



# Parliamo di servi

## Tutti li usano, ma quanti ne conoscono davvero il funzionamento?

A cura di Andrea Avagliano

Questa volta affrontiamo un tema un po' complesso, ma sicuramente di grande importanza: parleremo dei servomeccanismi, comunemente detti "servi", che sui modelli tramutano la nostra volontà (espressa tramite il movimento degli sticks posti sul radiocomando) negli azionamenti delle superfici mobili, della farfalla del carburatore, dei carrelli, e di quant'altro ci venga in mente d'installare a bordo.

### Un po' di storia

I primi tentativi di comandare un aeromodello tramite segnali radio risalgono agli anni '30, quando in America alcuni modellisti in possesso di buone conoscenze di elettronica, cominciarono a costruire ricevitori sufficientemente piccoli e leggeri da poter essere imbarcati sui motomodelli impiegati all'epoca per il volo libero. Queste apparecchiature utilizzavano una valvola miniatura, che richiedeva per il suo funzionamento due batterie: una a bassa tensione per l'accensione del filamento, ed una ad alta tensione (se non ricordo male, il valore tipico era di 67,5 volt) per l'eccitazione anodica; inoltre, per ottenere un funzionamento sufficientemente affidabile, bisognava continuamente intervenire con delicate operazioni di taratura. Il trasmettitore, anch'esso equipaggiato con valvole termoioniche, era dotato di un solo pulsante, che consentiva, quando premuto, l'emissione del segnale radio; se (il condizionale, all'epoca, era d'obbligo...) la ricevente captava il segnale, azionava un piccolo relè. Ed il servo? Certo, definirlo così significa precorrere i tempi di qualche decina d'anni; comunque, anche se in modo primordiale, svolgeva alcune funzioni che hanno poi portato allo sviluppo dei sistemi odierni. Il servo dell'epoca si chiamava "scappamento": era azionato da una piccola matassa elastica, o da una molla (andava quindi caricato prima di ogni volo..), la quale faceva ruotare, per un quarto di giro, un'ancoret-

ta sagomata a crociera ogni volta che il relè della ricevente veniva eccitato dal segnale emesso dal trasmettitore. Quest'ancoretta veniva in genere collegata al timone direzionale del modello, e la sequenza tipica di comando era (partendo dalla situazione di riposo): prima pressione sul pulsante, timone tutto a destra; secondo azionamento, timone di nuovo al centro; ancora un comando, timone tutto a sinistra; ultimo impulso, ancora al centro. Per fare un esempio, il modellista che desiderava effettuare una virata a sinistra, partendo da una situazione di volo rettilineo, doveva per prima cosa premere il pulsante tre volte in rapida (ma non troppo...) successione, poi, dopo aver effettuato la virata desiderata, azionare ancora una volta il comando per tornare alla condizione iniziale. Questo metodo di controllo, denominato "bang-bang", rimase in uso per molti anni, finché, verso la fine degli anni cinquanta, l'introduzione dei ricevitori a transistor consentì una notevole evoluzione del sistema, tramite l'impiego del selettore a lamine vibranti. In pratica, il trasmettitore era equipaggiato con più pulsanti, ognuno dei quali, quando veniva premuto, modulava il segnale radio con una differente frequenza acustica (compresa tra 250 e 600 Hz); ciascuna lamina del selettore presente sul ricevitore era accordata sulla frequenza emessa dal relativo pulsante, ed entrava in risonanza con essa, chiudendo il circuito di comando ad essa associato, che poteva quindi azionare anche profondità, alettoni, o altro. Il numero tipico di canali (sempre del tipo bang-bang) presenti sui radiocomandi dell'epoca era di quattro, ma alcuni apparati arrivarono ad offrire anche sei. Negli anni sessanta, l'evoluzione della tecnologia rese possibile la realizzazione di apparati in grado di azionare i comandi del modello non più con le modalità "tutto o niente" descritte finora, ma controllandone con precisione i movimenti: era nato il radiocomando proporzionale che, sia pure ar-

ricchito nel tempo da molteplici funzioni accessorie, usiamo tuttora.

