

MULTIROTORI 101

OVVERO

TUTTO QUELLO CHE DOVRETE SAPERE SUI

MULTIROTORI

E CHE CONTINUEATE A CHIEDERE

a cura di Adriano Reis (areis81)

Revisionato, integrato e corretto dai mitici Luciano (TermicOne) e Stefano Orsi (Biv2533)

*un enorme grazie ai 'veci' del forum multirotori sul Baronerosso: ogni giorno nuove idee! E anche ai nuovi:
ogni giorno qualche capello in meno... 😊*

Sommario

Sommario	2
1 – GENERALITA'	3
1.1 – Introduzione dovuta	3
1.2 – Glossario dei termini.....	4
2 – IL VOLO DEL CALABRONE – CENNI IGNORANTI DI AERODINAMICA.....	18
2.1 - Newton forever	18
2.2 - Una zona critica	18
2.3 - In sosta consumi di più	19
2.4 - Turbolenze autogenerate	19
2.5 - Bernoulli è sopravvalutato	20
2.6 - Spingi l'aria giù.....	21
2.7 - ...e poi spingine ancora di più.....	21
2.8 - Conclusioni ovvie.....	23
3 – COME DIAVOLO FUNZIONA UN MULTIROTORE	25
3.1 – Il multirotore...questo sconosciuto.....	25
3.2 - Il suo cervello...ovvero come far riposare il tuo.....	26
3.3 - I suoi muscoli	29
3.4 - La potenza è nulla senza controllo: gli ESC.....	32
3.5 - Un uomo senza panza è come un cielo senza stelle ☺... la batteria	35
3.6 - Lo scheletro, ovvero il 'frame'	36
4 – FAQ... ovvero domande e risposte	36

1 – GENERALITA'

1.1 – Introduzione dovuta

Gentile internauta anonimo, se stai leggendo queste righe significa che ti ha preso la scimmia dei multirotori e, giustamente, la prima cosa che hai fatto è stata cercare un forum dove incontrare esperti, semplici appassionati, o altri niubbi come te per condividere esperienze, scambiare idee o imparare le basi, oppure contattare direttamente qualcuno esperto per avere più info.

Proprio a proposito di basi il punto è che i multirotori sono macchine tecnicamente semplici, ma intrinsecamente complesse e, soprattutto, inizialmente difficili da comprendere. Se non impari le basi perdi solo tempo perché non riuscirai a mettere in aria un mezzo costruito o assemblato da te, né a farne funzionare bene uno RTF (lo troverai spiegato nel glossario) e, cosa più importante ancora, ti e ci farai perdere tempo facendo le stesse domande che fanno tutti, millemila volte, rendendoti antipatico agli occhi del forum ☺.

Una volta che avrai letto, parola per parola e magari un paio di volte, queste pagine ti e ci risparmierai il tempo di attendere risposte alle solite domande. Se ti sembra lungo e non hai voglia di perdere tempo, smetti di leggere ma smetti anche di pensare di costruirti un multirottore: non è un hobby per impazienti; comprati un Phantom e schiantatici ☺. Ci va calma, pazienza, prove e riprove, tuning (anche questo lo trovi nel glossario) e soldi spesi. Se sarai in gamba e seguirai passo passo le istruzioni sarai in grado di mettere in aria un mezzo senza pretese con poco più di un paio di centinaio di euro totali (partendo da zero, quindi dovendo includere anche radiocomando e accessori vari), altrimenti ci spenderai sopra molto di più con molta meno soddisfazione in cambio. A quel punto, quando volerà perfettamente e avrai abbastanza ore di volo da pilotarlo con un occhio chiuso ed una scimmia che ti fa il solletico, sarai autorizzato a pensare di investire di più, costruire un mezzo magari con un gimbal stabilizzato (...glossario...), oppure dotato di certi automatismi grazie a ricevitori GPS e 'cervelli' migliori. Ma fino a che non sarai in grado di volare con poco lascia perdere, butteresti solo soldi e ti roderesti il fegato per niente. Io, personalmente, sono di quest'idea: non è né l'unica possibilità né la migliore in senso assoluto, ma è come la penso io e la maggior parte di quelli che hanno un po' più di esperienza che non aver comprato un modello RTF, averci piazzato una GoPro sopra ed averlo fatto svolazzare ad un matrimonio. Quest'ultima è la seconda possibilità: se ritieni più semplice e rapido fare così fai pure, ma santiddio poi non venire a lamentarti del fatto che hai combinato qualche casino.

Utilizzerò un linguaggio terra terra, evitando fronzoli e per quanto possibile tecnicismi. Quando saranno necessari cercherò di spiegarli in maniera semplice ma semplificare il complesso a volte è arduo, quindi dovrai starmi dietro.

Si comincia.

1.2 – Glossario dei termini

Nota: gli acronimi qui verranno scritti come si dovrebbe, ovvero con le lettere maiuscole e intervallate da un punto. Non sempre sarà così né in questo manuale né tanto meno in giro sui forum, ma il significato non cambia.

3-Way Switch

Significa ‘interruttore a tre posizioni’ ed è un classico interruttore comune in molte radio che consente di regolare il comando su tre posizioni, di solito minimo, massimo e neutrale. Consente quindi di selezionare ad esempio tre diverse modalità di volo durante il volo, oppure di accendere diversi tipi di LED se siete dei giocherelloni o altro. Le possibilità sono infinite 😊

A

Sta per ‘Ampere’. È scritto maiuscolo perché è un nome proprio ed è l’unità di misura della corrente. Se vogliamo fare un esempio terra terra possiamo immaginarlo come la quantità di energia elettrica assorbita, ad esempio, da un motore in un dato momento. Può essere convertito in Watt (te lo spiego dopo) con semplici calcolatori online come questo http://www.rapidtables.com/calc/electric/Amp_to_Watt_Calculator.htm se conosci il voltaggio (anche questo lo spieghiamo dopo).

A.L.

Sta per ‘Auto Landing’, ovvero ‘atterraggio automatico’ ed è una funzione avanzata di schede di volo che siano almeno dotate di barometro e accelerometri. Consente di atterrare automaticamente al semplice tocco di un pulsante sulla radio (se programmata in tal senso) oppure di essere usato come misura di sicurezza in caso di perdita di segnale o scarica eccessiva delle batterie (la Naza ad esempio consente questa funzione, mentre ad esempio la Rabbit la consente come funzione da attivare manualmente).

A.R.F.

‘Almost Ready to Fly’ ovvero ‘quasi pronto al volo’. Di norma sono kit di modelli radiocomandati che, una volta acquistati, necessitano di poco lavoro per essere pronti a volare. Ad esempio qualche incollatura o avvitamento o altre semplici manovre eseguibili anche da una scimmia coi guanti da forno.

Acc

È l’abbreviazione spesso usata in testi inglesi per ‘accelerometro’, ovvero quella componente elettronica che consente alla centralina di controllo di capire da che parte sta il basso e l’alto, in modo che possa automaticamente livellare il mezzo. Spesso va calibrato perché funzioni a dovere.

Ah

'Ampere-hour' ovvero 'Ampere-ora'. È un unità di misura della capacità di una batteria, a volte erroneamente indicato come il consumo di un apparecchio. Una batteria da 1Ah è in grado di erogare una corrente di 1A per 1 ora. Oppure, facendo le debite proporzioni, ad esempio di 2A per mezz'ora oppure di 0,5° per 2 ore. Facile.

Aileron

Sono gli alettoni di un aereo, nel nostro gergo è il canale della radio dedicato al controllo del Roll (spiegato più avanti) e consente di inclinare il mezzo a destra o a sinistra e quindi di traslare in una direzione o nell'altra.

Ardu-qualsiasi cosa

Arduino è una scheda elettronica molto popolare perché open-source (spiegato più avanti) che consente ai nerd di fare praticamente tutto, dal controllare le tapparelle di casa perché si aprano quando batte le mani al far funzionare un modello multirottore. La fantasia è il limite.

A.U.W.

'All Up Weight', 'peso complessivo'. Vedi O.D.V..

B.E.C.

'Battery Eliminator (o Exclusion) Circuit', in pratica è un alimentatore incorporato nell'ESC dal quale escono 5 (o 6V selezionabili da un interruttore) che vanno ad alimentare, se collegato alla ricevente come avviene per gli aerei, la ricevente oppure la scheda di controllo. Alcune schede di volo (la Naza o la Wookong, per esempio) hanno BEC dedicati che arrivano insieme alla scheda, molte altre no e necessitano appunto del BEC di UNO degli ESC (spiegato più avanti come fare).

Baro

Ci si riferisce al sensore barometrico, 'barometer' in inglese, che serve a funzioni avanzate come il mantenimento di quota e l'atterraggio automatico o alle previsioni del tempo ☺

Brushed

Con questo termine ci si riferisce ai motori spazzolati, che sfruttano appunto spazzole metalliche interne che, ruotando, alternano la polarità degli elettromagneti per generare movimento rotatorio. Sono motori ormai quasi non più usati se non in applicazioni particolari come micro-multirotori (per semplicità) oppure alcuni modelli di auto radiocomandate. Per invertire il senso di rotazione basta invertire la polarità con cui arriva la corrente scambiando il filo nero dal rosso.

Brushless

Motore di nuova generazione che fa a meno delle spazzole perché l'alternanza di polarità è controllata elettronicamente dall'ESC, da cui escono tre fili invece che i soli due di positivo e negativo: si chiamano tri-fase. Per farlo girare in senso orario o anti-orario basta invertire, a caso, due di quei tre fili. L'assenza di spazzole interne e quindi di attrito all'interno del motore ne rende le prestazioni decisamente superiori rispetto ad un motore spazzolato.

C

Questa per me è difficile da spiegare, quindi cerco di semplificare il più possibile per non confondere. Indica grosso modo il valore relativo alla capacità di scarica di una batteria, ovvero della sua capacità di sopportare forti drenaggi di corrente da parte di sistemi (nel nostro caso motori) ad alto consumo. Una batteria con pochi C (da 2 a 10 di solito) sarà usata prettamente per sistemi a basso consumo (ad esempio sui radiocomandi ma ce le avete anche nei cellulari e nel laptop), mentre quelle sopra i 40C vengono di solito usate per sistemi ad altissimo consumo (motori collegati a ventole intubate o aerei molto performanti). Nel nostro campo useremo batterie tra i 20 e i 30C perché è il giusto compromesso, ma tenete presente che su mezzi studiati e costruiti apposta per battere record di durata (quindi molto leggeri e a consumo molto basso) usano anche batterie da 2C che sono più leggere, ma decisamente più delicate. Per i nostri scopi, scordatevele.

Cabrare

Termine di derivazione aeronautica che significa puntare il muso dell'aereo verso l'alto per guadagnare quota. Nel nostro caso significa lo stesso, ovvero che la parte anteriore si alza, ma invece di guadagnare quota effettueremo una traslazione all'indietro del mezzo.

Cam

Beh sta per videocamera e spesso è intesa non come la telecamera di registrazione a bordo (dalla piccola GoPro alle grosse Reflex) ma come la piccola videocamera che, trasmettendo in tempo reale il video a terra su uno schermo o sugli occhiali LCD, consente di pilotare il mezzo con una visuale in prima persona (FPV).

Carbonio (Carbon Fiber)

Oh il carbonio ci piace un mucchio! Rigido e leggero è un materiale ambito, peccato che sia difficile da lavorare e che sia da schermo alle radiazioni elettromagnetiche (quindi schermo i segnali della radio) e sia un ottimo conduttore di elettricità. Finché non avrete esperienza lasciatelo stare e usatelo solo sulle eliche, se proprio volete, che in questo modo saranno leggere e reattive.

Carefree

È un'opzione delle schede di volo dotate di magnetometro che permette di pilotare il mezzo come se fosse sempre di coda di fronte a voi. Esempio semplice: mentre siete dietro al mezzo e vi da la coda se inclinate lo stick a destra lui si inclinerà a destra. Se lo fate ruotare di 180° e lo tenete di fronte a voi con il suo muso verso di voi inclinando lo stick a destra quell'infame, rispetto a voi, andrà a sinistra perché le prospettive sono invertite. Attivando il carefree invece si inclinerà sempre a destra RISPETTO A VOI. Attenzione però perché se in alcuni casi (mezzo molto lontano e perdita dell'orientamento) può potenzialmente essere utile, nella maggior parte rischierete di fare danni. Molto meglio imparare a pilotare BENE in maniera normale, il carefree richiede molta attenzione...

Closed Source

Nel nostro caso indica una scheda di controllo con firmware di carattere commerciale, quindi non modificabile né programmabile dall'utente. Mi viene in mente un paragone tra sistemi operativi dei telefonini. L'iphone ti consente di fare solo ciò che a casa Apple vogliono, mentre un Android consente ai nerd molta più libertà ed addirittura di modificarlo e condividere con altri le modifiche. Ecco una scheda closed source

permette di fare solo ciò che la casa distributrice vuole, mentre una Open Source consentirà alla comunità di prenderlo e ribaltarlo da zero per migliorarlo e ridistribuirlo (ma con l'accordo che sia no-profit.

Coassiale

Parlando di configurazioni coassiali indichiamo quella tipologia di multirotore dove per ogni braccio avremo, anziché uno, due motori: uno sopra ed uno, di norma rotante nel verso opposto, sotto. Possono essere 3 bracci con 6 motori (Y6), 4 bracci con 8 motori (X8) etc



D.I.Y.

Vuol dire 'Do It Yourself' e indica il 'Fai Da Te'. Significa che la pappa non è bell'e pronta, ma bisogna sbatterci e probabilmente saper usare Google, un saldatore a stagno e avere qualche altro attrezzo a disposizione.

Drag

Significa attrito, e per come lo useremo noi significherà quasi sempre la resistenza offerta dall'aria.

Drift

È una traslazione su un asse. Può essere volontaria (spostarsi da un punto A a un punto B) o involontaria. Quando c'è un drift involontario del mezzo vorrà dire che qualcosa non va e probabilmente dovremo sistemare qualche parametro software o hardware.

Drone

Drone sa di brutto, sa di Predator militari che ammazzano i bambini. È un termine che piace ai media ma dal quale noi, in ambito modellistico, di solito preferiamo stare alla larga. I nostri sono 'modelli radiocomandati' o 'multirotori', lasciamo la parola Drone ai mezzi professionali e ai media.



Drone



Multirottore

E.S.C.

Electronic Speed Controller, ovvero 'variante' ovvero 'regolatore di velocità'. Circuito elettrico che grazie al tuo intervento sugli stick consente di variare la velocità di rotazione di un motore.

Elevon

'Elevatore', in termine aeronautico di solito indica quella superficie mobile orizzontale nella coda dell'aereo che consente di puntare verso l'alto o il basso il muso, ovvero di cabrare o picchiare. Anche sui multi ci si riferisce a quel canale o comando che consente di inclinarsi in avanti o indietro e quindi di traslare avanti o indietro.

FailSafe

Sistema di emergenza della ricevente radio che, in caso di perdita di segnale, dà determinati comandi al mezzo. Ad esempio si può programmare per, semplicemente, tagliare il gas e far precipitare in verticale il mezzo oppure impostare funzioni avanzate su schede avanzate come il ritorno automatico al punto di decollo.

F.C.B.

'Flight Control Board', è la centralina di volo, il cervello del modello.

F.P.V.

'First Person View', ovvero il pilotare un mezzo radiocomandato con una visuale in prima persona (come se ci si stesse a bordo), grazie ad un complesso sistema di trasmissione video in tempo reale che ci consente di vedere quello che vedremmo se stessimo seduti sul nostro mezzo.

Firmware

È la programmazione di un microprocessore che normalmente viene inserita dalla casa produttrice. Molto spesso ci sarà qualche nerd che lo ha migliorato e quindi sarà necessario arrabattarsi per ri-installarlo, come nel caso della famosa radio Turnigy 9x.

Frame

È il telaio del modello, si va dal compensato e quadrelli di alluminio a telai carenati in carbonio. Il limite è la fantasia.

G.P.S.

‘Global Positioning System’, ovvero sistema di posizionamento globale. Ti consente di non perderti in macchina e di dotare il tuo modello della capacità di stare ad esempio fermo in un punto grazie a segnali satellitari che vengono ricevuti ed elaborati dalla centralina di controllo. Tanta roba.

G.U.I.

‘Graphical User Interface’ o ‘interfaccia grafica’. È il pannello di controllo che compare sullo schermo del computer quando avviate il programma per settare la vostra centralina di volo o qualsiasi altro aggeggio elettronico programmabile.

Gimbal

È quel sistema che consente di montare una telecamera sul nostro modello in modo che, attraverso l’azione di servocomandi o motori brushless, venga mantenuta livellata al suolo anche durante manovre brusche da una centralina dedicate o a volte anche dalla centralina di volo stessa. Può inoltre essere comandata da remoto per cambiare ad esempio l’angolo di ripresa. Un aggeggio molto interessante e sempre più diffuso grazie all’avvento dei moderni gimbal brushless, molto reattivi e dai movimenti fluidi.

Goggles

Ci riferiamo agli occhiali LCD che, al posto del monitor classico, ci consentono di volare in FPV.

Google

Motore di ricerca internet molto popolare. Ah lo sapevi già? E allora usalo prima di fare domande che di solito la risposta la si trova facilmente lì.

Gyro

‘giroscopio’, ovvero quel sensore (ormai solo elettronico ma una volta erano anche meccanici) in grado di rilevare variazioni del movimento ANGOLARE, ovvero le rotazioni. Solo le rotazioni, nient’altro, quindi non è da solo in grado di distinguere l’alto dal basso ma solo registrare e consentire di correggere un movimento rotatorio, su qualsiasi asse, non desiderato.

