



asdf

LE OPERAZIONI DI SALDATURA

17 December 2011

L'intento di questo articolo è quello di esporre, come sempre in via panoramica, un argomento studiato ai corsi che è quello delle saldature.

Cosa è la saldatura?

La **saldatura** è un processo tecnologico che permette di realizzare una **giunzione stabile tra due o più parti**, in genere metalliche, realizzandone la continuità e quindi il collegamento tra le parti stesse mediante la loro parziale fusione in prossimità della giunzione grazie ad un riscaldamento localizzato.

L'energia termica necessaria all'operazione di saldatura può essere di origine **chimica o elettrica**.

Inoltre, in certe saldature è il metallo stesso delle parti da saldare che viene portato alle temperature vicine a quella di fusione, mentre invece ci sono casi di operazioni di saldatura in cui si fa ricorso ad un **metallo d'apporto** che è diverso dal metallo di base preesistente.

La saldatura può essere di due tipologie:

- **autogena**: in essa il metallo base partecipa per fusione alla costituzione del giunto saldato;
- **eterogena**: in essa avviene la fusione del solo metallo d'apporto (ne è un esempio la **saldatura a stagno**, applicata diffusamente in elettrotecnica o elettronica, che utilizza attualmente come metallo d'apporto leghe di stagno-argento e in aggiunta alcuni disossidanti. Nella parte finale dell'articolo saranno fornite in proposito alcune precisazioni).

Fanno parte della categoria di *saldatura autogena* i processi di **saldatura per pressione** e di **saldatura per fusione**, mentre fanno parte della categoria di *saldatura eterogena* la **brasatura** e la **saldobrasatura**.

La saldatura per fusione

La **saldatura per fusione** si esegue grazie ad una fusione localizzata dei lembi delle parti che si vogliono saldare e, in genere, in presenza di materiale d'apporto.

Nell'ambito della saldatura per fusione si parla di **saldatura a gas** se l'energia termica necessaria al riscaldamento delle parti è fornita dalla fiamma prodotta dalla combustione con l'ossigeno.

Si parla invece di **saldatura ad arco** se l'energia termica è ottenuta da un arco elettrico innescato da un elettrodo ed il metallo delle parti che si vogliono saldare. A causa delle alte temperature che si raggiungono in prossimità delle saldature e al successivo e rapido raffreddamento si generano **tensioni** dovute sia al raffreddamento differenziato sia ad alterazioni strutturali del metallo: si rimedia a ciò mediante **trattamenti di normalizzazione**.

La saldatura a gas

Nell'ambito della saldatura a gas, si distingue la **saldatura ossiacetilenica**, se il gas combustibile impiegato è l'acetilene (C_2H_2), dalla **saldatura ossidrica**, se il gas combustibile è l'idrogeno (H_2).

