



Nei liquidi conduttori (acidi, soluzioni alcaline, soluzioni saline) il flusso di corrente è costituito da ioni. Nel processo, il materiale viene "trasportato" (elettro-placcatura) o il liquido viene decomposto chimicamente (elettrolisi).

- Elettrolisi per produrre idrogeno.
- Analisi
- Galvanizzatura

Effetto luminoso, lampade ad incandescenza o a scarica di gas



Nelle lampade ad incandescenza, la luce viene creata dall'effetto del calore in un filo di tungsteno incandescente. Solo circa il 5% dell'energia elettrica diventa luce.

Nel caso delle lampade a scarica, la corrente fa accendere un gas a bassa pressione (collisione di atomi, ioni ed elettroni). Efficienza circa il 20%.

- Lampade ad incandescenza
- Lampade alogene
- Lampade a scarica di gas (fluorescenti, luminofore, vapori metallici)

Effetti dell'elettricità sugli esseri viventi (effetto fisiologico)

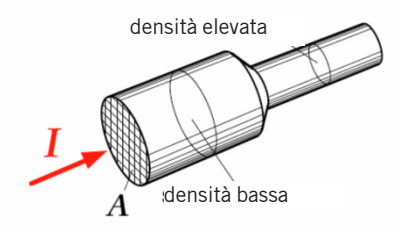


L'elettricità irrita e colpisce il sistema nervoso degli esseri viventi. Quando viene superato un limite, la corrente provoca crampi muscolari. Anche piccole correnti (da 30 mA) possono portare ad un arresto cardiaco, correnti più grandi causano ustioni e morte.
Generalmente, una corrente a partire da 50 mA è potenzialmente letale. La tensione AC da 50 V e la tensione DC da 120 V sono potenzialmente letali.

- Incidenti elettrici
- Elettro terapia (Pacemaker, elettro stimolatore)
- Recinzioni per animali

Test di lettura

Densità di corrente J in $\frac{A}{mm^2}$



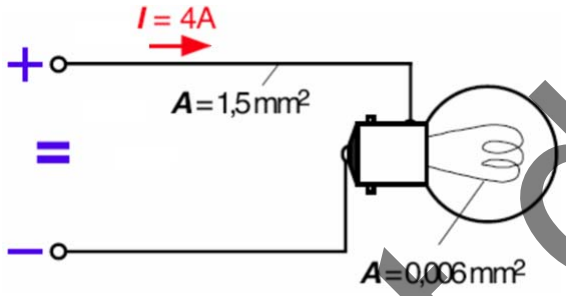
$$J = \frac{I}{A}$$



Esempio:
Il circuito di seguito mostra le diverse sezioni del conduttore. La linea di alimentazione (conduttore di andate e ritorno) ha una sezione trasversale di 1,5 mm². Affinché il filamento di una lampadina si illumini, la densità di corrente nel filamento deve essere almeno 500 A/mm².

a) Qual è la densità attuale nella linea di alimentazione?
b) Qual è la densità di corrente nel filamento?

Soluzione:



$$J_L = \frac{I}{A_L} = \frac{4\ A}{1{,}5\ mm^2} = 2{,}67\ \frac{A}{mm^2}$$

$$J_{GL} = \frac{I}{A_{GL}} = \frac{4\ A}{0{,}006\ mm^2} = 667\ \frac{A}{mm^2}$$

Sezione A in mm²	Corrente in A	Densità J in A/mm²
1	6	6
1,5	16	10,67
2,5	20	8
4	25	6,25
6	32	5,33
10	40	4
16	63	3,93
25	80	3,2
35	100	2,86
50	125	2,5

Assegnazione della capacità di carico in corrente alle sezioni trasversali per conduttori fissi in rame. Le correnti continue massime consentite e quindi la protezione per le linee elettriche sono specificate in base a NIN (norme di installazione a bassa tensione) e EN60204. Dipendono dalla sezione trasversale del cavo e dal tipo di installazione. Il tipo di installazione influenza il raffreddamento dei conduttori.

