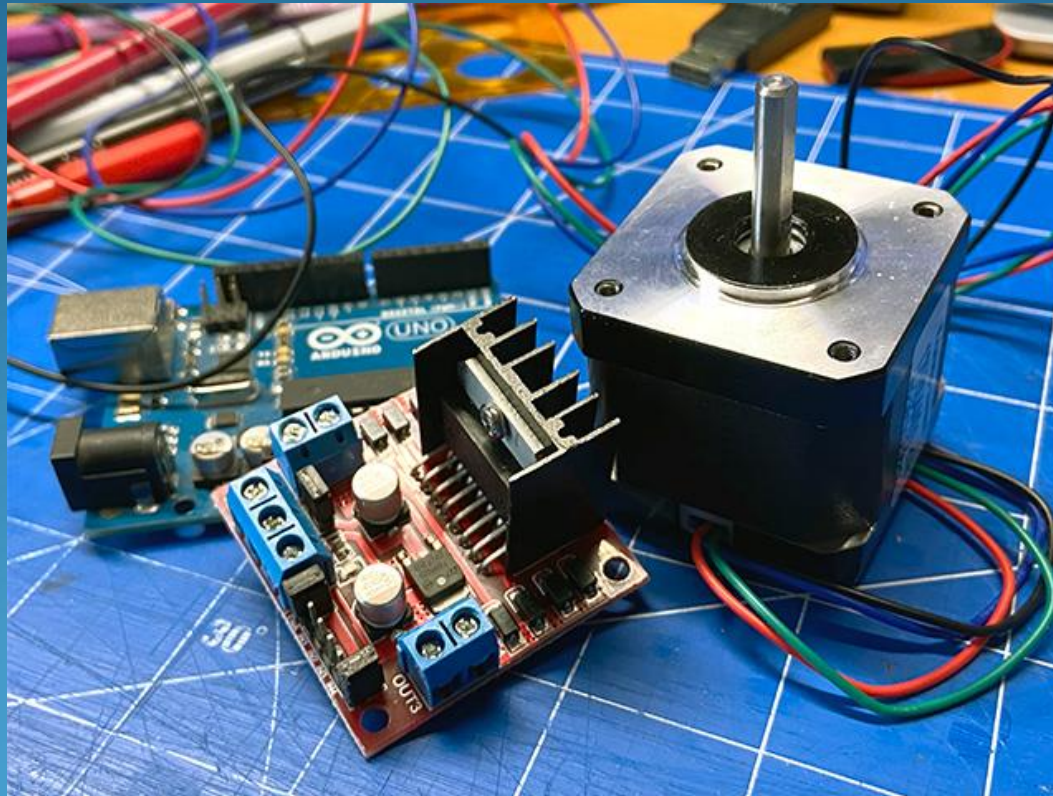


Controllo di un motore passo-passo bipolare NEMA17 con Driver L298N



I motori “passo-passo” o “stepper” sono motori elettrici sincroni il cui avanzamento avviene a passo singolo corrispondente ad uno specifico angolo di rotazione, pertanto è possibile farli ruotare a piacimento di un angolo preciso.

Uno stepper è in grado di mantenere con precisione velocità di rotazione e posizione senza la necessità di utilizzo di trasduttori di feedback come dinamo tachimetriche o encoder.

I motori passo-passo sono ampiamente utilizzati nell'ambito dell'automazione industriale: robotica, stampanti, scanner, o per esempio come stanno facendo alcuni miei allievi, per regolare l'inclinazione di un pannello solare per realizzare un inseguitore solare.

Rispetto ad altre tipologie di motori elettrici il motore passo-passo non modifica la velocità di rotazione in funzione della coppia a cui è sottoposto l'albero rotante, la mantiene costante e nel caso in cui la coppia aumenti il motore si ferma.

I motori stepper per essere pilotati richiedono una sequenza di impulsi generati da appositi circuiti elettronici di controllo.

In laboratorio vedremo come controllare il movimento di un motore passo-passo bipolare con Arduino mediante l'uso di un Motor Driver L298N.

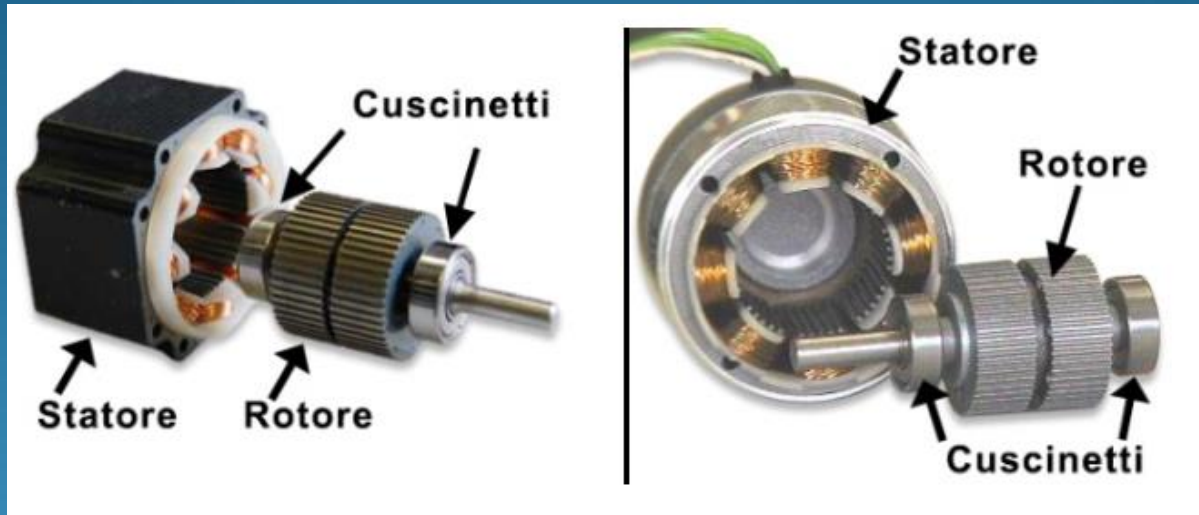
Con questo tutorial voglio indicare ai miei studenti come effettuare il controllo di un motore passo passo NEMA17 che dovranno utilizzare nelle prossime esperienze di laboratorio.