H.L.

A volte viene usato come ‘Height Lock’, ovvero mantenimento della quota, ed a volte come ‘Heading Lock’, ovvero mantenimento della direzione. Da valutare caso per caso.

Height

‘altezza’ o quota. Se ci si riferisce ad una torre sarà la sua altezza, se ci si riferisce ad un aereo sarà la sua quota.

Height Hold

‘mantenimento di quota’ grazie ad un sensore barometrico o ultrasonico.

Hovering

Stare sospesi a mezz'aria in un punto fisso, senza movimenti di traslazione. Può essere eseguito dai nostri multirotori come dagli elicotteri o da mezzi militari avanzati come l'F34 o il più vecchiotto Harrier.

I.O.C.

'Intelligent Orientation Control', è il termine usato dalla DJI (produttrice di Naza e Wookong), per definire il Carefree spiegato precedentemente.

Jello

Significa gelatina ed è quell'effetto ondulato che colpisce i video in presenza di vibrazioni ad alta frequenza durante la registrazione. Più propriamente chiamato 'rolling shutter'.

Kit

Il kit è un insieme di componenti necessarie per la costruzione di un qualcosa, la macchina strafuga è 'K.I.T.T.').



'Kit'



'K.I.T.T.'

Landing Gear

'Carrello di atterraggio'.

Length

'Lunghezza'.

LiFe

Sono batterie al Litio-Ferro che consentono alte capacità di scarica (C) ed un più alto numero di cicli di carica ovvero di vita.

Lift

È quella capacità di sollevamento creata, nel nostro caso, dalle eliche. Nel caso di un aereo sarà creata dalle proprietà aerodinamiche delle ali.

Lion

Batterie agli Ioni di Litio, caratterizzate da bassa capacità di scarica ma più leggere ed a densità energetica maggiore, usate quindi spesso nei cellulari e nei laptop, ad esempio.

LiPo

Le batterie ormai più comuni in ambito modellistico, ai Polimeri di litio, con capacità di scarica medio-alta, densità energetica medio-alta e vita medio-alta. Insomma il giusto compromesso. Patiscono però una scarica eccessiva e non dovrebbero mai scendere sotto i 3,1/3,2 V per cella per avere una vita più lunga. Quando soffrono si gonfiano e restano gonfie, quindi se avete una di queste batterie ed avete notato che è bella cicciotta vuol dire che ha sofferto e non sarà affidabile come una batteria nuova.

L.O.S.

'Line Of Sight', ovvero il pilotare un mezzo senza ostacoli interposti che non ne consentirebbero una visuale diretta. Importante sia per praticare FPV in sicurezza con uno spotter dedicato sia per mantenere un buon link radio che consenta di mantenere sempre il controllo del mezzo senza momenti 'ciechi' di perdita di controllo a causa della mancata ricezione del segnale radio ostruito dall'ostacolo interposto (case, alberi etc)

Mag

Magnetometro, ovvero quella componente elettronica che consente, rilevando il campo magnetico terrestre ed il suo orientamento, di far sapere alla centralina di volo da che parte è orientato il mezzo. Funziona né più né meno come una bussola, infatti a volte ci si riferisce con il termine di 'Compass', ovvero proprio 'bussola'.

mAh

Se gli Ah (Ampere-ora) sono l'unità di misura della capacità di una batteria i mAh sono milli-Ampere-Ora ovvero semplicemente un millesimo di Ah. Per dire 1Ah si può quindi dire 1000mAh e nulla cambia. Lo specifico perché la maggior parte delle volte la capacità delle nostre batterie viene espressa in mAh e non Ah. ATTENZIONE: fondamentali sono le maiuscole e minuscole. MAh significa MEGA-Ampere-ora, cioè un MILIONE di Ah.

NiCd

Batterie obsolete, al Nickel Cadmio. Non si usano quasi più. Sono le classiche 'stilo', ad esempio.

NiMh

Batterie al Nickel-metallo idruro, anche queste quasi più usate.

Niubbo

A volte 'nubbio', adattamento italiano di 'Newbie' che in ambito informatico identifica un new beginner (inesperto ma con volontà a migliorarsi). Non è una offesa 😊

O.D.V.

'Ordine Di Volo', riferendosi al peso di un mezzo indica il peso complessivo del mezzo pronto a volare, quindi comprendente batterie, telecamere etc etc.

O.S.D.

'On Screen Display', a volte indicato erroneamente come H.U.D. ovvero 'Head Up Display'. È quel sistema elettronico che è in grado di creare sovraimpressioni sulle immagini della telecamera di bordo con parametri utili come altitudine, carica delle batterie, durata di volo, direzione etc., se presenti i sensori appositi.

Open Source

Contrario di Closed Source, spiegato in precedenza.

P.D.B.

Sta per 'Power Distribution Board' ed è una schedina di distribuzione della corrente che consente di distribuire appunto la corrente dalla batteria a tutti i nostri ESC, molto utile per evitare pasticci di cavi saldati assieme.

P.H.

'Position Hold', a volte riferito come P.L. ovvero 'Position Lock', cioè il mantenimento automatico di una posizione nello spazio garantito da un sistema GPS.

P.N.F.

'Plug aNd Fly' ovvero 'attaccalo e vola'. Sinonimo di R.T.F. spiegato tra poco.

P.N.P.

'Plug aNd Play' ovvero 'attaccalo e gioca', di solito riferito ad una scheda di controllo che non richiede programmazione particolare perché già pronta per essere montata sul mezzo.

Parallelo

Sistema di collegamento delle batterie che consente di sommare le due capacità (due batterie da 1000mAh in parallelo creeranno un sistema da 2000mAh) senza modificare il voltaggio (se sono entrambe da 11.1V il sistema sarà sempre a 11,1V)

Picchiare

Termine di derivazione aeronautica che significa ‘portare il muso [dell’aereo] verso il basso’, nel nostro caso significa inclinare in avanti il mezzo e traslare anteriormente, non significa precipitare a terra come potreste aver pensato ☺.

Pitch

È il ‘Passo’ di un elica, ovvero quanto essa è avvitata su sé stessa, ovvero quanto le sue pale sono inclinate. Più è alto più l’elica sarà efficiente in un mezzo veloce come un aereo e più andranno in stallo (ovvero perderanno efficienza) se montate su un multirottore che deve spingere verso il basso aria che prima era ferma. Nei nostri mezzi vogliamo eliche a passo basso, e leggendo questo manuale capirete perché.

P.I.D.

Questo non ce la faccio. Leggi qui: <http://www.baronerosso.it/forum/modelli-multirotori/207249-pid-tuning-c-come-settare-i-parametri-del-vostro-multiwii.html> che tanto la parte introduttiva almeno vale per tutte le schede.

Pot

Nel nostro campo il termine Pot è spesso usato per riferirsi a quelle manopoline sulla radio che consentono, ruotandole, di portare un canale dal minimo al massimo e possono essere usate ad esempio per regolare l’inclinazione di una telecamera a bordo al posto dei classici stick.

Prop

Non andare in sbattimento, sta per ‘Propeller’ e significa solo ‘elica’.

R.C.

‘Radio Control’ ovvero radiocomando (non ‘telecomando’, anche se tecnicamente sarebbe corretto comunque). Se seguito da Tx o Rx indica la trasmittente (RC-Tx) o la ricevente (RC-Rx).

R.T.F.

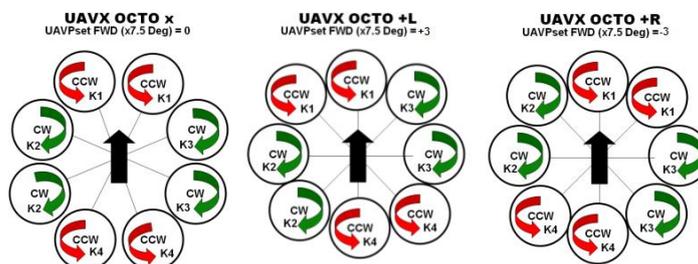
‘Ready To Fly’, ovvero quei modelli radiocomandati che sono pronti a essere pilotati una volta tolti dalla scatola, senza manovre aggiuntive se non caricare le batterie. Un ottimo modo per fare una cosa, male, senza sapere quello che si fa.

R.T.H.

‘Return To Home’ a volte indicato come R.T.L. ovvero ‘Return To Landing’. Automatismo per il quale è necessaria una scheda avanzata dotata di GPS che consente al mezzo, tramite comando manuale o sistema di Fail Safe, di tornare al punto di decollo da solo, senza input del pilota.

Radiale

Parlando di configurazione radiale indichiamo quel tipo di configurazione della disposizione dei motori che prevede un braccio per ogni motore.



Roll

‘Rollio’ ovvero movimento di inclinazione laterale del mezzo.

R.O.V.

‘Remotely Operated Vehicle’ ovvero ‘veicolo comandato da remoto’ ovvero qualsiasi modellino radiocomandato, dall’elicotterino preso in fiera al Predator con missile Hellfire.

Rx

‘Ricevente’ o ‘Ricevitore’, a seconda del prefisso potrà essere la ricevente del radiocomando (RC-Rx) oppure quella del segnale video (V-Rx).

Serie

Sistema di collegamento delle batterie che consente di sommare i Volt (due batterie da 11,1V in serie avranno 22,2V totali) mantenendo inalterata la capacità (anche sommandone due da 100mAh avremo sempre 100mAh totali).

Servo

Aggeggio elettromeccanico che consente di muovere un braccino e comandare dunque superfici mobili a distanza tramite il radiocomando.

Spotter

Termine che indica, durante un volo in FPV, la persona che tiene sempre sotto osservazione diretta il modello e che, idealmente, dovrebbe avere la possibilità di intervenire tramite doppi comandi in caso di perdita dell’orientamento del pilota.

Stick

Sono quei bastoncini sul radiocomando che azionati manualmente determinano il movimento voluto. Non avrei voluto inserire questa ovvietà, ma giuro che a volte l’ho visto chiedere.

Switch

Significa 'interruttore' e spesso ci si riferisce a quell'interruttore sul radiocomando che, avendo due posizioni possibili, può portare a minimo a Massimo la posizione ad esempio di un servo, senza possibilità di posizioni intermedie.

Telemetria

La telemetria consente alla ricevente posta sul modello di avere una doppia funzione e diventare anche trasmittente. Si parla dunque di 'transceiver' in grado di ricevere segnali radio che servono a comandare il modello e ritrasmettere all'utente informazioni come carica delle batterie e temperatura che possono essere visualizzate su uno schermo apposito posto sul radiocomando in mano al pilota.

Throttle

È il canale del 'gas', che consente di dare più o meno Potenza a tutti i motori indiscriminatamente in modo da aumentare o ridurre la quota. Normalmente è il canale 3 della radio, ma dipende ovviamente dalla radio. Inoltre in molte radio è possibile programmare i canali, quindi rifatevi al manuale della radio in vostro possesso per sapere quale canale è (sì, dovete leggere il manuale anche della radio... dovete leggere il manuale di tutto!).

Tilt

Significa 'inclinazione' e viene normalmente usato per indicare l'inclinazione non del mezzo ma di una telecamera comandabile da remoto.

Toilet Bowl Effect

Italianizzato con 'effetto della tazza del cesso' ☺ è una problematica che colpisce i mezzi in Position Hold assistito da GPS che invece di stare fermi sul posto compiono dei cerchi, spesso a spirale crescente, attorno ad esso. Nel 99,99% dei casi la colpa è imputabile al magnetometro, mal calibrato o piazzato troppo vicino a fonti di disturbi elettromagnetici (come gli ESC o la PDB).

Traslazione

Movimento di 'scivolamento' laterale o antero-posteriore che consente ai nostri mezzi di spostarsi.

Tx

Vuol dire 'trasmittente' e a seconda del prefisso può indicare la trasmittente video (V-Tx) o del radiocomando (RC-Tx).

U.T.S.

Abbreviazione per 'UlTraSuoni', indicante un modulo a volte supportato dalla scheda di controllo in grado di mantenere la quota più precisamente del barometro, ma con un campo d'azione molto più ristretto (al massimo entro 4 metri da terra) grazie al calcolo del tempo che l'ultrasuono emesso ci mette, una volta partito dall'emettitore, a tornare indietro rimbalzando a terra. Preciso ed utile purtroppo solo su superfici rigide, in caso ad esempio di erba alta diventa inaffidabile.

Vetronite

Materiale da costruzione molto diffuso, si trova in forma di lastre di varia dimensione e spessore. È quel materiale su cui vengono stampati i circuiti elettronici caratterizzato da un 'ottima rigidità strutturale e quindi spesso usato per la costruzione delle piastre centrali dei frame.

W

Sta per 'Watt', ed è l'unità di misura della potenza. Utile per classificare i motori e scegliere quello di potenza adeguata ai propri scopi, viene spesso usato anche per verificare l'assorbimento del mezzo durante il volo tramite sistemi di telemetria. Convertibile in Ampere tramite diffusi calcolatori online se si conoscono i Volt.

WayPoint

'Punti di Navigazione', ovvero la possibilità di molte schede avanzate dotate di GPS di far seguire in maniera autonoma al mezzo volante in questione determinate rotte, basate su una serie di punti geografici (impostabili a volte tramite interfacce che sfruttano Google Earth®) per compiere determinate missioni in autonomia.

Weight

'Peso'

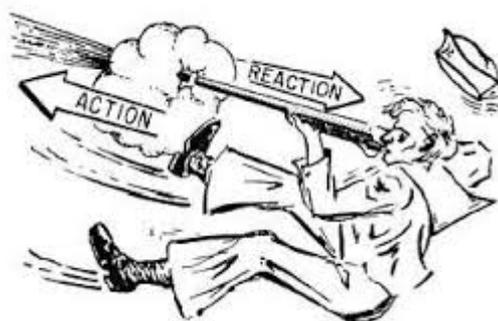
Yaw

Rotazione che avviene sull'asse verticale e che consente di orientare quindi il muso a destra o sinistra, sui nostri mezzi avviene grazie alla variazione di coppia dei motori che ruotano in senso orario e anti-orario.

2 – IL VOLO DEL CALABRONE – CENNI IGNORANTI DI AERODINAMICA

2.1 - Newton forever

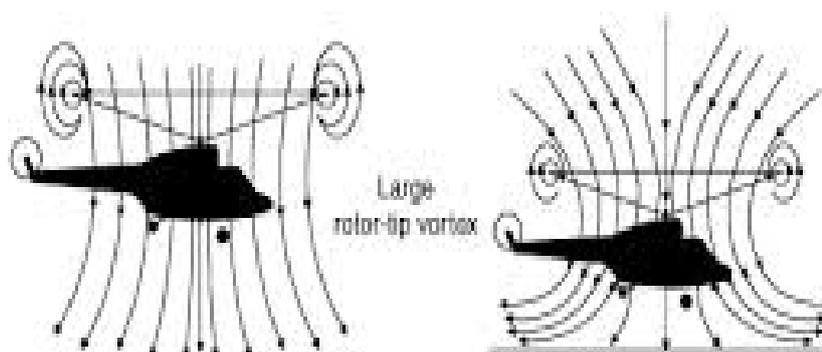
Il termine multirotore, per come lo intendiamo noi modellisti, raggruppa quell'insieme di modelli volanti radiocomandati che necessitano, per rimanere in aria, di due o più motori che esercitano la spinta anti-gravitazionaria necessaria a staccarsi da terra. Ricordi Newton? Ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria. Non te la sto a menare con diagrammi e grafici ma te la metto giù chiaro: se spingi l'aria verso il basso grazie ad esempio ad un elica ma anche ad un soffiante per camini avrai una forza che ti spinge verso l'alto. Se ne spingi abbastanza ti sollevi. Punto. Una volta che questo è chiaro dobbiamo fare un paio di considerazioni un po' tecniche, quindi non perderti e mantieni viva l'attenzione.



Non credo serva altro per spiegare questo concetto.

2.2 - Una zona critica

Se l'elica di cui sopra si trova entro una certa distanza dal suolo (teniamo in considerazione che di solito viene indicata come la metà del suo diametro, quindi per un elica di diametro 20cm questa distanza sarà più o meno di 10cm) si troverà in una determinata situazione che si chiamerà, in italiano, 'effetto suolo' o se volete fare i figli 'ground effect'. È una situazione critica per alcuni aspetti e positiva per altri. Critica perché è una zona ricca di turbolenze e positiva perché si forma una specie di 'cuscino d'aria' che esalta le prestazioni dell'elica e quindi in quella zona si necessita di molta meno energia per rimanere staccati da terra. Difficile vederlo con mezzi radiocomandati standard ma molto facile con quei mini multirotore giocattolo o anche quegli elicotterini da fiera. Per stare rasoterra necessitano di molto meno 'gas' che per stare fermi a mezz'aria ad un metro da terra. È così e punto, non stare a spaccartici la testa a meno che tu non sia un nerd come noi curioso delle cose del mondo. Ma ricorda che a causa delle turbolenze può capitare, con mezzi 'bassi', di avere instabilità e oscillazioni durante un decollo lento. Quindi non fare le prove di hovering (hovering è lo stare fermo a mezz'aria in un punto fisso) troppo vicino a terra: avresti dei risultati sballati e delle vibrazioni che magari alzandoti di un metro scomparirebbero.



