

TEPSSE V

S4A: Scratch for Arduino

D	Programmare con SCRATCH	10'
D	Scratch per Arduino S4A	7'
D	S4A: continuazione	5'

Ripasso e complementi sui PLC

D	Ladder diagram (diagr. a scala)	9'
D	Imbottigliamento	3'

1 Motori

D	Motore in continua	4'
D	Caratteristica motori DC	3'
D	Brushless	3'
D	Stepper ibrido	3'
D	Motore passo-passo	15'
D	Comando di stepper	6'
D	Parametri di un passo-passo	6'
	Azionamenti in continua	

Programmare con SCRATCH

(10)

Scratch 2 Offline Editor

https://scratch.mit.edu/projects/editor/?tip_bar=getStarted



Script

- quando si preme il tasto spazio
 - fai 10 passi
- quando si preme il tasto freccia sinistra
 - punta in direzione -90°
- quando si preme il tasto freccia destra
 - punta in direzione 90°
- quando si preme il tasto freccia su
 - punta in direzione 0°
- quando si preme il tasto freccia giù
 - punta in direzione 180°
- quando si clicca su
 - per sempre
 - punta verso puntatore del mouse
 - fai 7 passi
 - se sta toccando Ghost1 o sta toccando Ghost2 o sta toccando puntatore del mouse allora
 - vai a x: -217 y: -150
 - porta dimensione al 100 %
 - raggiungi puntatore del mouse
 - se distanza da puntatore del mouse < 150 allora
 - porta dimensione al 50 %
- quando si clicca su
 - per sempre
 - fai 2 passi
 - rimbalza quando tocchi il bordo
- quando si clicca su
 - per sempre
 - passa al costume ghost2-b
 - fai 2 passi
 - ruota di 6 gradi
 - rimbalza quando tocchi il bordo
 - se sta toccando Ghost1 o sta toccando Knight allora
 - passa al costume ghost2-a
 - attendi 0.5 secondi

Costumi

- Movimento
- Aspetto
- Suono
- Penna
- Variabili e Liste
- Situazioni
- Controllo
- Sensori
- Operatori
- Altri Blocchi

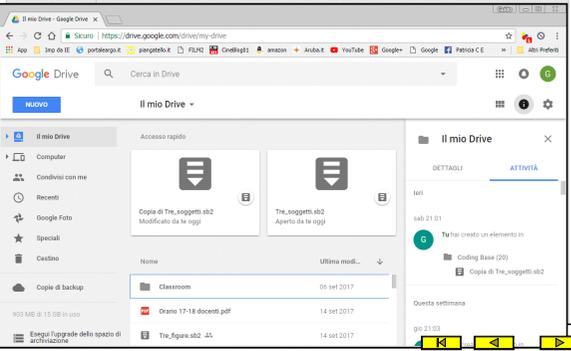
Sprite

- Stage 2 sfondi
- Knight
- Ghost1
- Ghost2

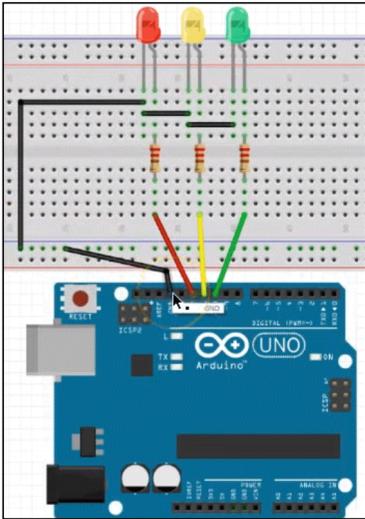
Tre_soggetti_copia

- Stage 2 sfondi
- Sprite2
- Abby
- Balloon1

Finito il programma dategli un nome nello spazio sopra al palcoscenico e salvatelo nel vostro spazio [Google drive](#) o, se non ce lo avete, su una penna USB



S4A (Scratch per Arduino)

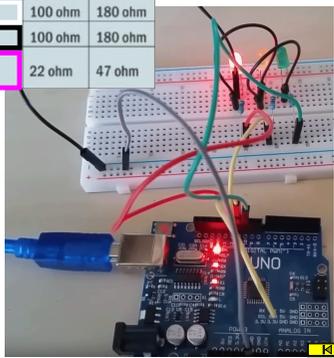


Colore	Volt caduta	20mA@ 5V	10mA@ 5V
Infrarosso	1.5	180 ohm	390 ohm
Rosso	2.0	150 ohm	330 ohm
Arancio	2.0	150 ohm	330 ohm
Giallo	2.1	150 ohm	330 ohm
Verde giallo	2.2	150 ohm	330 ohm
Verde smeraldo	3.3	100 ohm	180 ohm
Blu	3.3	100 ohm	180 ohm
Bianco	3.3	100 ohm	180 ohm
UV	3.3	100 ohm	180 ohm
Blu viola (406 nm)	4.6	22 ohm	47 ohm

$$I = \frac{5 - V_{LED}}{R}$$

$$10m = \frac{5 - V_{LED}}{R}$$

$$300_{\Omega} = \frac{3_V}{0,01_A}$$



11 [Video di Rossano Marano](#), gennaio 2016, 54 minuti => <http://s4a.cat/> => Downloads => scaricare e installare S4A e se prima di aprirlo ad Arduino è stato mandato il programma presente a questa pagina: <http://vps34736.ovh.net/S4A/S4AFirmware16.ino>

l lampeggio2- S4A 1.6

Based on Scratch from the MIT Media Lab

File Modifica Aiuto

Movimento Controllo Aspetto Sensori Suono Operatori Penna Variabili

Arduino4 x: 20 y: 20 direzione: 90

Script Costumi Suoni

Programma in esecuzione

quando si clicca su [bandiera] per sempre

- accendi relè 12
- passa al costume Semaforo-rosso
- pensa Rosso!!! per 6 secondi
- spegni relè 12
- accendi relè 11
- passa al costume Semaforo-giallo
- pensa Giallo!!! per 3 secondi
- spegni relè 11
- accendi relè 10
- passa al costume Semaforo-verde
- pensa Verde!!! per 3 secondi
- spegni relè 10

Arduino4 port: COM8

Analog0 84
Analog1 96
Analog2 109
Analog3 127
Analog4 150
Analog5 169
Digital2 false
Digital3 false

Giallo!!!

Nuovo sprite: [Arduino...]

Stage

S4A = Scratch for Arduino perché (4 = /f :r/ = /f :r/ = for)



Ladder diagram (LD) o diagramma a contatti

(9°)

Scrivendo il programma che comanda il PLC rispettando la norma IEC 1131-3 si assicura la sua portabilità su PLC di marche diverse. In base a tale norma, un **PLC (Programmable Logic Controller)** è un computer destinato all'uso in ambito industriale, dove legge degli ingressi e poi eroga delle uscite che vanno ad alimentare o a togliere l'alimentazione ai motori usati in quell'impianto industriale

Un **diagramma a contatti** (in inglese un **Ladder Diagram, LD, diagramma a scala** perché si presenta come una scala a pioli) è un linguaggio di programmazione grafico che ha come elemento base il **contatto**, che può essere **normalmente aperto (NO)** o **normalmente chiuso (NC)**. Questo simbolo --| |-- o questo --! |-- è il simbolo di un contatto **normalmente aperto (NO)**, ovvero che è **aperto se la variabile che ci dice il suo stato (%I1.0) vale 0**, quindi se essa è **off, non attivata**. Con la lineetta in mezzo --| / |-- oppure --! / |-- è un contatto **normalmente chiuso (NC)**, ovvero che risulta **chiuso se la variabile associata al contatto (%I1.1) vale 0**, quindi se essa è **off, non attivata**. I nomi delle variabili sono in realtà più complessi perché specificano anche la lunghezza e la locazione fisica o logica dell'elemento:

Canale 1 del modulo 6 del rack 4 del bus di I/O 1 **%I1.6.4.1**

X (o no 2⁰ lettera) = 1 bit
 B = 8 bit
 W = 16 bit
 D = 32 bit
 L = 64 bit

La linea verticale a sinistra è la **barra di alimentazione positiva** e la linea a destra (che può anche essere omessa nel disegno) è la **barra di alimentazione negativa**.