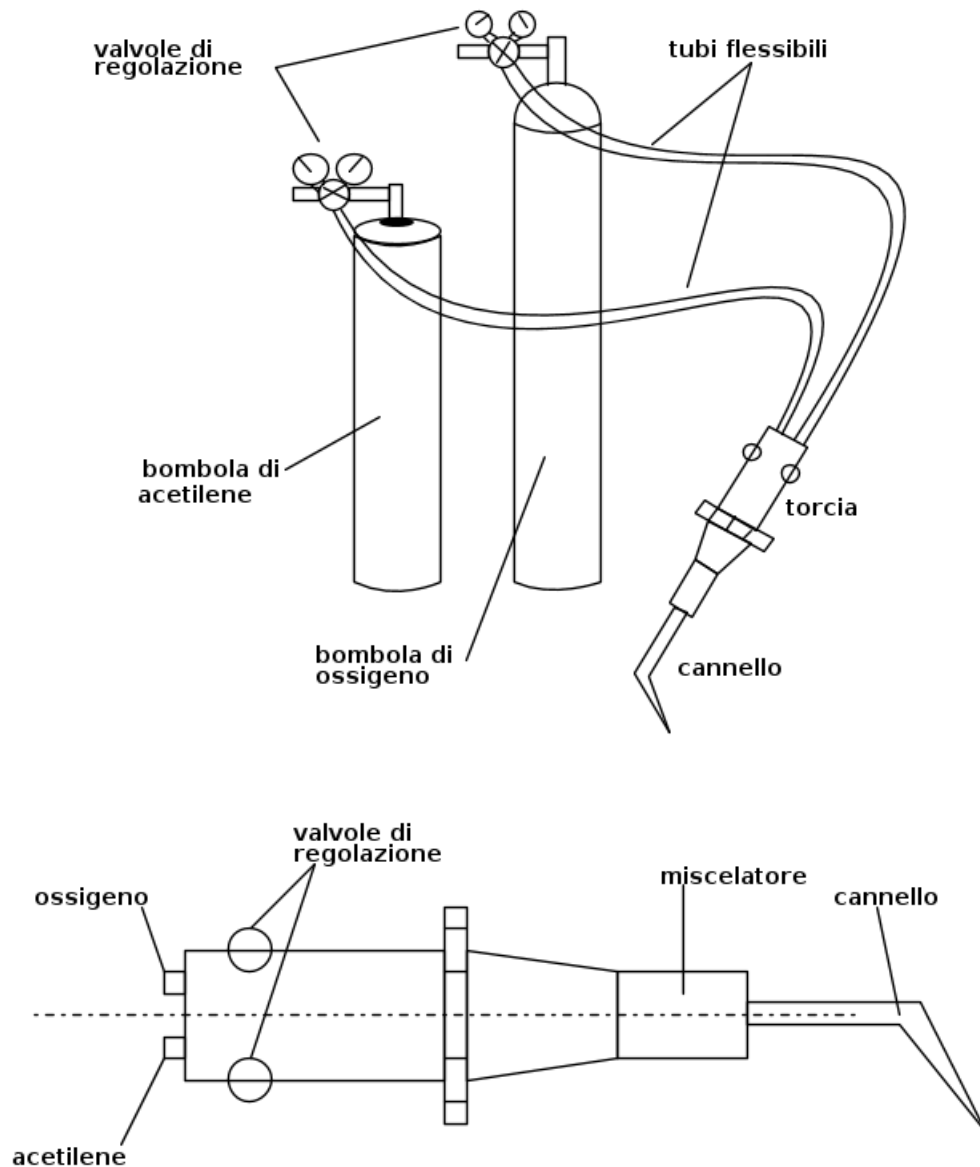
La temperatura di una fiamma ossidrica è più bassa della temperatura di una fiamma ossiacetilenica e quindi essa verrà usata per metalli che presentano basso punto di fusione.

In caso di saldatura ossiacetilenica il calore che serve è generato dalla reazione chimica di dissociazione dell'acetilene in monossido di carbonio e idrogeno e la seguente combustione con produzione di anidride carbonica, vapore d'acqua e calore. Le temperature possono arrivare anche a 3300 °C.

Nella figura che segue è ritratto un esempio di kit per saldatura a gas:



Nelle figure che seguono invece è fornita una rappresentazione schematica dell'attrezzatura per saldatura ossiacetilenica e del cannello:



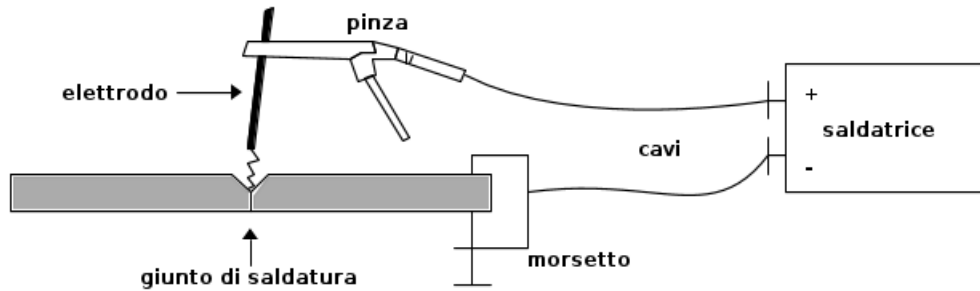
L'attrezzatura per saldatura è costituita dalle **bombole di combustibile e di ossigeno**, dotate di un gruppo riduttore-regolatore di pressione per adattare la pressione del gas a quella richiesta dal cannello e per mantenere costante il suo valore al cambiare della portata.

Mediante il **cannello** i gas vengono miscelati ed è possibile quindi regolare ed orientare la fiamma con delle valvole.

La saldatura ossiacetilenica può anche essere eseguita senza il ricorso al metallo d'apporto qualora le parti da unire abbiano uno spessore sottile. In caso contrario si utilizzerà come metallo d'apporto (che si rivelerà quindi indispensabile ai fini della formazione del cordone di saldatura) delle bacchette o fili di composizione chimica simile al metallo base.

