

MOVIMENTI DI PRECISIONE

In questo numero analizzeremo il funzionamento dei servo, una delle più utili e diffuse categorie di attuatori utilizzati nella robotica e nel modellismo.

Nel fascicolo 9 abbiamo iniziato a presentare il funzionamento dei motori elettrici, soffermandoci su alcune delle tipologie più impiegate, come i motori a spazzole o i brushless. Introduciamo, ora, una nuova tipologia di attuatori alimentati in corrente continua: i **servo** (anche detti **servocomandi** o **servomotori**). Nei robot il controllo in posizione dei giunti è uno dei problemi legati al movimento degli arti: com'è possibile far ruotare un giunto di un determinato numero di gradi o imporre una traslazione di una quantità precisa di centimetri?



Un esempio di connettore a tre pin usato sui servo da modellismo. La colorazione dei fili può variare in base al produttore.

Abbiamo già accennato all'utilizzo dei motori passo-passo (FOCUS ON del fascicolo 9) come una possibile soluzione al problema, tuttavia non sempre l'impiego di questi dispositivi è sufficiente (o adatto) agli scopi richiesti. Ciò per via della necessità di abbinare uno specifico sistema di ingranaggi e di dover affiancare tali attuatori a circuiti elettronici di elevata complessità. I servo rispondono all'esigenza di avere a disposizione attuatori compatti ed economici capaci di produrre un moto rotazionale potente e controllabile in posizione in modo semplice e preciso. Sul mercato ce ne sono due principali tipologie: la prima nata, in termini cronologici, è rappresentata dai **servocomandi analogici**, più recentemente affiancati dai nuovi dispositivi a **controllo digitale**.

DENTRO A UN SERVO

Iniziamo a vedere cosa potremmo trovare 'smontando' un servocomando analogico. Aiutiamoci con l'esplosivo



Un servo digitale dello stesso tipo di quelli usati su RoboZak e un microservo analogico.

presente nella prossima pagina. La prima operazione che viene normalmente svolta è la rimozione della **squadretta**, che può assumere diverse forme in base alle necessità. Questo componente costituisce l'elemento di interfacciamento tra la meccanica esterna e l'**albero** del servo, con cui ruota in modo solidale. Rimossa la squadretta può essere aperta la **cassa**, entro la quale troviamo una serie di parti elettroniche e meccaniche. Notiamo anche un **connettore a tre fili**, come quello mostrato in questa pagina. I tre fili sono di solito contraddistinti con tre colori differenti: ogni colore ha un preciso significato e la loro disposizione, con il tempo, è stata standardizzata per ragioni commerciali. Tra i colori spesso

