

# ***L'alimentazione di Arduino, questa sconosciuta.....***

**Note tecniche riguardanti i sistemi di alimentazione di Arduino UNO, MEGA, Duemilanove, YÚN.**

***Michele Menniti***

## **UNA NOTA INIZIALE SULLE FONTI DI ALIMENTAZIONE**

Uno degli errori che a volte si compiono riciclando alimentatori conservati nel cassetto è quello di non verificare il tipo di corrente; nel nostro caso devono essere a corrente continua, mentre sono decisamente da scartare quelli a corrente alternata. I tipi a corrente continua hanno sempre l'indicazione della polarità, mediante un "+" e un "-". Come vedremo più avanti è importante verificare dove si collega il polo positivo (+) e dove si collega quello negativo (-), altrimenti si rischia di fare danni irreparabili. Un altro consiglio importante è quello, se possibile, di evitare di usare alimentatori per telefoni cellulari; infatti alcuni modelli integrano il sistema di regolazione di corrente per la batteria che erano preposti a caricare, mentre altri modelli, pur erogando la giusta tensione, hanno molta "sporcizia", intesa come rumore elettronico, che disturberà sicuramente il buon funzionamento del circuito. Assolutamente da evitare sono le cineserie da pochissimi euro, p.es. gli alimentatori multi-tensione, nella stragrande maggioranza dei casi non sono stabilizzati e diventano anche molto pericolosi. In definitiva sull'alimentazione non si deve risparmiare, occorre acquistare ed usare prodotti seri e ben stabilizzati, altrimenti i primi problemi inizieranno subito.

## **GLI INGRESSI PER L'ALIMENTAZIONE**

Arduino ha quattro possibili ingressi di alimentazione:

1 - Porta USB: a questa presa devono arrivare 5V, provenienti da una porta USB di un computer, oppure da un qualsiasi alimentatore che fornisca una porta USB (in genere sono alimentatori di piccole dimensioni dotati di una presa USB a cui collegare dispositivi alimentabili tramite questo sistema. Se l'alimentazione proviene da un computer si ha una limitazione in corrente di 250mA o 500mA, dipendente dalla porta USB del computer stesso; se invece si sta usando un alimentatore esterno la corrente massima erogabile (a prescindere da quella garantita dall'alimentatore stesso, in genere max 1A o 2A) viene comunque limitata a 500mA dal fusibile autoripristinante di protezione (PTC); comunque la questione della corrente sarà trattata più avanti.

2 - Presa Jack Japan: a questa presa bisogna collegare una fonte esterna (in genere un alimentatore) con positivo al centrale dello spinotto, ed un valore variabile tra 6V e 20V, ma il range raccomandato dalla Casa è 7÷12V, quindi non conviene usare tensioni <7V o >12V se non in caso di reale necessità; 6V potrebbero non garantire una corretta stabilizzazione da parte del regolatore, bisogna infatti considerare la caduta di tensione del diodo di protezione posto in serie all'ingresso del regolatore (serve per preservare la scheda dalla distruzione in caso di inversione della polarità sullo spinotto), mentre valori >12V creerebbero un drop-out (differenza di potenziale tra ingresso e uscita del regolatore) troppo elevato che provocherebbe un surriscaldamento del regolatore anche con basse correnti di assorbimento (anche questo argomento sarà approfondito più avanti).

3 - Presa Vin: questa presa ha una duplice funzione.

3a - ingresso per alimentazione esterna non protetto da inversioni di polarità: infatti il collegamento è diretto all'ingresso del regolatore e a valle del diodo della presa JACK; naturalmente non bisogna applicare alcuna tensione alla presa JACK, altrimenti si possono fare danni;

3b: uscita da cui prelevare la tensione applicata alla presa JACK, sottratta la caduta del diodo di protezione. Può essere utile per alimentare piccoli carichi che richiedono una tensione maggiore di 5V e pari a quella applicata alla presa JACK (sempre considerando la caduta di tensione sul diodo).