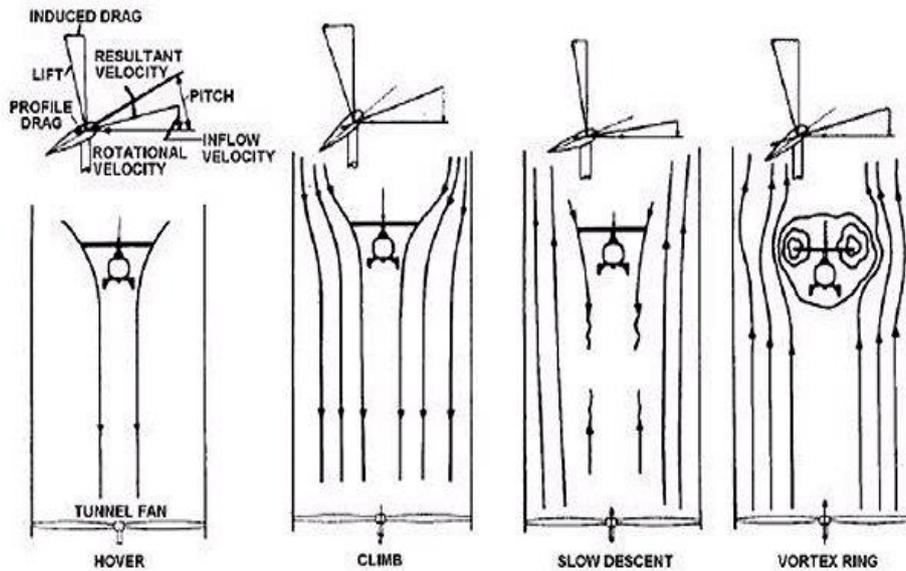
Potete vedere che, vicino al suolo, l'aria sottostante incontra un ostacolo inamovibile e devia lateralmente. Questo crea il famoso cuscino d'aria di cui parlavamo. Ci si trova anche in una situazione dove si creano meno turbolenze vorticosse nella parte terminale della pala, ma questo è un altro discorso e lo tralascerei per ora.

2.3 - In sosta consumi di più

Un'altra cosa da accettare così com'è è che un multirottore in volo rettilineo costante ad esempio in avanti è più efficiente e consumerà meno di uno fermo a mezz'aria: è contro-intuitivo perché uno (come me fino a poco tempo fa) penserebbe che così facendo necessita dell'energia che serve a combattere la gravità più quella che serve a spostarsi, ma nella realtà dei fatti si trova in una situazione vantaggiosa a causa anche e ad esempio del fatto che le eliche si troveranno investite da un flusso d'aria laminare, condizione grazie alla quale guadagnano di efficienza. Ci sono tanti altri fattori in ballo ma qui non siamo all'università e io nella vita faccio altro, quindi accontentiamoci tanto mica ci devi farci su una tesi, ma solo tenerlo in considerazione per il futuro; quindi capiterà che passando da hovering fisso a traslazione ci sarà una iniziale perdita di quota (usi parte dell'energia per accelerare e quindi la togli alla sua capacità di sostentamento) e poi, una volta che il movimento diventerà costante dopo qualche metro, un riguadagno di quota. Questo ovviamente se non correggerete voi manualmente agendo sul throttle oppure se non avrete un'assistenza dal sensore barometrico o ultrasonico.

2.4 - Turbolenze autogenerate

'Power settling'. Altrimenti e più tecnicamente chiamato 'vortex ring state'. In italiano dovrebbe essere 'scaduta con potenza' o 'caduta con potenza'. In pratica, proprio terra terra, è quella situazione in cui da una certa quota si vuole scendere ad una inferiore e, facendolo, ci si trova investiti dalle turbolenze generate da noi stessi. Questo coi nostri mezzi causerà praticamente solo violente oscillazioni, parlando di elicotteri veri si parla anche di schianti con gravi conseguenze. È abbastanza intuitivo comunque, le eliche generano vortici e turbolenze, se ti ci ficchi in mezzo non puoi che esserne influenzato e praticamente l'unico modo di ficcarsi nel mezzo è fare una discesa verticale a velocità abbastanza sostenuta. Le soluzioni? O scendi piano o scendi in obliquo in modo da lasciarti dietro i vortici. Semplice semplice, ci prenderai la mano.



Ochio qui: immaginiamo un elicottero in una galleria del vento verticale. La prima figura a sinistra indica un semplice hovering, cioè lo stare fermi sul posto. la seconda da sinistra una risalita. Come vedete il flusso d'aria rappresentato sotto l'elicottero è laminare. La terza figura indica una lenta discesa, e come vedete il flusso d'aria al di sotto inizia ad essere disturbato ma rimane ancora gestibile. L'ultima figura a destra indica una discesa rapida con la formazione dei vortici che creano i problemi sopra descritti.

2.5 - Bernoulli è sopravvalutato

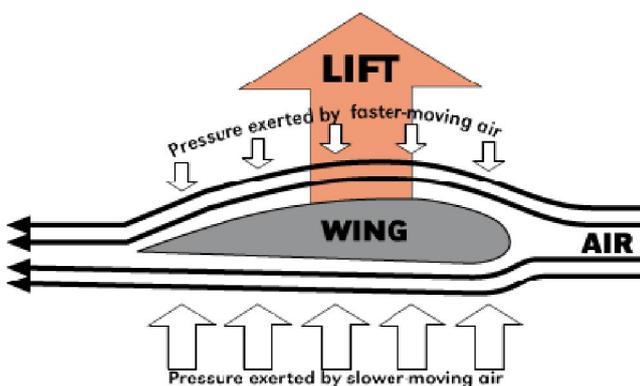
Domanda dello 'gnurant al liceo: Perché un aereo vola?

Risposta della Prof.: "Ah bè, ma per il principio di Bernoulli" è ovvio: ovvero grazie al fatto che la forma dell'ala costringe l'aria soprastante ad accelerare rispetto a quella sottostante. Accelerare un flusso significa ridurne la pressione (lo so, ma è così davvero..) e quindi si crea una bassa pressione al di sopra dell'ala che 'succhia' verso l'alto l'ala stessa consentendoci di staccarci da terra.

Domanda del secchione: "allora come fanno gli aerei a volare rovesciati?"

Risposta della Prof: *corre via e va a piangere in bagno*

La realtà è un po' più complessa: sebbene il principio di Bernoulli sia ancora considerato vero (anche se alcuni recenti esperimenti ne minano la credibilità, ma non ne stiamo a discutere qui) ci sono anche e per fortuna altri fattori da tenere in considerazione.



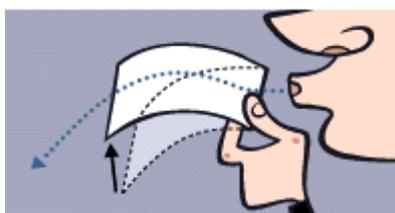
Lift vuol dire 'sollevamento, le frecce grosse indicano che al di sotto dell'ala la pressione è maggiore di quella al di sopra dell'ala che infatti è indicata da frecce più piccole. Cosa significa 'wing' e 'air' se non lo sai te lo cerchi su google. Il principio è reale e dimostrato, il punto non è questo. Il punto è che non è da solo a lavorare per sollevare l'aereo e di sicuro non è il fattore più importante.

2.6 - Spingi l'aria giù...

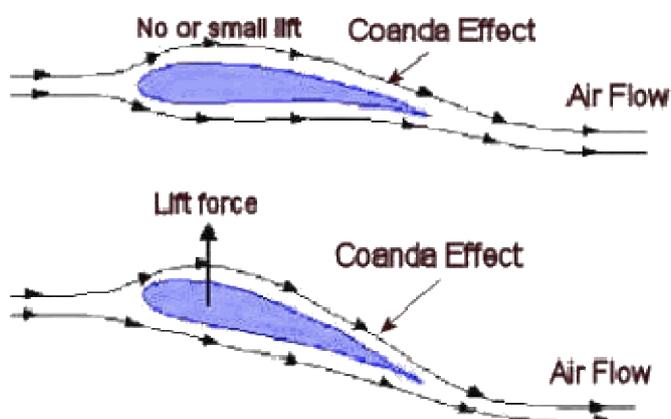
Il più importante in assoluto è il 'downwash', ovvero la semplice spinta verso il basso dell'aria da parte di una superficie che ci passa in mezzo ad una certa angolazione (ricordi Newton? Spingi in basso l'aria e tu ricevi da lei una spinta verso l'alto...). Quindi un'ala con un certo 'angolo d'attacco' ovvero inclinazione od un'elica (che altro non è che un'ala che ruota...) con un certo 'pitch' (è il modo appunto per definire la sua inclinazione, ma lo vedremo poi) spingeranno l'aria verso il basso, creando l'effetto di esserne spinti verso l'alto.

2.7 - ...e poi spingine ancora di più

In ultimo, ad amplificare l'effetto di spinta verso l'alto abbiamo un terzo termine da imparare: effetto 'Coanda'. Coanda, come Bernoulli, è il nome proprio di colui che ha teorizzato questo fenomeno. Sempre detto terra terra è la capacità dell'aria di 'aderire' ad una superficie che ci passi in mezzo velocemente, o anche ad una superficie ferma se investita appunto da un flusso d'aria che si muove velocemente rispetto ad essa. Quindi, e qui statemi dietro, se la nostra 'ala' è inclinata di 5° verso il basso nella sua porzione posteriore e passa in mezzo ad una massa d'aria spingerà verso il basso, grazie ai 5° di inclinazione, la massa d'aria che si trova al di sotto di essa (entro una certa distanza) ma ANCHE la massa d'aria che si trova al di SOPRA dell'ala, grazie all'aderenza' dell'aria sull'ala, verrà spinta verso il basso. Figo vero? 😊 l'effetto Coanda lo si può sperimentare semplicemente con un foglio di carta: prendetelo con due mani ai due angoli, con il pollice che pinza sull'indice, in modo che la presa tenga la prima porzione di foglio orizzontale mentre il resto, ovviamente, sarà inclinato verso il basso grazie alla forza di gravità. Portate le mani in modo da avere il bordo posteriore messo in tensione dalle dita di fronte alla bocca e provate a soffiare al di SOTTO del bordo. Il foglio si alza? Grazie al cavolo, è spinto verso l'alto... ma ora provate a soffiare al di SOPRA del bordo e vedrete che si alza lo stesso! Di meno, per carità, ma si alza. Questo è l'effetto Coanda. Benvenuti nel mondo dei nerd.



Prova questo piccolo esperimento, è facile.



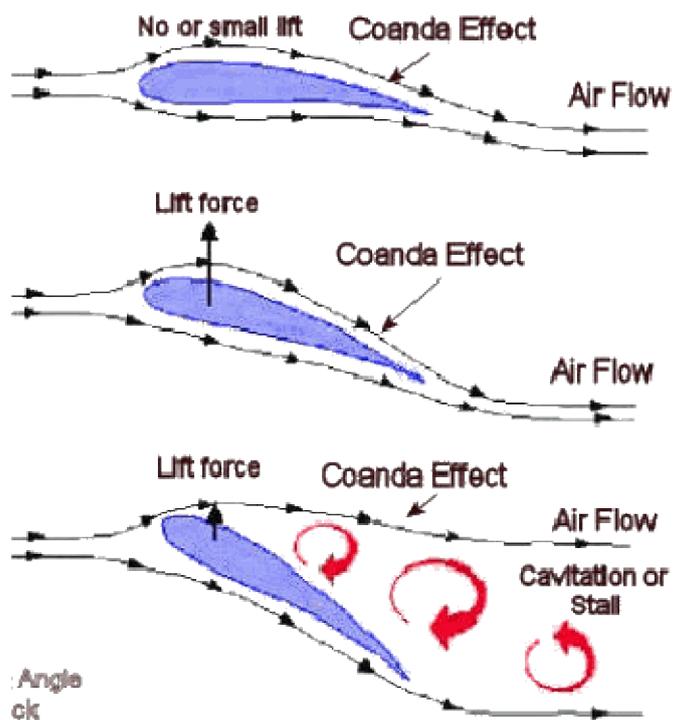
Come vedete la pala o ala o quello che volete spinge l'aria sottostante verso il basso, ma anche l'aria soprastante viene deviata in basso incrementandone l'effetto

2.8 - Conclusioni ovvie

Tutta 'sta pappardella non era inutile. Ci serve per una questione molto importante: anticipare i tempi e spiegare subito che eliche scegliere. Innanzitutto dobbiamo sapere che ci servono di solito un numero pari di eliche (a meno che non vogliate costruire un tricottero o qualcosa di veramente strano) e che devono girare la metà in un senso e la metà nell'altro. Pensando quindi ad un quadricottero che ha 4 eliche, 2 dovranno girare in un senso e due nell'altro. Normalmente le si trova indicate come CW (Clock Wise ovvero che girano in senso orario) e CCW (Counter Clock Wise, ovvero che girano in senso anti-orario, ma possono essere a volte indicate come sinistre o destre, sinistrorse o destrorse o altri italianismi. Lo standard comune è CW e CCW. Perché? Lo vedremo poi, ma inizio ad accennare che è a causa del fatto che per ruotare sull'asse verticale ovvero per girare verso destra o sinistra il multirottore si basa sul principio della variazione della coppia, o del 'torque' di coppie di motori che girano nello stesso senso in modo da creare una rotazione dal senso opposto del mezzo (sempre Newton, azione e reazione e compagnia bella, solo non lineare ma circolare): se io ad esempio ridurrò potenza ai motori CW e l'aumento ai CCW avrò una rotazione.... Dai è facile: CW, ovvero una rotazione in senso orario.

Una volta capito che senso di rotazione devono avere le nostre eliche dobbiamo scegliere anche il tipo. Iniziano ora a diffondersi eliche specifiche per multirotori ma in generale in ambito modellistico si possono trovare due tipi di eliche: quelle per i modelli veloci e quelle per i modelli lenti, i cosiddetti 'slow flyer'. Indovinate quali ci servono? Sbagliato, ci servono quelle per i modelli lenti, perché quelle per i modelli veloci sono progettate per agire immerse in un flusso d'aria veloce e laminare, mentre le eliche dei multirotori spesso devo accelerare aria che prima era ferma e quello che più si confà a questo scopo sono le eliche dei modelli progettati per andare piano. Spesso sono indicate come tali, ma a volte no, quindi come riconoscerle? Facile, sono più bombate nelle forme, guardandole dall'alto sono più larghe e sono più armoniose da vedere, mentre spesso quelle per modelli veloci sono sottili ed appuntite, dalle forme più spigolose.

Bene, eliche scelte, solo che adesso ti trovi davanti ad una serie di numeri che non capisci. 10x4,5, 12x3,8 etc etc... che 'azz vogliono dire? Il primo numero indica il diametro dell'elica espresso in pollici ('inch' in inglese, che corrisponde a qualcosa come 2,5 cm. Un elica di diametro 10 avrà quindi un diametro di quasi 25cm) mentre il secondo indica il 'passo' o 'pitch' in inglese. Il passo non è altro che, semplicisticamente parlando, l'inclinazione dell'elica, ovvero il suo grado di avvolgimento su sé stessa. Più è alto il secondo numero e più l'elica è inclinata quindi più violentemente spinge l'aria verso il basso. Detto questo se in generale a noi multirotoristi quindi ci piacciono di più eliche di largo diametro ovvero con un primo numero più grande che girino piano è anche vero che le vogliamo con un pitch.... Alto o basso? Sbagliato: le vogliamo con un pitch basso. Questo perché quelle a pitch, o passo, alto sono più efficienti in un flusso d'aria veloce, mentre perdono di efficienza quando devono accelerare aria che prima era ferma. Quindi per quanto consentito dal nostro combo ESC (Electronic Speed Controller, ovvero quel circuito che eroga una potenza regolabile da noi al motore) e motore preferiremo avere eliche di alto diametro con un passo basso.



Riprendiamo l'immagine di prima, ma questa volta senza tagli. Come vedete un'inclinazione media ha una spinta ottimale, mentre quando vado ad inclinare troppo l'ala o la pala dell'elica andrò a creare vortice e turbolenze che ne ridurranno o anche annulleranno l'efficienza. Si chiama 'stallo'. Possiamo 'stallare' un'ala di un aereo o anche 'stallare' un'elica, il principio è lo stesso e l'effetto pure: si va giù come sassi.

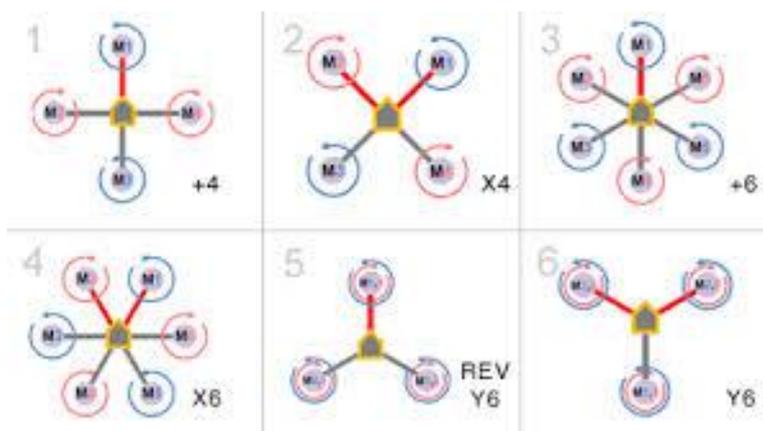
Ma basso quanto? Dipende dal combo, dalle prestazioni che vogliamo e da tante altre cose, per questo ci sono bellissimi programmini GRATIS online che ti permettono di provare su carta le varie combinazioni e poter quindi scegliere quella più adatta al tuo modello. Non ci scassare con domande tipo 'va bene quest'elica con questo motore' etc etc, perché per risponderti facciamo esattamente quello che dovresti fare tu, ovvero andare su <http://www.ecalc.ch/xcoptercalc.htm?ecalc&lang=en> e provare la combinazione. Quindi usa il maledetto computer che stai usando per leggere queste righe e controlla da solo, inserendo i parametri richiesti, se va bene o no. Non lo sai usare? Impari, come abbiamo fatto noi, tanto ti servirà spesso se continuerai con quest'hobby.