I contatti portano o non portano il + dell'alimentazione alla **bobina** di un motore, che ha l'altro terminale collegato fisso al - della tensione di alimentazione.

Il nome di una **variabile di uscita** comincia con **Q**.

Se comincia con **M** è una **variabile di memoria** (non è un ingresso e non è un'uscita)

%M1.0 Variabile di memoria

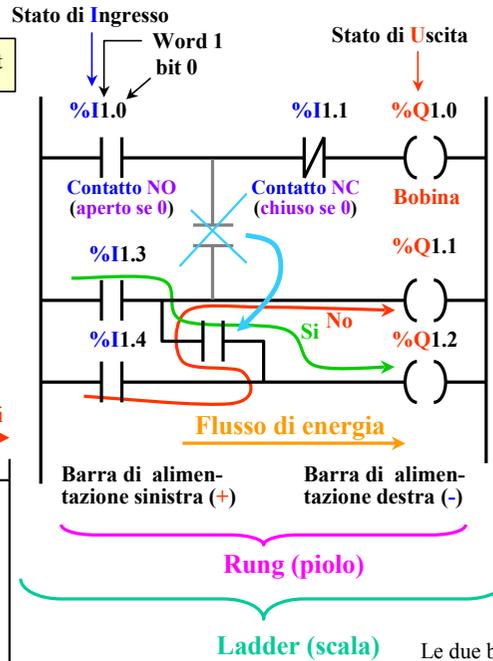
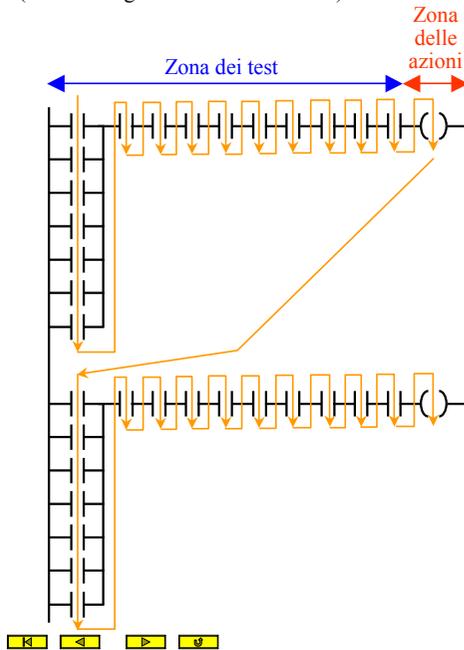
Sono ammessi fino a 10 contatti in serie e 7 in parallelo

Il PLC:

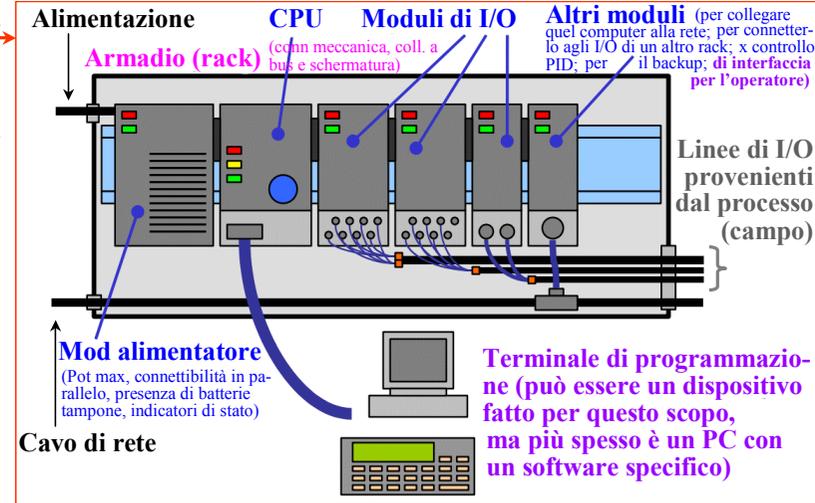
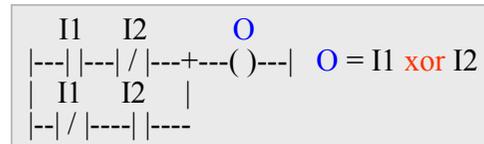
- prima **legge tutti gli ingressi** (che quindi restano uguali per tutta una esecuzione del programma);
- Poi **esegue tutti i rung**, a partire dall'alto, e **ogni volta assegna un valore alla bobina** (che lo conserverà fino alla nuova esecuzione del programma).

• Poi **aggiorna tutte le uscite**

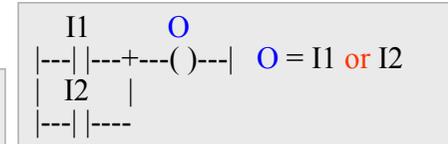
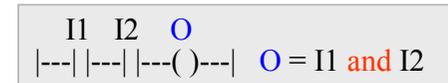
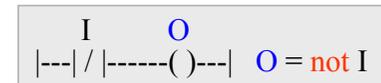
A questo punto ricomincia il ciclo successivo, tornando a leggere tutti gli ingressi



Le due barre di alimentazione sono chiamate anche **montanti**, perché se il disegno somiglia a una scala allora i lati della scala sono i montanti



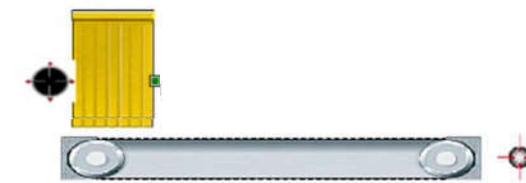
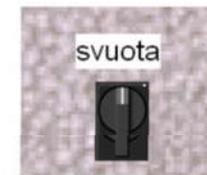
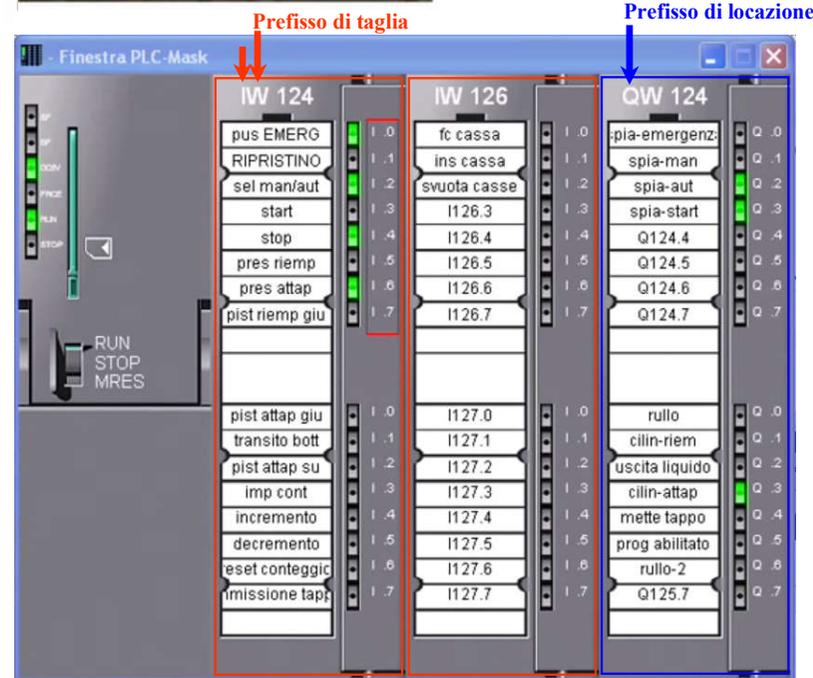
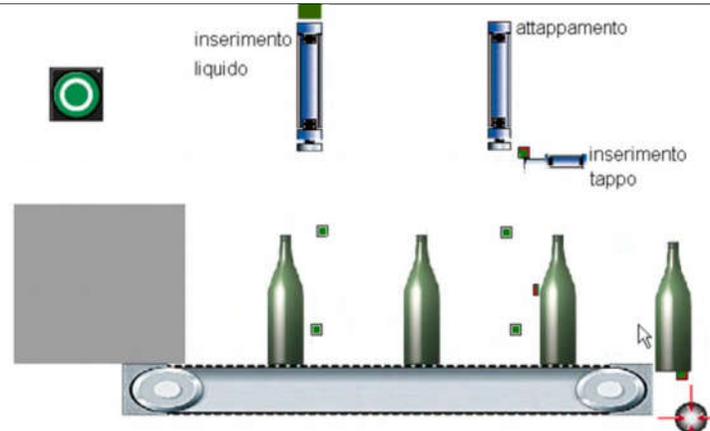
- | |-- oppure --! |-- Contatto normalmente aperto (NO) (OFF se V=0)
- | / |-- oppure --! / |-- Contatto normalmente chiuso (NC) (ON se V=0)
- | P |-- o --! P |-- ON se V ha una transizione positiva (fronte di salita)
- | N |-- o --! N |-- ON se V ha una transizione negativa (fronte di discesa)
- ()-- Bobina OFF se V = 0
- (/)-- Bobina ON se V = 0



