



Serie e parallelo

Grazie ai componenti elettronici allegati agli ultimi fascicoli, compreso questo, potrai realizzare i vari circuiti sulla breadboard proposti sul sito www.robot.dagostini.it. Alcuni di essi, inoltre, ti permetteranno di sperimentare subito la differenza tra un collegamento in serie e uno in parallelo (illustrati a pag. 91).

IL VERSO DI CORRENTE E TENSIONE

Osserva il circuito schematizzato sotto: le due rappresentazioni sono analoghe dal punto di vista fisico, ma differiscono nella forma. Il tratto che unisce i punti C e D (nello schema a sinistra), infatti, non è che un corto circuito (ad esempio, realizzato con un cavetto) che impone loro la stessa tensione (in questo caso, quella della massa), esattamente come se C e D fossero stati portati a tale tensione (massa) singolarmente (come rappresentato a destra). In generale, qualsiasi coppia di punti di un circuito in cui sia imposto sempre lo stesso valore di tensione può essere

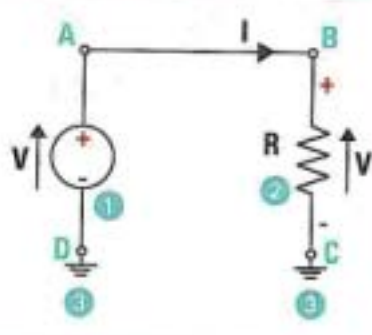
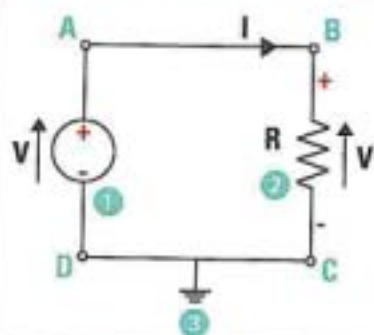
Nella foto. Il kit di componenti allegati prevede un resistore da 220Ω (1), un condensatore da 100 nF (2) e un termistore NTC (Negative Temperature Coefficient) da 47000Ω (3), un componente sensibile alle variazioni di temperatura (maggiore è la temperatura, minore è il suo valore in Ω).



vista come collegata da un corto circuito. Allo schema di sinistra, **si preferisce allora uno schema come quello di destra, che risulta più chiaro nel caso di circuiti molto complessi.** La presenza grafica del corto circuito, infatti, è puramente opzionale, giacché non modifica le caratteristiche sostanziali del circuito. Ciò che invece caratterizza il circuito rappresentato in entrambi gli schemi è la presenza di un generatore di tensione (1) e di un resistore (2). La massa (3) è il valore di tensione (sconosciuto) assunto come riferimento (dunque come valore zero) per tutti i punti del circuito: una tensione, infatti, dipende dalla sottrazione di due valori (motivo per cui si dice anche differenza

di potenziale o ddp) e, dunque, deve sempre essere riferita a qualcosa. Ad esempio, dire che nel punto A c'è una ddp pari a 5 volt significa dire che tra la carica fornita dal generatore (5) e quella di riferimento (la massa = 0) c'è una differenza (5-0) di 5 volt. Ovviamente, lo stesso vale per il punto B. Il verso positivo (maggiore di zero) della ddp è indicato, negli schemi, dalle frecce presenti sul simbolo del generatore (1) e del resistore (2). Come noterai, però, il senso delle due frecce è opposto. **Al suo interno, infatti, il generatore "forza" il passaggio di cariche negative** (nel senso della freccia (1)) in modo tale da creare la ddp necessaria al funzionamento del circuito. Nel tentativo di riequilibrare tale ddp, però, **il circuito non può far altro che "indirizzare" gli elettroni (sempre da - a +), all'esterno del generatore, cioè nel verso opposto** (indicato

A sinistra. Due modi di rappresentare il medesimo circuito che prevede un generatore di tensione (1) e un resistore (2) collegato a massa (3); la notazione più a destra è tipica dell'elettronica.