### La catena di comando

Prima di affrontare in modo specifico le problematiche relative ai servi, è necessario conoscere, almeno a grandi linee, le modalità tramite le quali se ne controllano i movimenti. Partiamo dal trasmettitore. Ad ogni stick di comando sono collegati meccanicamente due potenziometri, uno associato al movimento orizzontale, l'altro a quello verticale (i potenziometri non sono altro che resistenze variabili, in grado di modificare il loro valore ruotandone l'alberino di comando, esattamente come facciamo quando regoliamo il volume della radio); ciascun potenziometro comanda un circuito, detto "multivibratore monostabile", in grado di generare un impulso, di ampiezza fissa, ma di durata variabile e proporzionale al valore della resistenza connessa al suo ingresso. Quando il segnale assume l'ampiezza minima si dice che è al valore di "0 logico", mentre quando sale ad un valore positivo (tipicamente, 3,3 o 5 volt), viene definito "1 logico": questa terminologia è il fondamento della tecnica di elaborazione e trasmissione detta "digitale". (Fig. 1). Nella stragrande maggioranza dei radiocomandi attualmente in commercio, viene rispettata la seguente convenzione

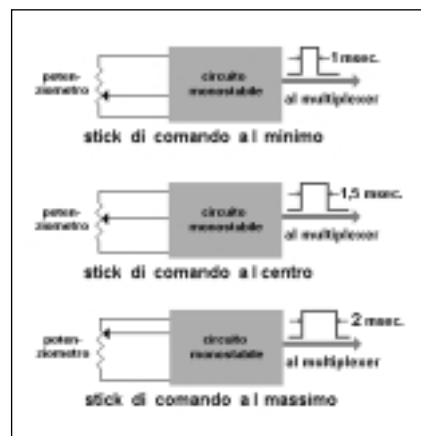


Fig. 1: Impulsi di comando.

(1 msec. – leggi millisecondo - è pari ad un millesimo di secondo):  
durata dell'impulso con lo stick al centro = 1,52 msec. nominali;  
durata dell'impulso con lo stick al minimo = 1 msec. circa;  
durata dell'impulso con lo stick al massimo = 2 msec. circa;  
Ho attribuito l'aggettivo "nominali" al primo valore, poiché in pratica si ragiona sempre nei termini di 1,5 msec. (non so chi, e perché, abbia imposto questo strano valore convenzionale); e "circa" agli altri due valori, dal momento che questi sono condizionati dalle inevitabili tolleranze dei componenti impiegati nei circuiti elettronici. Per quanto riguarda i trim, il loro spostamento della posizione di centro provoca la "traslazione temporale" dell'intero impulso relativo al canale cui sono associati: ad esempio, minimo 1,1 msec., centro 1,6 msec., massimo 2,1 msec.; fa eccezione il trim relativo allo stick del motore, il cui spostamento provoca la variazione solamente della durata dell'impulso corrispondente alla posizione di gas al minimo, mentre non ne altera il valore quando il gas viene portato al massimo. Abbiamo visto, quindi, che esiste un circuito associato ad ogni movimento degli stick (ed eventualmente, nei radiocomandi in grado di gestire un numero di canali superiori a quattro, anche pilotato dai canali accessori quali flaps, carrelli retrattili, ecc.), in grado di generare un impulso la cui lunghezza temporale rispecchia la posizione del relativo comando. Ma, dal momento che il segnale emesso dal trasmettitore è in grado di "trasportare" una sola informazione di tipo cosiddetto "digitale" (vale a dire che il segnale potrà assumere due soli stati logici, 0 oppure 1), è necessario introdurre qualche dispositivo che sia adatto a gestire, miscelando in qualche modo, gl'impul-

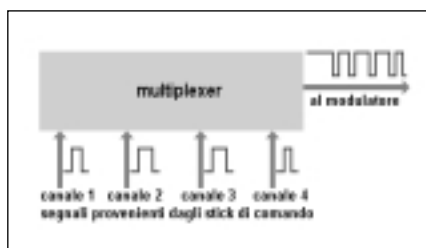


Fig. 2: Schema del multiplexer.