Per finire rispondo ad una domanda a cui tanto hai pensato: Sì. I calabroni possono volare. Anche in teoria.

3 – COME DIAVOLO FUNZIONA UN MULTIROTORE

3.1 – Il multirotore...questo sconosciuto

Parliamo idealmente e prendiamo d'esempio il multirotore più classico e diffuso, anche se a me non piace e non ne ho neanche mai costruito uno: il quadricottero, o quadrirotore, o quadcopter o come diavolo vi pare. Lo prenderemo in considerazione con configurazione a 'X' ovvero il cui 'davanti' e 'dietro' è un lato del quadrato e non un angolo, perché quella è la configurazione a '+' e cambia qualcosa. Partite da quella a 'X' che è la più diffusa a meno che non vi interessino solo le acrobazie più sfrenate. È un accrocchio con quattro bracci alle cui estremità ci stanno i motori con le relative eliche. Le coppie orarie e anti-orarie le trovate agli angoli diametralmente opposti e il motivo lo capirete man mano che leggerete. Ovviamente il mezzo dovrà poter salire e scendere; per fare questo daremo più o meno potenza a tutti e 4 i motori in modo da aumentare o ridurre la spinta complessiva. Semplice. Per andare avanti (ma vale anche per andare indietro o per traslare a destra o a sinistra, è solo un esempio che va adattato a seconda della direzione in cui ci vogliamo muovere) daremo più potenza ai due motori che stanno dietro e la toglieremo ai due che stanno davanti. Ricordate il fatto delle eliche orarie e antiorarie agli angoli diametralmente opposte? Bene, si mettono così perché in questo modo dando più potenza ai motori posteriori aumentiamo i giri di una pala oraria ed una anti-oraria in maniera uguale, così da non creare differenze di coppia che farebbe ruotare il mezzo su sé stesso. Ottimo, così abbiamo inclinato il mezzo in avanti e ora si sta spostando nella direzione voluta, solo che sta perdendo quota cazzarola. Perché? Perché ora l'energia che stiamo usando non sta solo spingendo verso il basso per tenere su l'accrocchio, a anche indietro per accelerarlo in avanti (il discorso della maggiore efficienza mentre si sposta si riferiva ad un moto rettilineo COSTANTE, non ad una accelerazione da fermo ovviamente, come abbiamo visto qualche paragrafo prima). Quindi dovremo anche aumentare un pochino il gas generale di tutti e quattro i motori per mantenerlo in quota, fino a che non ci fermeremo, a quel punto, siccome abbiamo aumentato il gas ed ora è tutto indirizzato verso il basso il mezzo inizierà a salire e quindi dovremo ri-togliere quel poco di gas che gli abbiamo dato in più per rimetterlo in hovering stabile. Sembra complesso ma poi verrà automatico, per ora va bene così. Ora dobbiamo fare un passo indietro perché abbiamo tralasciato appunto la rotazione sul proprio asse per girare a destra o a sinistra: per ottenerla dobbiamo fare ciò che abbiamo evitato mentre mandavamo avanti e indietro il mezzo, ovvero creare una differenza di coppia ovvero dare, ad esempio, più gas i motori con eliche CW e meno gas a quelli con eliche CCW in modo da avere una rotazione? Bravi, CCW, ovvero anti-oraria ovvero giro a sinistra. Siccome siamo furbi e abbiamo messo le eliche CW e CCW agli angoli opposti il fatto di aumentare le CW e ridurre le CCW non causerà un'inclinazione perché la loro azione è in asse col baricentro. Il mezzo quindi girerà su se stesso senza inclinarsi e senza né perdere né guadagnare quota perché si riduciamo le une e aumentiamo le altre la somma e quindi la spinta complessiva sarà uguale. Ecco qui, semplice semplice. Unica eccezione è il tricottero che per ruotare su sé stesso usa un servomotore che inclina il rotore di coda, facendolo quindi 'scodare' da un lato all'altro. Non importa quindi né dove mettete le CW o CCW né SE le usate: spesso i tri si facevano con tutte eliche CW perché più facili da trovare e più economiche, almeno fino a prima che scoppiasse la mania del 'arrotondo anch'io facendo foto ai matrimoni col drone, che ci vorrà mai).



Prendete in considerazione la seconda figura dall'alto, ovvero una configurazione con quattro motori disposti a 'X'. Come vedete le eliche uguali sono disposte agli angoli diametralmente opposti l'una dall'altra.

3.2 - Il suo cervello...ovvero come far riposare il tuo.

Per fare tutti questi movimenti volontariamente ci sei tu (GPS, waypoints etc li vediamo poi) e il tuo radio-comando che in teoria dovresti saper usare, ma per stabilizzarlo in modo che non si arrotoli su sé stesso appena alzato da terra ci vuole qualcuno di più svelto, che compia le centinaia di piccole correzioni al secondo necessarie per non farti tranciare da un multirottore impazzito: la FCB, o FC (Flight Control Board, o semplicemente Flight Controller) o scheda di controllo, che grazie alle meraviglie della tecnica con una manciata di giroscopi è in grado di intervenire tra te, ovvero tra la tua ricevente che riceve i tuoi ordini, ed i regolatori di velocità che controllano i motori, per correggere e compensare in modo da stabilizzare il mezzo. Agli albori usavamo dei giroscopi da elicottero montati sui bracci dei primi tricoteri, ma ormai è una soluzione obsoleta (a proposito: a chi interessa ho qualche giroscopio da vendere...) ma ora la scheda di controllo più scarusa ha già tutto in dotazione. La base per poter volare è una scheda dotata solo di giroscopi ed è anche il metodo che io e molti altri più esperti di me consigliamo: è il cosiddetto 'manual' mode, o 'acrobatic' mode, insomma quello che meno ti aiuta se non addolcendo i movimenti, non ti stabilizza orizzontalmente il mezzo se non sei tu a portarlo in quella posizione ma, rilevando solo le variazioni di velocità angolare ovvero le rotazioni indesiderate, si comporta come 'ammortizzatore' di movimenti indesiderati. Tutte le schede offrono questa possibilità ma ormai solo poche ce l'hanno come unica possibilità: praticamente solo la KK credo... Perché quindi imparare in questo modo? Lo vedremo dopo.

Il passo successivo è una scheda che oltre ai giroscopi abbia anche un accelerometro. L'accelerometro rileva le accelerazioni lineari e quindi è in grado di distinguere il sopra dal sotto e di capire da che parte è la terra. In questa maniera è ovviamente in grado di stabilizzare orizzontalmente il mezzo. Questo non significa che però sia libero da traslazioni involontarie che, lievissime o intense, saranno sempre presenti perché non è in grado di accorgersi delle accelerazioni che non siano verticali (eccezioni alla regola più complesse con sistemi in grado di interpolare questi dati ci sono, ma sono cose che esulano dall'introduzione). Quindi un mezzo ben bilanciato ed in condizioni di assenza di vento consentirà di riposare il pollice per un bel po' ma anche in queste condizioni perfette un po' di traslazione ci sarà sempre e quindi sarà necessario re-intervenire per riportarlo alla posizione voluta. Ormai li hanno quasi tutte, quindi KK2, Rabbit, Naza, schede Multiwii, APM... e chi più ne ha più ne metta.

Vogliamo fare gli sboroni e metterci un bel barometro o un sensore ad ultrasuoni per il mantenimento della quota? Bene, facciamolo: questo ci consentirà di avere un mezzo che, senza correzioni sul gas, sarà in grado

di mantenere una certa distanza dal suolo. Schede con questa possibilità sono la Rabbit, quelle basate su firmware Multiwii, Arducopter o MegapirateNG, le DJI come la Naza anche lite ecc.

E se poi neanche della quota ci accontentiamo ma vogliamo avere anche una certa intelligenza di mantenimento dell'orientamento allora avremo bisogno di un magnetometro che funziona né più né meno come una bussola: capta il campo magnetico terrestre e fa sì che il mezzo possa mantenere più precisamente la direzione impostata senza nemmeno le lievi variazioni che avvengono con il solo controllo giroscopico specialmente durante le variazioni di quota. Un'altra funzione del magnetometro consente di pilotare il mezzo come se fosse sempre orientato con la coda a voi anche quando non lo è, ma è una funzione avanzata che ancora non è il caso di discutere.

In ultimo, un aggeggio che sui mezzi volanti fino a poco tempo fa ce l'aveva solo chi era in grado di costruire e settare da zero perché si è sbattuto con ore di lavoro e tanta esperienza, mentre ora qualsiasi bimbominkia che si compra il Phantom ce l'ha: il famigerato GPS. Sogno bagnato di qualsiasi pilota di modelli niubbo il GPS consente alcune funzioni tanto utili, perché consentono funzioni avanzate, quanto terribili, perché fanno credere a qualsiasi pirla che portare decentemente in volo un multirottore sia una passeggiata da ragazzini senza cervello. E ahimè non è così: portare in volo sì, decentemente e in sicurezza è un altro paio di maniche. Il GPS, che può funzionare solo in accoppiata con il magnetometro e l'accelerometro che sono fondamentali (ed il sensore barometrico che è importante perché la precisione del GPS sull'asse verticale è molto scarsa, si parla di qualche metro di sensibilità), consente quando attivato di mantenere il mezzo in una data posizione nello spazio senza intervento esterno e di eliminare quindi quella famosa traslazione o drift che anche con un ottimo mezzo bene settato si avrà sempre. Questa è la funzione base ma funzioni avanzate consentono di tornare al punto di partenza in maniera autonoma (Rabbit, Naza, MultiWii, Arducopter, ecc.) o anche di seguire percorsi precedentemente impostati in precedenza (WooKong se avete comprato quella funzione, schede basate su firmware Arducopter/MegaPirateNG (CRIUS AIO Pro, APM, VRbrain e altre avanzate).

Ecco a voi. Volevate sapere quali schede ci sono in commercio e che funzioni hanno? Servitevi pure. 'open source' indica un progetto non strettamente commerciale che viene migliorato continuamente dalla comunità di internet. 'gyro' stabilization' è appunto la funzione giroscopica: vedrete che è l'unica funzione che hanno TUTTE le schede. Ma proprio tutte. 'self level' indica che c'è l'accelerometro che appunto livella il mezzo. 'Carefree' è il modo di pilotaggio assistito dal magnetometro che aiuta facendo credere al mezzo di essere sempre con la coda rivolta al pilota anche quando è orientato differentemente mixando i comandi di conseguenza in maniera automatica. 'altitude hold' è il mantenimento di quota, con barometro. 'position hold' è il mantenimento di posizione: è il GPS che tanto ti attizza. 'return to home' è il RTH ovvero la capacità del mezzo, grazie al GPS, di tornare da solo al punto di partenza. Se non decide di tornarsene in cina alla fabbrica da cui è uscito (e capita abbastanza spesso...). 'waypoint' è la capacità, sempre grazie al GPS, di seguire un percorso prestabilito. Fonte: <http://oddcopier.com/flight-controllers/>

Schede di controllo più utilizzate:

Board	Firmware	Open Source	Gyro Stab.	Self Lev.	Care Free	Altitude Hold	Position Hold	Return Home	Waypoint Navigation	Pricing
APM 2.5 e cloni APM	Arducopter	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Medium
Crius All In One PRO	MultiWii	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Low
with GPS										
Crius All In One PRO	MegaPirateNG	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Low
with GPS										
Crius MultiWii Lite	MultiWii	Yes	Yes	Yes						Low
Crius MultiWii SE	MultiWii	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes				Low
VRBRAIN	Arducopter 32	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Medium
DJI Naza			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Medium
DJI Woo-kong			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Add-on	High
Gauì GU-344			Yes							Medium
KK2.0	KK	Yes	Yes	Yes						Low
KK	KK	Yes	Yes							Low
MikroKopter Flight-Ctrl			Yes	Yes	Add-on	Yes	Add-on	Add-on	Add-on	High
MultiWii PRO / MTK GPS	MultiWii	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Low
MultiWii PRO 2.0 / MTK GPS	MultiWii	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Low
Rabbit			Yes	Yes	Yes	Add-on	Add-on	Add-on		Low

Altre schede:

Board	Open Source	Gyro Stabilization	Self Leveling	Care Free	Altitude Hold	Position Hold	Return Home	Waypoint Navigation	Pricing
AeroQuad 32	Yes	Yes	Yes		Yes	Add-on	Add-on	Add-on	Medium
AutoQuad v6.6	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	High
Free Flight		Yes	Yes						Low
FY-30A		Yes	Yes						Medium
HoverflyPRO		Yes	Yes	Add-on	Yes	Add-on	Add-on	Add-on	High
Hoverfly-SPORT		Yes			Add-on				Medium
OpenPilot CC3D	Yes	Yes	Yes						Low
Paris Multiwii-Copter	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Add-on	Add-on	Add-on	Medium
Quadrino ZoomFlight	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes				Medium
SmartAP Autopilot		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	High
TMF Pro FH-X46 AQ50		Yes	Yes						Medium
UAVP/UAVX	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Add-on	Add-on	Low
XAircraft FC1212-P		Yes	Add-on	Add-on	Add-on	Add-on	Add-on		Medium
Zero UAV YS-X6		Yes	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes	High

3.3 - I suoi muscoli

Beh, i motori ovviamente. Come esempio, ma il discorso vale per tutti, vi porto un motore che io adoro; un ottimo compromesso tra prestazioni e costo, venduto da un commerciante serio e puntuale (non è che voglio far pubblicità ma io mi ci sono sempre trovato bene). Questo: http://www.rctimer.com/product_129.html (guardate che è solo un esempio che porto perché mi è familiare, non vuol dire che vada bene per i vostri scopi)



Quando cercherete un motore per il vostro mezzo vi troverete di fronte ad un sacco di numeri strani, per questo motore ad esempio vi troverete di fronte a queste caratteristiche: in nero ciò che viene riportato dalle caratteristiche ed in blu un mio commento esplicativo.

Model: BC2836-9

È il nome commercial del modello. Serve al negozio per classificare i motori nel proprio shop ed a voi per essere sicuri che ciò che comprate sia il modello giusto... si assomigliano tutti, in fondo.

Motor size: $\Phi 28 * 36\text{mm}$

Sono le dimensioni esterne del motore e come notate fanno parte anche, di solito, del nome del motore. Arguto eh? 😊 in questo caso il 'corpo' del motore sarà quindi paragonabile ad un cilindro di 28mm di diametro e 36mm di altezza

Shaft size: $\Phi 4.0 * 49\text{mm}$

Questa è la dimensione della 'sbarra' interna, quel tondino metallico alla cui parte avviterete o bloccherete l'elica. Se troppo lungo in alcuni casi ci sarà bisogno di tagliarlo artigianalmente per evitare troppe vibrazioni a causa di un elica troppo distante dalla cassa del motore. Questo dato è molto importante perchè, se non compresi nella confezione, occorrerà acquistare i mozzi di fissaggio delle eliche che dovranno avere il foro della dimensione corretta (nel nostro caso un mozzo da 4mm).

Weight: 70g

Beh questo mi pare chiaro. È il peso del motore. È spesso un valore che a colpo d'occhio consente di valutare le sue prestazioni in termini di potenza. Ci sono mini motorelli da pochi grammi o bestie da vari etti. Le nostre misure di solito vanno dai 50 ai 100 grammi, per gli usi più generici.

KV(rpm/v): 880

Questo è un punto chiave. Questo valore indica il numero di giri che il motore compie, senza eliche attaccate, alimentandolo con 1 volt. NON è assolutamente indicativo della potenza del motore né di altro, ma possiamo immaginarlo come un valore che ci indica la velocità con cui lavoro ed è molto importante per abbinarlo all'elica: bassi valori di KV vanno bene con eliche grandi, alti valori con eliche piccole. In generale per mezzi standard ed andando a 3S (ovvero con una lipo da 11.1 Volt) vogliamo un motore che stia tra i 700 e i 1000Kv che faccia girare eliche tra i 10 e i 12 pollici di diametro e tra i 3,8 e i 4,7 di pitch, ovvero di passo. NON indica la potenza, indica le velocità di lavoro, tutto qui.

Max Power: 243W

Ecco, QUESTO indica la potenza. Mezzi piccoli e leggeri possono avere motori da 100W o anche meno, mezzi grossi e da carico superano facilmente i 500. Come sempre noi siamo nella media, con una potenza tra i 200 e i 300W che ci consente di volare in tranquillità con mezzi standard.

Battery: 2-4Li-Po

Questo indica il voltaggio a cui può lavorare, da 2 a 4S ovvero da una batteria LiPo (polimeri di litio, vedremo poi) da 2 a 4 celle. Ogni cella ha un voltaggio nominale di 3,7V (3,2 da scarica e 4,1 da completamente carica, più o meno) quindi può lavorare tra i 7,4 e i 14,8V più o meno. Come sempre noi ci ficchiamo nel mezzo e lo facciamo andare a 3s per evitare sbalzi, quindi a 11,1V. Mezzi con batterie a 4 o più celle avranno bisogno di motori a bassi KV con eliche grandi e serviranno per avere un maggiore payload (cioè capacità di carico) oppure reattività per manovre acrobatiche. Naturalmente a parità di motori le batterie 4S richiedono eliche più piccole rispetto ai medesimi motori alimentati a 3S. I dettagli a te niubbo per ora non interessano, a te per ora interessa staccarti da terra ...quindi fermiamoci qui.