Imbottigliamento

(3')

<https://www.youtube.com/watch?v=UplbXvXlIX0>



- X (o nessuna 2⁰ lettera) = 1 bit
- B = 8 bit
- W = 16 bit
- D = 32 bit
- L = 64 bit

Motore in continua

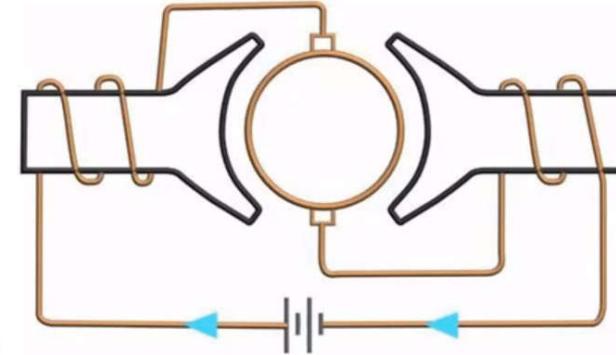
(4)

Da <https://www.youtube.com/watch?>

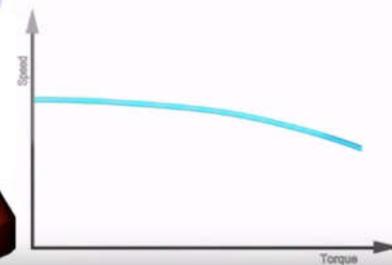
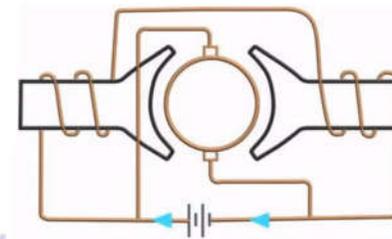
=> Motori universali

SERIES MOTOR

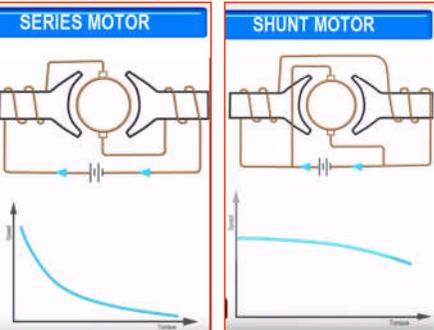
Funziona anche in alternata, motivo per cui è detto **motore universale**, perché quando si inverte la corrente sul rotore s'inverte anche la corrente di eccitazione, per cui la coppia continua ad avere lo stesso segno. Ma servono accorgimenti costruttivi specifici come lo statore laminato (se no ci scorrono correnti indotte dalla tensione variabile) e spazzole più robuste



SHUNT MOTOR



1) $F = k * I * \text{induzione magnetica} * L$



1) $E = k * \text{velocità con cui vengono tagliate le linee di forza}$

Caratteristica coppia-rpm nei motori in DC (3')

E_g è la forza controelettrica (f.c.m.e) che si oppone alla tensione di armatura quando il motore gira.

E_g è proporzionale alla velocità angolare ω (rad/sec o rpm ovvero giri/min) attraverso una costante K_E detta **costante di tensione** del motore

$$E_g = K_E \omega \text{ (rad/s)}$$

$$E_g = K_E n \text{ (giri/min)}$$

Se la corrente di armatura sta variando (nel qual caso la indichiamo con le i piccola) come succede subito dopo che il motore è alimentato, allora il legame tra v_a e i_a è questo:

$$v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_g$$

Poiché V_a è una tensione fissa, **col motore a regime la corrente di armatura è fissa** (nel qual caso la indichiamo con le I maiuscola), allora il legame tra V_a e I_a è questo perché la derivata di i rispetto al tempo è nulla:

$$V_a = R_a I_a + E_g$$

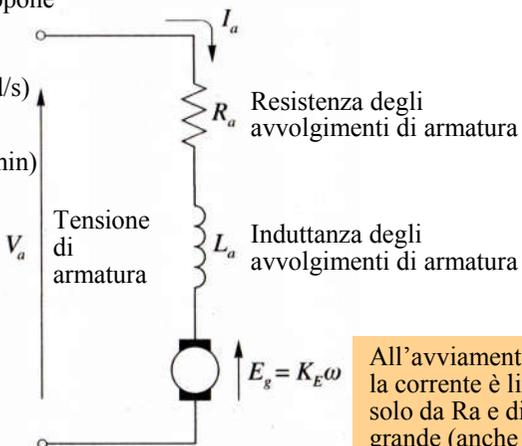
La coppia motrice C_m (Newton*metro) sviluppata dal motore è proporzionale alla corrente secondo una costante K_T detta **costante di coppia**.

$$C_m = K_T I_a$$

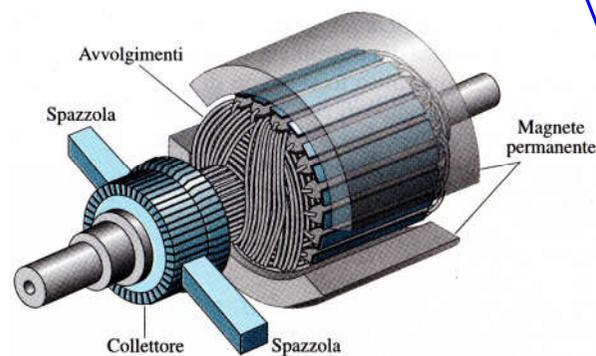
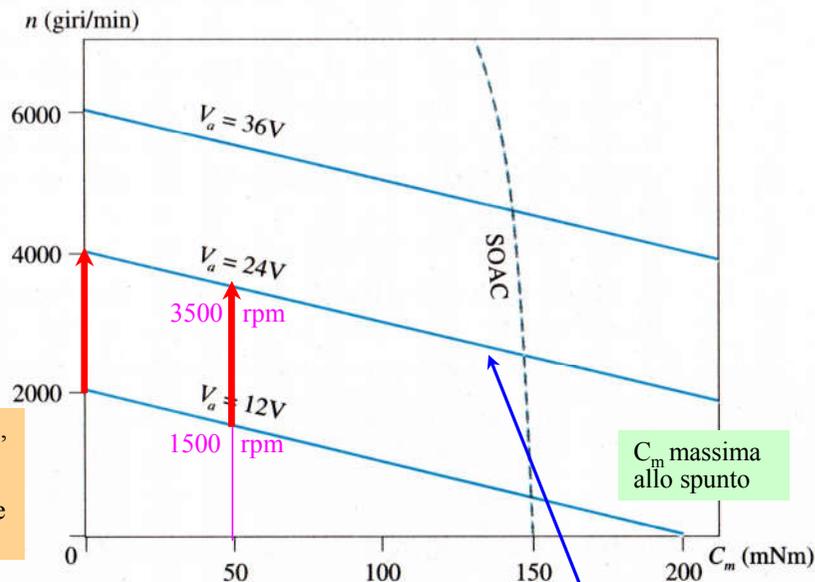
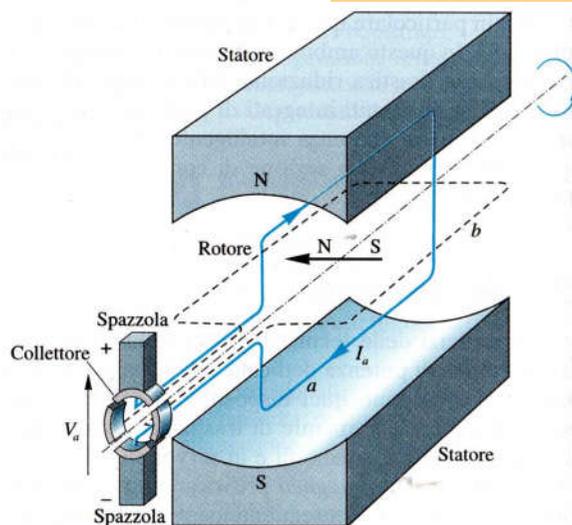
La relazione tra C_m e n è di primo grado, ovvero è **una retta**