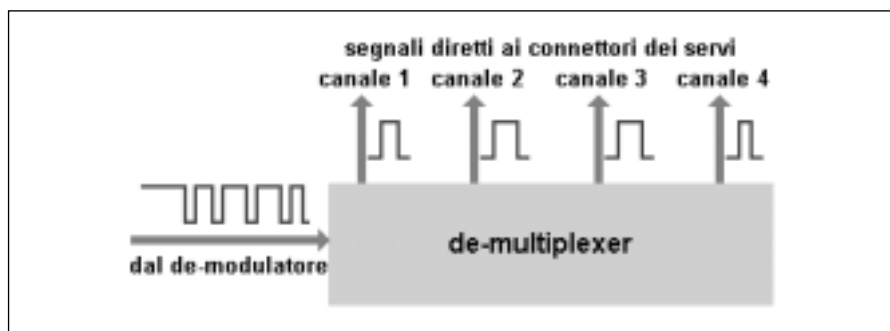


Fig. 3: Schema del de-multiplexer.

si provenienti dai vari comandi presenti sul trasmettitore: questo prende il nome di "multiplexer" (Fig. 2). Il multiplexer, comandato dalla logica che gestisce il trasmettitore, pone in rigida sequenza temporale gli impulsi generati da ogni singolo comando. Come si può vedere dalla figura 2, allo scopo di assicurare il sincronismo necessario al ricevitore per ricostruire correttamente la sequenza inviata, all'inizio del treno di impulsi viene inviato un segnale avente una durata di almeno 2,5 msec., cioè certamente maggiore del più lungo segnale che può essere generato da ciascun canale (nella pratica, per assicurare la massima sicurezza operativa, questo tempo si aggira generalmente sui 10 msec.): questo lungo impulso informa la logica presente nel ricevitore che i successivi segnali dovranno essere interpretati, nell'ordine in cui giungeranno, come la posizione dei comandi associati ai relativi canali. Nella grande maggioranza dei radiocomandi commercializzati attualmente in Europa, la sequenza è codificata come segue:

- canale 1 - alettoni
- canale 2 - elevatore
- canale 3 - motore
- canale 4 - direzionale
- canale 5 - carrelli
- canale 6 - flap
- canale 7 - a disposizione
- canale 8 - a disposizione

nota: al canale 6, negli apparati in grado di pilotare un servo per ciascuna semiala, può essere in alternativa assegnato il controllo del secondo servo degli alettoni, tipicamente quello posto nella semiala sinistra; la funzione flap potrà essere programmata utilizzando la miscelazione comunemente definita "flaperoni". Come ormai molti fra i lettori avranno intuito, nel ricevitore è presente un cir-

cuito del tutto analogo, chiamato (viva l'originalità...) "de-multiplexer", il quale svolge una funzione speculare a quella effettuata dal suo quasi-omonimo posto nel trasmettitore: decodifica cioè la sequenza di impulsi che gli sono pervenuti, ed invia a ciascuna presa destinata al collegamento di ogni singolo servo il segnale ad esso indirizzato, identico (se il tutto funziona correttamente...) a quello generato dal corrispondente stick della trasmittente. (Fig. 3).

Per concludere l'argomento: il "trucco" di mettere in sequenza tutti gli impulsi di comando funziona grazie all'elevata velocità con cui questi vengono trasmessi. Consideriamo, infatti, un radiocomando a otto canali; l'intero ciclo avrà una durata massima di: impulso di sincronismo = 10 msec.

impulsi di comando, ciascuno pari a 2 msec. max + tempo di separazione = 1 msec. circa = (2+1) x 8 = 24 msec.

Totale = 34 msec.

Ciò significa che i comandi inviati a ciascun servo verranno aggiornati circa 30 volte al secondo (1000 : 34 = 29,411);

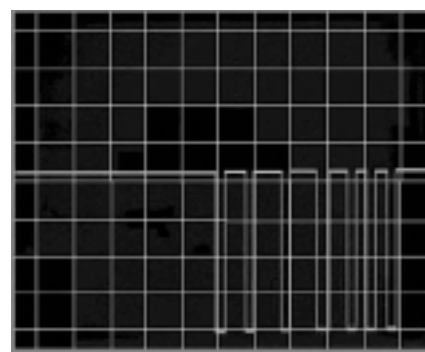


Foto A: Il segnale generato dal multiplexer di un Tx Futaba FF8, prelevato dalla presa maestro-allievo (la radio dev'essere in modalità PPM) visto all'oscilloscopio. Ampiezza verticale = 1 Volt/divisione; base dei tempi = 2 msec./divisione.