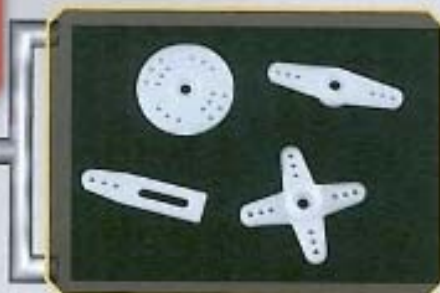
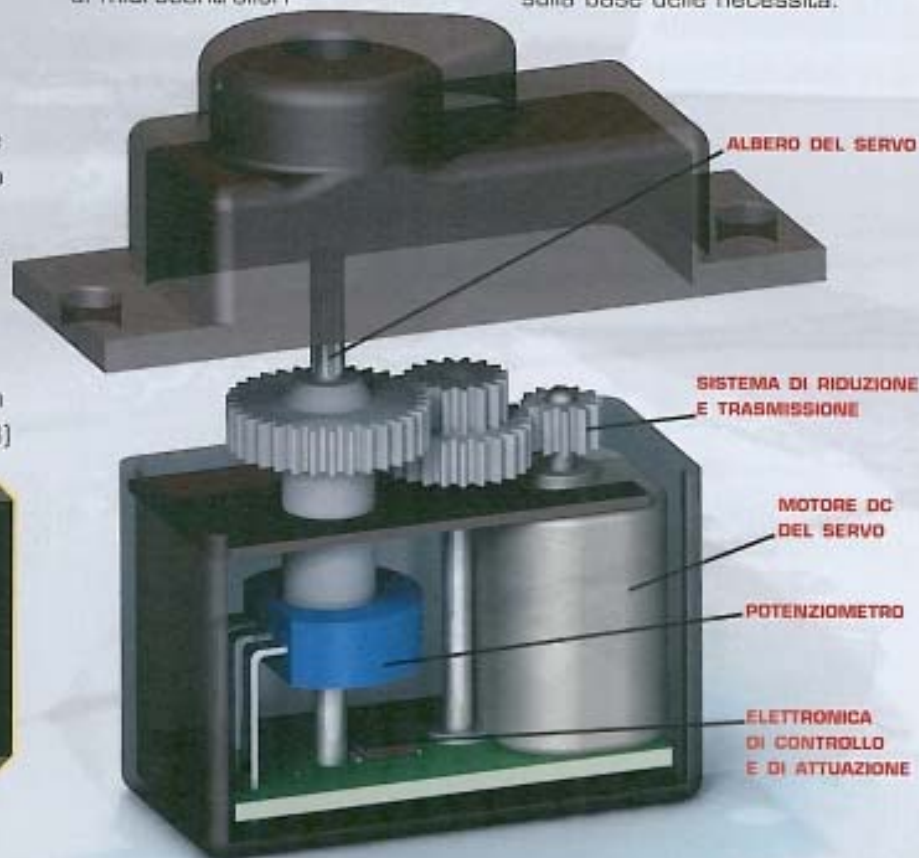
presenti c'è il **nero**, che identifica il filo da porre a contatto con la **massa**, ossia il **potenziale elettrico di riferimento**, mentre quello **rosso** viene collegato al **polo positivo dell'alimentazione** (il voltaggio dipende dal modello di servo e dalla sua potenza). L'ultimo filo, invece, è spesso di colore **bianco** o **giallo** e trasporta il **segnale di controllo del servo**. Nei dispositivi di tipo analogico, tale segnale è costituito da **una serie di impulsi di durata variabile** inviati a cadenze più o meno regolari (è molto frequente l'impiego di segnali modulati **PWM**, vedi FOCUS DN). **Ogni servo associa a un preciso range di durata degli impulsi la propria escursione motoria**. Ad esempio, un servo con 180° di mobilità potrebbe associare a 1 ms di durata la posizione 0° e a 2 ms la posizione 180°, ripartendo in questo intervallo di tempo tutte le posizioni intermedie. L'**elettronica di controllo** riceve questo segnale e, confrontando la posizione a esso associata con quella attualmente assunta dal servo, 'pilota' il movimento del motore. Il rilevamento della posizione avviene grazie a un **sensore** (generalmente un **potenziometro**, vedi fascicolo 3)

che restituisce una caduta di tensione variabile linearmente proporzionale all'angolo di rotazione dell'albero. La **catena di ingranaggi**, infine, ha principalmente la funzione di applicare una riduzione meccanica per aumentare la coppia sull'albero del servo (vedi fascicolo 1Q).

DA ANALOGICI A DIGITALI

Come la maggior parte delle tecnologie moderne, anche i servo si sono evoluti verso il mondo **'digitale'**. Sebbene il funzionamento rimanga pressoché inalterato (come la loro struttura meccanica), l'introduzione delle tecnologie digitali programmabili ha apportato un notevole miglioramento delle possibilità offerte da questi dispositivi. Tutto ciò grazie all'inserimento di microcontrollori

(li incontreremo più avanti nel Workshop), nei quali viene 'installato' un apposito software di controllo che si prende carico della supervisione e dell'azionamento del servo, nonché della gestione di molti dei parametri di funzionamento che prima dovevano essere gestiti dalla scheda di controllo del robot (come il verso positivo di rotazione, la posizione 'zero' o i punti di 'fine corsa'). L'aggiunta di una capacità elaborativa, inoltre, ha portato alla realizzazione di protocolli di comunicazione che trasformano i servo digitali in dispositivi 'attivi' anche nell'ottica di una comunicazione bidirezionale. Il sistema di controllo può, ora, richiederne lo stato e i parametri di configurazione, con la possibilità, anche, di modificarne i valori sulla base delle necessità.