La saldatura ad arco

La saldatura ad arco elettrico è la più diffusa. Un arco elettrico innescato fra un elettrodo e il metallo base delle parti da saldare fornisce l'energia termica necessaria a questo tipo di operazione.



L'arco elettrico produce temperature che vanno dai 5000 °C ai 30000 °C, molto più elevate di quelle del processo di saldatura ossiacetilenica.

Nella saldatura manuale l'elettrodo viene afferrato da una pinza mediante un'impugnatura ed è collegato ad uno dei due poli di un **generatore di corrente elettrica**. Il circuito è chiuso poi da un **morsetto** di massa che fa presa sulla parte metallica da saldare; esso è collegato al secondo polo del generatore. L'alimentazione può essere a corrente alternata o in corrente continua, con la polarità dell'elettrodo positiva o negativa. Gli **elettrodi** usati sono formati da barrette di materiale d'apporto con composizione simile a quella del metallo base. Queste barrette sono rivestite esternamente da una guaina di materiale che è meno fusibile al fine di proteggere il cordone di saldatura.

Si parla in tal caso di **elettrodi rivestiti** e, meglio, di **saldatura a elettrodo rivestito (SMAW)**, cioè Shielded Metal Arc Welding).

Il rivestimento dell'elettrodo ha lo scopo di:

- sviluppare dei gas che "abbraccino" l'arco evitando l'ossidazione;
- sviluppare gas ionizzati al fine di condurre la corrente elettrica e di stabilizzare l'arco;
- apportare al bagno di fusione alcuni elementi per migliorare le caratteristiche meccaniche del giunto di saldatura;
- ricoprire il bagno di fusione con una scoria fusa che permetta di proteggerlo dalle ossidazioni superficiali.

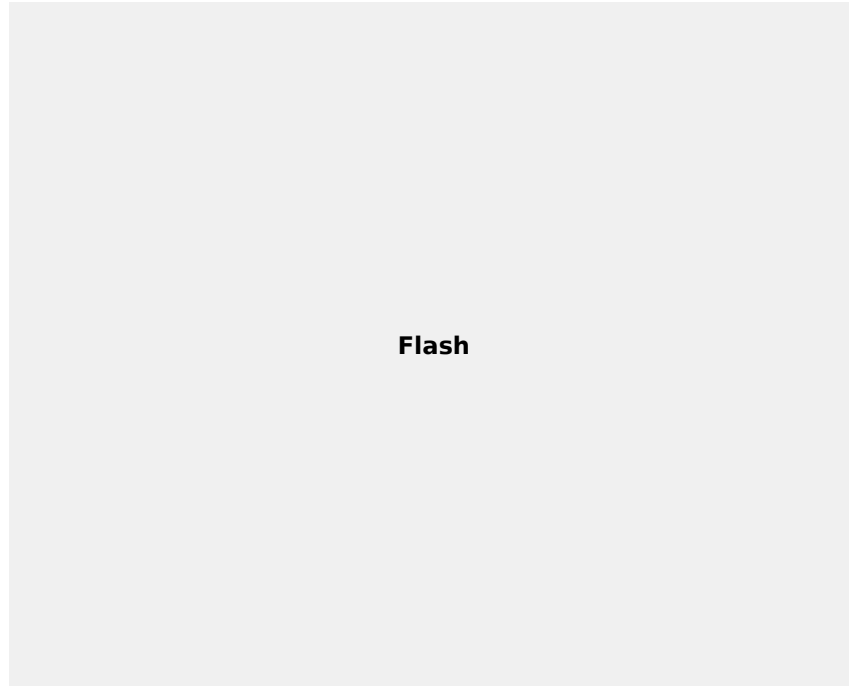
Un vantaggio di questo tipo di saldatura è sicuramente la forte capacità di penetrazione ed un riscaldamento contenuto nei pressi della zona di giunzione. Inoltre l'attrezzatura è semplice, trasportabile e non esosa dal punto di vista economico.

Spesso per processi di saldatura industriale si ricorre anche ad altre tipologie di saldatura ad arco che permettono di operare in maniera più rapida e in un ambiente insensibile alle reazioni chimiche degli elementi presenti: si segnalano a tal proposito (le citeremo solamente):

- la **saldatura in atmosfera protettiva** (si tratta di un'atmosfera inerte, formata da una miscela di gas come argon o elio e l'elettrodo può essere in metallo fusibile o infusibile);
- la **saldatura ad arco sommerso**.