Test Prop: 12x6/9x6

Questo indica che questo motore sarebbe in teoria adatto a questo range di eliche, ma dobbiamo ricordare che sono progettati e studiati per gli aerei. Eliche a passo 6 a noi non interessano, avremmo prestazioni scadenti a causa dello stallone dell'elica. Con questo motore a 3s io uso una 10x4,5, ma si può anche usare una 11x4,5 scaldandolo un pochino o anche una 12x3,8 standoci attenti. Abbinato a questo valore molto spesso si hanno indicazioni riguardo i grammi di spinta forniti da una certa elica con un certo voltaggio ed un certo assorbimento: prendeteli con le pinze (metaforicamente parlando) quando sono indicati sui motori economici e badateci solo quando si parla di un motore di fascia medio-alta.

Ri(M Ω): 0.107

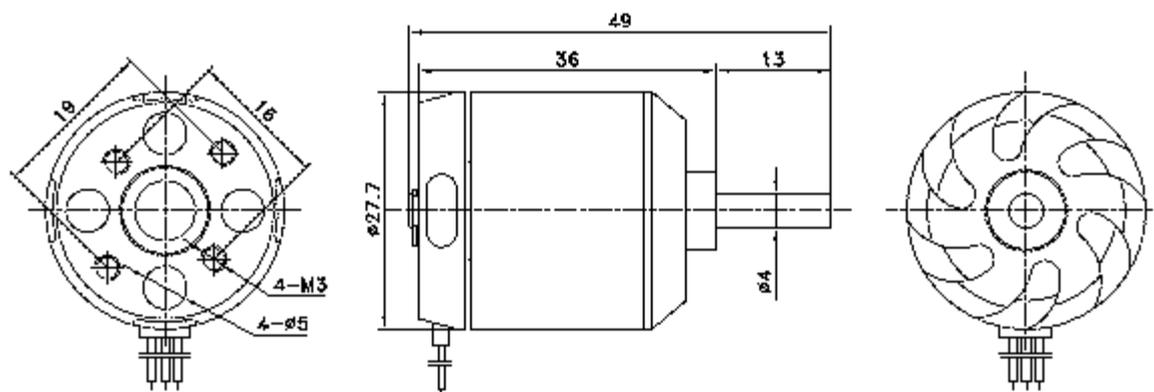
Questa è la resistenza interna. Più è bassa e più pensiamo che un motore sia qualitativamente ben assemblato. Io non mi fiderei troppo dei cinesi quando indicano questi valori su questi motorelli economici, ma possiamo star certi che questo valore sarà preciso su motori di fascia più alta che ovviamente costano di più e che avranno valori di resistenza interna più bassi. Più è alto questo valore e più corrente elettrica verrà tramutata in calore anziché in energia meccanica di spinta e quindi meno sarà efficiente il motore. In linea di massima questo è quello che è importante sapere riguardo a questo valore.

ESC(A): 40A

Qui viene indicato il valore dell'ESC da abbinarci, inteso come limite massimo di corrente assorbita. Con questo motore non è necessario usare un ESC da 50A in quanto gli assorbimenti con batterie ed eliche adeguate probabilmente non supereranno i 10A, anche nel peggiore dei casi. Inutile portare a spasso ESC troppo grossi e pesanti. Un ESC da 20A potrebbe essere invece un po' al limite e si rischia che vada in protezione termica perché il motore potrebbe cuocere di più di quanto gli si riesce a dare. Io uso ESC da 30A e vado benissimo, probabilmente se al posto di un multirottore lo mettessi su un aereo da competizione avrei bisogno di un ESC vicino al limite, ma il nostro mondo è molto diverso. Intendete quei 40A come il limite massimo da non raggiungere, ma direi che sarebbe meglio anche starci un po' sotto.

Dimensioni

Detto questo a volte la descrizione è accompagnata da un'immagine che ne descrive le dimensioni o dai soli dati che le descrivono. Sono importanti per valutarne l'ingombro e la dimensione della base soprattutto per le distanze dei punti in cui ci sono i fori filettati per il fissaggio. Sono abbastanza standard in genere e ci sono misure fisse a seconda della classe del motore. Ma meglio che stiate attenti al valore che indica il diametro della 'shaft' ovvero della albero centrale perché poi dovrete abbinare un sistema di serraggio dell'elica che sia compatibile, nel caso in cui questo non fosse compreso nel motore acquistato.



Le dimensioni sono di solito espresse in millimetri. M3 indica che in quei fori per il fissaggio del motore ci va una vite di quella misura, ovvero di 3mm di diametro.

3.4 - La potenza è nulla senza controllo: gli ESC

ESC come detto in precedenza sta per Electronic Speed Controller, o variatore o regolatore di velocità. È quel circuito che viene interposto tra la fonte dell'energia (la batteria) ed il motore e serve per dosare l'energia che gli arriva e quindi la sua velocità di rotazione. Ovviamente il regolatore di velocità sarà collegato alla flight control board che ne gestirà le micro variazioni che servono a stabilizzare il velivolo. Il collegamento avverrà tramite il classico cavetto dei servocomandi, quello con tre cavetti. Il nero è la massa e lo lasceremo collegato. Il bianco è il segnale e ci serve quindi va collegato. Il rosso è l'alimentazione: qui si deve discutere. Gli ESC sono progettati per gli aerei, che di norma hanno un motore e quindi un ESC e il cavetto rosso ci serve perché fornisce i 5v necessari al funzionamento della ricevente. Il punto è che noi ne colleghiamo più di uno e fornire tutte queste alimentazioni non solo non serve ma può essere teoricamente dannoso. Togliete quindi tutti i cavetti rossi (basta sfilarli dal pin) e ne lascerete solo UNO che alimenti la scheda. Se darete l'alimentazione alla scheda tramite un BEC (poi vedremo) dedicato, potete toglierli tutti. O anche se la scheda (come la Naza) è alimentata dalla sua unità di alimentazione dedicata che si collega direttamente alla batteria. Alcuni non lo fanno, ma non vedo perché rischiare visto che non costa nulla e ci si mette un attimo a sfilare i cavetti rossi. Ci sono però degli ESC che si chiamano OPTO che non hanno il BEC (giuro che poi vi spiego che cos'è) integrato e che quindi non necessitano di nessuna operazione di rimozione dei fili rossi. Ma ovviamente dovrete alimentare la scheda tramite un BEC (aridaglie) esterno. Altra cosa da considerare è il fatto che da poco sono disponibili degli ESC con firmware modificato (SimonK firmware, ad esempio) in modo da ottimizzarne la resa sui modelli multirotori; questo è sempre per il discorso che normalmente sarebbero progettati per aerei, mentre noi necessitiamo di una velocità di varia-

zione dell'erogazione di potenza molto più rapida. Il firmware dedicato fa proprio questo, ne aumenta la reattività, in parole semplici.

Come per il motore vi porto ad esempio un ESC a me caro, questo http://www.rctimer.com/product_146.html



Come vedete da una parte ha tre cavetti blu che escono: quelli vanno al motore e sono la tri-fase. Ne ha tre e non due perché viene usato sui motori brushless (senza spazzole) che hanno sostituito i brushed (cioè gli spazzolati). Non sta a me spiegarvi la differenza, vi basti sapere che ormai si usano solo questi (tranne sui micro-micro-micro multirotori giocattolo che ancora usano i motori spazzolati per questione di semplicità operative) e che per invertire il senso di rotazione del motore si va a tentoni, invertendo due dei tre cavetti (qualsiasi) e vedendo da che parte gira. Gira in senso orario e su quel motore dovete montare un'elica CW? Allora va bene. Gira dalla parte sbagliata perché ci dovete montare un'elica CCW? Invertite due dei tre fili a caso e risolvete.

Dall'altra parte la situazione si fa più complessa: abbiamo due grossi fili, uno rosso e uno nero, e un gruppetto di tre piccoli fili insieme che ne formano uno a 3 pin. I due grossi cavi sono da collegare alla batteria (santiddio il nero col nero e il rosso col rosso, beata ☺) mentre i tre piccoli fili vanno alla scheda di controllo (dove? Segui le istruzioni della scheda che ti sei comprato. Tutte le hanno, non fare anche tu la solita domanda sul forum se non ti sei letto le maledette istruzioni) e lì ritorna il discorso di rimuovere quello rosso. Come vedete da quel lato, sotto la copertura plastica, c'è una sporgenza: è il condensatore. Serve a 'pulire' dai micro sbalzi di tensione la corrente in ingresso e protegge il regolatore di velocità. È calibrato in modo da pulire il segnale fino a una certa lunghezza dei cavi che vanno alla batteria; se per un motivo o per l'altro volete mettere l'ESC molto lontano dalla batteria (ad esempio sotto al motore per far sì che venga raffreddato dal flusso d'aria) sarà meglio che approfondiate l'argomento e che saldate uno o più condensatori dedicati, se volete mantenere efficiente l'ESC sul lungo periodo. Ma direi che questo per ora non ci interessa.

Ecco alcuni valori che potrete trovare e che descrivono le specifiche del regolatore: in nero i dati che trovate e in blu sempre la mia spiegazione.

Input voltage:DC 6-16.8V(2-4S Lixx)

Questo vi indica il voltaggio tollerato in entrata. Stesso discorso che per il motore, avete un minimo e un massimo di 2 e 4s, cioè di lipo a 2 e 4 celle cioè dai 7,4 ai 15 Volt. In realtà lavora bene anche un pelo al di

sotto e un pelo al di sopra, ma a noi ci piace sempre stare nel mezzo quindi useremo una 3s come al solito e lo faremo lavorare a 11.1V

BEC:5V 2amp

Oohhh, finalmente il BEC. Lasciamo stare l'acronimo che potrebbe sembrare fuorviante, il BEC è un alimentatore che porta 5v al cavettino rosso che abbiamo tagliati in quasi tutti gli ESC che alimenta la ricevente o la scheda a cui è collegato. In questo fornisce quindi 5v ad una corrente di 2A, sufficiente quindi ad alimentare la scheda ma possibilmente insufficiente per alimentare anche eventuali ammenicoli collegati alla scheda (sensore ad ultrasuoni e GPS ad esempio nella rabbit che sarebbe meglio alimentare con un BEC dedicato) oppure servocomandi (ad esempio per la coda del tricottero, che anche in quel caso per essere sicuri e tranquilli a volte è preferibile alimentare a parte con un BEC dedicato). Visto? Era semplice. È un semplice alimentatore.

Running current:30A(Output: Continuous 30A, Burst 40A up to 10 Secs.)

Altri limiti di utilizzo. In pratica vi dice che il lavoro massimale è di 30A se forniti continuamente con scariche di picco di 40A. questi dati vanno presi sempre con le pinze perché forniti da chi l'ESC lo produce e vende, quindi meglio non superare, in questo caso, i 25A continui. Ma è praticamente impossibile sui nostri mezzi eccedere ai valori nominali, a meno di velivoli particolari con un uso particolare, quindi state tranquilli che cannare è veramente difficile.

Size: 36mm (L) * 26mm (W) * 7mm (H).

Beh, le dimensioni della scheda, ovvio. Utili per progettare lo spazio della piastra centrale, per chi ancora se lo progetta...

Weight: 32g.

Il peso. Ragazzi, ogni volta che aggiungete un grammo, è un grammo in più e qualche secondo di volo in meno. 32 grammi sono pochi? Certo, me ne avrete almeno 4, ciò significa che solo di ESC saranno 128 grammi! Tenetene sempre conto, e ricordate che anche i motori e anche le eliche pesano.

Questo ESC offre come quasi tutti la possibilità di essere programmato, sia con scheda apposita che tramite input del radiocomando come spiegato nel suo manuale. Se possibile meglio comprarsi la schedina, costa niente ed è comoda. Vorrete impostare il tipo di batteria su NiMh (esatto, questo perché facendo così si evita che l'ESC tagli la corrente come farebbe su un aereo in caso di voltaggio troppo basso. Su un aereo piani, su un multirottore cadi come un sasso. Per questo ti servirà uno di quei cicalini che ti segnalano quando la batteria inizia a scaricarsi, per evitare di rovinarla scaricandola troppo), dovrete mettere i 'brake', cioè i freni, su OFF e pressappoco lasciare così com'è il resto che ci interessa poco. Un'altra cosa da fare è regolare la corsa dell'ESC ovvero il suo minimo e massimo, in modo da, diciamo, sincronizzare tutti gli esc in modo che lavorino in maniera equilibrata. Collegate l'ESC scollegato dal motore alla ricevente della radio al canale del throttle, cioè il gas, che di solito è il 3, portate lo stick della radio al massimo e date corrente all'ESC attaccandolo alla batteria. In questo modo lui registrerà il massimo. Poi abbassate lo stick e lui avrà registrato il minimo. Ripetete con ogni ESC.

3.5 - Un uomo senza panza è come un cielo senza stelle ☺... la batteria

Le batterie da usare sono un discorso complesso da semplificare. Innanzitutto come vedrete in giro noi usiamo sempre batterie dette LiPo, ovvero ai polimeri di litio. Sono quelle che più si confanno ai nostri scopi ed anche le più disponibili sul mercato modellistico. Prima di queste si usavano ancora le NiMh, nickel-metal-idrato o roba simile, o ancora prima le NiCd, nickel-cadmio. L'avvento delle batterie al litio le ha soppraffatte grazie alla maggiore densità energetica (hanno molti più W per grammo di peso, in pratica) ma ci sono più tipi di batterie al litio. Le Lilon ovvero quelle agli ioni di litio sono quelle che trovate nei cellulari e nei computer ed hanno una densità energetica ancora più alta, ma sopportano male i drenaggi intensi di corrente quindi raramente si usano (le usa chi vuole fare i record di durata in hovering, proprio per la loro alta resa e per la poca necessità di corrente che modi di volare del genere hanno). Poi ci sono le nuove Li-Fe, ma sinceramente non ne so nulla, quindi non mi sbilancio.

In ogni caso noi useremo le LiPo e per descrivervi le caratteristiche che dovrete valutare porto ad esempio quelle che più piacciono a me, queste http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_7636_ZIPPY_Flightmax_2200mAh_3S1P_25C.html e che riportano la seguente tabella:

Capacity(mAh)	2200
Config(s)	3
Discharge(c)	25
Weight(g)	173
Max Charge Rate (C)	2
Length-A(mm)	104
Height-B(mm)	36
Width-C(mm)	25

La capacità sono gli Ah (Ampere-ora) contenuti; semplificando è quanta energia hanno dentro. In questo caso significa che questa batteria sarà in grado, teoricamente, di erogare una corrente di 2,2A (cioè Ampe-re) per la durata di un ora. Oppure 1,1A per due ore. Oppure 4,4A per mezz'ora. Oppure 8,8A per un quarto d'ora, oppure 0,55A per quattro ore. Capito come funziona? Direi di sì, è semplice.

Le 'S' sono il numero di celle in serie, 3 celle vuol dire 3,7V per ogni cella moltiplicato per 3, cioè 11,1V nominali. Come abbiamo visto questa è una media tra batteria scarica e completamente carica ed è il voltaggio a cui caricarla quando la si deve conservare a lungo senza usarla, visto che sia scarica che troppo carica la batteria soffre un po'.

I 'C' sono un discorso complesso che non so affrontare né tecnicamente né semplicisticamente. Ci sono un sacco di conti da fare e io non sono il tipo. A me e a voi basta sapere che è la sua 'capacità di scarica', più è bassa e più la batteria sarà leggera ma sarà anche meno in grado di sopportare drenaggi intensi di corrente. Più è alta e più la batteria sarà pesante ma maggiormente in grado di sopportare drenaggi intensi. Per questo per fare i record di durata usano batterie anche a solo 2C (e di solito sono Lilon) mentre per i pylon racers usano batterie dagli alti C. a noi? Beh noi come al solito stiamo nel mezzo, ed useremo batterie con i C compresi tra i 20 e i 40, che male non fa.

Il peso è il peso, non c'è altro da dire.

Il **'max charge rate'** è la massima intensità a cui si può caricare la batteria. Vi interessa solo se avete uno di quei bei caricabatterie computerizzati e programmabili. Io che sono un morto di fame non ce l'ho ma volo lo stesso. In ogni caso per far durare a lungo la batteria è meglio caricarli a C molto bassi, in media le si carica a 1C a meno che non abbiate il pepe al culo per qualche motivo.

Length, height e width sono le dimensioni di lunghezza, altezza e larghezza, sempre utili per progettare il nostro multicoso o per vedere se la batteria entra nel vostro schifosissimo Phantom.