Richiami teorici

Lo stepper motor o motore passo-passo è definito anche come “*trasduttore elettromeccanico*” in quanto converte impulsi elettrici di comando in passi elementari (step) di ampiezza angolare fissata in funzione del tipo di motore.

Questo tipo di motore elettrico per poter funzionare deve essere collegato ad un circuito di alimentazione specifico e ad un sistema di controllo elettronico in grado di governare l'angolo e la velocità di rotazione.

Come per tutti i motori elettrici anche il motore passo-passo è costituito da una parte fissa detta **statore** ed una parte mobile detta **rotore** su cui è connesso un albero di rotazione dotato di cuscinetti:



Nello statore sono disposti gli avvolgimenti di rame, costituiti da bobine di rame smaltato (isolato), mentre il rotore è costituito da materiale magnetico.

Esistono tre tipi di motori passo passo:

a magnete permanente (PM)

a riluttanza variabile (VR) ibrido (HY)

Gli avvolgimenti dello statore sono collegati in modo da realizzare un sistema bifase, ma esistono anche sistemi trifase e polifase ma sono più rari.

I motori passo-passo si suddividono a loro volta in due famiglie:

1. **motori bipolari** (la corrente negli avvolgimenti statorici scorre nei due versi)
2. **motori unipolari** (la corrente negli avvolgimenti statorici scorre in un solo verso)

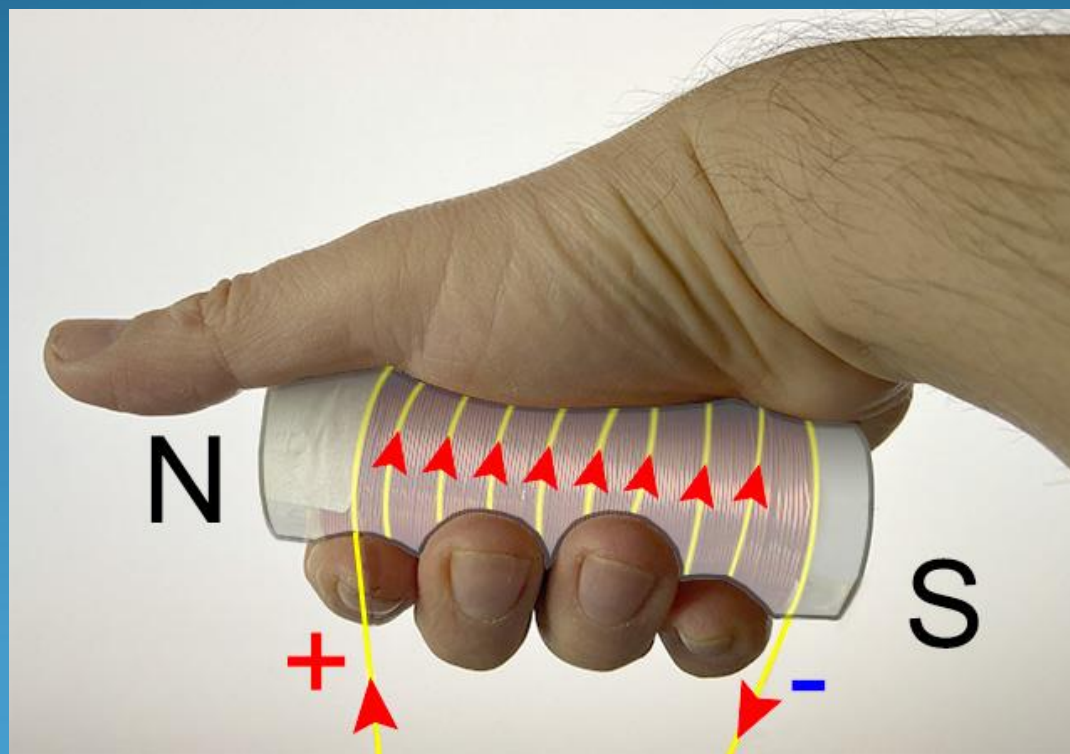
In questa guida prenderà in considerazione solamente i motori a magneti permanenti (PM) e di questi considereremo solamente i motori passo-passo bipolari. La spiegazione teorica e l'utilizzo delle altre tipologie di motori sarà argomento di successive lezioni.

Motore a magnete permanente – motore passo-passo bipolare

Il principio di funzionamento di questa tipologia di motori è basato sull'attrazione di due poli magnetici che presentano polarità differenti. Un polo è costituito da un magnete permanente (calamita) mentre l'altro è il polo di un elettromagnete il cui magnetismo è generato da una corrente che fluisce in spire avvolte su un materiale ferromagnetico.