Inoltre nelle saldature **a plasma** e **a laser** si può ottenere anche una fusione localizzata ad alte temperature.

Nel seguente video è mostrata la saldatura laser:



La saldatura a resistenza

Nella saldatura elettrica a resistenza, il calore richiesto è ottenuto **per effetto Joule** dalla resistenza elettrica delle parti da scaldare, che sono attraversate da corrente elettrica di notevole intensità.

La temperatura delle parti da saldare verrà innalzata fino al punto di fusione; esse vengono premute l'una contro l'altra tramite una opportuna pressione. La saldatura avviene così per fusione localizzata ma senza metallo d'apporto.

Tra i vantaggi di questo processo si ricorda che non è necessario ricorrere ad elettrodi consumabili, a gas protettivi o flussi e non ci sono problemi legati alle differenze di spessore delle parti che devono essere saldate.

La saldatura a resistenza permette di automatizzare il processo di saldatura per eseguire operazioni in serie, grazie all'impiego, ad esempio, di controlli numerici programmabili.

Nella **saldatura a resistenza per punti** (o saldatura a punti) due elettrodi in rame vengono premuti contro le due parti da saldare ed il calore generato per effetto Joule al passaggio della corrente consente la fusione localizzata delle parti metalliche in un punto che viene chiamato **nocciolo** e la cui successiva solidificazione porta alla formazione di un punto di saldatura.

Nella figura che segue è ritratto un **robot per saldatura a punti**:



Ci sono delle prescrizioni empiriche che prevedono una **distanza minima** tra i punti di saldatura e il bordo delle lamiere pari a :

$$(3s + 2) \text{ mm}$$

dove s è lo spessore della lamiera più sottile da collegare ed un interasse tra i punti di saldatura maggiore o uguale a:

$$(10s + 10) \text{ mm} .$$

La saldatura eterogena

Le saldature eterogene sono processi di saldatura in cui l'unione fra le parti è ottenuta solo grazie all'azione del metallo d'apporto, che ha una temperatura di fusione più bassa di quella del metallo base, che è depositato allo stato fuso tra le parti da collegare.

L'operazione è eseguita facendo sì che i bordi delle parti da saldare non arrivino al punto di fusione. La saldatura eterogena è impiegata :

- quando il metallo base non è facilmente saldabile;
- quando si deve evitare il riscaldamento dei pezzi per ridurre le deformazioni;

- quando le caratteristiche meccaniche del giunto di saldatura sono di scarso interesse.

Il metallo d'apporto funge quindi da adesivo fra le parti da saldare.

Si riconoscono due tipologie di saldature eterogene:

- **saldobrasature;**
- **brasature.**

La saldobrasatura

E' chiamata così perché il suo procedimento di esecuzione è analogo a quello della saldatura autogena. Infatti si procede allo stesso modo nella preparazione dei lembi delle parti che devono essere saldate. Il materiale d'apporto va depositato per mezzo di passate successive allo stesso modo di quanto avviene nella saldatura ossiacetilenica.

Nella figura che segue (tratta da <http://www.correntedonato.it/saldature.html>) è ritratto un esempio di saldobrasatura su rame:



La brasatura

Si distingue in:

- brasatura **dolce** (fino ai 400 °C);

- brasatura **forte** (tra i 500 e i 1000 °C).

Quando i lembi vengono accostati tra di loro, si fa in modo di lasciare uno spazio di pochi centesimi di millimetro. Così facendo si consente la bagnatura dei lembi per **infiltrazione capillare** da parte del metallo d'apporto fuso.

Un breve approfondimento sulla saldatura a stagno

Abbiamo citato nell'introduzione all'articolo la **saldatura a stagno**. E' il tipo di saldatura che interessa ovviamente molto gli utenti di questo sito. Ritengo perciò opportuno aggiungere alcune osservazioni, non certo un tutorial (che magari potrà scrivere qualche altro membro di ElectroYou, più esperto ;)) per evidenziarne alcune caratteristiche che ritengo importanti.