$$V_a = R_a \frac{C_m}{K_T} + K_E n$$

$$n = \frac{R_a}{K_E K_T} C_m + \frac{V_a}{K_E}$$



All'avviamento $E_g=0$, la corrente è limitata solo da R_a e diventa grande (anche 10 volte la corrente di regime)



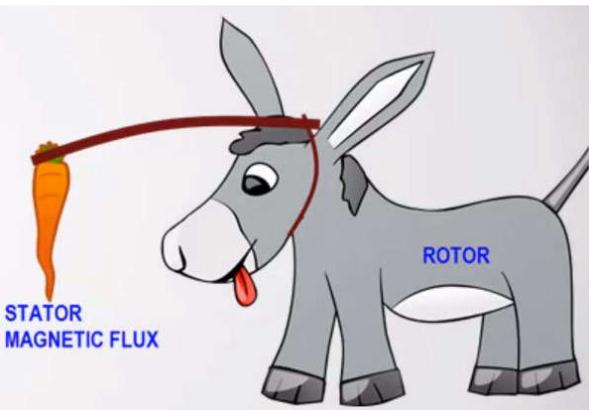


Brushless

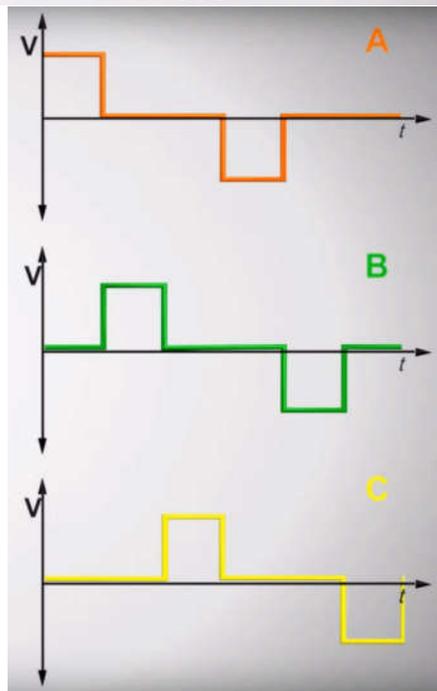
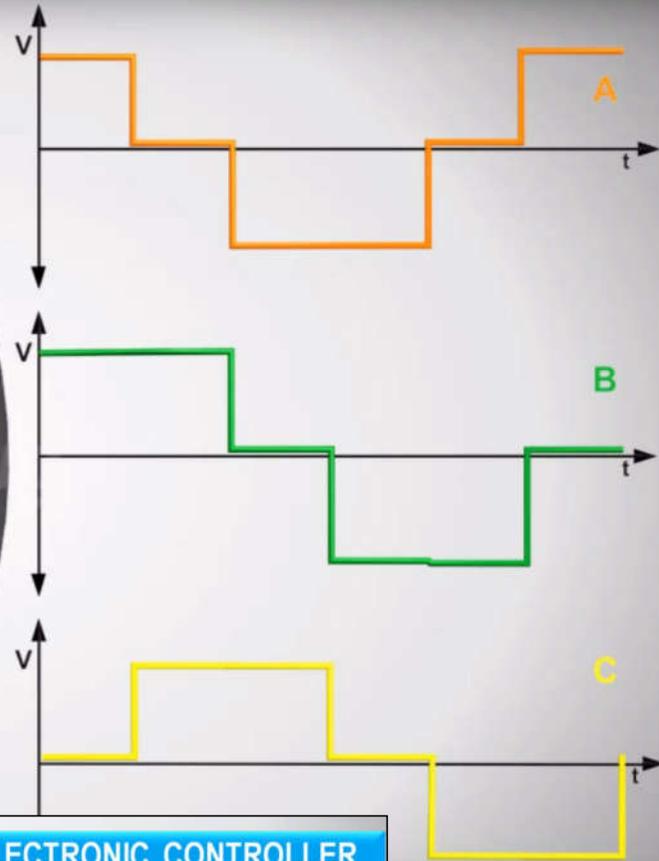
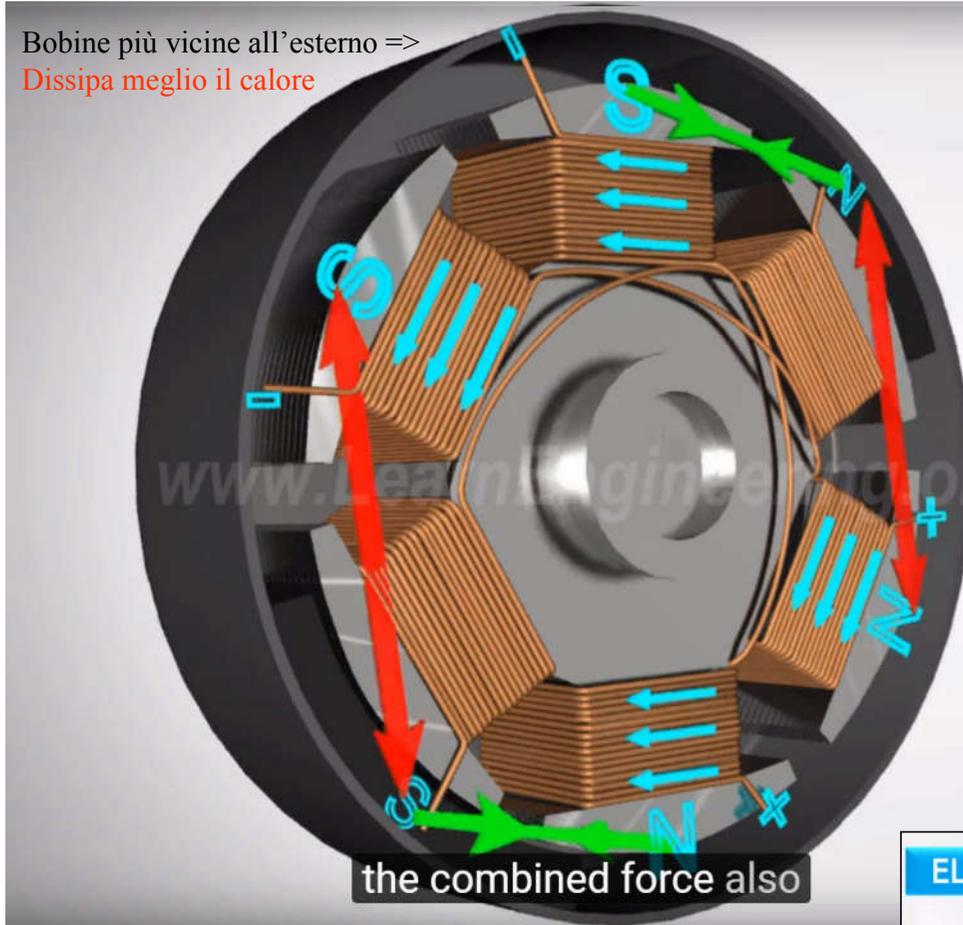
(3')