Un riscaldamento eccessivo dei conduttori ne distrugge l'isolazione.

Il calore viene dissipato dalla superficie esterna del conduttore, quindi la densità di corrente massima ammissibile diminuisce con l'aumentare della sezione. Infatti, a parità di lunghezza, maggiore è la sezione del conduttore, minore è la superficie dissipante per mm2 di sezione.

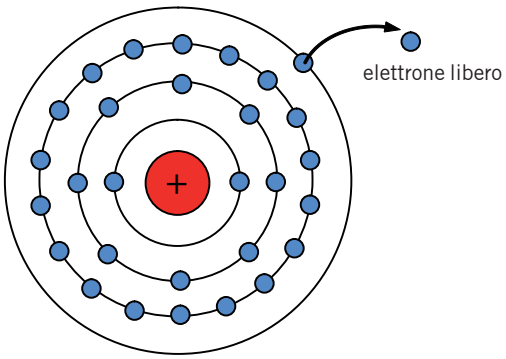
Inoltre, il riscaldamento dipende dalla resistività del materiale del conduttore e dalle opzioni di raffreddamento fornite.

Test di lettura

Conduttori, non conduttori e semi conduttori

Conducibilità di corrente nei metalli

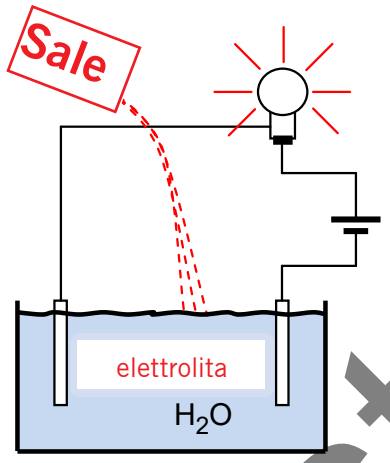
atomo di rame: no. atomico 29 ⇒ 29 Protoni
29 elettroni



Nel caso del rame e dei metalli, i portatori di carica che formano la corrente elettrica sono gli elettroni liberi sui gusci più esterni. Il guscio più esterno è molto lontano dal nucleo e non è saturo. Di conseguenza, questi elettroni hanno solo forze di legame molto piccole e possono abbandonare l'atomo. L'elettrone più esterno sul quarto guscio ha un legame molto piccolo con il suo nucleo. Al minimo impulso del movimento termico del reticolo atomico, si separa e vaga da atomo a atomo. Quindi, gli elettroni liberi sono alla base della corrente che scorre nei metalli.

Nei metalli i portatori di carica sono gli elettroni.

Conducibilità nei fluidi

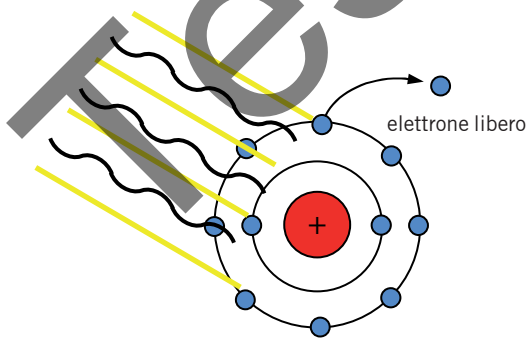


L'acqua distillata è un non conduttore. Non può scorrere elettricità. Aggiungendo sale, l'acqua distillata diventa conduttiva. Le molecole di sale si scindono in ioni sodio e cloro.

$NaCl \Rightarrow Na^+$ e Cl^-

Nei fluidi i portatori di carica sono gli ioni.

Conducibilità nei gas



I gas sono normalmente non conduttori perché non hanno elettroni liberi. Fornendo energia, ionizzante, tuttavia, gli elettroni guscio possono essere strappati dal loro percorso. Restano elettroni che si muovono liberamente e ioni caricati positivamente e negativamente.