dalla freccia \odot a quello degli elettroni al suo interno. Se infine consideriamo il verso della corrente (I), notiamo che è opposto a quello della tensione 'esterna' al generatore: sebbene la corrente sia il risultato dello spostamento di elettroni (cariche negative), per convenzione si preferisce considerarla come lo spostamento di cariche positive. In realtà i protoni (le particelle cariche positivamente) non si spostano ma, dal punto di vista della quantità di carica, la mancanza di elettroni (detta 'lacuna') equivale all'eccedenza di protoni. **Dunque uno spostamento di una carica negativa (spostamento reale di un elettrone) da un punto A a un punto B può essere inteso come uno spostamento di una carica positiva dal punto B al punto A.** Per questo motivo è possibile ammettere la convenzione per cui la corrente va dal potenziale più alto (maggiore carica positiva) al più basso (minor carica positiva), mentre il reale spostamento della materia (gli elettroni) va nel verso opposto.

IN SERIE

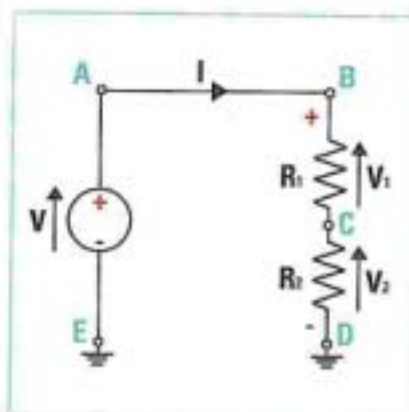
Consideriamo ora il circuito illustrato in questa pagina (a destra): i punti A e B, essendo cortocircuitati, hanno lo stesso potenziale, il che vale anche per i punti D ed E. Nel punto C, invece, c'è un potenziale per ora

● A destra. Lo schema elettronico di un circuito che, a differenza del precedente, presenta due resistori collegati in serie, aventi cioè un capo in comune (nel punto C). I loro valori di resistenza si sommano.

sconosciuto. In pratica è come se, di tre bottiglie (B, C e D), la prima e la seconda fossero state collegate tramite un certo tubo (il resistore R_1) e la seconda e la terza con un altro tubo (R_2); la terza e la prima, invece, tramite una pompa (generatore). Imposto un dislivello tra la

prima e la terza bottiglia, il livello d'acqua presente nella seconda si assesterà ben presto su un valore intermedio tra quello delle altre

due. La seconda bottiglia, infatti, è solo di passaggio: la quantità d'acqua (corrente) che fluisce, dipende unicamente dal dislivello esistente tra la prima bottiglia e la terza: la quantità d'acqua che la seconda bottiglia riceve dalla prima sarà dunque uguale a quella che farà defluire nella terza. Lo stesso discorso vale nel circuito elettrico: la corrente che circola in un circuito è una, la quantità di carica messa in moto dal generatore, infatti, non si crea né si distrugge, dunque non può far altro che fluire nel circuito. La corrente che scorre in un tratto di circuito, quindi, è sempre la stessa anche se incontra resistenze diverse.



Questo però, a patto che gli elementi del circuito siano collegati in serie, cioè avendo un solo capo (C) in comune (non tutti e due come vedremo, invece, in un collegamento in parallelo). Se consideriamo ora i livelli d'acqua nelle bottiglie (cioè le ddp), osserviamo che decrescono: il passaggio dell'acqua nella bottiglia intermedia, infatti, 'alleggerisce' parzialmente la prima bottiglia del contenuto in eccesso rispetto alla terza. In particolare, si può calcolare che il dislivello totale (tra B e D) equivale alla somma di quelli intermedi (tra B e C e tra C e D). Come si diceva, infatti, **quali che siano i passaggi intermedi (in questo caso il passaggio per il punto C), la differenza di potenziale del circuito non dipende da essi, bensì dalla loro somma che equivale alla ddp tra i due valori agli estremi (B e D).** Sebbene dunque la quantità di carica (cioè la corrente) nel circuito sia costante, il suo passaggio viene influenzato dalla somma di entrambi i resistori, in proporzione al loro valore di resistenza: la resistenza totale (R), dunque, è pari alla somma delle resistenze specifiche dei resistori in serie (R_1+R_2). **Siccome l'influenza che le due resistenze in serie esercitano sulla corrente (costante) si registra, di fatto, sulla tensione (dislivelli decrescenti), un circuito così fatto si definisce 'partitore di tensione'.**