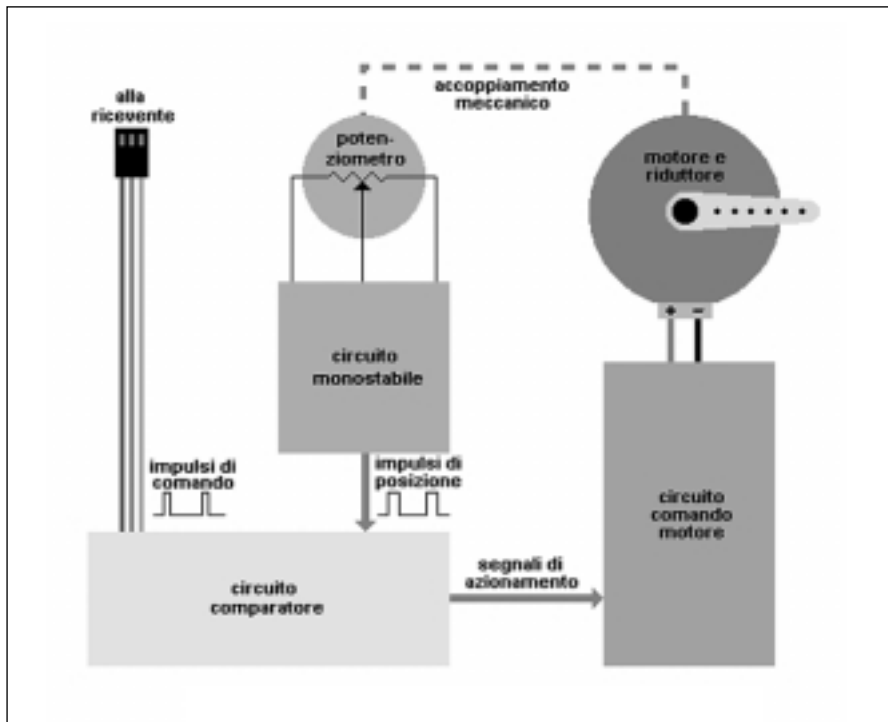


Fig. 4: Schema a blocchi di un servo.

un tempo, cioè, del tutto trascurabile rispetto alla velocità di risposta meccanica del dispositivo.

#### □ Funzionamento del servo

Vediamo, anzitutto, da quali elementi fondamentali è composto il servo (fig. 4). L'energia meccanica viene fornita da un micro-motore a corrente continua, il quale, qualora se ne inverta la polarità di alimentazione (scambiando, cioè, il positivo con il negativo), è in grado di invertire il verso di rotazione; al suo albero, tramite una riduzione effettuata da un treno di piccoli ingranaggi, è connesso il perno millerighe, che fuoriesce dal corpo del servo, sul quale siamo soliti avvitare la squadretta di comando. A questo perno è anche collegato l'albero di un minuscolo potenziometro, che quindi varia la propria resistenza in funzione della posizione assunta dalla squadretta... (se qualche lettore, a questo punto, ha già intuito come funziona tutto il marchingegno, voglia gradire i miei complimenti più sinceri!) Torniamo seri, ed occupiamoci dell'elettronica. Come tutti sappiamo, il servo viene connesso al ricevitore tramite un cavetto tripolare: i conduttori marrone (o nero) e rosso portano la tensione di alimentazione (4,8 oppure 6 volt) proveniente dalla batteria di bordo, su quello arancio (o bianco) è invece ci-

clicamente presente il segnale di comando (di durata, come abbiamo già visto, compresa tra 1 e 2 msec). Il piccolo potenziometro, che sappiamo collegato meccanicamente alla squadretta, è invece elettricamente connesso ad un circuito monostabile, concettualmente simile a quello descritto a proposito del trasmettitore, e tarato (ma guarda tu, il caso...) per generare, quando la

squadretta raggiunge gli estremi della sua rotazione, impulsi di durata variabile da 1 a 2 msec. Questo segnale, e quello proveniente dalla ricevente, vengono inviati ad un circuito (tranquilli, è l'ultimo...) detto "comparatore", che ne raffronta la durata temporale; se l'impulso, chiamiamolo "di posizione" differisce da quello "di controllo", il comparatore aziona il motore, fornendo allo stesso la polarità idonea a farlo girare nel giusto verso, finché non verificherà che la durata dei due impulsi è divenuta uguale. In altre parole, la logica di controllo del servo "insegue" il segnale proveniente dal radiocomando, finché non riesce a generarne uno uguale; e, nel realizzare questa condizione, ottiene proprio il risultato di posizionare la squadretta ad un angolo esattamente proporzionale a quello a cui è stato portato il corrispondente stick di comando posto sul trasmettitore.