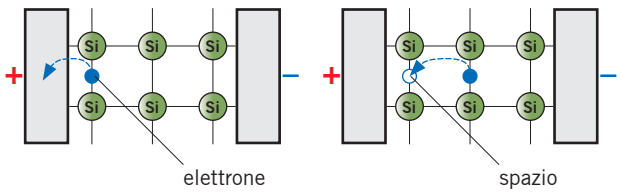
Le seguenti condizioni fisiche causano la ionizzazione:
- calore
- campi elettrici
- campi magnetici
- radiazioni radioattive e cosmiche
- alta tensione (lampade a scarica di gas)

Nei gas i portatori di carica sono gli elettroni e gli ioni

Test di lettura

Conducibilità nei semiconduttori

I materiali semiconduttori usati sono quasi esclusivamente materiali di base come silicio, germanio o composti chimici, come l'arseniuro di gallio o l'indio antimonide. I materiali a semiconduttore devono essere estremamente puri. A temperature molto basse, i materiali semiconduttori sono non conduttori. Solo aggiungendo sostanze estranee, mediante irraggiamento leggero o campi elettrici o magnetici, diventano conduttivi.
I materiali semiconduttori sono utilizzati per realizzare componenti elettronici (diodi, diodi Zener, transistor, conduttori caldi e freddi, IGBT, ecc.).



Gli atomi a semiconduttore formano un reticolo cristallino. Il silicio ha quattro elettroni di valenza sul guscio esterno.Applicando una tensione, viene applicato un campo elettrico che guida gli atomi liberi dal polo negativo a quello positivo. Non appena un elettrone di valenza si allontana dal suo legame atomico, crea uno spazio. Un elettrone di valenza adiacente può ricostituire questa lacuna in modo che la lacuna si sposti dal polo positivo a quello negativo.

Doping (drogaggio): nel silicio si aggiungono atomi (estranei) supplementari con valenze inferiori, ad esempio 3 elettroni di valenza, o superiori, ad esempio cinque elettroni di valenza.

I conduttori sono tutti metalli, carbone, terra umida e alcuni fluidi. I non conduttori (materiali isolanti) sono, p.es., aria, gomma, vetro o plastica. I semiconduttori sono, p.es., silicio e germanio.

Test di lettura

2.1.2 Leggi di Ohm e Kirchhoff

Resistenza elettrica R in Ω

I portatori di carica (elettroni) che si muovono attraverso un materiale sono più o meno ostruiti nel loro flusso. Questa ostruzione è dovuta all'attrito tra i portatori di carica (p.es. elettroni) e gli atomi del materiale (p.es. conduttori metallici). Gli elettroni si muovono su una "traiettoria a zigzag" tra gli atomi del conduttore elettrico, trovando una resistenza nel loro movimento.

Conducibilità elettrica G in S

Il reciproco della resistenza elettrica è la **conduttanza** e non deve essere confusa con la **conduttività**. I valori di conduttanza sono principalmente utilizzati dove le resistenze elettriche sono molto piccole.

Simboli: R

Unità: 1 Ohm (1 Ω)