3.6 - Lo scheletro, ovvero il 'frame'

Abbiamo parlato di motori, batteria, ESC, centraline di controllo... ci manca il posto dove tutte queste cose vanno: il frame. Una volta o te lo costruivi o ciccia, ora ce ne sono migliaia di tipi disponibili ed ognuno avrà i suoi pregi e difetti. Non ci interessa imparare tutto, visto che il tuo primo multirottore saranno quattro bracci a cui avrai attaccato quattro motori. Di guide per l'auto costruzione di un mezzo base è pieno il web e quindi non ho assolutamente intenzione di ripetere il tutto: sono già perfette e tutte valide. Se però non vuoi costruirlo da solo, e lo capisco anche se solo fino a un certo punto, allora scegli qualcosa di semplice ed economico che ti consenta di iniziare con un mezzo basilare ma soddisfacente. Prenditi questo http://www.rctimer.com/product_681.html ed inizia a prenderci la mano. Ti costa meno che fartelo da solo ed è stra-collaudato e diffuso. Vuoi comprare in Italia o Europa? Fai pure basta che all'inizio stai sul semplice. Non c'è un frame migliore dell'altro, ci sono solo frame migliori e peggiori a seconda di ciò che si vuole fare. È il primo multirottore? Allora l'unica cosa che vuoi è un frame che ti permetta di imparare senza aggiustare tutto ad ogni caduta, quindi deve essere resistente, leggero e semplice. Occorre anche tenere conto che i frame commerciali potrebbero non avere disponibili le parti di ricambio e quindi potresti rischiare, in caso di crash, di dover aspettare 20 o 30 giorni un braccio dalla Cina. Nel valutare la frame da acquistare tieni quindi conto della disponibilità di parti di ricambio...o comprane qualcuna già nel primo ordine...vedrai che non romperai mai ciò che hai disponibile di scorta!

Una volta che avrai imparato e volato qualche ora potrai fare come ti pare... ma per ora dammi retta!

4 – FAQ... ovvero domande e risposte

Nota: se farete una domanda la cui risposta si trovata già qui verrete fustigati in pubblica piazza e sodomizzati da un mulo con la rabbia.

Va bene quest'elica con questo motore e questo ESC?

Ti odio. Davvero. Con tutto il cuore. Adesso ti spiego come faremmo per rispondere ad una domanda del genere. Ci sono due modi. Il primo è averla usata di persona e se questo è il caso allora probabilmente troverai il build log del mezzo insieme agli altri. Il secondo è quello che facciamo spesso al posto tuo, ovvero andiamo su <http://www.ecalc.ch/xcoptercalc.htm?ecalc&lang=en>, immettiamo i dati conosciuti e simuliamo. Indovina un po'? Io puoi fare anche da solo. Non sei capace a usare quel programma? Impari. Non ne hai voglia? Ti attacchi.

The screenshot shows the 'xcoptercalc - Calculator for MultiCopter' website. The interface includes several sections:

- Design Fundamentals:** Fields for # of Rotors (4), xCopter Weight (240g), Field Elevation (500m), Air Temp (25°C), Pressure (1013), Battery (LIPO 3300mAh-25/35C), # serial (2), # parallel (1), Capacity (3300mAh), Resistance (0.0064 Ohm), Volt per Cell (3.7V), Weight per Cell (89g), Controller (Custom), Resistance (0.01 Ohm), Continuous Current (18A), max. Current (22A), Weight (19g), Motor Weight (67g), Motor Manufacturer (Turnigy), Kv (750 rpm/V), Resistance (0.16 Ohm), no-load Current (0.8A @ 8V), Limit (up to 20g) (210W), # mag. Poles (10), Case length (35mm), Propeller Type (Custom), Diameter (10 inch), Pitch (4.5 inch), # Blades (2), Prop Const (1.11), Gear Ratio (1.00).
- Approx. Values:** A warning box.
- Battery:** max. Load (4.7C), Voltage (7.2V), Rated Voltage (7.4V), Flight Time (12.67min), Flight Time Hover (35.83min), Weight (178g).
- Motor @ Maximum Values per Motor:** max. Current (3.91A), Voltage (7.16V), Revolutions (4901rpm), el. Power (in) (28W), mech. Power (out) (20.49W), Efficiency (73.2%).
- Optimal Efficiency:** Current (5.8A), Voltage (7.05V), Revolutions (4588rpm), el. Power (in) (40.86W), mech. Power (out) (30.79W), Efficiency (75.4%).
- Motor @ Hover Values per Motor:** Current (1.17A), Voltage (7.33V), Throttle (linear) (51%), el. Power (in) (8.61W), mech. Power (out) (2.78W), Efficiency (32.3%).
- Entire Drive:** Total Current (4.7A to hover, 15.63A maximum), Weight (574.2g Drive, 240g AUV), add. Payload (378g, 13.33oz), P (in) (34.76W to hover, 115.74W maximum), P (out) (11.13W to hover, 81.96W maximum), Efficiency (32%, 70.8%).
- Motor Data:** Motor Cooling (medium), Power Scale (automatic), a graph showing el. Power [W], Efficiency [%], max. Revolutions [rpm], motor Power [W], Motor Case Temp. [°C], and Motor Case Temp. (averaged) [°C] over time.

Una screenshot del programma di cui sopra. Riempi le caselline con i dati di cui sei a disposizione (se non li conosci te li cerchi che si trova tutto, del resto anche noi dovremmo farlo per te) e avrai tutte le risposte che vuoi con uno scarto del +/- 15% di accuratezza.

Idea geniale: e se io ci montassi sopra dei pannelli fotovoltaici?

Guarda: questa prendila come una regola generale d'ora in poi. NON SEI UN GENIO. Ciò che tu mai potrai pensare o immaginare è già stato pensato e immaginato da chi fa queste cose da più tempo di te. Secondo te perché non si è mai visto un multirottore con dei pannelli solari attaccati sopra? Siam tutti scemi? Capisco che sia un naturale istinto umano pensare di essere più intelligenti e belli e forti e in gamba del prossimo ma la triste realtà è che, ahimè, non è così. Ora te la spiego in maniera semplice: un multirottore necessita di un MINIMO di un centinaio di Watt per portare in aria un Kg di roba. In realtà è una misura molto ottimistica, ma prendiamola per buona per semplicità. Sempre ad essere ottimistici un pannello solare di ultimissima generazione, costosissimo, leggerissimo, in una giornata di sole nella death valley californiana, a pellicola e che funziona con la kriptonite produce meno di 50W per kg di pannello. Se produce meno di quanto necessita per essere sollevato è ovviamente matematico che la sua presenza sarebbe semplicemente dannosa in termini di resa energetica, ed invece che incrementare il tempo di volo lo diminuisce. Semplice semplice. Ecco perché possono essere messi su alianti molto efficienti che consumano pochissimi Watt per Kg, perché in quel caso la loro presenza è giustificata.

E se io installassi dei generatori eolici al di sotto delle eliche?

Giuro, è stato proposto. Se pensi sia un'idea intelligente eliminati da solo e fai un favore alla specie...oppure studiate le leggi di conservazione di massa ed energia e poi vedi se è il caso di ripensarci.

E se io...

Basta scemenze, te lo ripeto: NON SEI UN GENIO. Leggiti questo thread e valuta tu se finire nel girone dei gonzi perseverando su questa pista o rinsavire e costruire finalmente un mezzo che funzioni qui sulla terra e non nel paese degli unicorni. <http://www.baronerosso.it/forum/modelli-multirotori/285048-fantamodellismo.html>

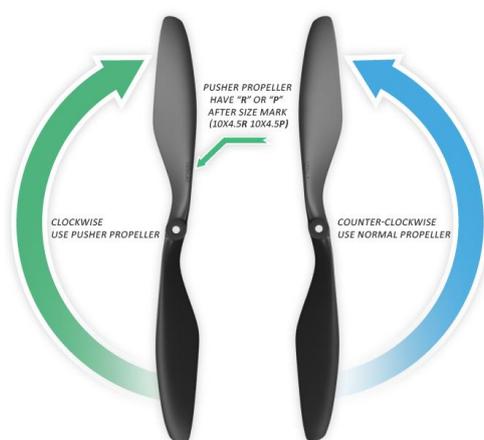
Come si riconosce un elica CW da una CCW?

Senti... la CW girerà in senso orario, giusto? E deve sempre spingere l'aria verso il basso, giusto? Quindi un'elica che girerà in senso orario dovrà avere il bordo di entrata (ovvero il bordo più sollevato e meno tagliente) dal lato in cui l'elica, girando in senso orario, incontra l'aria. Quindi armati di immaginazione e guardando l'elica immaginala mentre gira nel senso voluto e figurati da che parte spingerebbe l'aria.

Multirotori 101



Esercizio: l'elica sopra ha il bordo più alto da un lato e quella sotto dal lato opposto. Quella sopra che cos'è? Immaginala ad esempio mentre ruota in senso orario, cioè verso destra... dove spingerebbe l'aria? Verso l'alto, quindi qualcosa non va... infatti è una CCW che deve ruotare in senso antiorario per spingere l'aria verso il basso. Pensaci un po'... non è complicato...



Altro esempio semplicissimo per avere un riferimento ancora più immediato. Fonte: https://code.google.com/p/arducopter/wiki/AC2_Props_2

Cosa cambia da un quad con configurazione a X ad uno con configurazione a +?

Ehm... la forma? 😊 guarda, di norma un mezzo con configurazione a + viene usato da chi vola in maniera acrobatica (secondo me per una questione di maggiore reattività dovuta al fatto che durante i flip due dei quattro motori sono in asse col centro di rotazione e quindi le manovre sono più veloci) mentre a X per tutto il resto. Tieni conto che a X in caso vorrai montare una telecamerina (e ormai chi non vuole?) c'è più spazio davanti che non è occupato dal motore che ostruirebbe la visuale... quindi vedi tu, per la maggior parte comunque sono gusti.

Ho pensato ad una configurazione perfetta, con 7 motori sopra e 4 di lato e un pallone aerostatico in mezzo, tenuto insieme da tanto amore al posto dei rivetti.

O qualsiasi altra scemenza su questa linea. C'è sempre un motivo se una configurazione è diffusa. Magari la tua idea strampalata può funzionare, e nessuno ti vieta di provarci, ma di certo non puoi pretendere che ti si dia supporto sul forum come ci si aspetterebbe da un servizio di consulenze tecniche quando sbatterai testate contro il muro. Dai retta a noi: inizia standard, quando almeno avrai fatto volare un multirottore CO-

STRUITO DA TE avrai anche chiaro perché ti abbiamo preso in giro quando ci hai proposto la tua configurazione.

Cosa ne dite di un paracadute per limitare i danni in caso di caduta?

Non è un'idea totalmente malsana ed infatti c'è già chi ha studiato sistemi del genere. Alcuni hanno addirittura paracaduti balistici artigianali installati, altri hanno comprato un prodotto commerciale apposta (sì, c'è in commercio un paracadute per multirotori [http://www.hobbyhobby.it/contents/it/p770_Paracadute_per_multirotori_fino_a_4Kg_\(69J\).html](http://www.hobbyhobby.it/contents/it/p770_Paracadute_per_multirotori_fino_a_4Kg_(69J).html) e non è il solo...) ma si contano sulle dita di una mano quelli che usano davvero questi sistemi. I motivi sono sostanzialmente 4. La prima cosa è che i nostri mezzi normalmente operano a basse quote, ed i sistemi di paracadute funzionano in maniera efficiente solo se sganciati ad una certa altezza. Poi dobbiamo considerare il peso aggiunto che seppur non eccessivo è comunque deleterio per la durata del volo. Come terza cosa dobbiamo considerare il fatto che abbiamo svariati motori con eliche che girano e sganciare un paracadute collegato tramite tanti fili se non in un'angolazione ideale significa solo farlo impigliare e peggiorare le cose; su un aereo è molto più semplice visto che verrebbe subito trascinato indietro dove non ci sono eliche che girano. In ultimo dobbiamo considerare che, se anche avessimo i riflessi per attivarlo in tempo, questo non significa che si attiverà: se il problema per cui il multi sta cadendo è di origine elettronica sarà facile che non risponda neanche a quel comando. Vedete voi, la cosa è fattibile ma ci sono i pro e i contro.

Beh, per volare più a lungo basta usare tante batterie o batterie molto grosse...

No. Non è così semplice: più batterie o grosse batterie significa più peso, e per portare più peso il consumo in termini di Watt non aumenta in modo proporzionale ma quasi esponenziale. Dai su è sempre lo stesso discorso: non sei un genio. Se fosse così semplice lo faremmo tutti no? Non mi metto a farti calcoli vari ma spero ti vorrai fidare di me e non postare la stessa cosa di nuovo sul forum; esiste un certo equilibrio tra peso e consumo che va calcolato per bene. Siccome sei un nubbio per favore per ora limitati a seguire le nostre orme, poi potrai anche tu verificare di persona e se lo riterrai opportuno sperimentare. Un'idea generale: per micro-multirotori si va da 70mAh ai 1000mAh a seconda di quanto micro o mini sono, per mezzi nella media dai 1000mAh ai 3000mAh, per mezzi un po' più grossini con magari un gimbal attaccato sotto e magari 6 motori si possono usare anche 5000-6000mAh, per bestie da soma, con 6 o 8 motori e una telecamera da 2000€ sotto attaccata a un gimbal a 3 assi ho visto anche 20000mAh, ma questo è un altro mondo e per ora te ne devi tenere alla larga.

Mi piacciono le ventole intubate, che ne dite?

Anche a noi piacciono (a chi non piacciono?), ma consumano un botto quindi se ti va di avere un tempo di volo di 3 minuti con la batteria che poi scotta come un ferro da stiro vai pure e fallo anche tu ☺. Ce ne sono, ma sono terribilmente inefficienti su questo tipo di mezzi perché le ventole intubate sono progettate per risucchiare e spingere aria che già va veloce all'ingresso (hai mai visto un jet a ventole intubate che fa hovering fermo a mezz'aria?). Nei nostri mezzi l'aria da accelerare è praticamente ferma alla partenza e quindi la ventola va in stallo e iper lavoro. Inoltre fanno un rumore che sembra un jet in decollo e sarà poco reattivo. Perché? Perché per mantenere la stabilità la scheda apporta centinaia di modifiche di velocità di

rotazione al secondo e più un motore gira a bassi giri e più sarà reattivo per modificare la sua velocità di rotazione. È anche per questo che ci piacciono le eliche in carbonio: perché sono leggere ed avendo quindi meno inerzia consentono correzioni più rapide.



Fichissimo e cattivissimo senza dubbio... ma sta in aria 3 minuti senza dover portare su nient'altro che sé stesso...

Ok mi hai convinto per le ventole intubate, ma che ne dici delle ELICHE intubate?

Dico che vale un discorso simile a quello per le configurazioni coassiali, ovvero che è lo studio del setup che fa la differenza. Sempre in teoria una configurazione intubata ben studiata, riducendo le turbolenze presenti in punta di elica, dovrebbe aumentare l'efficienza di un qual certo grado, ma dobbiamo ricordare che aumentiamo considerevolmente il peso del mezzo. Se quindi abbiamo in mente un mezzo con le eliche protette per qualsivoglia motivo ha sicuramente un senso studiare la configurazione di intubazione il più accurata possibile; se invece lo si fa per qualsiasi altro motivo direi che è meglio lasciar perdere: la complessità che ne deriva, il peso, l'ingombro non credo possano essere compensati da ipotetici vantaggi.



Mezzo con eliche intubate... sicuri sicuri che valga lo sbattimento?

Meglio un mezzo con configurazione radiale o coassiale?

Né meglio né peggio in senso assoluto, solo meglio o peggio per ciò che si vuole fare. Una configurazione coassiale fatta come la facciamo noi fa perdere dal 15 al 20% di efficienza (uno dei motivi principali è che l'elica sottostante lavora in un sistema di aria turbinosa ed accelerata a causa dell'azione dell'elica soprastante), ma si risparmia peso e alla fine quindi la perdita si può considerare dal 10 al 15%, a occhio e per esperienza. In teoria, con eliche e motori più lenti e a passo minore sopra e più veloci, dal diametro minore e a passo maggiore sotto si dovrebbe addirittura aumentare l'efficienza... ma la teoria è una cosa e la realtà è un'altra: per avere determinati risultati bisogna ottimizzare perfettamente il sistema e farsi i calcoli del

caso, cosa che io non sono in grado di fare. In generale a me le configurazioni coassiali piacciono ed il mio mezzo preferito è un esa coassiale, ma è una questione di gusti. Riduci l'ingombro, gli dai un aspetto più cattivello ma di sicuro perdi in efficienza e capacità di carico rispetto ad una distribuzione radiale dei motori.



Esacottero radiale



Esacottero coassiale... © sì lo so il secondo è un mezzo professionale, il DraganflyerX6, ma rende l'idea del perché, esteticamente parlando, io preferisca i coassiali

Che radio devo usare?

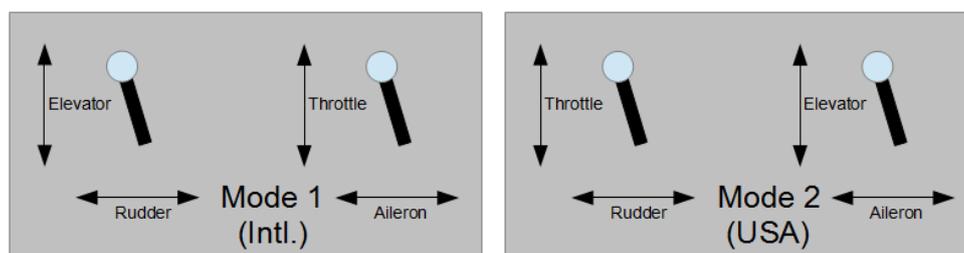
Per comandare un multirottore in teoria avresti bisogno del numero di canali sufficienti per un elicottero, cioè 4: uno per il gas, uno per ruotare su te stesso, uno per inclinarsi a destra e sinistra ed uno per inclinarsi avanti e indietro. Si utilizza quindi normalmente una configurazione impostata classica per gli aerei che su molte radio è indicata come 'acro' o 'plane' E' indifferente a patto che non ci siano miscele inserite in automatico. In teoria andrebbe bene anche una configurazione per heli con piatto a 90° ma non stiamo a complicarci la vita per favore. Dunque, torniamo in tema: il canale del gas (throttle), che di norma è il numero 3, sarà ovviamente il gas cioè la potenza totale dei quattro motori (per andare su e giù, bestia). Il canale del timone (rudder) sarà il canale che ci consente di ruotare a destra e sinistra, esattamente come sugli elicotteri si fa aumentando o riducendo la spinta del rotore di coda. Il canale degli alettoni (aileron) servirà per inclinarsi e quindi traslare a destra e sinistra. Il canale dell'elevatore (elevon) ci consentirà di traslare avanti e indietro grazie ad un'inclinazione su quell'asse. Per quanto riguarda il movimento le necessità sono queste, quindi con una scheda solo giroscopica (come la KK) o per una scheda sulla quale non si vogliono variare parametri in volo (ad esempio su una multiwii con accelerometro in cui vogliamo solo volare con l'aiuto dell'autolivellamento) vanno benissimo radio semplici a 4 canali.