ANALITICAMENTE

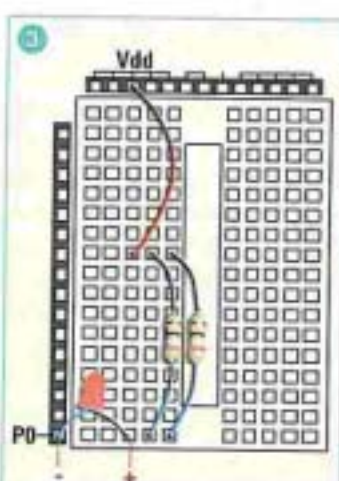
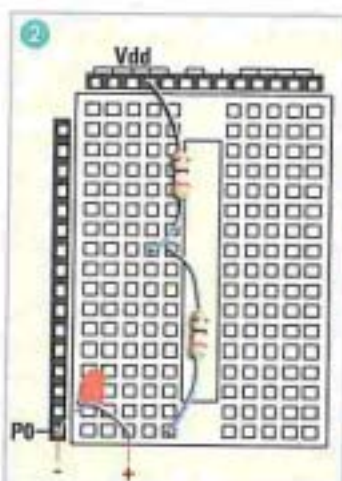
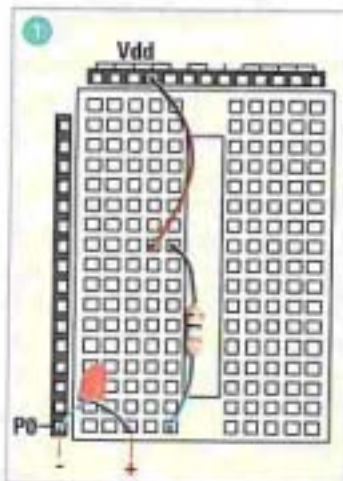
Applicando la legge di Ohm ($V=R \cdot I$) a un circuito con due resistenze in serie, si avrà dunque che la tensione (V) è pari al prodotto della somma

SULLA BREADBOARD



Per sperimentare la differenza tra un collegamento in serie e uno in parallelo, puoi realizzare direttamente sulla breadboard i seguenti circuiti in cui, oltre a resistori e corto circuiti (i cavetti in rame), useremo anche un LED. Non avendo ancora spiegato il funzionamento di un diodo, in particolare di un LED, assumeremo per ora questa regola di funzionamento: se catodo (-) e anodo (+) sono collegati alle giuste alimentazioni, maggiore è la corrente che attraversa il LED, maggiore è l'intensità della luce emessa. In pratica, utilizzeremo il LED come indicatore sensibile (visibile) della diversa quantità di corrente che, a parità di tensione, scorre in una configurazione in serie (● e ●) o in parallelo (●).

Dopo aver realizzato uno dei circuiti e digitato nell'area di editing il programma in alto a destra, mandalo in esecuzione: in questo modo il circuito sarà alimentato e il LED si accenderà. Nella prima configurazione, **il LED è in serie a un solo resistore**: la corrente che circola è dovuta quasi interamente al valore di resistenza di quest'ultimo, poiché il LED offre una resistenza molto piccola, in questo caso trascurabile.