La saldatura a stagno consente il fissaggio dei componenti elettronici nei circuiti stampati e giunzioni varie di accessori elettrici, come noto e, come scritto in apertura all'articolo, utilizza come metallo d'apporto leghe di stagno con l'aggiunta di alcuni disossidanti. Ed è proprio in relazione al

metallo d'apporto

che devono essere effettuate le necessarie precisazioni.

La [**Normativa comunitaria RoHS**](#) (*Restriction of Hazardous Substances Directive*) **entrata in vigore il 1° Luglio 2006** impone infatti restrizioni in merito alle sostanze relative alla costruzione di apparecchiature elettroniche ed elettriche.

La lega utilizzata nelle saldature a stagno fino all'entrata in vigore della Normativa RoHS, era una lega stagno-piombo con composizione percentuale pari al 60-63 % di stagno e al 30-37 % di piombo, con temperature di fusione che si aggirano intorno ai 200 °C .

Con l'applicazione della normativa è necessario ricorrere a leghe esenti da piombo (**lead free**).

Quelle più comuni sono spesso chiamate **leghe SAC** cioè leghe di Stagno (**Sn**), Argento (**Ag**), Rame (**Cu**). Il loro diverso comportamento rispetto a quelle Stagno-Piombo, comporta una notevole modifica nei processi di saldatura.

Il loro punto di fusione è più alto di circa quaranta gradi centigradi e, allo stato fuso, si presentano meno "scorrevoli", avendo una maggiore tensione superficiale: ciò porta quindi la lega a non distendersi in maniera completa aumentando il rischio di *tombstoning*, cioè di sollevamento.

La temperatura maggiore comporta l'adozione di misure per mantenere l'integrità dei componenti elettronici e delle stesse schede.

La saldatura finale ha un aspetto opaco invece di quello lucido delle saldature effettuate con la vecchia lega al Pb.

Le nuove leghe sono inoltre più costose delle precedenti.

Quanto sopra, oltre ai problemi che le industrie devono affrontare e risolvere, ha comportato e comporta disagi anche per gli hobbisti. Il web è pieno di discussioni sul tema, a volte incredibilmente ed inutilmente accese.

Attrezzature e metodi

Come detto non sto proponendo un manuale di saldatura, ma mi limito a mostrare qualche apparecchiatura e qualche metodo di saldatura, con la speranza che possa costituire stimolo per gli altri blogger di approfondire le caratteristiche di apparecchiature e tecniche.

Nella figura che segue è mostrata una

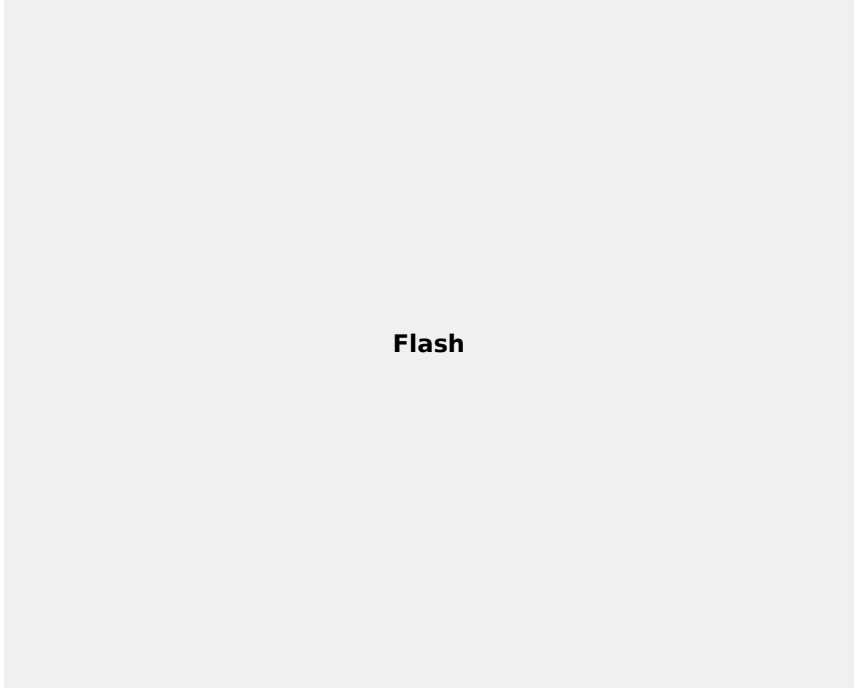
- classica **stazione saldante tradizionale** :