Da <https://www.youtube.com/watch?v=bCEiOnuODac>

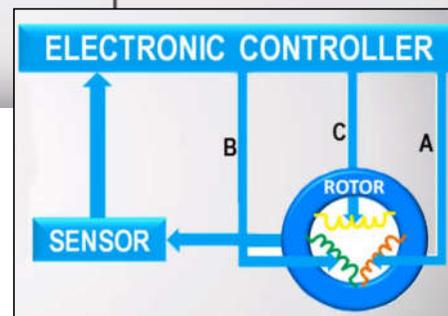
Poiché le bobine stanno ferme, *la massa che ruota è minore*, migliorando la **velocità di risposta**



Bobine più vicine all'esterno =>
Dissipa meglio il calore

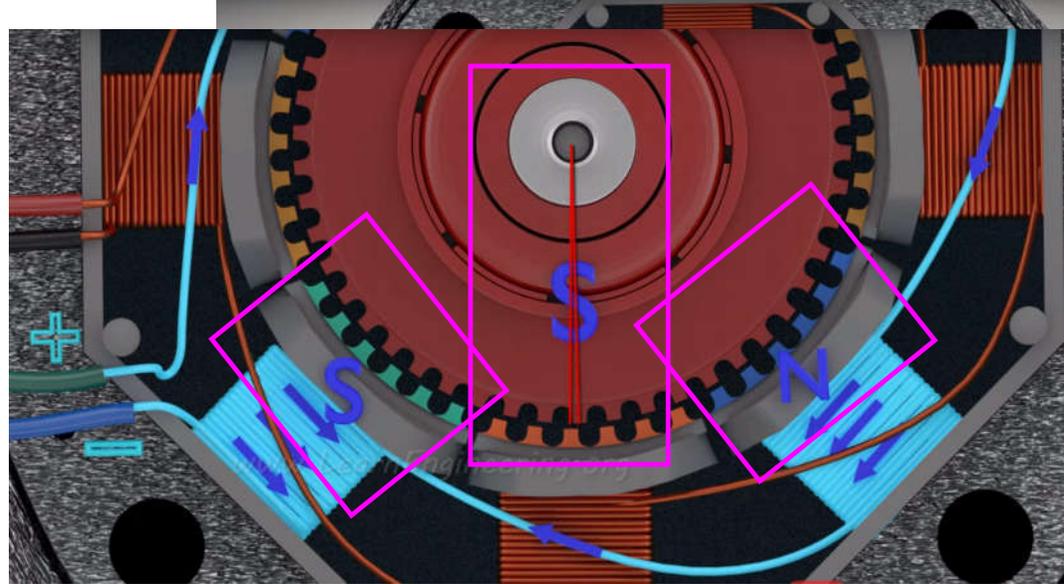
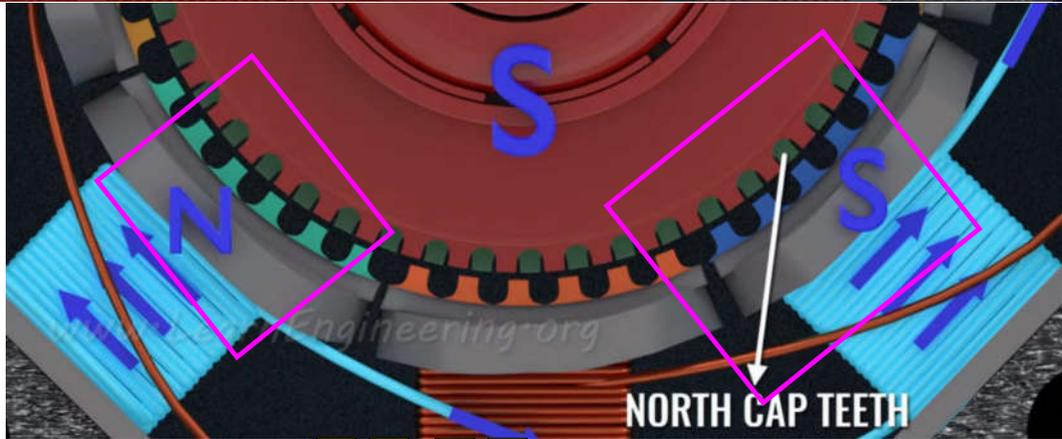
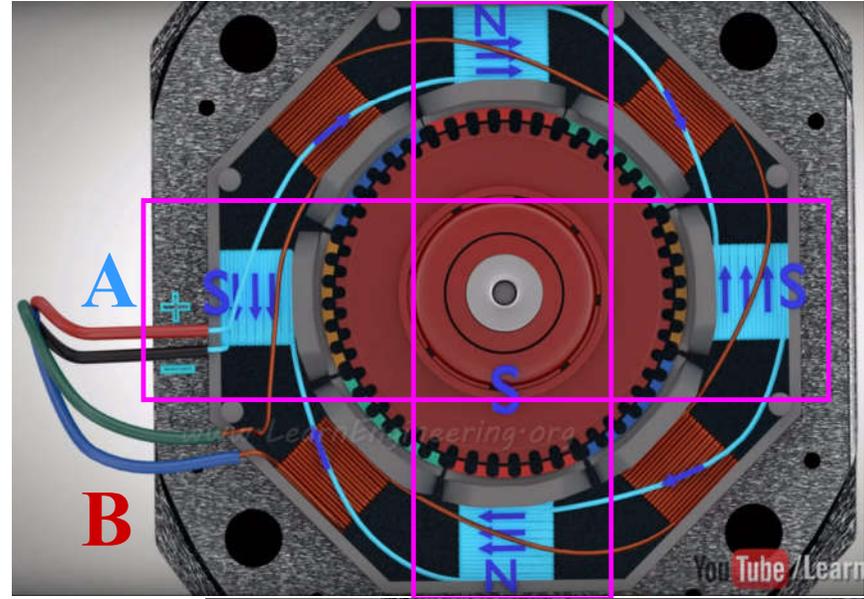
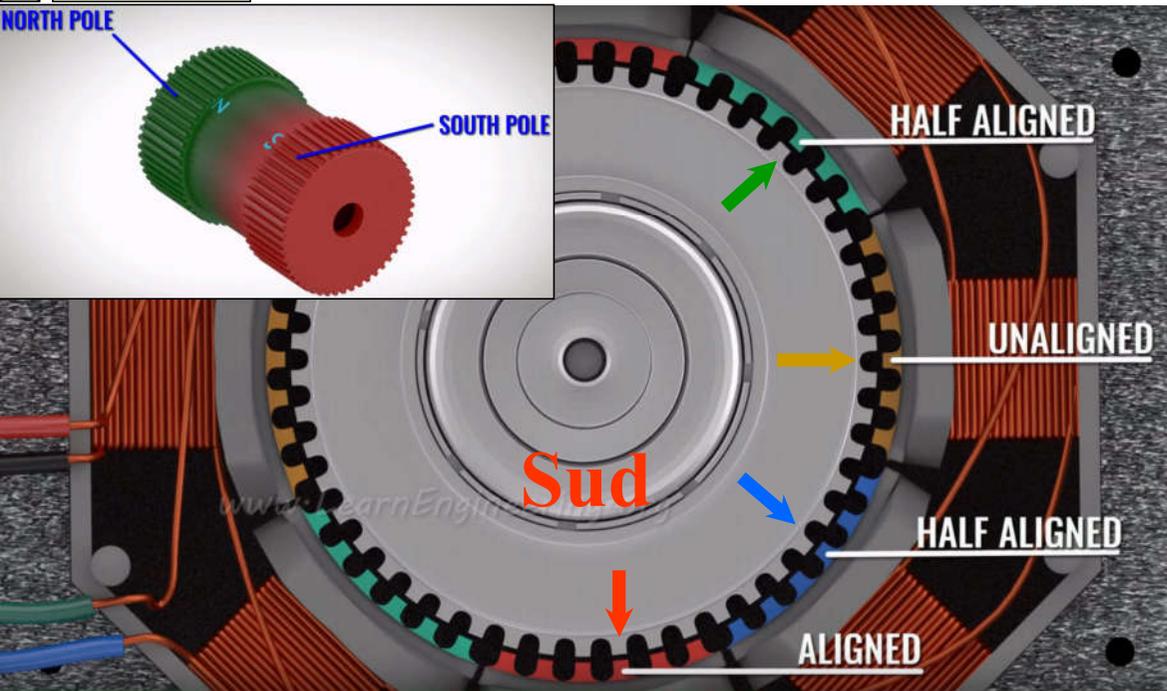