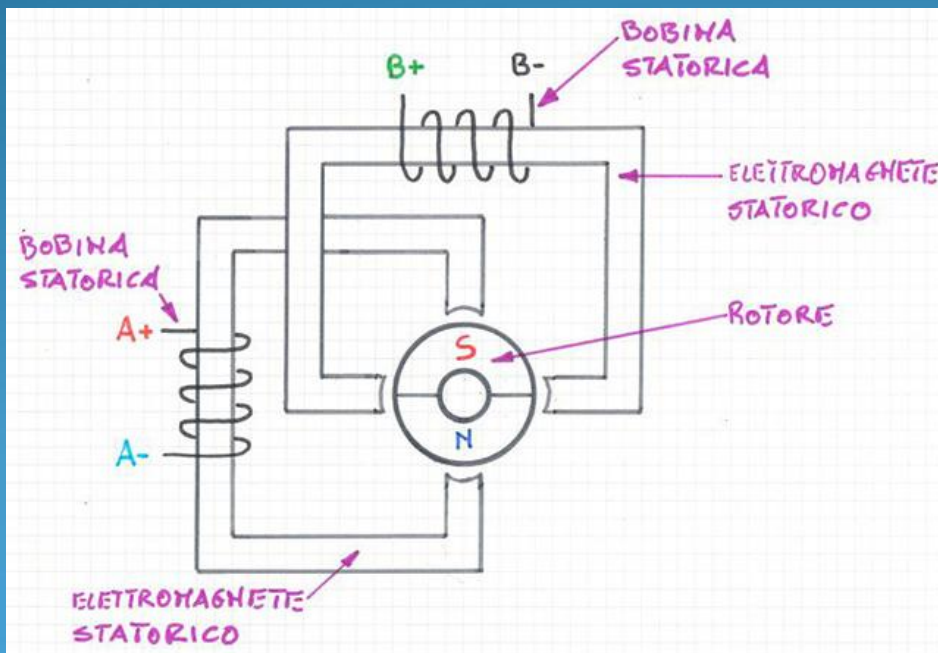
Si ricorda che facendo scorrere una corrente su una bobina avvolta su un nucleo di ferro viene generato un campo magnetico che presenterà una polarità Nord-Sud secondo la “**regola della mano destra**”:

immaginiamo di impugnare l'avvolgimento con la mano destra in modo che le dita indichino il verso di percorrenza della corrente, il pollice indicherà la direzione del vettore campo elettromagnetico e la punta del pollice indica il verso del vettore individuando il Nord magnetico:



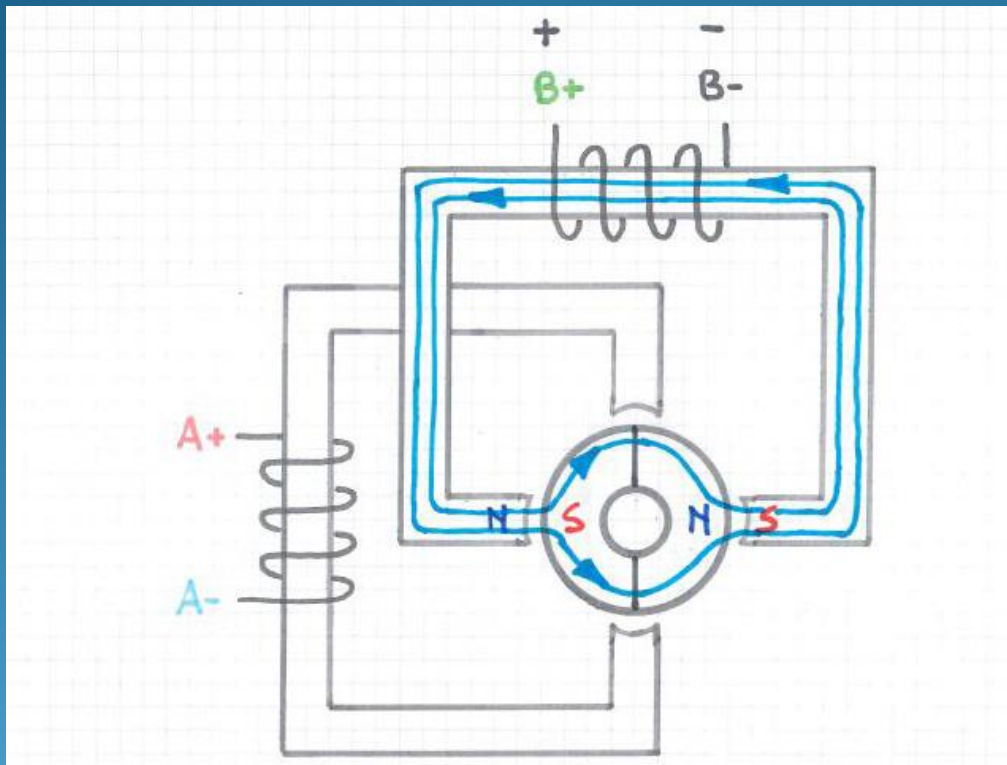
Per far muovere il rotore dovremo quindi modificare il verso di percorrenza della corrente nelle bobine dello statore in modo che la forza di attrazione Nord-Sud tra i poli dello statore e del rotore generi il moto rotatorio.

Nello statore sono presenti due magneti disposti in maniera ortogonale uno rispetto all'altro su cui sono avvolte due bobine i cui terminali sono nominati: A+ e A-, B+ e B- così sono indicati nelle tabelle tecniche di questi dispositivi (i segni + e - a fianco alle lettere A e B non sono da confondere con la polarità), mentre il rotore è costituito da un magnete permanente costituito quindi da un polo Nord e un polo Sud.