$$R = \frac{1}{G}$$

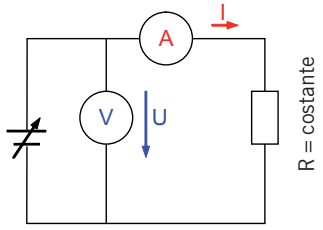
Simboli: G

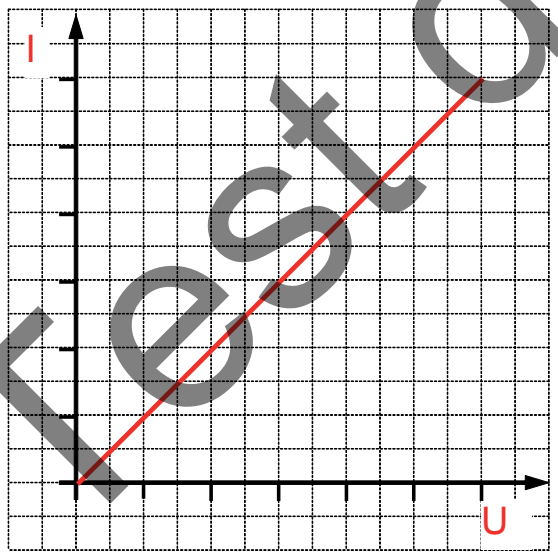
Unità: 1 Siemens (1 S)

$$G = \frac{1}{R}$$

La legge di Ohm

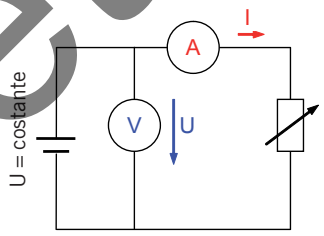
Prova 1:
Comportamento della corrente con tensione variabile e resistenza costante.

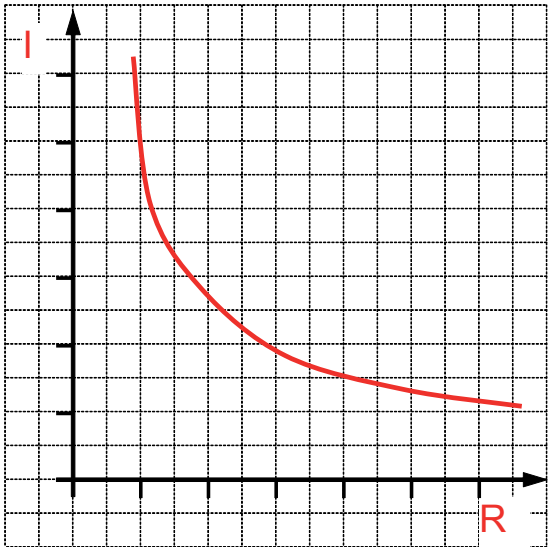




Risultato:
La corrente varia in modo proporzionale in funzione della tensione.

Prova 2:
Comportamento della corrente con tensione costante e resistenza variabile.





Risultato:
La corrente varia in modo inversamente proporzionain funzione della resistenza.

Test di lettura

Riassunto delle prove 1 e 2:

1. I è proporzionale ad U
2. I é inversamente proporzionale a R = è proporzionale a $\frac{1}{R}$ ⇒ da cui: $I = \frac{U}{R}$ **legge di Ohm**

Calcoli sulla legge di Ohm

1. Un relè con resistenza da 40 kΩ è collegato a 48 V DC. Quanto è grande la corrente nella bobina?

Soluzione:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{48\ \text{V}}{40\ \text{k}\Omega} = 1{,}2\ \text{mA}$$

2. Una lampada a incandescenza consuma 250 mA quando è collegata a 24 V DC. Calcola la resistenza della lampadina.

Soluzione:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24\ \text{V}}{250\ \text{mA}} = 96\ \Omega$$

3. Attraverso una resistenza di 22 Ω fluiscono 8,5 A. Quale tensione è richiesta?

Soluzione:

$$U = R \cdot I = 22\ \Omega \cdot 8{,}5\ \text{A} = 187\ \text{V}$$

4. Se ai capi di una resistenza ohmica viene applicata una tensione, scorre una corrente. Determina, applicando una crocetta, se le seguenti affermazioni sono corrette o errate.

Soluzione:

Corretto	Errato	
	X	Se la tensione aumenta, la corrente diminuisce.
X		Se la resistenza diminuisce, la corrente aumenta.
X		Per mantenere la corrente constante, se aumento la tensione, dovrò anche aumentare la resistenza.

Test di lettura