#### □ Caratteristiche del servo

Adesso che abbiamo imparato come funziona un servo, vediamo di capire quanto questo sia in grado di soddisfare le nostre aspettative di aeromodellisti. A proposito di un servo, oltre alle dimensioni e al peso, vengono invariabilmente fornite due sole caratteristiche operative: velocità e coppia. Ma questi valori, pur di fondamentale importanza e facile interpretazione,

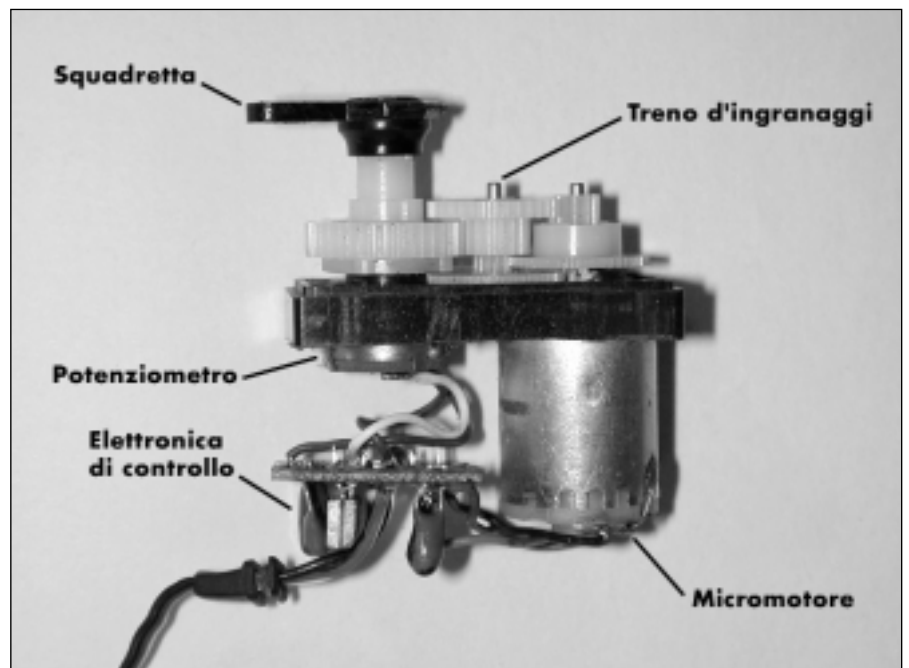


Foto B: Un vecchio servo Futaba S-128, sacrificato in nome della divulgazione tecnica.

non ne caratterizzano completamente la qualità; come in ogni servomeccanismo, bisogna prendere in esame anche due altri parametri fondamentali: la sensibilità e la precisione.

Definiamo la sensibilità (al solito, prego i puristi di tapparsi le orecchie, e magari voltarsi da un'altra parte...) come la capacità di reagire ad una minima variazione del segnale di comando: quanto più la variazione percepita sarà piccola, tanto più elevata la sensibilità del sistema.

La precisione, invece, può essere definita come la capacità del servo di riportarsi sempre nella stessa posizione, qualora riceva un identico segnale di comando; e ciò indipendentemente dal variare delle condizioni ambientali (temperatura, vibrazioni...), dal mutare del carico meccanico (resistenza opposta dalle superfici mobili comandate, in funzione dell'attuale inviluppo di volo) e dalle modalità di operazione (ad esempio, se il ritorno in posizione del servo avvenga con movimento orario, oppure antiorario): tanto più piccolo sarà l'errore commesso, tanto migliore la precisione.