Alcune squadrette in uso sui servocomandi.

FOCUS ON

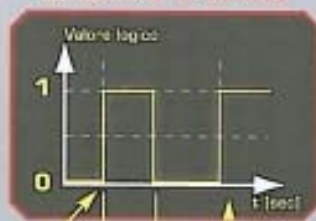
I SEGNALI PWM

I segnali PWM sono segnali impulsivi periodici che trasmettono informazioni variando la durata dei propri impulsi. Oltre a essere una soluzione comoda per il controllo dei servo, sono particolarmente utili in altre applicazioni, come la regolazione della velocità dei motori DC.

Abbiamo detto che il controllo della posizione dei servo avviene con una sequenza di impulsi generati da una scheda di controllo. Quando questa sequenza assume una cadenza 'periodica', diviene praticamente equivalente a un segnale PWM. Il nome PWM è un acronimo e nasce dall'abbreviazione dei termini *Pulse-Width Modulation* (traducibili come 'Modulazione a Durata di Impulso'). Si tratta di un segnale 'a impulsi', cioè costituito da una sequenza regolare alternata di due valori elettrici (indicati con 'alto' e 'basso' o con '1' e '0'). Esso nasce da un processo di 'fusione' tra un segnale impulsivo periodico (detto portante) e un segnale che contiene l'informazione da trasmettere (detto modulante). Vediamone le caratteristiche essenziali. Innanzitutto ogni segnale PWM è caratterizzato da una frequenza, ossia da un valore che identifica 'quanti impulsi' sono trasmessi nella singola unità di tempo (la frequenza viene misurata in hertz, sigla: Hz). Ogni impulso che costituisce un

segnale PWM, inoltre, è caratterizzato da una 'durata' alla quale è associata l'informazione che si vuole trasmettere (ad esempio un numero o un simbolo). I segnali PWM possono essere usati, quindi, per trasmettere dati, ma anche per controllare attuatori e dispositivi elettromeccanici come i servo o i motori elettrici DC. Prendiamo come esempio un ipotetico servo che associa a un impulso di 20 ms la posizione '-90°' e a un impulso di 80 ms la posizione '+90°' (i dati sono fittizi e con unico scopo esemplificativo). Immaginiamo di volerlo far muovere secondo l'andamento mostrato nella prima parte del grafico sotto a destra e di utilizzare il segnale impulsivo a 10 Hz (mostrato per secondo) come portante. Il processo di 'modulazione' PWM produrrà il terzo dei segnali mostrati. L'elettronica del servo, a sua volta, reagirà a questo segnale impulsivo posizionando l'albero del motore nella posizione associata alla durata d'impulso ricevuto (ad esempio 20 ms = -90°; 80 ms = +90°; e così via).