4 - Presa 5V: è collegata direttamente all'uscita del regolatore, quindi da essa si possono prelevare i 5V per alimentare carichi esterni all'Arduino. Nel caso in cui non vengano applicate tensioni alla porta USB o alla presa JACK, la presa 5V può anche essere usata per alimentare direttamente Arduino, disponendo di una fonte esterna di 5V stabilizzati (p.es un alimentatore stabilizzato a 5V); bisogna considerare che in genere i regolatori non gradiscono tensioni applicate alla loro uscita, ma nello specifico questa situazione si viene a verificare anche quando si alimenta Arduino dalla porta USB, per cui è da ritenere che i progettisti abbiano valutato questa problematica come innocua. Anche in questo caso non c'è alcuna forma di protezione in quanto sia il diodo che il PTC si trovano a monte di questa presa e quindi non hanno alcuna funzione attiva.

**NOTA:** a prescindere da quale sia la presa utilizzata, Arduino dispone di una presa di 3,3V per alimentare carichi che operino a questa tensione; infatti un secondo regolatore, appunto per generare 3,3V, è collegato direttamente ai 5V, quindi prescinde da chi li genera.

## GESTIONE DEI CONFLITTI

Arduino è dotato di un circuito di comparazione che controlla un MOSFET tipo P; se è presente una tensione su Vin (alimentazione dalla presa JACK o dalla presa Vin) il MOSFET è interdetto e viene ignorata l'eventuale presenza della tensione proveniente dalla porta USB; in caso contrario il MOSFET collega i 5V della presa USB alla presa 5V, quindi a valle del regolatore, alimentando così l'Arduino. Quindi è chiaro che se si applica contemporaneamente la tensione alla porta USB e una fonte esterna alla presa JACK, è quest'ultima che va ad alimentare il circuito, mentre il collegamento USB serve solo come tale (scambio dati col computer) e non più come fonte di alimentazione. **Si ricorda che in entrambi i casi la presa 5V non può essere usata come ingresso, ma solo come uscita.**

## QUALE INGRESSO SCEGLIERE?

La scelta va fatta ovviamente in base alla fonte di cui si dispone, ma anche alle periferiche esterne da alimentare.

1 - Porta USB: questa è comoda per la sperimentazione con piccoli carichi, che richiedono 5V, visto che permette la duplice funzione di alimentatore e programmatore della board; il limite di corrente imposto dal PTC è di 500mA, in realtà in genere questi componenti tollerano fino a quasi il doppio prima di intervenire in protezione, ma è meglio considerare il valore nominale; la polarità sulla presa USB è standard e quindi non crea problemi;

2 - Porta JACK JAPAN: in genere si ricorre a questa porta per aumentare la disponibilità di corrente sui 5V (nei limiti permessi dal regolatore) e/o per poter disporre di una tensione superiore a 5V per alimentare carichi esterni. P.es. se si deve alimentare un relé a 12V il pin di Arduino da solo è insufficiente, ma può essere usato per pilotare un transistor che in conduzione porti i 12V necessari al relé. In questo caso si applica una tensione di 12-12,5V alla presa JACK, la board Arduino è alimentata con i 5V del regolatore e dalla presa Vin si possono prelevare i 12V da inviare al relé (mediante opportuna configurazione circuitale); il polo positivo va applicato al pin centrale del JACK, il polo negativo a quello esterno;

3 - Presa Vin: come detto può essere utile se serve una tensione esterna e si disponga di soli 6V, la presa Vin bypassa il diodo di protezione ed il regolatore può lavorare correttamente; oppure serve per prelevare

la tensione proveniente dalla presa JACK (v. punto precedente); considerando il fatto che tale presa non è protetta è decisamente da sconsigliarne l'uso agli inesperti. Il polo positivo va collegato alla presa Vin, il negativo a GND;

4 - Presa 5V: anche in questo caso è preferibile ricorrere al prelievo piuttosto che all'immissione di tensione, considerando gli enormi rischi che si corrono in mancanza di protezioni; tornando all'esempio del relé, se si disponesse di un modello operante a 5V ma richiedente una corrente maggiore di quella erogabile da un pin di Arduino, anche qui con un transistor ed il prelievo dei 5V da questa presa risolverebbe egregiamente il problema. Il polo positivo va collegato alla presa 5V, il negativo a GND.