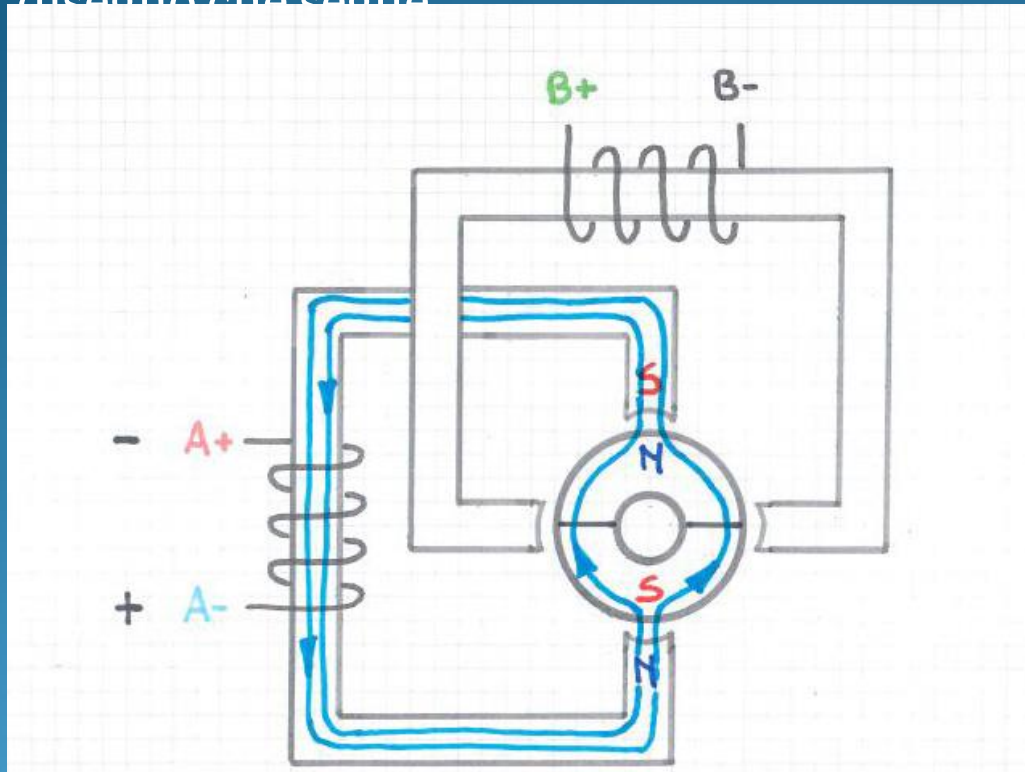


Movimento del rotore

Facendo circolare una corrente continua nell'avvolgimento statorico A+ e A- viene generato un campo magnetico che porterà il rotore a ruotare e a bloccarsi nella posizione in cui le polarità magnetiche saranno opposte, così come indicato nel disegno che segue:



Togliendo alimentazione all'avvolgimento statorico B+ B- e alimentando in senso opposto (polarità inversa) l'avvolgimento statorico A+ A- si invertiranno le polarità del campo magnetico ed una rotazione di 90° in senso antiorario del rotore così come indicato nel disegno che segue:

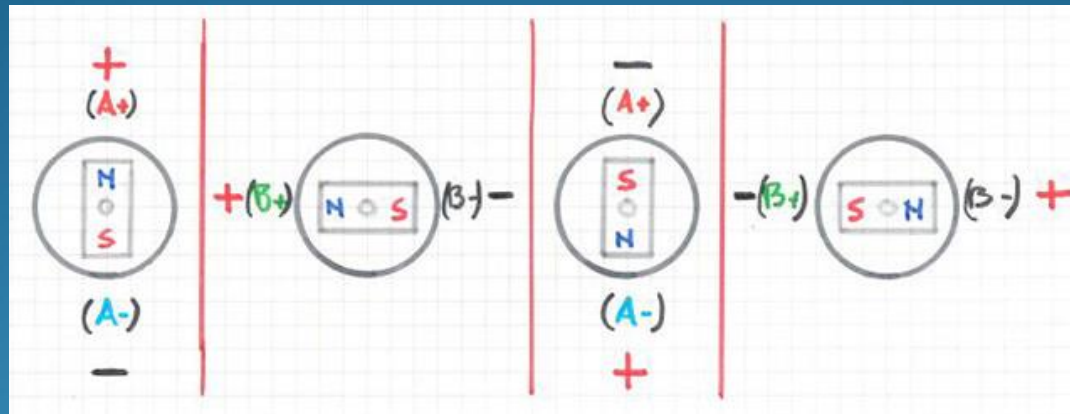


Da ciò si comprende che invertendo il verso di percorrenza della corrente prima prima in un avvolgimento statorico e poi nell'altro si otterrà ogni volta una rotazione di 90° del rotore. L'alimentazione di una fase alla volta (di un avvolgimento statorico alla volta) è detto a "full step", cioè passo intero.

La sequenza completa di rotazione è costituita da 4 passi (o 4 fasi) e quindi per ottenere una rotazione continua del rotore bisognerà realizzare la seguente sequenza di alimentazione:

FASE	A+	A-	B+	B-
1	+	-	0	0
2	0	0	+	-
3	-	+	0	0
4	0	0	-	+

La sequenza di movimento, secondo la tabella sopra indicata, sarà quella dell'immagine che segue dove per semplicità di esposizione è stato semplificato il disegno del motore:

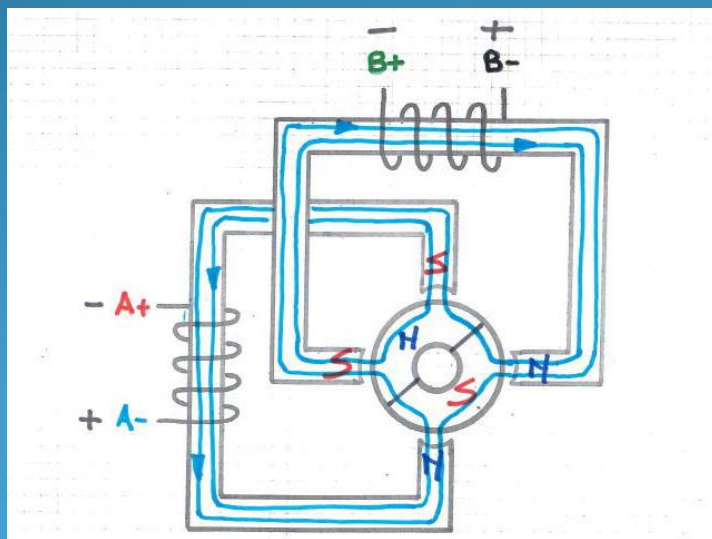
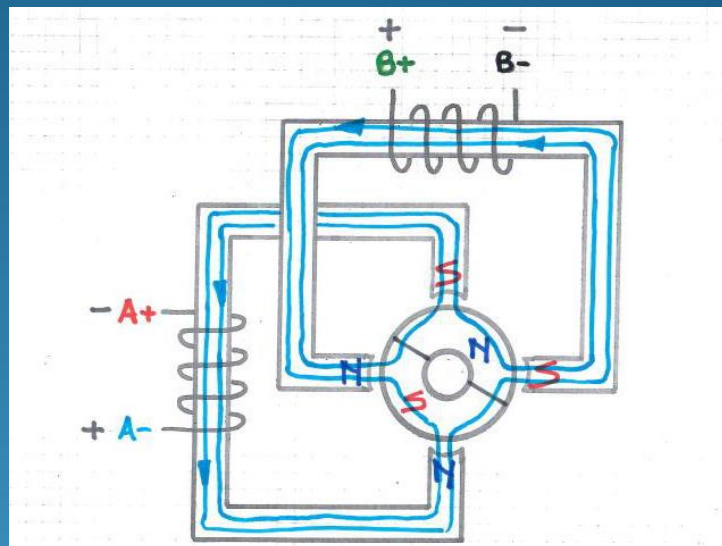
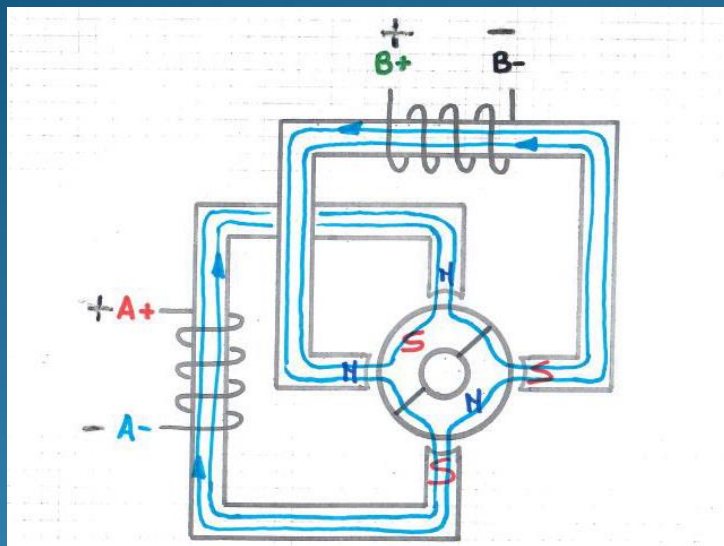


Per invertire il senso di rotazione degli elettromagneti sarà sufficiente quindi invertire la sequenza con cui vengono alimentate le bobine statoriche.

Il movimento del motore può avvenire anche alimentando contemporaneamente entrambe le bobine statoriche, in questo modo il rotore si disporrà a 45° rispetto alla posizione precedente. La tabella delle singole fasi diventa:

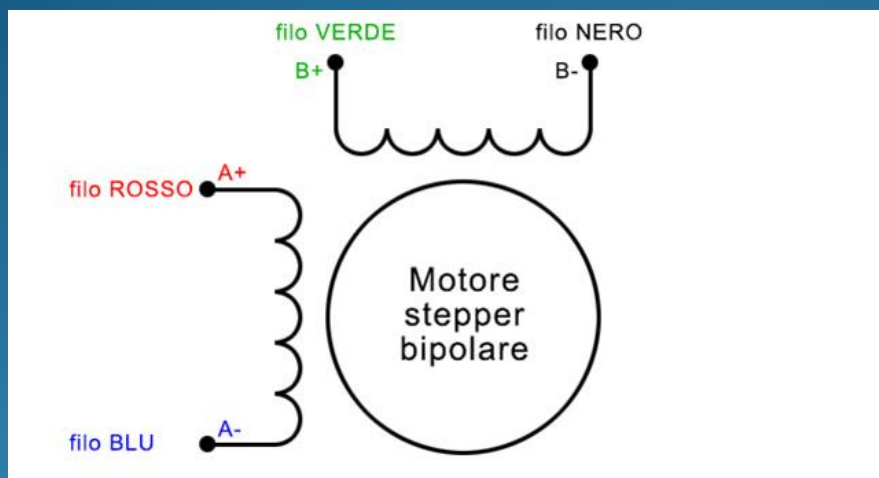
FASE	A+	A-	B+	B-
1	+	-	+	-
2	-	+	+	-
3	-	+	-	+
4	+	-	-	+

la posizione del rotore sarà quella
descritta dai disegni che seguono:



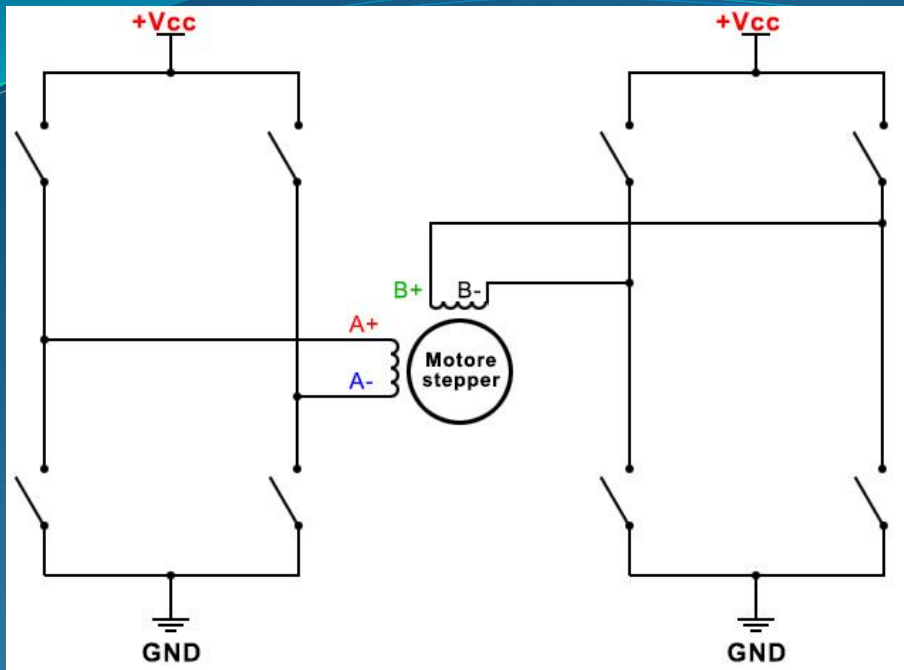
Controllo

I fili che costituiscono i due poli sono distinti da colori diversi e il controllo del motore passo-passo deve essere effettuato da un driver bipolare, nel nostro caso un L298N.



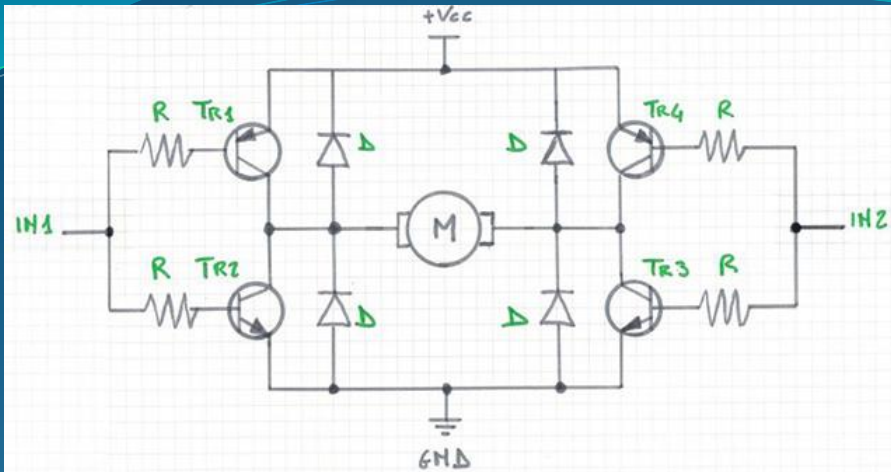
La sequenza di eccitazione, sarà realizzata da un microcontrollore, nel nostro caso Arduino ed in una successivamente lezione vedremo come controllare uno stepper mediante PLC Siemens 1200 con un'altro tipo di driver.

Il driver bipolare, può essere paragonato in estrema sintesi a 8 interruttori, 4 interruttori per ogni bobina statorica



Elettronicamente il driver bipolare è costituito da un circuito elettronico a **doppio ponte H**, il nostro L298N, che consente di invertire il senso della corrente nelle bobine statoriche. Gli interruttori del circuito precedente vengono realizzati con transistor mosfet o bjt. Comandando la polarizzazione di coppie di transistor per ogni ponte H sarà possibile alimentare le bobine con polarità diverse.

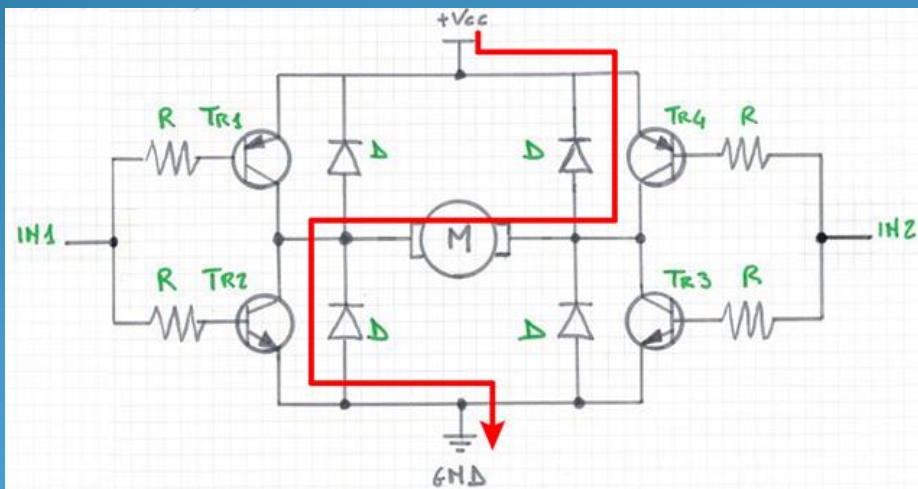
Nell'esempio che segue viene preso in considerazione un solo ponte H. Nel circuito sono presenti 4 transistor due NPN (Tr2 e Tr3) e due PNP (Tr1 e Tr4), collegati come indicato nel disegno che segue:

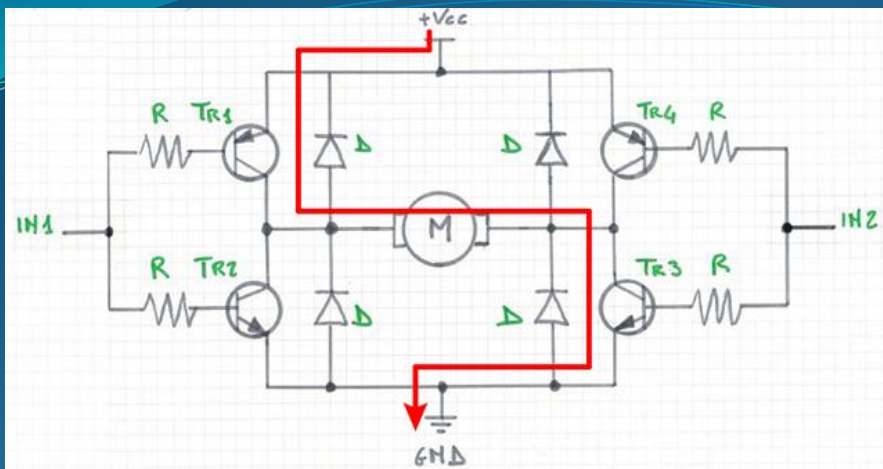


Mediante l'utilizzo di due output digitali di un microcontrollore invieremo sui pin **IN1** e **IN2** valori

HIGH e **LOW** (tensioni di 5V e 0V) in modo da controllare la polarizzazione dei transistor e il conseguente verso di percorrenza della corrente che circola nella bobina statorica del motore.

Quando nel punto **IN1** si ha un valore **HIGH** e su **IN2** un valore **LOW**, andranno in conduzione i transistor **Tr4** e **Tr2** provocando la rotazione in un senso del motore





quando nel punto IN_1 il segnale è **LOW** e su IN_2 il segnale è **HIGH** i transistor che andranno in conduzione saranno il Tr_1 e il Tr_3 , provocando la rotazione nel senso opposto al passo precedente:

La modalità di collegamento del circuito impedisce di alimentare contemporaneamente la coppia di transistor evitando così cortocircuiti. I quattro diodi sono detti **diodi di ricircolo** ed il loro scopo è quello di proteggere i transistor dalla **sovratensione** generata dalla bobina statorica (induttanze) nel momento dell'apertura del circuito, infatti quando i transistor passano dalla condizione di conduzione a quella di interdizione (si apre l'interruttore) la corrente circolante dovrebbe andare istantaneamente a zero, ma l'induttore (la bobina statorica del motore) tende ad impedire questa brusca variazione, la tensione sul collettore del transistor tende ad aumentare a valori molto elevati.

Se immaginate il transistor in interdizione come ad un interruttore aperto, che quindi assume una resistenza elevatissima, l'induttore si comporterà per un breve istante come un generatore di tensione cercando di far passare in questa resistenza elevatissima la stessa corrente che era presente quando il bjt si comportava come interruttore chiuso, ma per la legge di ohm ($V = R \times I$) la tensione sul collettore del bjt raggiunge valori molto alti, superiori alla tensione di alimentazione danneggiando il bjt.

Per evitare la distruzione del bjt viene inserito un diodo con catodo rivolto verso il positivo dell'alimentazione.

Durante la conduzione del transistor, il diodo non sarà polarizzato direttamente, mentre quando non sarà polarizzato (interruttore aperto) la corrente non passerà più attraverso il transistor, ma attraverso il diodo polarizzato direttamente.