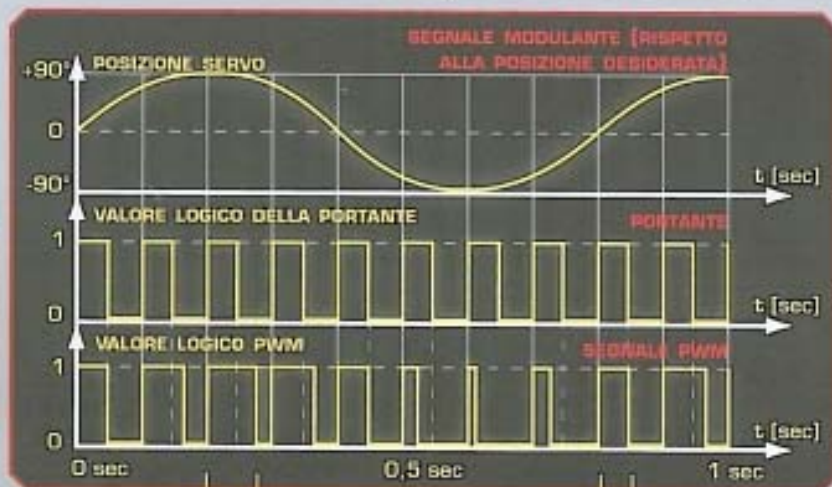
UN ESEMPIO DI IMPULSO



INIZIO IMPULSO n

INIZIO IMPULSO n+1

DURATA DELL'IMPULSO n



DURATA = 80 ms
POS. SERVO = +90°

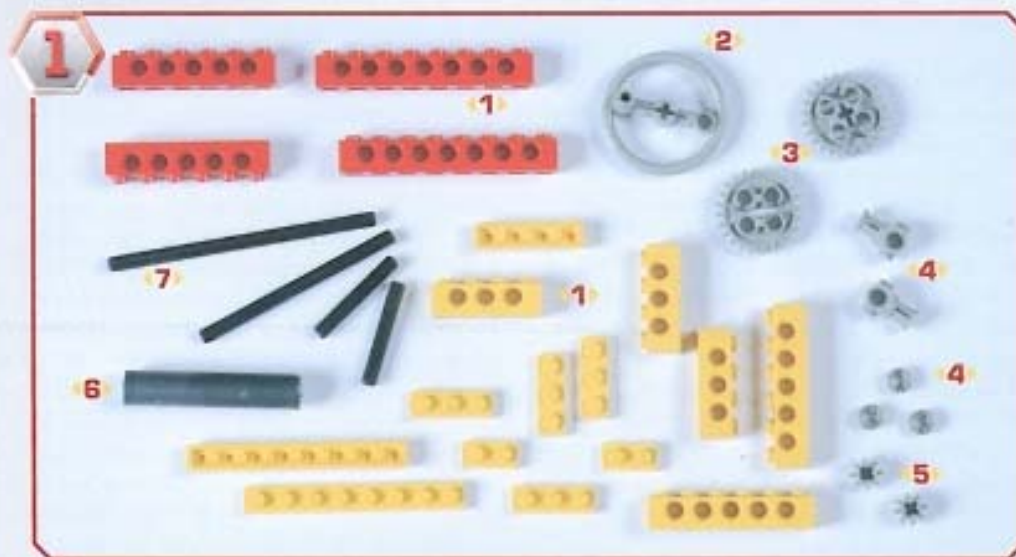
DURATA = 50 ms
POS. SERVO = 0°

STEPbySTEP

LE RIDUZIONI MECCANICHE >>>

Per procedere, procurati:

- 1 alcuni mattoncini LEGO Technic
- 2 una puleggia
- 3 due ruote dentate da 24 denti
- 4 giunture e minuteria varia per alberi
- 5 due pignoni da 8 denti
- 6 un carico (ad esempio del metallo)
- 7 alberi di varie misure