## **I LIMITI DELLA CORRENTE**

Tra i molti dubbi che pervadono coloro che si cimentano con questa problematica, sicuramente quello della corrente è il più diffuso, anche a motivo della scarsa conoscenza di questa grandezza. Diciamo subito che non si può pretendere di alimentare un carico che richieda una certa corrente, senza che la fonte sia in grado di fornirla, e diciamo anche che ogni carico assorbe la corrente che gli serve e non quella che gli viene messa a disposizione. Vediamo un paio di esempi:

a - Consumo tra Arduino (200mA, ma è un limite che difficilmente si raggiunge) e carichi esterni (200mA a 5V) = 400mA; in questo caso è possibile alimentare tutto tramite USB, a condizione che la porta del computer (o l'alimentatore con uscita USB utilizzato in sua sostituzione) sia in grado di erogare tutti i 500mA previsti come limite massimo;

b - Consumo tra Arduino (200mA, v. sopra) e carichi esterni (400mA a 5V) si arriva a 600mA; in questo caso NON è possibile alimentare il circuito tramite USB in quanto abbiamo visto che il limite impostato dal PTC di protezione è di circa 500mA; allora bisogna ricorrere ad una fonte esterna applicata alla porta JACK, che sia in grado di garantire una corrente maggiore di almeno il 30% rispetto a quella richiesta, quindi almeno 800mA; la tensione per le periferiche si può prelevare dal pin 5V; se poi l'alimentatore ne può erogare 1A o 2A va bene comunque, quella disponibile in eccesso non viene utilizzata in alcun modo. Come visto però il collegamento USB si può mantenere per la programmazione del micro o per l'uso del serial monitor.

c - Vediamo il caso in cui l'assorbimento complessivo sia di 1A (200mA Arduino e 800mA periferiche a 5V), anche in questo caso dobbiamo ricorrere ad una tensione esterna da applicare al JACK, ma come vedremo nel prossimo paragrafo siamo all'estremo limite del regolatore, quindi occorrerà separare l'alimentazione dell'Arduino da quella dei carichi esterni.

Nel caso in cui ci siano periferiche richiedenti una tensione maggiore di 5V, p.es. 12V, bisogna ricorrere ad un alimentatore esterno applicato alla presa JACK, ma per capire come prelevare le due tensioni bisogna valutare sempre le correnti assorbite da Arduino e dai carichi a 5V e 12V. Vediamo alcuni esempi:

d - Vediamo il caso Arduino (200mA), periferiche a 5V (50mA) e periferiche a 12V(300mA); applicando un alimentatore a 12V con almeno 1A di corrente massima, i limiti del regolatore (che vedremo nel prossimo paragrafo) ci permettono di poter alimentare con i suoi 5V Arduino e le periferiche a 5V (mediante il pin 5V); per le periferiche a 12V potremo invece prelevare tale tensione dal pin Vin;

e - Vediamo il caso Arduino (200mA), periferiche a 5V (300mA) e periferiche a 12V(1A); applicando un alimentatore a 12V con almeno 2A di corrente massima, i limiti del regolatore (che vedremo nel prossimo paragrafo) ci imporranno di poter alimentare con i suoi 5V il solo Arduino mentre non sarà utilizzabile il Vin (v. NOTA seguente), a questo punto conviene trovare una soluzione diversa.

**NOTA:** consideriamo un altro fattore, riguardante questa volta il pin Vin; apparentemente non ci sarebbero limiti di corrente erogabile, oltre quella imposta dall'alimentatore applicato, di fatto bisogna considerare che la pista di rame che collega l'ingresso del regolatore al pin Vin posto sull'header POWER di Arduino, non è molto spessa, di conseguenza non può sopportare correnti elevate, rischierebbe di bruciarsi.

## I LIMITI del REGOLATORE

Bisogna ora affrontare la questione della potenza che il regolatore deve dissipare; leggendo le specifiche sul data-sheet (fonte: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/174874/ONSEMI/NCP1117ST50T3G.html>) del regolatore NCP1117ST50T3G in contenitore SOT-223 (quello usato su Arduino UNO r3) si vede che la massima temperatura operativa è di 150°C (essendo un valore "maximum rating" conviene tenersi un 20% al disotto, quindi consideriamo 120°C); si legge anche che il regolatore raggiunge 67°C di temperatura per ogni Watt da dissipare, quindi possiamo ragionevolmente considerare una potenza massima dissipabile di circa 2W (in realtà la formula sul data-sheet calcola a 25°C circa 1,87W). Per capire quanta corrente possiamo prelevare dal regolatore conoscendo la tensione applicata alla presa JACK, dobbiamo ricorrere alla formula:  $I = W / (V_{in} - V_{out})$ . Vediamo alcuni esempi:

x - Alimentatore a 12V:  $I = 2 / (12 - 5) = 2 / 7 = 285\text{mA}$

y - Alimentazione a 9V:  $I = 2 / 4 = 500\text{mA}$

z - Alimentazione a 7V:  $I = 2 / 2 = 1\text{A}$

Questi calcoli non tengono conto della caduta sul diodo d'ingresso ma sono comunque basati su una potenza superiore a quella consigliata, quindi possiamo ritenerli ragionevoli. Si deduce chiaramente come sia decisamente preferibile applicare la tensione più bassa possibile al regolatore.

Nell'esempio "b" in cui servivano 600mA ben si comprende ora come non si possano applicare al JACK tensioni >8V, mentre nell'esempio "c" siamo decisamente al limite, anche applicando 7V all'ingresso, quindi in questo caso non si può pensare di far passare tutta la corrente attraverso il regolatore, ma bisogna studiare un sistema diverso; lo stesso discorso vale per l'esempio "e", mentre abbiamo visto che l'esempio "d" si presta all'alimentazione interna unica.

## ALIMENTAZIONI ESTERNE ad ARDUINO

Nei casi visti in precedenza come esempi, si sono verificate possibilità che vanno oltre i limiti del regolatore interno ed anche delle piste di Arduino; in questi casi una possibile soluzione è quella di realizzare una scheda esterna che metta a disposizione una serie di uscite per alimentare sia Arduino che le periferiche esterne a 5V e/o altre tensioni (tipicamente 9V o 12V).

- Prendiamo il caso "c": servono 5V 1A, in quanto 200mA sono per Arduino e 800mA per le periferiche a 5V; la fonte può essere p.es. di 9V con una corrente erogabile di almeno il 20-30% in più, p.es. un alimentatore stabilizzato da 9V 1,5A o 2A; basta realizzare una piccola scheda con un ingresso compatibile con lo spinotto dell'alimentatore, a valle si utilizza un regolatore a 5V (p.es. il classico 7805 con contenitore TO-220 con i tipici 4 condensatori), la cui uscita andrà ad alimentare le periferiche esterne a 5V; i 9V dell'alimentatore esterno saranno portati anch'essi in uscita e collegati ad uno spinotto JACK per la presa di Arduino.

- Prendiamo il caso “e”: servono 5V 1A, (200mA sono per Arduino e 300mA per le periferiche a 5V) e 12V 1A per le periferiche a 12V; la fonte può essere p.es. di 12V con una corrente erogabile di almeno 2A; basta realizzare una piccola scheda con un ingresso compatibile con lo spinotto dell'alimentatore, a valle si utilizza un regolatore a 5V (p.es. il classico 7805 con contenitore TO-220 con i tipici 4 condensatori), la cui uscita andrà ad alimentare le periferiche esterne a 5V; i 12V dell'alimentatore esterno saranno portati anch'essi in uscita e sdoppiati su due prese: una da collegare ad uno spinotto JACK per la presa di Arduino e l'altra da collegare alle periferiche a 12V.

Da notare che, riguardo l'erogazione in corrente, è importante che la fonte sia in grado di metterne a disposizione quanta ne serve al massimo carico, maggiorata di un 20%, per evitare che la fonte stessa lavori ai propri limiti; se poi la maggiorazione sia del 50% o anche del 100% non ha alcuna importanza; infatti se un alimentatore è in grado di erogare 2A e il carico richiede soltanto 100mA, quindi 20 volte in meno, non c'è alcun rischio di fare danni, in quanto la residua quantità di corrente resta semplicemente “a disposizione”.

È invece estremamente pericoloso non tener conto della tensione, che non deve mai superare i limiti previsti o consentiti; p.es. per nessuna ragione si potranno mai applicare alla presa 5V tensioni superiori anche di un solo Volt, in quanto immediatamente si brucerebbero i circuiti integrati della scheda!!