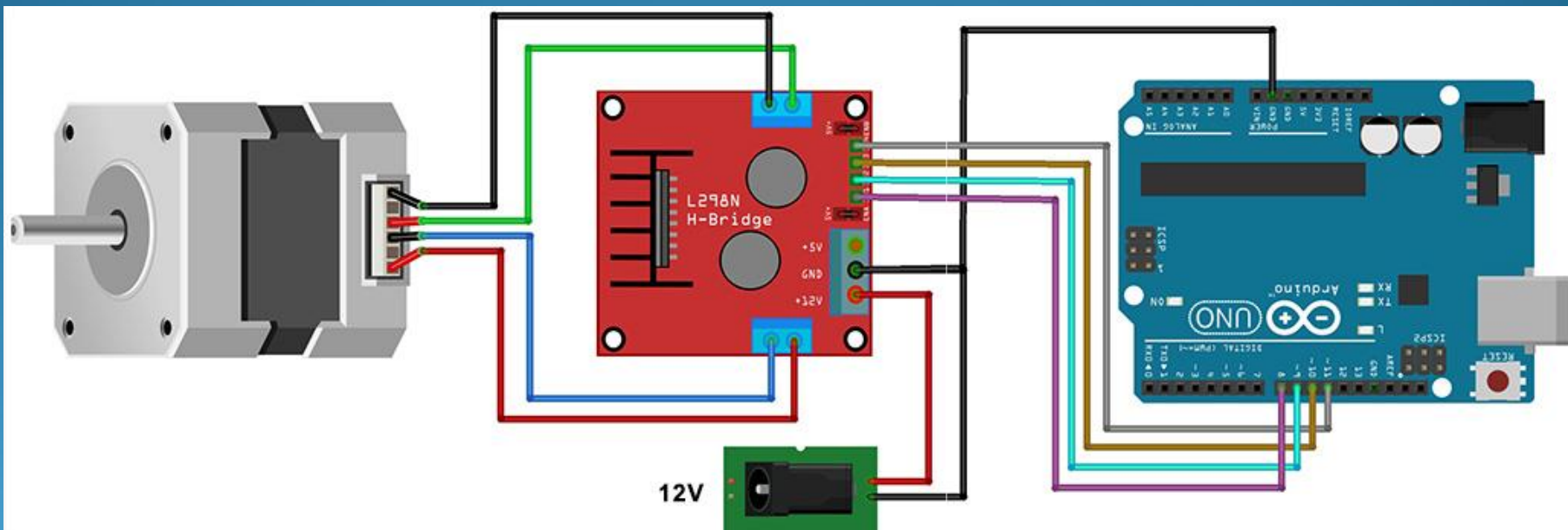
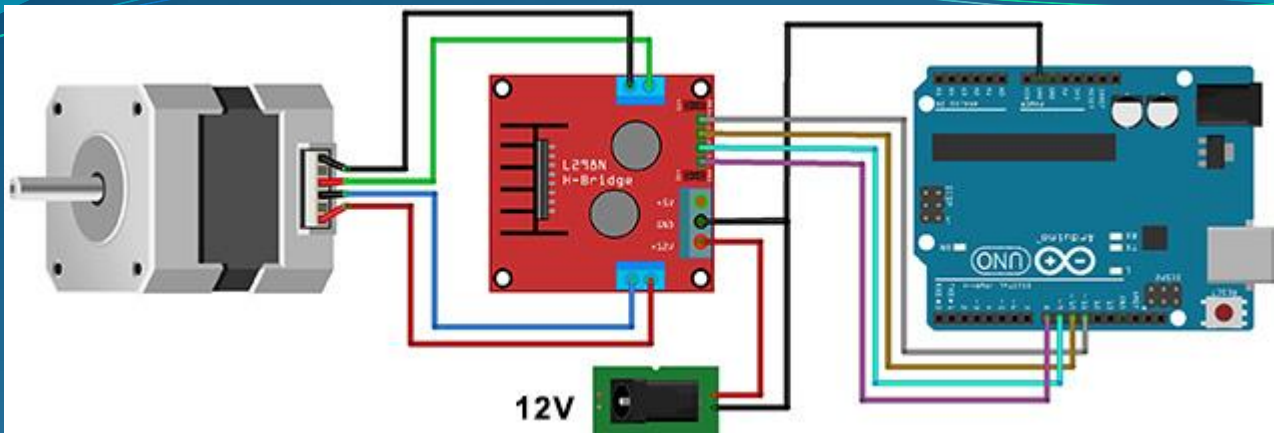
Realizzazione del circuito

Il NEMA 17 richiede un'alimentazione tipica di 12V. La rotazione completa di 360° del rotore si ottiene facendo compiere 200 passi al motore. Ogni passo corrisponderà ad un angolo di 1,8°. La velocità massima che questo tipo di motore può raggiungere è di 60 RPM (dall'inglese revolutions per minute in italiano rotazioni per minuto giri/min).

Prima di collegare il motore alla scheda motori è necessario individuare i cavi A+, A-, B+ e B- sul motore. La maniera migliore è quella di consultare la scheda tecnica del motore in cui vi è una corrispondenza tra colore filo e cavo. In alternativa potete utilizzare un multimetro in modalità ohmmetro e misurare la resistenza tra le coppie dei cavi, quando misurerete un valore tra i 2 e i 4 ohm tra due terminali avrete individuato una delle bobine.

Collegare l'alimentazione esterna a 12V al terminale VCC e mantenere posizionare i jumper (i ponticelli) ENA ed ENB come indicato nell'immagine che segue in modo che il motore passo passo sia sempre abilitato al funzionamento.

Effettuare il collegamento dei pin di ingresso (IN₁, IN₂, IN₃ e IN₄) del modulo L298N a quattro pin di uscita digitale Arduino, nell'esempio sono stati utilizzati i pin: 8, 9, 10 e 11.



Lo sketch indicato di seguito, che potrete utilizzare come base di partenza per le vostre sperimentazioni, permetterà di controllare il motore passo-passo facendogli compiere ripetutamente un giro in senso orario ed uno in senso antiorario.

```
#include <Stepper.h>
// Numero di step (passi) per effettuare una rotazione completa
const int stepPerRotazione = 200;
// Creazione dell'istanza dello Stepper
Stepper mioStepper(stepPerRotazione, 8, 9, 10, 11);
void setup()
{ // impostazione della rotazione a 60 rpm:
  mioStepper.setSpeed(60);
  // inizializzazione della porta seriale:
  Serial.begin(9600);}

void loop()
{ // una rotazione in una direzione
  Serial.println("Rotazione oraria");  mioStepper.step(stepPerRotazione);
  delay(500);
  // una rotazione in una direzione
  Serial.println("Rotazione antioraria");  mioStepper.step(-stepPerRotazione);
  delay(500);
}
```

Questo sketch include la libreria

Stepper <https://www.arduino.cc/en/Reference/Stepper>.

La libreria avrà il compito di sequenziare gli impulsi verranno inviati al motore stepper.

Definizione della variabile **stepPerRotazione** che stabilisce il numero di passi per un'intera rivoluzione, in questo caso 200 che corrispondono a 1,8 gradi per passo.

Creazione di un'istanza della libreria stepper. La creazione dell'istanza prevede l'indicazione del numero di step per rivoluzione e l'indicazione dei 4 pin digitali di Arduino a cui dovranno essere collegati i pin IN₁, IN₂, IN₃, IN₄ della scheda L298N.

Nel setup:

impostiamo la velocità del motore passo-passo invocando la funzione `setSpeed()`

impostiamo la velocità di comunicazione della Serial Monitor

Nel `loop()` invochiamo la funzione `step()` che permette di stabilire il numero di passi, valori negativi consentono di invertire il senso di rotazione del motore.