I brushless più economici usano magneti permanenti **ceramici** come la grafite. Per una coppia maggiore a parità di dimensioni il magnete permanente è fatto con **leghe di terre rare** come Neodio, Ferro, Boro, ma il costo è piuttosto elevato



Stepper ibrido

(3') Da <https://www.youtube.com/watch?v=eyqwLiowZiU>



Motori passo-passo (motor stepper)

(15)

Da www.motoripassopasso.it/ e <http://webm.dsea.unipi.it/taponecco/mec/catronica.html>

I motori passo-passo sono motori in continua che si muovono a scatti, assumendo posizioni ben precise senza bisogno di retroazione per verificare la posizione assunta. Anche la velocità è precisa e quindi non ha bisogno di controllo, perché non cambiano velocità applicando carichi diversi e se non ce la fanno a seguire gli impulsi di comando si fermano. A parità di volume la coppia erogata da un motore passo-passo è molto più alta di quella di un motore brushless (= senza spazzole) o di un tradizionale motore in continua. La costruzione semplice e robusta e il fatto che i brushless costano di più hanno favorito la diffusione del motore passo-passo in ogni settore. In breve: un passo-passo è un brushless economico in grado di funzionare senza feedback (quindi senza sensori e senza i rischi dei sistemi retroazionati)

Questo è un motore passo-passo ibrido (il tipo più diffuso nell'industria).

Carico assiale, Carico radiale A+, 1/4 di dentatura

+Coppia/v
+Precisione
+Smorzamento

Coppetta anteriore, Coppetta posteriore

Passo-passo a magneti permanente

Semistatore anteriore (fase A), Semistatore posteriore (fase B)

-Coppia
-Precisione
-Velocità

(4/8/16/32/64) 8 step

Il motore passo-passo a riluttanza variabile è poco usato in quanto presenta: alti costi, coppie limitate e pessimi smorzamenti

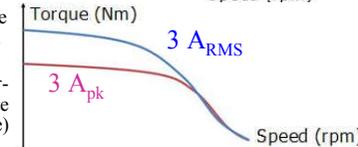
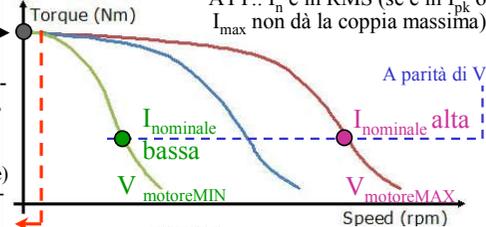
Coppia statica (o di mantenimento o di tenuta) (holding torque) a $I_{nominale}$

ATT.: I_n è in RMS (se è in I_{pk} non dà la coppia massima)

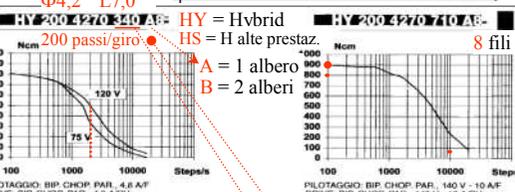
La CURVA DI COPPIA è la coppia (torque) in Newton per metro, in funzione della velocità (speed) in giri (revolutions) per minuto.

La coppia residua (detent torque) è la coppia quando non è alimentato (uno dei pregi di tale motore)

La corrente nominale (rated current) è la corrente efficace da far passare nelle fasi per avere la coppia statica. Essa va impostata nell'azionamento, ma... Se lo stesso motore viene fornito con diverse correnti nominali, è da preferire quello ad alta corrente per v alte (e quello a bassa corrente solo per v basse)



48/100/200/400 passi/giro



Nema17: 42x42 mm
Nema23: 57x57 mm
Nema34: 86x86 mm
Nema42: 108x108mm

Flangia	Coppia statica	Prezzo
NEMA23	1 Nm	€ 20,00
NEMA23	2 Nm	€ 30,00
NEMA23	3 Nm	€ 38,00
NEMA34	4 Nm	€ 50,00
NEMA34	8 Nm	€ 70,00
NEMA34	12 Nm	€ 90,00
NEMA42	15 Nm	€ 120,00
NEMA42	22 Nm	€ 180,00

Costa molto meno di un brushless con la stessa C

$g \cdot cm^2 = oz \cdot in^2 \cdot 182,9$

$N \cdot m = Kg \cdot m^2 \cdot 9,8$ (perché $F = m \cdot a = Kg_{massa} \cdot 9,8$ Newton) = $oz \cdot in / 141,6$ (dove oz=ounce=onzia)

Specifiche / Specifications	340 AB / 340 BB	710 AB / 710 BA
-angolo di passo - step angle	1,8°	1,8°
-precisione dell'angolo di passo - step angle accuracy	5%	5%
-corrente di fase nominale - rated phase current	A	7,1
-resistenza di fase - phase resistance	Ω	0,30
-induttanza di fase - phase inductance	mH	6,3
-coppia di mantenimento unipolare* - holding torque unipolar*	Ncm	798
-coppia di mantenimento bipolare* - holding torque bipolar*	Ncm	990
-coppia residua - detent torque	Ncm	70
-inerzia del rotore - rotor inertia	g cm ²	5500
-massa - mass	Kg	7,3
-tensione massima applicabile - maximum applicable voltage	V	140

classi di isolamento - insulation class: C: 75°C ±5% B: 80°C ±10% F: 100°C ±15% H: 125°C

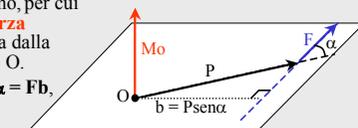
$N \cdot m = Kg \cdot m^2 \cdot 9,8$ (perché $F = m \cdot a = Kg_{massa} \cdot 9,8$ Newton) = $oz \cdot in / 141,6$ (dove oz=ounce=onzia)

La coppia (motrice) è il momento applicato dal motore al corpo che fa ruotare

Un vettore forza F può produrre rotazione oppure no, per cui dobbiamo introdurre un vettore momento della forza rispetto al punto O (M_o), che dipende sia da F sia dalla distanza $Psen\alpha$ della sua retta di azione dal punto O .

M_o = prodotto vettoriale $F \times P$ e ha modulo $F Psen\alpha = Fb$, direzione ortogonale al piano $F-O$, verso come l'avanzamento di una vite destrorsa

Il momento di inerzia di una massa si indica con I , esprime l'inerzia alla rotazione ($I = M/a$) e dipende dalla massa e dalla sua distanza dal centro di rotazione ($I = m \cdot d^2$)



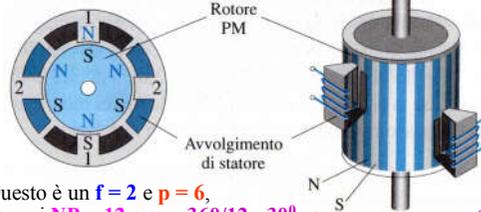
Comando di stepper

(6)

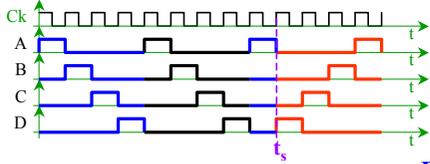
Fig. da edutecnica.it e da piclist.com

Nei **passo-passo a magneti permanenti (PM, can-stack motor)** il rotore è un magnete permanente, qui a **2 poli (p=2)**,