## ALIMENTAZIONE A BATTERIE

Ora che dovrebbero essere chiare le problematiche legate a tensione, corrente e dissipazione, si può anche affrontare brevemente la problematica dell'alimentazione a batterie, nella quale spesso si trascurano i rapporti tra capacità delle batterie e corrente richiesta da Arduino e periferiche, con risultati spesso deludenti (il sistema non si accende proprio oppure l'autonomia è scarsissima).

Le comuni batterie alcaline hanno tensione tipica di 1,5V e capacità molto ridotta (in genere qualche centinaio di mAh); le batterie ricaricabili al NiMh hanno tensione nominale di 1,2V e capacità da 1000mAh e 3000mAh; abbiamo poi le batterie al Pb ermetico (gel) con tensioni nominali di 6-12V e correnti che in genere non superano i 7000mAh; vi sono infine le più moderne batterie Li-ion o LiPo ricaricabili con tensioni nominali di 3,7V, 7,4V e 11,1V e capacità da 1000mAh a 6000mAh.

Ora serve comprendere solo il meccanismo serie-parallelo, in premessa deve essere chiarissimo che TUTTE le batterie che dovranno realizzare un “pack” devono essere assolutamente identiche e possibilmente dello stesso lotto; nel caso delle alcaline devono essere rigorosamente nuove, nel caso delle ricaricabili devono essere tutte cariche.

Un certo numero di batterie collegate in parallelo mantengono la stessa tensione nominale di una sola e sommano la capacità: p.es. 4 batterie alcaline collegate in parallelo (tutti i positivi tra loro e tutti i negativi tra loro) costituiscono una batteria da 1,5V e capacità pari a quella singola x 4 (se una batteria ha 200mAh, l'intero pack ora avrà 800mAh).

Un certo numero di batterie collegate in serie tra loro (il negativo della prima va al positivo della seconda, ecc) costituiscono un pack dato dalla somma delle tensioni nominali con capacità di una sola; p.es. 5 batterie NiMh da 1,2V 2000mAh in serie costituiscono un pack da 6V 2000mAh).

Le batterie al Pb ermetico in genere si usano da sole, esistendo in vari “tagli” di capacità, anche a motivo delle loro dimensioni piuttosto grandi per i circuiti di cui parliamo.

Realizzare pack di batterie Lion o LiPo è una cosa piuttosto complessa quindi conviene decisamente ricorrere a prodotti commerciali.

Bisogna tener conto che il sistema di ricarica delle NiMh o PB ermetico e delle Lipo/Lion è estremamente diverso, queste ultime richiedono circuiti di controllo della ricarica ad hoc.

Naturalmente con le batterie si possono realizzare gli stessi sistemi di alimentazione visti in precedenza e addirittura si potrebbero integrare i sistemi di ricarica automatica, realizzando dei mini sistemi di backup energetico. Senza i sistemi di ricarica il calcolo dell'autonomia diventa abbastanza semplice, anche se la cosa si complica nei casi "multitensione"; in genere è sufficiente operare la divisione tra la capacità della batteria (espresso in mAh) e il consumo del circuito (espresso in mA) e si ottiene il tempo di autonomia (espressa in ore).

P.es. una batteria al PB ermetico a 6V 1200mAh che alimenta un circuito che richiede complessivamente 5V 300mA, garantisce un'autonomia massima di  $h \text{ (ore)} = 1200/300 = 4$ .

#### **NOTA SU ARDUINO YÚN** (a cura di Guglielmo GPB01)

Arduino Yún ha un sistema di alimentazione che si differenzia da tutte le altre board sin qui trattate.

Non avendo un regolatore di tensione a bordo, esso può essere alimentato esclusivamente con una alimentazione **stabilizzata** di 5V da fornire :

1. tramite la porta **micro-USB** di cui è dotato.
2. attraverso il pin **Vin** al quale, come detto, occorre fornire esattamente +5V data l'assenza di un qualsiasi regolatore di tensione in ingresso.

E' da tenere presente che, contrariamente alle altre board Arduino, **NON** è possibile fornire in ingresso i 5V tramite il pin +5V presente sulla scheda. Difatti, come chiaramente visibile nello schema, sul pin 5V Arduino Yún ha un diodo (D9) che non permette l'alimentazione della scheda da detto pin.