Nella seconda configurazione, invece, **il LED è posto in serie alla serie di due resistori**: in

questo modo, dunque, passerà meno corrente. Il LED, infatti, si accende con minore intensità rispetto a prima. Nella terza configurazione, infine, **il LED è posto in serie al parallelo di due resistori**: la resistenza totale che questi ultimi oppongono all'accensione del LED sarà dunque minore di entrambi i precedenti casi e il LED si illuminerà più intensamente.

```
prog led bin2
*{$STAMP BS2}
loop:
  low 0
  goto loop
```

delle resistenze (R_1+R_2) per la corrente (I), vale a dire $V=(R_1+R_2)*I$. Infatti la tensione (V) tra B e D è pari alla somma delle tensioni (V_1 e V_2) ai capi dei singoli resistori, ciascuna delle quali, per la legge di Ohm, è pari al prodotto della rispettiva resistenza per la corrente (I) costante (cioè $V_1=R_1*I$ e $V_2=R_2*I$). Sostituendo la somma di tali prodotti (R_1*I+R_2*I) alla somma delle tensioni (V_1+V_2), otteniamo che la tensione ai capi dei due resistori (V) è proprio il prodotto della corrente costante (I) per la somma della due resistenze: $V=(R_1*I)+(R_2*I)$ equivale infatti a $V=(R_1+R_2)*I$. Ora, dal momento che la tensione in un punto qualsiasi del circuito può essere considerata come un segnale (alto o basso, dunque riconducibile ai numeri binari 1 e 0), può essere utile conoscere

il valore della tensione (sempre riferita a massa) di un punto che, come C, sia compreso tra due resistenze. Grazie alla legge di Ohm, sappiamo che è necessario moltiplicare la corrente (I) per il valore della resistenza (R_2) che separa tale punto dalla massa. Ricavando la corrente (I) dalla tensione (V) del generatore e dalla somma delle resistenze, abbiamo $I=V/(R_1+R_2)$. Per quanto visto prima, otteniamo quindi che $V_2=V*R_2/(R_1+R_2)$.

CASI LIMITE

Vediamo ora brevemente cosa accade se in un partitore di tensione c'è una grossa differenza tra i valori dei due resistori. In particolare, se R_1 è molto piccola rispetto a R_2 , è di fatto approssimabile a zero e, quindi, assimilabile a un corto circuito; in tal caso, la tensione

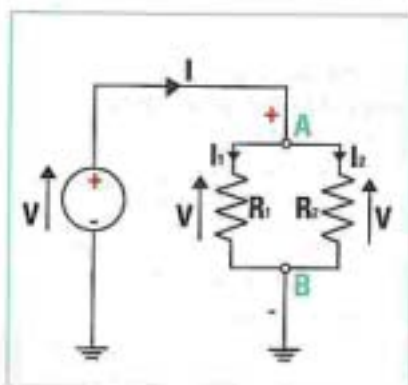
al punto C (V_1) è pari a quella (V) del generatore. Infatti $V_2=V*R_2/(0+R_2)$ non è altro che $V_2=V$. Se invece è R_2 a essere molto piccola (approssimabile allo zero) rispetto a R_1 , allora il punto C può essere considerato come fosse cortocircuitato a massa, cioè alla tensione di riferimento (pari allo zero). Infatti $V_2=V*0/(R_1+0)$ equivale a $V_2=0$. Se infine le due resistenze sono uguali ($R_1=R_2$), allora la tensione si ripartirà ugualmente sui due resistori e i valore intermedi di tensione (V_1 e V_2) saranno esattamente la metà di V . Se infatti $R_1=R_2$, allora $(R_1+R_2)=(R_2+R_2)$ cioè $2*R_2$; la formula $V_2=V*R_2/(R_1+R_2)$ sarà dunque $V_2=V*R_2/(2*R_2)=V/2$. Più in generale, **se le due resistenze differiscono di molti ordini di grandezza, si può approssimare l'intero tratto di circuito contenente la serie delle due resistenze con**

la sola resistenza di valore maggiore: cioè quella che influenza quasi del tutto la circolazione della corrente.