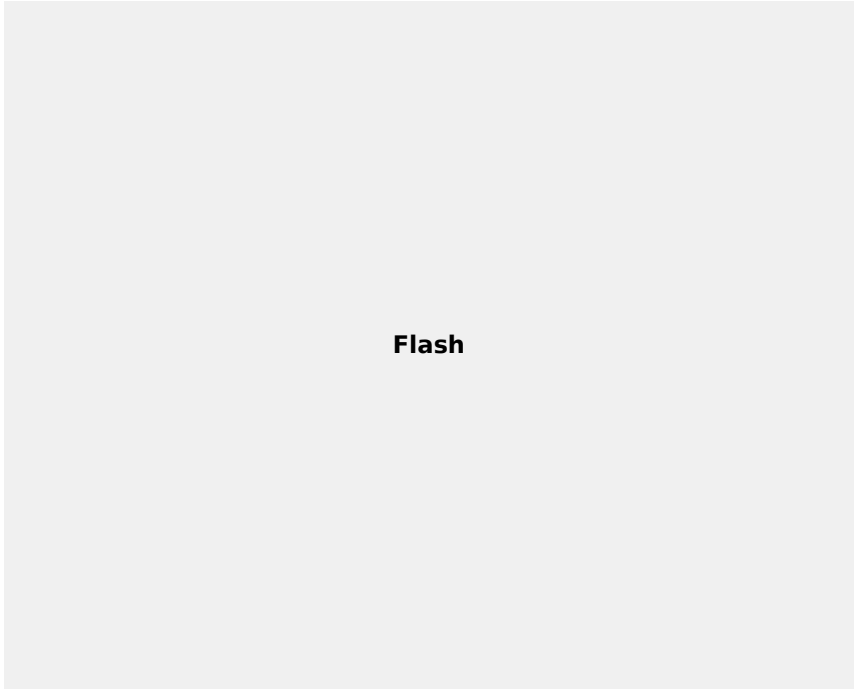
- In [questo documento](#) ci sono interessanti considerazioni sulla saldatura manuale con leghe senza piombo.

Ecco invece un paio di

- video che mostrano tecniche per saldare componenti [SMD](#) (**S**urface **M**ounting **D**eVICES).

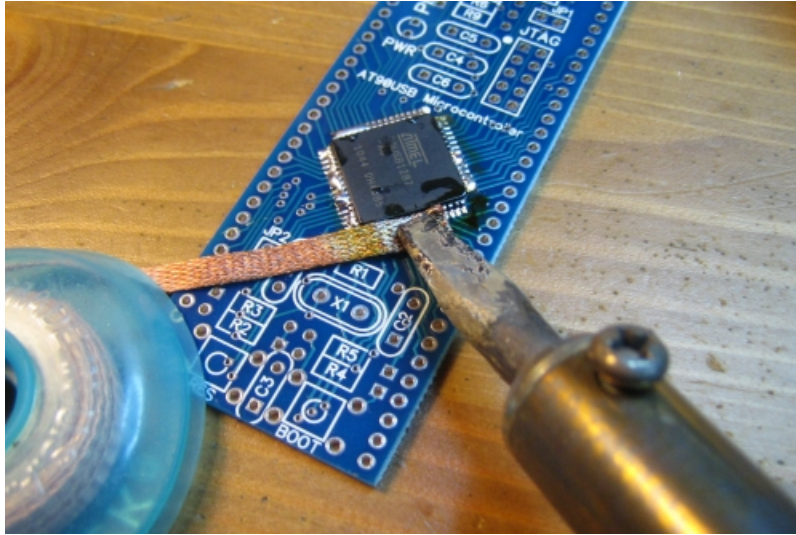
A large, light gray rectangular placeholder for an image, with the word 'Flash' centered in the middle.

Flash

A large, light gray rectangular placeholder for an image, with the word 'Flash' centered in the middle.

Flash

- L'immagine che segue



Fase di assorbimento dello stagno in eccesso

rappresenta invece la fase finale di assorbimento della tecnica usata da [Tardofreak](#) ed illustrato nel suo articolo [Pierin AT90 per sperimentare con gli AVR - parte II](#)

Beh, ci sono senz'altro molte altre cose da dire, ma la mia panoramica si ferma qui. Lascio la parola ai più esperti ;-)

Bibliografia

Disegno tecnico industriale - Chirone, Tornincasa.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Asdf:i-collegamenti-saldati>"