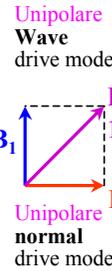
Il campo di statore è generato da bobine e si definisce **fase** ciò che crea una coppia polare (N/S), ovvero due **espansioni polari** ognuna con un **avvolgimento**, per cui questo ha **2 fasi (f=2)**.
 Il **numero di passi NP = f * p = 2 * 2 = 4**
 e l'**angolo di passo** è $\alpha_p = 360 / NP = 90^\circ$



Questo è un **f = 2** e **p = 6**, per cui **NP = 12** e $\alpha_p = 360 / 12 = 30^\circ$ Fino a **NP=200 (1,8^\circ)**



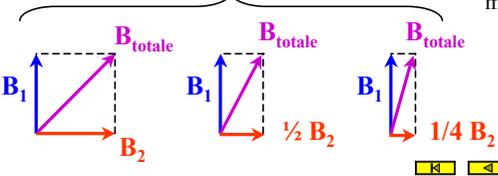
Sequenza per un giro orario **AB BC CD DA**



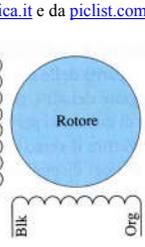
Unipolare normal drive mode

I_A da sola = $1,41 I_A$ in coppia con B o con D

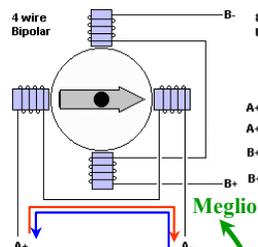
Unipolare micro step mode (fino a x 64)



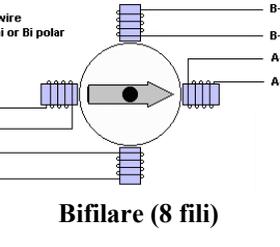
Unipolare half step mode



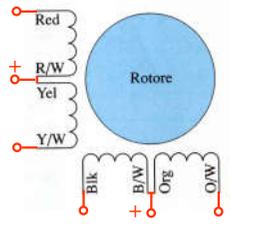
Bipolare (4 fili)



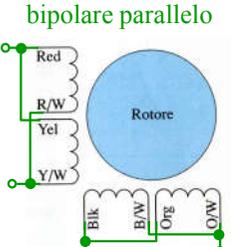
Unipolare (6 fili)



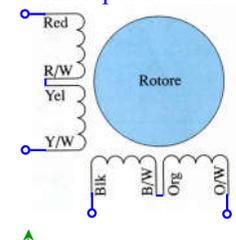
Bifilare (8 fili)



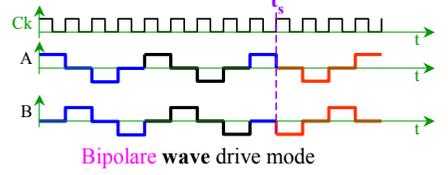
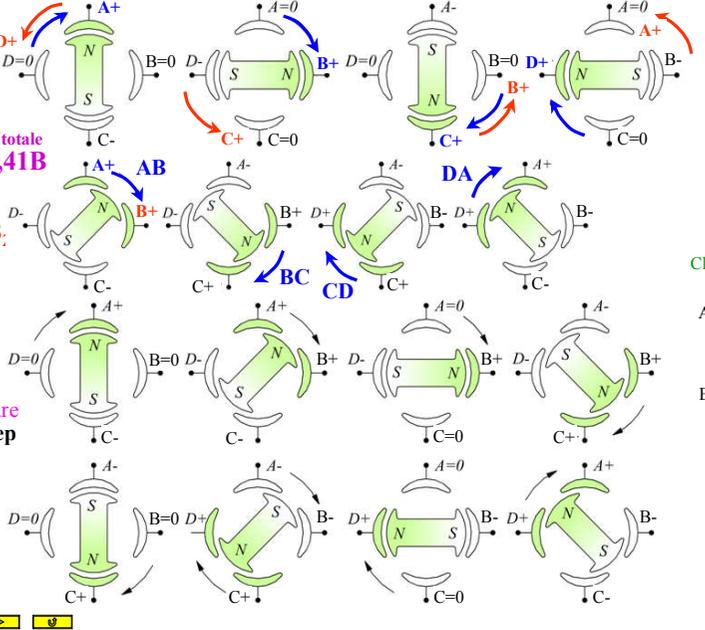
usato come unipolare



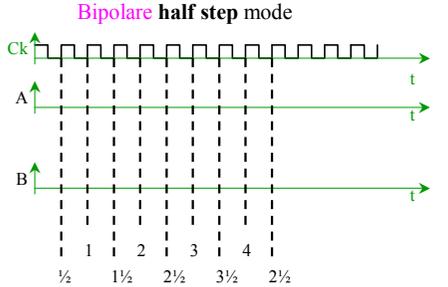
bipolare parallelo



come bipolare serie



Bipolare wave drive mode



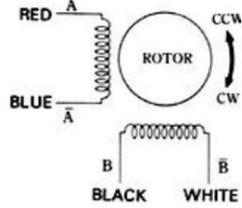
Bipolare half step mode

<https://www.youtube.com/watch?v=3jhcTbibCvE>

Parametri di un passo-passo

(5°)

600 mNm = 0,6 Nm di tabella = 6118 gfcM ≈ 6KgfcM dell'elenco ≠ 4000 gfcM grafico



Type	Nominal voltage (V)	Current (A/ Phase)	Resistance (Ω/ Phase)	Inductance (mH/ Phase)	Holding torque (mNm)	Detent torque (mNm)	Rotor inertia (g·cm ²)	Overall length (L=mm)	Weight (g)
2SHG-034A39S	3.4	1.4	2.4	5.5	300	35	61	39	380
2SHG-036A39S	3.6	0.65	5.5	14.0	300	35	61	39	380
2SHG-050A39S	5.0	1.0	5.0	5.3	300	35	61	39	380
2SHG-042A56S	4.2	1.7	2.5	10.0	600	40	150	56	600
2SHG-055A56S	5.5	0.65	8.5	40.0	600	40	150	56	600
2SHG-120A56S	12.0	0.6	20.0	50.0	600	40	150	56	600

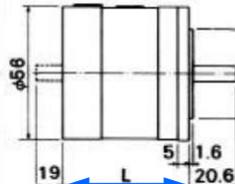
Il motore 2SHG-055A56 della Dynasyn presenta tecnologia ibrida con due fasi di tipo bipolare e ha i seguenti parametri:

$$NP = \frac{360}{1,8} = 200$$

- step angle = 1,8° **Angolo di passo**
- step angle accuracy = 5% **Tolleranza del passo**
- holding torque = 6 kgf · cm **Coppia di mantenimento**
- detent torque = 400 gf · cm **Coppia residua**
- rated voltage = 5,5 V
- rated phase current = 0,65 A
- resistenza di fase = 8,5 Ω
- induttanza di fase = 400 mH
- momento d'inertza del rotore $J_m = 150 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2$

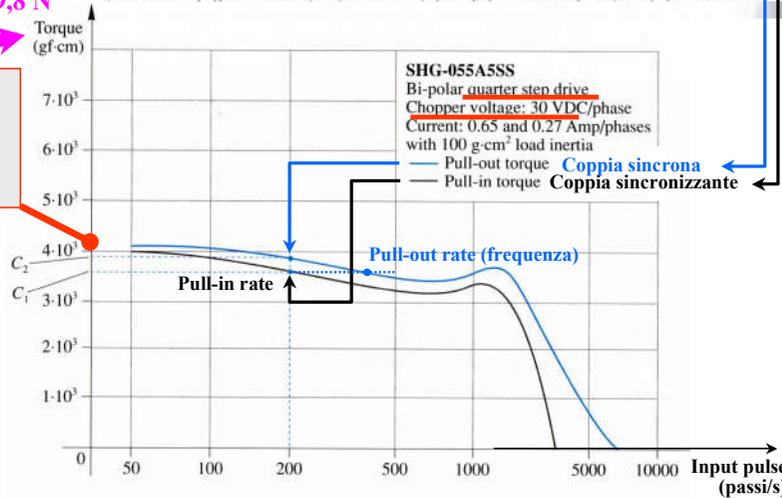
$$\varepsilon = \frac{5}{100} \cdot 1,8 = 0,09^\circ$$

= C mantenimento ma con motore non alimentato



$$1 \text{ Kgf(orza)} = 9,8 \text{ N}$$

C mantenimento = Max C che non provoca rotazione con motore alimentato a corrente nominale



Step angle	1,8°
Positional accuracy	± 5% max. noncumulative
Number of phases	2
Temperature rise	55 deg. max.
Insulation resistance	50 MO min. at 500VDC
Dielectric strength	AC500V for one minute
Insulation class	B
Lead wire size	AWG #22 L= 300 ^m /m
Number of leads	4
Operating ambient temperature	-20°C to +50°C

Ipotizzando di pilotare il motore con una forma d'onda con 200 pps (passi per secondo), determinare la velocità del motore in rad/s e in rpm e il valore della coppia sincrona e della coppia sincronizzante; stabilire, infine, se è possibile portare alla velocità di regime il motore nel tempo di un singolo passo, quando il carico presenta un momento d'inertza pari a $J_L = 250 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2$.