IN PARALLELO

Torniamo ora alle bottiglie: se ne collegassimo solo due non con uno, ma con due tubi diversi, nel momento in cui una pompa creasse un dislivello, la corrente imposta dal dislivello fluirebbe in parte attraverso un tubo e in parte attraverso l'altro. In particolare, poi, se i due tubi avessero diametro molto diverso tra loro, è intuitivo immaginare che l'acqua fluirebbe praticamente tutta tramite il tubo largo, mentre da quello molto stretto uscirebbero solo poche gocce. Come sappiamo, lo stesso discorso dei tubi vale per le resistenze elettriche: maggiore è la resistenza, minore sarà la corrente che passa. Consideriamo infatti il circuito illustrato sotto, in cui i due resistori non hanno più solo un capo in comune, ma entrambi.

● **Sotto.** Lo schema elettronico di un circuito che, a differenza del precedente, presenta due resistori collegati in parallelo, aventi cioè entrambi i capi in comune (nei punti A e B). Il valore di resistenza totale che offrono è minore della loro somma.



Tipicamente, la corrente imposta dalla ddp del circuito tenderà a preferirne il tratto che oppone minore resistenza.

Un collegamento di questo tipo viene detto 'in parallelo' e offre la prestazione opposta a quello in serie: **impartendo la stessa tensione ai capi dei due resistori, infatti, si costringe di fatto la corrente a 'dividersi' (nel punto A) sui due rami della biforcazione offerta da R1 e R2. Per questo, tale collegamento viene detto anche 'partitore di corrente'.** Applicando la legge di Ohm, possiamo ricavare i valori della corrente (I_1 e I_2) nei due tratti della biforcazione (infatti, $I_1 = V/R_1$ e $I_2 = V/R_2$). Come si diceva, inoltre, la corrente (I) si distribuisce nei due tratti che incontra dopo la biforcazione (per cui $I = I_1 + I_2$) e, dunque, la precedente formula diventa $I = V/R_1 + V/R_2$, cioè $I = V \cdot (1/R_1 + 1/R_2)$. Siccome in generale, per la legge di Ohm, $I = V \cdot 1/R$ (che è un altro modo di scrivere $I = V/R$), si può ricavare che $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$, cioè $R = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2)$.

La resistenza totale (R), stavolta, è minore della somma delle due resistenze parziali (R1 e R2). Che la resistenza totale diminuisca è d'altronde intuitivo: se infatti avessimo collegato solo la resistenza R_1 , la corrente totale (I) presente nel circuito sarebbe stata uguale a quella passante per R_1 ($I = I_1$); allo stesso modo, collegando solo la resistenza R_2 la corrente sarebbe $I = I_2$. Collegando invece entrambe

Di due componenti in serie si sommano le tensioni e la corrente rimane costante. Di due componenti in parallelo si sommano le correnti e la tensione rimane costante.

le resistenze in parallelo, la corrente totale (I) che passa nei due tratti del circuito è la somma di quelle parziali ($I_1 + I_2$): a parità di

tensione, per la legge di Ohm, maggiore è la corrente, minore deve essere la resistenza totale.

CONFERME

Sapendo che $I_1 = V/R_1$, si può inoltre ricavare analiticamente tale valore rispetto a I , con il risultato che $I_2 = I \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$. Dunque, anche a livello analitico si riconferma che **maggiore è la resistenza offerta da una diramazione, maggiore è la corrente che passa nell'altra diramazione.** Al crescere di R_2 , infatti, cresce il valore di I_1 e al crescere di R_1 cresce il valore di I_2 . Ancora una volta, i limiti estremi sono rappresentati dal considerare una delle due resistenze come un circuito aperto ($R = \infty$) o chiuso ($R = 0$). In particolare, se R_1 è finita e R_2 nulla (corto circuito), la corrente circolerà tutta nel tratto a resistenza nulla; se invece R_1 è finita e R_2 infinita (circuito aperto), la corrente circolerà tutta in R_1 . Più in generale, **in presenza di un collegamento in parallelo di resistenza in cui la differenza di valore è di molti ordini di grandezza, la corrente tende a circolare quasi esclusivamente all'interno della resistenza minore,** per cui si può approssimare l'intero tratto di circuito contenente il parallelo delle due resistenze con la sola resistenza di valore minore.