Ma a voi non basta, giusto? Voi avete come minimo intenzione o addirittura già comprato una scheda avanzata e volete attivare il GPS ecc.... quindi? Quindi 4 canali non vi bastano. Ne avrete bisogno come MINIMO un quinto, magari sotto forma di switch a tre posizioni per variare la modalità di volo da manual (solo giroscopi) a 'atti' (aiuto degli accelerometri) a 'position hold' (aiuto del GPS). Poi magari ne vorrete anche un sesto per variare l'angolo di inquadratura della videocamera che avete montato e magari anche un settimo

per attivare il Ritorno a casa automatico...o chissà cos'altro. Quindi fate un favore a voi stessi, spendete 50 euro e compratevi la turnigy 9x. Non mi interessa pubblicizzarla, non ne ha bisogno. La usiamo in millemila ed è in assoluto la radio più economica che vi consente di volare tranquillamente con un multirottore. Il link è http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_8992_Turnigy_9X_9Ch_Transmitter_w_Module_8ch_Receiver_Mode_2_v2_Firmware_.html (vi ho linkato il mode 2, poi ne parliamo nella prossima domanda schema) e gentilmente compratevi anche questo che vedrete vi sarà più che utilissimo http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_14355_Fr%20Sky_DF_2_4Ghz_Combo_Pack_for_JR_w_Module_RX.html perché vi consente di avere a disposizione la funzione di Failsafe che consentirà, per esempio, alla vostra superaccessoriata Naza, in caso di perdita di segnale, di impostarsi su RTH (return to Home) e tornare brava brava all sua fabbrica in cina ☺ ...no dai se tutto va bene torna da dove è decollata. Avrete quindi fatto un investimento totale di 100 euro spese di spedizione incluse e sarete entrati nel club dei felici possessori di una 9x. Bonus: questa radio è talmente diffusa che qualche cintura nera di nerdaggi-ne ha studiato e diffuso un firmware di modifica che la rende ancora più versatile e programmabile; ci sono un sacco di informazioni online e video-tutorial su youtube quindi visto che non è strettamente legato ai multirotori vi lascio scoprirvelo in altra sede.

Quale 'mode' della radio devo usare/è migliore?

Non c'è un mode migliore o peggiore, è solo questione di ciò a cui siamo abituati. Per quello che vedo io la maggior parte, me compreso, usa il mode 2, ma tanti altri il mode 1. Solo pochi, nel nostro paese, il mode 3 o 4. Non hai esperienza di radiocomandi? Ti suggerisco di usare il mode 2, con il gas a sinistra insieme allo yaw, così a destra ai la traslazione anteriore e posteriore e latero-laterale. Ma è solo perché è quello più diffuso. Il mode 1, in italia, è invece più diffuso per comandare gli aerei, anche se io non mi ci sono mai trovato bene. Anche se molti qui in Italia utilizzano il Mode 1 è comunque consigliabile avere i comandi Aileron ed Elevator sul medesimo stick quindi i Mode 2 e Mode 3 sembrano essere più adatti all'utilizzo su elicotteri e multirotori.

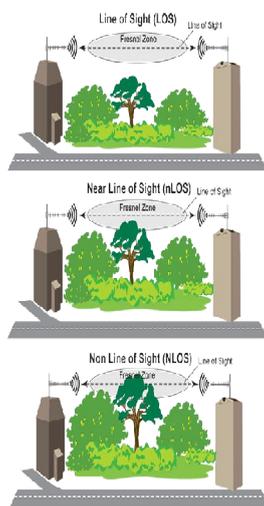


L'immagine si riferisce ai due 'mode più diffusi. Mode 1, con gas e alettoni a destra e elevatore e timone a sinistra, e mode 2, più diffuso e immediato, con gas e timone a sinistra e elevatori e alettoni a destra. Fonte: www.dronepedia.com

Quanto 'tira' un radiocomando?

Più di quello di cui hai bisogno per il volo 'a vista'. Parlando ad esempio del modulo FrSky, molto diffuso come add-on sulle turnigy 9x, la fabbrica dichiara 1,5Km di range. Diciamo che possiamo avere un 100% di tranquillità d'animo anche a 800-900m, mentre oltre probabilmente non starei così tranquillo senza un si-

stema di failsafe. In ogni caso, volando a vista e non in FPV, oltre i 150-200m diventa problematico anche per uno con 20/20 avere un buon controllo del mezzo, quindi direi che il problema non si pone nemmeno con radio più scarse. Volando in FPV il discorso ovviamente cambia anche se ricordiamo che un volo in FPV che segua le regole del modellismo deve essere sempre mantenuto entro il range di vista dello spotter; ipotizzando che siate in regola con i permessi ENAC o che voliate bassi in aree disabitate e vogliate andare oltre i famosi 1,5Km (auguri con un multirottore, ma ipotizziamolo pure) ci sono tre possibilità. Tornare alle vecchie radio in FM (allungando le antenne della ricevente gente ci ha fatto 10Km...), usare un booster 2,4Ghz (mai usato, non li conosco ma non credo siano regolari in Italia in quanto i limiti per le trasmissioni in 2.4ghz senza necessità di permessi particolari sono fissati a 100mW), oppure usare un sistema UHF ideata apposta per i voli a lunghe distanze (sono add-on tipo il modulo FrSky e si trovano nei negozi di modellismo che si occupino anche di FPV). Detto questo, coi multirotori tutto questo non serve: difficilmente avremo l'autonomia per fare voli lunghi e di sicuro ci sono mezzi migliori per questo scopo. Discorso diverso per quanto riguarda il volare in LOS o no: le vecchie frequenze in FM e quelle in UHF hanno una grande capacità di 'aggirare' gli ostacoli, discorso diverso per le moderne radio in 2,4Ghz che hanno minori capacità. Ma questo è un discorso che interessa di più l'ambito FPV.



Rappresentazione grafica per spiegare il concetto di LOS. Importante sottolineare che anche in una situazione di vicinanza alla non-LOS, ci possono essere disturbi del segnale a causa del fatto che la zona di Fresnel già si trova, parzialmente, in non-LOS. Cos'è la zona di Fresnel? Non approfondiamo (esiste wikipedia per quello) ma vi basti sapere che la zona di fresnel è tanto più ampia quanto è bassa la frequenza usata.

Ok, ho preso ESC, motori, frame, scheda di controllo. Cosa mi manca?

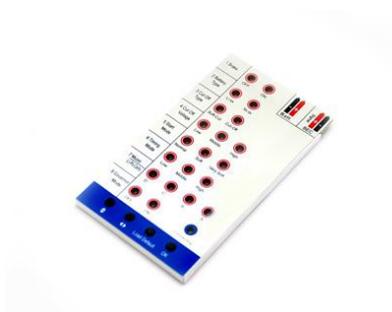
Ti manca ovviamente una radio che ti serve per comandarlo (doh...) e qualche altra cosetta. Le batterie, innanzitutto, che come abbiamo visto variano in base alle necessità (in media stai tra i 2000 e i 3000mAh) e il caricabatterie apposito; non chiederci quale caricabatterie è migliore, dipende da dove lo vuoi comprare (Italia, Europa o Cina?) e da quanto vuoi spendere: variano dai 10 ai 500€.

Multirotori 101



Un popolare caricabatterie turnigy che consente di caricare 4 LiPo contemporaneamente.

Poi avrai verosimilmente bisogno della scheda per programmare gli ESC e dovrai prenderne una che sia compatibile con i tuoi ESC (anche queste info le trovi dove hai preso gli ESC).



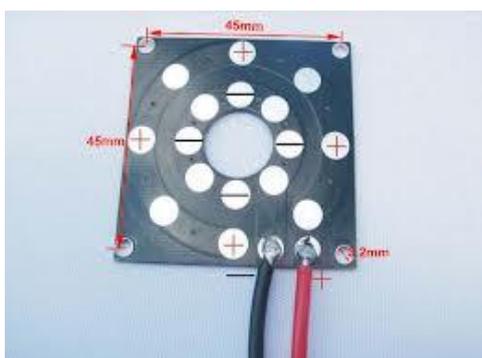
Questa è la program card Hobbywing, compatibile anche con gli ESC RcTimer.

Ti servirà inoltre qualche connettore (ora vanno molto gli XT60, cerca con quel nome) sia maschio che femmina.



Gli XT60, in giallo, a comparazione con i Deans, in rosso, popolari fino al sopravvento degli XT60.

Una PDB se non vuoi casini coi cavi (molto economiche e utili, ce ne sono di tutti i tipi e di tutte le fasce di prezzo; per un mezzo normale prendi quella che costa meno).



Multirotori 101

Una delle tante PDB: due cavi vanno alla batterie e i negativi e positivi degli ESC si collegano direttamente ai '+' e '-' sulla scheda, senza grovigli assurdi.

Se non lo hai già (come hai fatto a vivere fin'ora?) ti servirà un saldatore a stagno e, appunto, dello stagno (compratelo da ebay o se hai fretta vai in un negozio di elettronica).



Classico ed economico. Un must-have.

L'hai preso il cicalino per le batterie? Molto utile, dai 2 o 3 dollari ai 10, ben investiti, e ti avverte quando le batterie iniziano a calare per non rovinarle, visto che hai disabilitato la funzione di cut-off dagli ESC.



Un LiPo Buzzer, ce ne sono anche con il display che segnala i V esatti ma questo basta e avanza. Diventa rosso o lampeggia quando ti avvicini alla zona critica e inizia a suonare come un matto quando davvero è meglio che atterri.

Se i tuoi motori non hanno già gli accessori inclusi ti servirà il mozzo di fissaggio: devi controllare la scheda tecnica dei motori e comprare quello indicato lì.



Da scegliere, se non inclusi con il motore, in base alle caratteristiche del 'shaft', ovvero dell'albero del motore.

Multirotori 101

Dello shrink tube, fondamentale per saldare fili e connettori vari.



Varie dimensioni a seconda dei cavi da saldare.

Qualche zip-tie per evitare cavi volanti.



Varie lunghezze, spessori e colori, da scegliere in base alle necessità meglio prendere le confezioni assortite.

Distanziatori in plastica se vuoi costruire da solo qualche supporto.



Utili per, ad esempio, costruire più livelli sui quali appoggiare i componenti.

Ci voglio fare FPV... cosa mi serve?

E chi non vuole, ultimamente? Benvenuto nell'affollato club. Inizia semplice, non andare ancora a pensare a long range, sistemi UHF, antenne ad inseguimento, sistemi 3D etc., ascolta un cretino: inizia semplice. Se hai una radio in 2,4Ghz non potrai avere un sistema di trasmissione in 2,4Ghz, quindi le frequenze che rimangono sono 900Mhz (illegale perché è una frequenza usata dai cellulari), 1,2Ghz (illegale non ricordo per cosa), 1,3Ghz (illegale perché usata dagli apparecchi veri per sistemi di navigazione varia) e, saltando il 2,4Ghz, rimane solo il 5,8Ghz. In teoria sarebbe legale usarlo fino a 20mW di potenza, se non ricordo male ma potrei sbagliarmi, ma non credo ci sia nessuno che si limiti a quella potenza. Del resto è una frequenza talmente alta (quindi poco penetrante, se ricordi il discorso fatto in precedenza) che in luoghi isolati dubito si possa disturbare qualcuno usando i classici 200mW disponibili in giro. Inoltre, se anche disturbassi qualcuno, non sarebbe nulla di vitale (niente polizia o vigili del fuoco insomma) ma al massimo comunicazioni

commerciali (che tanto sparano a svariati Watt, quindi al massimo sono loro che disturbano te ☺). Quindi mi il suggerimento è di orientarsi verso i classici sistemi in 5.8 che sono disponibili un po' dappertutto, primo fra tutti il classico hobbyking.



Il kit FPV di hobbyking, con ricevente (quella grossa) trasmittente, antenne stilo, caverteria varia.

Quindi ora hai il modo di trasmettere e ricevere... ma cosa? Beh, il segnale video, ovviamente. Hai due possibilità: con una telecamera dedicata oppure con la telecamera di registrazione a bordo. Usa una telecamera dedicata se usi il sistema per pilotare il mezzo perché, fissata direttamente al telaio, consente di accorgersi delle inclinazioni del mezzo, cosa che non potresti vedere se la montassi sul gimbal stabilizzato come faresti con la telecamera di registrazione perché sarebbe, ovviamente, stabilizzata e quindi avresti riferimenti visuali falsati. Che camera? Qualsiasi board camera, NON hd (il sistema di trasmissione analogico è come un imbuto, anche se ci butti dentro un'immagine HD lui trasmetterà solo in standard definition, quindi inutile aumentare la definizione del video in ingresso) a 380 o 420 tvl (non stiamo a spiegare nei dettagli, come sai per quello c'è wikipedia, limitiamoci a dire che è una specie di riferimento per la definizione video).



Non ti serve altro per pilotare il mezzo. Con 20\$ te l'accatti.

Ti interessa invece avere solo un riferimento per vedere cosa inquadra la videocamera in HD senza usarlo per pilotare il mezzo? Allora puoi collegare alla tua GoPro (tanto lo so che usi quella) il cavetto apposito che, mentre registra, preleva il video (non in HD) e lo passa alla trasmittente. In questo modo potrai vedere sul monitor esattamente quello che stai riprendendo, volando in modalità standard cioè a vista.

Multirotori 101



La GoPro con il cavetto video e di alimentazione a 5V collegati. Molti se non tutti gli shop FPV ce l'hanno da vendere.

Potrebbe essere utile avere un OSD, ma non un sistema complesso con dati telemetrici vari come velocità, altitudi etc, ti complicheresti la vita per niente. Spendi 10\$ e comprati il simpleOSD da hobbyking che visualizza il tempo di volo e il voltaggio delle batterie, non ti serve altro. Il giorno che avrai esperienza e vorrai fare cose strane saprai anche cosa comprare e come far funzionare i sistemi più complessi, per ora avrai le tue difficoltà anche con questo.



3 cose da collegare: ingresso video e massa (da collegare alla cam), uscita video e massa (con scritte sovrainposte, da collegare alla Vtx) e batteria che serve all'alimentazione e a far comparire il suo voltaggio in sovraimpressione.

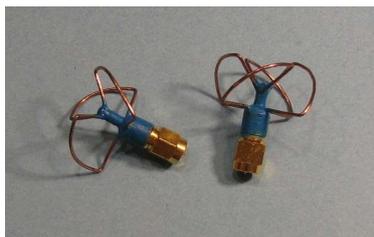
Da qualche parte dovrai pur vedere il video, giusto? Le opzioni sono infinite: collegli la Vrx ad una TV, ad un monitor portatile con ingresso RCA, oppure a degli occhiali appositi. La TV lascia perdere 😊, il monitor usalo se usi la visuale in prima persona solo per dare un'occhiata a quello che stai registrando, mentre se vuoi direttamente volare in FPV usa degli occhiali appositi. Ci sono opzioni molto o poco costose e come spesso capita la via di mezzo è la via migliore: vai sul sicuro e pigliati anche tu i FatShark, sono molto comuni e diffusi per un buon motivo. Hai tanta grana da spendere? Allora nessuno ti vieta opzioni più costose, ma se ne hai poca non lasciarti tentare dalle soluzioni economiche, non ne vale la pena: la qualità video è troppo scarsa per volare decentemente e presto ti accorgeresti di aver butato dei soldi.



Questa è la versione con Rx incorporata e Tx in dotazione, ma ci sono svariate scelte. C'è anche la base, dotata solo di ingresso video, che fa il suo sporco lavoro... con qualche filo in più attaccato.

Sento parlare spesso di antenne a polarizzazione circolare, cosa sono e a cosa servono?

Ambito che riguarda l'FPV, lo cito solo perché se ne parla molto. Le antenne a polarizzazione circolare, brevemente, consentono una ricezione uniforme del segnale anche mentre una delle due antenne è inclinata e causerebbe disturbi con antenne normali. Inoltre hanno minori disturbi causati da un effetto che si chiama multipath e che non sto a spiegare. Possono essere omnidirezionali o direzionali come le antenne standard e sono da qualche tempo molto diffuse. Vale la regola generale che se una cosa è diffusa un motivo ci sarà...



A sinistra due entennini a polarizzazione circolare. Dalla piccola dimensione sono probabilmente dei 5.8Ghz (più è alta la frequenza, più piccole sono le antenne), a destra un normale stilo che viene di solito con i kit standard.

Ho sentito parlare di ESC 'flashati'... c'entrano i M.I.B.?



No.