Riportiamo la velocità di 200 pps in gradi al secondo; è sufficiente moltiplicare la velocità espressa in pps per l'angolo di passo:

$$v = 200 \cdot 1,8 = 360^\circ/\text{s}$$

Il motore compie allora un intero giro al secondo; la velocità in rad/s è:

$$\omega = v \cdot \frac{2\pi}{360} = 360 \cdot \frac{2\pi}{360} = 6,28 \text{ rad/s}$$

e in numero di giri in un minuto risulta:

$$v_{\text{rpm}} = v \cdot 60 = 60 \text{ rpm}$$

Per determinare il valore della coppia sincronizzante e di quella sincrona utilizziamo la curva delle prestazioni meccaniche del motore; dal punto 200 passi/s sull'asse orizzontale tracciamo una retta parallela all'asse delle coppie fino a intersecare le due curve. Il valore della coppia rilevato all'intersezione con la curva di pull-in è il valore della coppia sincronizzante C_1 , quello rilevato all'intersezione con la curva di pull-out è il valore della coppia sincrona C_2 :

$$C_1 = 3600 \text{ gf} \cdot \text{cm}$$

$$C_2 = 3900 \text{ gf} \cdot \text{cm}$$

La coppia motrice resa sull'asse a regime nell'intervallo di tempo di un passo, può essere ricavata con la formula:

$$C_m = \frac{J_T \cdot \omega}{T} \quad \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \text{accelerazione_angolare} \quad C = J \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

dove J_T è il momento d'inertza totale, che tiene conto sia del momento d'inertza del motore sia di quello del carico, ω è la velocità angolare del motore espressa in rad/s e T il periodo di durata del passo:

$$J_T = J_m + J_L = 150 + 250 = 400 \text{ gf} \cdot \text{cm}^2 = 400 \cdot 10^{-4} \text{ gf} \cdot \text{m}^2$$

$$\omega = 6,28 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{1}{\text{passi/s}} = \frac{1}{200} = 0,005 \text{ s}$$

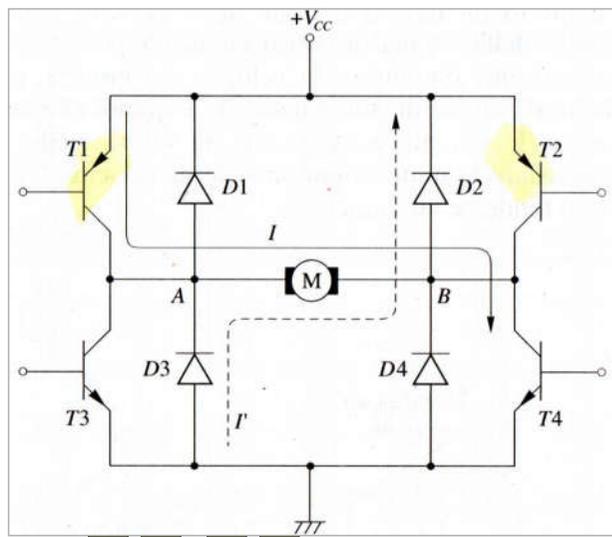
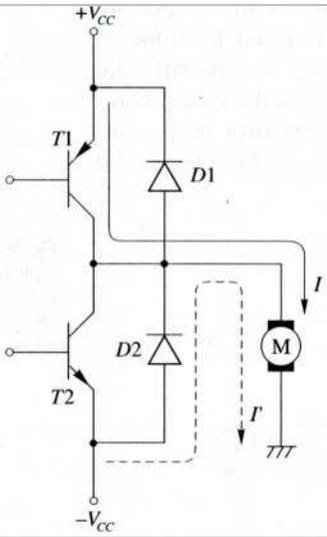
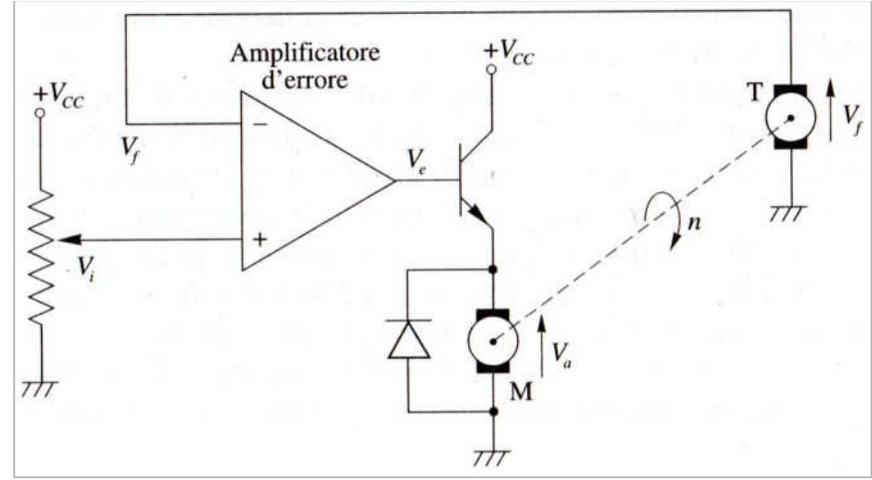
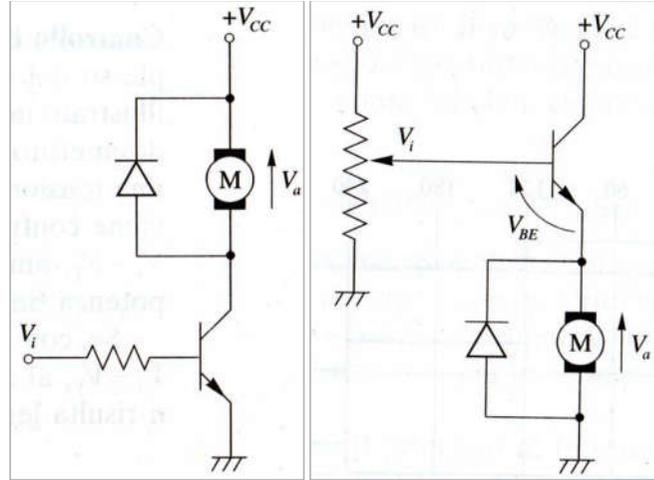
Ipotizzando la condizione di regime, la coppia motrice deve risultare, pertanto:

$$C_m = \frac{J_T \cdot \omega}{T} = \frac{400 \cdot 10^{-4} \cdot 6,28}{0,005} = 50 \text{ gf} \cdot \text{m} = 5000 \text{ gf} \cdot \text{cm}$$

Perché il motore possa raggiungere la velocità di regime in un solo passo, deve possedere una coppia sincronizzante maggiore di quella trovata; in effetti la coppia sincronizzante vale 3800 gf · cm, per cui il motore dato non si può portare a regime in un singolo passo.

Azionamenti dei motori in continua

(?)



◀ ▶