Queste due caratteristiche rappresentano in realtà gli incubi ricorrenti per tutti i progettisti di servomeccanismi in genere; si dimostra infatti matematicamente (si chiamavano Bode e Nyquist gli studiosi che hanno gettato le basi per effettuare calcoli in materia) che l'incremento della sensibilità e/o della precisione avviene sempre a scapito della stabilità del sistema. Ciò significa che, cercando di migliorare oltre un dato valore questi parametri, si va inevitabilmente incontro ad un grave degrado nelle prestazioni; nel caso del nostro servo, la squadretta inizierebbe ad oscillare avanti e indietro intorno alla posizione da raggiungere o, nel caso

peggiore, finirebbe a fondo corsa, senza rispondere più ai comandi.

Come può allora il costruttore di un servo migliorare la qualità del suo prodotto? I fattori determinanti sono:

- l'impiego d'ingranaggi metallici lavorati con precisione, in modo da ridurre al minimo i giochi e l'usura meccanica;

- l'adozione di un potenziometro di alta precisione, compensato rispetto alle variazioni di temperatura ed efficacemente protetto dalle influenze ambientali;

- la realizzazione di circuiti elettronici aventi stabilità elevata e deriva termica minima.

Inutile dire che tutto ciò ha un costo; e questo spiega perché esistono servi che, pur dichiarando le stesse caratteristiche di coppia e velocità, costano, ad esempio, 20.000 o 200.000 lire. Al maggior prezzo dovrebbero corrispondere, ovviamente, migliori caratteristiche di sensibilità e precisione, oltretutto di durata. Purtroppo è molto difficile effettuare misure sui servi, poiché per ottenere la necessaria precisione dei rilevamenti angolari sul movimento della squadretta è richiesto l'impiego di apparecchiature complesse. Per chi comunque volesse cimentarsi, consiglio l'utilizzo di un semplice dispositivo, definito "amplificatore ottico"; per realizzarlo, è sufficiente fissare un piccolo specchietto all'alberino del servo. Inviando un raggio di luce quanto più possibile stretto e collimato (le penne laser utilizzate dai conferenzieri sono ideali) sullo specchietto, e disponendo il tutto in modo che il raggio riflesso venga proiettato su una parete bianca, sarà possibile osservare spostamenti vistosi del punto conseguenti a variazioni altrimenti impercettibili della rotazione

dell'alberino. Conoscendo la distanza tra lo specchietto e il piano di proiezione (e con qualche nozione di trigonometria...) sarà anche possibile calcolare, dopo aver misurato uno spostamento del punto, l'angolo di cui ha ruotato l'alberino per provocarlo, espresso in gradi, oppure in radianti.

#### □ **Ultime note**

Mi auguro di non avervi annoiato con questo lungo scritto, ma l'argomento trattato richiedeva un discorso un po' articolato, a causa delle sue svariate implicazioni elettroniche e meccaniche. Ho voluto affrontare l'argomento "servo" perché, frequentando i campi di volo, ho notato che spesso l'importanza di questo componente viene sottovalutata, e i più preferiscono parlare di radio dalle caratteristiche fantasmagoriche... ma, mi chiedo, a cosa serve un trasmettitore a 1024 passi, capace cioè di inviare segnali con la precisione del microsecondo (sì, proprio un milionesimo di secondo), quando il servo, che è pur sempre un anello fondamentale della catena di comando, non è nemmeno in grado di percepire una variazione del genere? Chiariremo meglio il concetto una prossima volta, quando parleremo del PCM.

A coloro che volessero comunque approfondire l'argomento dei servomeccanismi da un punto di vista teorico, consiglio di acquistare, presso qualunque libreria universitaria, le dispense relative al corso di Controlli Automatici per ingegneri elettronici; tengano però presente che per comprendere la trattazione lì svolta è necessario essere in possesso di buone conoscenze relativamente all'Analisi Matematica.

Andrea Avagliano

*Avete un accesso ad Internet e vorreste essere sempre aggiornati sul calendario sportivo, le novità sui regolamenti, le classifiche delle gare e dei vari campionati?*

**[www.ulyссе.it/aeromodellismo](http://www.ulyссе.it/aeromodellismo)**

*Vi piacerebbe dedicarvi all'attività sportiva, ma non avete ancora le idee chiare?*

**[www.competizioni.com](http://www.competizioni.com)**