Ne ho già accennato nella guida, ma probabilmente merita qualche riga in più. Gli ESC normali hanno dei tempi di reazione ai comandi in ingresso e dei cicli di lettura e di correzione dei valori in uscita non velocissimi, del resto su aereo, uso per il quale sono stati progettati, non serve altro. Noi però non comandiamo direttamente l'ESC con lo stick della radio, ma facciamo elaborare il segnale ad una scheda di controllo, la FCB, che lo corregge centinaia di volte al secondo per correggere l'assetto di volo. Ovvio che quindi un ESC con cicli più rapidi ci piacerebbe... quindi un giorno, un grande e potente NERD, SimonK, ha ideato un firmware modificato da 'flashare' nell'ESC che ne migliora le prestazioni. Quindi la domanda che ci si pone è: meglio quelli sparafashati o quelli standard? Non lo so, io ho sempre e solo volato con quelli standard. Questo significa che funzionano bene lo stesso, no? È indubbio che quelli flashati siano meglio per i nostri scopi, ma non pensate che non possiate farne a meno, tutto qui.

Bilanciare le eliche? E anche i motori?? Ma davvero???

Sì, e ti spiego il perché. Il fatto è che a bordo hai una centralina che stabilizza il mezzo grazie ad una serie più o meno complessa di sensori, in particolare giroscopi e accelerometri, che servono come sai ad accorgersi dei movimenti indesiderati. Bilanciare eliche e motori significa ridurre le vibrazioni che dai motori si trasmettono attraverso i bracci fino alla piastra centrale dove hai la centralina. Tali vibrazioni, quando eccessive, disturbano la lettura dei movimenti da parte della centralina e possono causare un volato non soddisfacente. Come se non bastasse probabilmente avrai intenzione di fare delle riprese (chi non vuole...) e le vibrazioni, trasmesse anche alla camera, causano spesso l'effetto jello, o rolling shutter, spiegato in precedenza. Questo vale in particolar modo per le camere dotate di sensore cmos ed indovina un po'? la GoPro usa proprio quel tipo di sensore 😊

OK, le bilancio. Ma come?

Ci sono mille metodi, ognuno si trova bene con uno o con l'altro. C'è chi usa i bilancini apposta per le eliche, c'è chi usa il metodo del laser, c'è chi usa l'app per iphone e android che rileva le vibrazioni... non possiamo vederli tutti, ci sono thread e guide su youtube, devi cercarteli da solo e provarne qualcuno per trovare il tuo. Io personalmente do gas ad un motore per volta con l'elica attaccata e bilancio 'ad orecchio' verificando acusticamente e al tatto (toccando il braccio) come gira il motore e provando a caso ad aggiungere peso oppure a ruotare l'elica o a limarla un po'. Un metodo decisamente fai da te per il quale ci vuole un pochino d'esperienza. Un indicazione di massima potrebbe essere quella di bilanciare l'elica staticamente (con l'attrezzino apposito) ed il motore dinamicamente (ovvero facendolo girare a vuoto e ascoltando il rumore che fa in modo da correggerlo mettendo un pezzo di scotch in un punto della cassa: se peggiora lo si sposta dal lato opposto). Cerca 'prop balancing' su youtube, è pieno. Nota: se pensate che un pezzettino di scotch, un goccio di vernice o una limatina all'elica non influiscano sulle vibrazioni causate... non avete ancora provato a farlo.

Quale scheda di controllo mi consigliate?

(a cura di Luciano, AKA TermicOne)

Ormai sempre più spesso nuovi utenti chiedono chiarimenti e consigli sulla scelta del sistema di controllo da utilizzare per un multicottero. Come ben descritto nella bella "Guida per niubbi" di Areis (-...) in commercio sono disponibili molte schede e relativi firmware e si rischia di perdersi in mezzo a tante soluzioni disponibili. Occorre però rilevare che la maggior parte di coloro che utilizzano multicotteri a fini esclusivamente ludici si sta ormai orientando, tra le decine di soluzioni hw e sw disponibili, su un numero sempre più limitato di schede e di firmware. Ritengo cosa utile delineare in questo thread alcuni consigli per orientarsi tra queste soluzioni maggiormente usate in campo hobbistico e poter scegliere il sistema di controllo più adatto alle proprie esigenze e capacità .

Raggrupperei le soluzioni disponibili in cinque grandi classi

- KK
- MultiWii
- APMcopter

- NAZA

- sistemi professionali (WK, MK, ecc.)

Nella sintetica descrizione non metterò link ai fornitori delle singole schede perchè l'obiettivo non è quello di sponsorizzare specifici fornitori ma aiutare ad individuare la classe di soluzioni più vicina alle proprie esigenze.

Naturalmente la descrizione è sintetica e finalizzata a orientare la scelta. La descrizione più completa delle soluzioni all'interno delle varie classi va trovata nel sito dei fornitori di hw e/o del firmware.

NB: In questo thread non saranno trattati i sistemi professionali WK e MK

KK

In questa classe possiamo annoverare alcune schede con funzionalità base dal costo veramente contenuto. Sono disponibili diverse schede KK a partire da soli 10 Euro.



Le schede più economiche dispongono solo di giroscopi e non garantiscono la funzione di autolivellamento. Richiedono quindi un po' di perizia nel pilotaggio ma sono utilissime per imparare a pilotare veramente un multicottero e, nonostante il prezzo contenuto, volano sorprendentemente bene.

Le schede più complete (KK V2.x) sono dotate di accelerometri e quindi garantiscono anche la funzione di autolevel. Sono inoltre dotate di un comodissimo mini schermo LCD per il settaggio dei parametri e per il tuning.



Il grande vantaggio di questa classe di schede è che occorre collegarle al PC (con l'apposito adattatore) solo per caricare o aggiornare il sw. Tutte le altre funzioni di configurazione e tuning sono fatte direttamente sulla scheda. Poichè normalmente la scheda viene consegnata con il sw già caricato, spesso, se viene usata una configurazione standard, non è necessaria alcuna attività con il PC. Tutto il tuning viene fatto con un cacciavite su tre potenziometri o sullo schermo LCD per la V2.

In rete e sul barone (forum di modellismo, sezione multirotori) si trova ormai una vastissima documentazione su questa tipologia di schede quindi non è necessario mettere alcun link per gli approfondimenti del caso.

Se si vuole una scheda per imparare veramente a pilotare un multicottero, a basso costo, semplice da settare e che vola bene questa è la scelta giusta. Naturalmente ha solo funzioni di base ma sono quelle che servono per imparare a pilotare un multicottero sia per un volo convenzionale che per un volo acrobatico.

MULTIWII

In questa classe troviamo diverse schede che garantiscono il supporto al firmware MultiWii.

Quasi sempre le schede vengono consegnate con un firmware già installato ma per poter seguire e sfruttare pienamente lo sviluppo delle funzioni è opportuno disporre su un PC dell'ambiente di sviluppo Arduino in modo da poter modificare nei file sorgente di MultiWii i vari parametri di configurazione quindi compilare e caricare il firmware sulla scheda. Ulteriori attività di configurazione e tuning vengono effettuate con un tool di configurazione (MultiWiiConf o analoghi) sempre con la scheda collegata ad un PC. Sono anche disponibili applicazioni Android per effettuare questa attività di configurazione e tuning tramite un tablet o uno smartphone.

Tutto sommato il setup non è difficile e sono disponibili buone guide. Occorre però un po' di manualità con l'utilizzo del PC per installare l'ambiente Arduino, personalizzare i file di MultiWii, compilare e caricare il software. Uno degli aspetti interessanti di questa soluzione è proprio quello di poter seguire costantemente lo sviluppo di questo software open-source, interagendo con altri utenti dei forum o con gli sviluppatori nelle attività di test delle nuove versioni.

Nelle ultime versioni MultiWii dispone anche di funzionalità avanzate che garantiscono diverse modalità di volo manuale e assistito (Acro, Horizon, Alt-Hold, Position Hold, ecc.).



Le versioni base delle schede che supportano MultiWii (CRIUS SE e relativi cloni) hanno un costo assai contenuto (a partire da circa 20 Euro) e garantiscono funzioni di autolivellamento, gestione della quota con sensore barometrico e gestione dell'orientamento del multicottero tramite magnetometro.



Particolarmente interessanti le versioni più avanzate di queste schede (CRIUS AIO PRO e relativi cloni) che hanno un costo maggiore (a partire da 40 Euro) ma sono in grado di collegare direttamente anche un modulo GPS per le modalità di volo assistito (Position hold, Return To Home, Waypoints, ecc.). Queste schede sono inoltre dotate di sensori più avanzati delle schede base e utilizzano un processore ATmega2560 che le rende compatibili anche con software della classe APMcopter. Per chi si orienta verso MultiWii queste ultime schede sono probabilmente la scelta più opportuna e aperta a evoluzioni future.

Per approfondimenti:

[Guide e documentazione - Multiwii](#)

[MultiWii Quad! Alternativa ad Aeroquad/Baronpilot con sensori wii](#)

[MultiWii](#)

Questa classe di schede è normalmente utilizzata da coloro che non vogliono semplicemente far volare un quadricottero ma vogliono entrare un poco di più nei processi e nelle procedure di configurazione e tuning, usando tools su PC per configurare e settare il proprio veicolo. E' inoltre interessante e stimolante utilizzare un sistema open-source seguendone (anche solo da utente) gli sviluppi con la possibilità di interagire con gli sviluppatori. Particolarmente interessante è anche il confronto sul forum con gli altri utilizzatori del sistema al fine di seguire gli sviluppi del software scambiandosi opinioni e reciproco supporto sulle nuove versioni che vengono via via disponibili.

APMCopter

In questa classe troviamo le schede che supportano il software APMcopter (una volta chiamato Arducopter).

Hanno un costo di partenza decisamente più elevato delle classi KK e MULTIWII ma garantiscono funzionalità veramente avanzate e dispongono di comodi e sofisticati tool di configurazione e monitoring. Il software viene caricato tramite tool di installazione e non è necessario utilizzare un ambiente di sviluppo e compilazione per le attività di aggiornamento.

Le funzionalità di APMcopter sono veramente tante e sono disponibili molte modalità di volo manuale e assistito (acro, sport, stab, loiter, alt-hold, circle, rtl, land, guided, follow me, simple, super-simple, drift, ecc.)...alzi la mano chi le ha provate tutte! In modalità Auto è possibile realizzare complesse missioni di volo totalmente assistito dal software (sempre con la possibilità di riprendere il controllo del veicolo da radio RC).

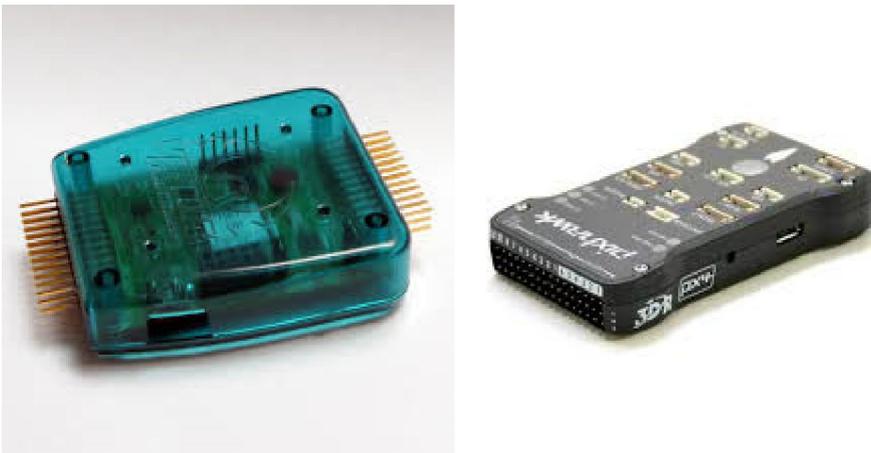
Sono disponibili sofisticati tool per la configurazione, tuning e monitoraggio in volo (in tempo reale o tramite log) su PC, tablet e smartphone.



La versione più economica delle schede che supportano APMcopter è rappresentata dalla scheda CRIUS AIO PRO (e relativi cloni - a partire da circa 40 Euro) sulla quale gira un porting del software APMcopter chiamato MegaPirateNG.



La versione più diffusa e consolidata è la scheda APM (e relativi cloni) oggi però arrivata al limite della capacità (come peraltro le schede CRIUS AIO PRO) e sulla quale non sarà probabilmente possibile avere ulteriori significativi sviluppi. E' però alla data la scheda sicuramente più usata per questa classe di soluzioni e gode di un ampio supporto nel sito di APMcopter e presso i vari forum di settore.



Le nuove schede avanzate a 32bit (VRBRAIN e PIXHAWK) rappresentano il futuro di questa classe di sistemi di controllo per multirotori e sono le schede sulle quali potranno essere garantiti i futuri sviluppi che richiederanno elevate capacità di calcolo.

Naturalmente per sfruttare tutte le funzioni disponibili di APMcopter è necessario collegare alle schede un GPS

Interessante infine la possibilità di utilizzare la medesima scheda per caricare i firmware APMplane e APM-rover per controllare, con la medesima logica, aerei e mezzi terrestri.

Per approfondimenti:

[Guide e documentazione - MegaPirateNG](#)

[Arduflyer - APM 2.5 \(Arducopter\)](#)

[MegaPirate su CRIUS AIO Pro - Installation log](#)

[APM Copter](#)

[VRBRAIN by VirtualRobotix](#)

Come MultiWii anche questa classe di schede è dedicata a chi non vuole semplicemente far volare un multicottero ma desidera anche poter configurare e settare il proprio modello con i tool a disposizione. Le

numerose funzioni, modalità di volo, eventi programmabili, parametri modificabili, ecc. rende questa classe di soluzioni una fonte inesauribile di spunti per attività sempre più interessanti e un costante stimolo per un confronto fra utenti. Anche il solo sperimentare e provare le innumerevoli funzioni previste nel software di bordo, nelle Ground Control Station, nei sistemi di telemetria, nei sistemi di volo automatico, ecc. garantisce un approccio interessante e sfidante.

NAZA

In questa classe troviamo i sistemi NAZA.

NAZA è una classe di sistemi proprietari (quindi non open-source) di facile installazione e configurazione. Garantiscono un volo eccezionalmente stabile e preciso. La tenuta della quota e la stabilità sono impressionanti.

I tool disponibili garantiscono facili funzioni di aggiornamento software.



Con le ultime versioni del firmware sulle versioni avanzate dei controller vengono anche garantite le funzionalità di volo per waypoint, telemetria e monitoraggio in volo su tablet.

Il costo è diminuito notevolmente rispetto al passato e quindi oggi questo sistema è accessibile anche ad un'ampia utenza di hobbisti.

Se si vuole disporre di un multicottero che abbia un volo particolarmente stabile, senza sbattersi tanto nell'imparare tool di settaggio, con sistemi di assistenza al volo che rendono il pilotaggio estremamente semplice e si dispone di un budget sufficiente, allora questa classe di sistemi è la più adeguata. Il volo assistito è talmente semplice che se si utilizzano questi sistemi solo in modalità assistita non si impara a pilotare un multicottero in quanto il pilotaggio si limita a dare comandi di navigazione tramite radio, mentre il sistema di controllo si occupa di mantenere in volo il multicottero.

Anche in questo caso esiste una vasta documentazione sia sul BaroneRosso che in rete delle varie soluzioni NAZA nelle diverse configurazioni (NAZA, NAZA Lite, Phantom, Phantom vision, ecc.). Non è quindi utile mettere link di approfondimento.

Le soluzioni NAZA sono quelle più usate quando si ha un po' di budget a disposizione e si è meno interessati alle problematiche di pilotaggio e alle particolarità e opportunità di un progetto open-source per un sistema di controllo di un modello volante. E' una soluzione consolidata, sicura, facile da settare e particolarmente stabile. La diminuzione dei prezzi delle versioni base di questa classe di soluzioni le rendono paragonabili, come costi, alle soluzioni avanzate della classe APMcopter. Probabilmente queste soluzioni hanno meno funzioni delle soluzioni classe APMcopter ed essendo frutto di un progetto proprietario c'è scarsa visibilità sui processi di sviluppo e nessuna visibilità dell'hw e del sw...ma le funzioni che garantiscono sono sorprendentemente solide e al top di quello che è disponibile oggi in campo hobbistico.

Sintetizzando:

- sei interessato a partecipare ad un progetto di sviluppo open-source
- ti interessa interagire con gli sviluppatori
- vuoi seguire i costanti sviluppi di una piattaforma open
- ti interessa il confronto con altri utenti sulle tematiche di sviluppo, configurazione e tuning
- ti interessa testare e sperimentare una piattaforma in via di sviluppo

|
|
V

MultiWii o APMcopter

- sei interessato ad assemblare la tua flight control board
- desideri una soluzione a basso costo

-----> **MultiWii**

- desideri una soluzione con numerose funzionalità
- vuoi una piattaforma in grado di crescere verso soluzioni più avanzate sia hw che sw
- ti interessa utilizzare la soluzione anche su altri veicoli (aerei o mezzi terrestri)

-----> **APMcopter**

- sei interessato unicamente a disporre di un sistema di controllo del tuo multicottero
- non ti interessa approfondire particolarmente il tema dei sistemi di controllo
- non ti interessa seguire una piattaforma open
- non hai voglia di sbatterti in attività di configurazione, setup e tuning

|
|
V

KK o NAZA

- desideri una scheda a bassissimo costo

- ti interessa veramente imparare a pilotare un multicottero
- ti interessa imparare il volo acrobatico

-----> **KK**

- disponi di un budget adeguato
- vuoi la massima semplicità di pilotaggio
- desideri un sistema che ti garantisca la massima stabilità
- desideri funzioni avanzate di volo assistito

-----> **NAZA**