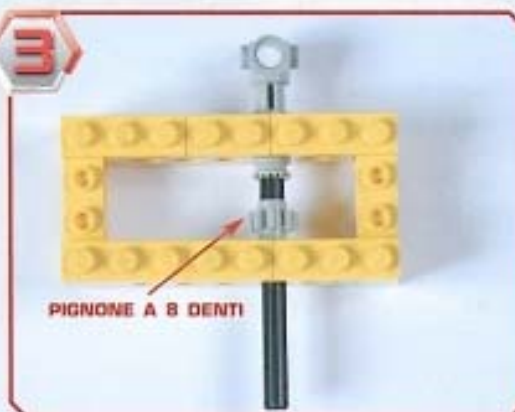


2

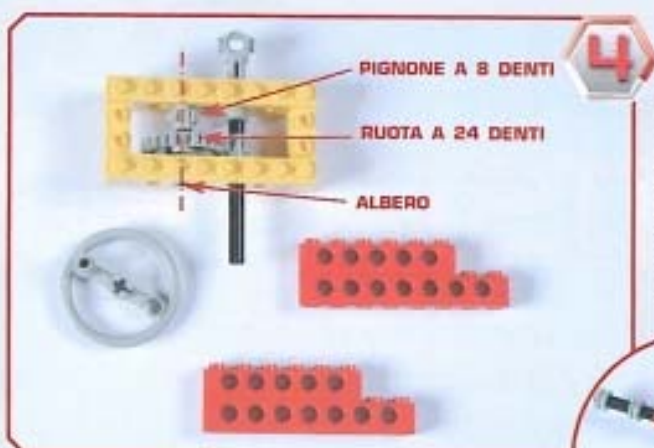
In questo StepbyStep potrai sperimentare l'effetto delle riduzioni meccaniche che hai incontrato nel fascicolo 10. Innanzitutto realizza la struttura di base su cui sperimenterai l'effetto della riduzione dei giri. Utilizzando i mattoncini Technic costruisci un telaio di forma rettangolare come quello mostrato nella figura qui a lato.

Posiziona ora il primo albero e il primo pignone a 8 denti come mostrato nella figura a lato fissando il tutto con le giunture e i raccordi che hai a disposizione. Quello che hai appena montato sarà l'albero motore del nostro sistema meccanico e sarà, quindi, quello su cui andrai ad applicare la forza per sollevare il carico che simulerà lo sforzo a cui sono generalmente sottoposti i motori all'interno dei giunti dei robot.

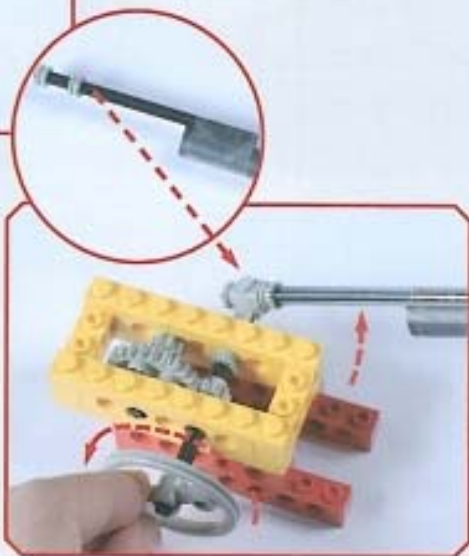
3



PIGNONE A 8 DENTI



4 Ora inserisci un secondo albero, su cui monterai due ruote dentate, una da 24 denti e un pignone da 8. Fai attenzione a far ingranare correttamente gli elementi come in foto. Realizza poi due supporti come quelli mostrati a lato.



Aiutandoti con del nastro adesivo, fissa il carico che hai scelto su uno degli alberi più lunghi che hai a disposizione. In questo modo massimizzerai lo sforzo per il test. Ora monta il telaio sui due supporti realizzati in precedenza e la puleggia sull'albero motore. Infine monta il carico sulla giuntura a 90° dell'albero motore. Puoi ora azionare l'articolazione per sollevare il carico. In questo momento, lo sforzo è scaricato interamente sulle tue mani.



5 Procedi realizzando la trasmissione finale con la quale sperimenterai l'effetto dei sistemi di riduzione dei giri. Partendo da un nuovo mattoncino innesta un albero con una seconda giuntura a 90° (questa volta sarà quest'ultima a sollevare il carico) e una ruota a 24 denti. Infine, monta questi nuovi elementi sulla struttura precedentemente assemblata come mostrato nella figura sottostante.

Come ultima cosa, sposta l'albero con il carico sul raccordo a 90° posto in uscita dal sistema di riduzioni. Ora, quando azioni la macchina sentirai uno sforzo notevolmente inferiore, e osserverai il braccio sollevarsi in modo più lento. Stai sfruttando due riduzioni che, una volta concatenate, aumenteranno di ben nove volte la coppia da te applicata sull'albero motore!

