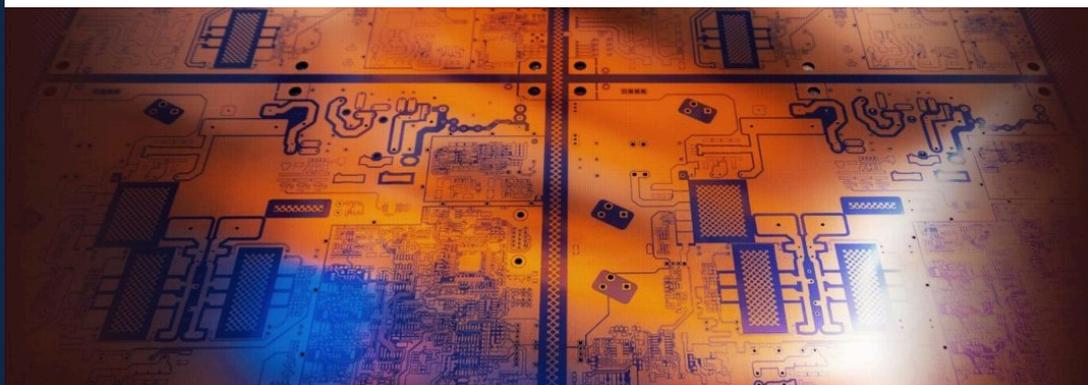


Superelettronica italiana! Viaggio in Eleprint, fabbrica di circuiti stampati di Elemaster

di Marco De' Francesco ♦ Miniaturizzazione estrema, efficienza energetica, flessibilità e sostenibilità: queste le caratteristiche del circuito stampato del futuro secondo Elemaster (395 milioni di ricavi). Eleprint, la divisione specializzata nella produzione di Pcb. Le fasi di realizzazione di un circuito stampato. Il focus sull'automazione. E sull'European Chip Act... ne parliamo con Veronica Bonfanti e Marco Moreale

3 Maggio 2024.



Il circuito stampato del futuro sarà caratterizzato da una miniaturizzazione estrema, consentendo l'impiego di dispositivi più piccoli e leggeri, ma allo stesso tempo più integrati e funzionali.

C'è un elemento strategico per l'industria manifatturiera, di cui poco si parla: il circuito stampato. Il Pcb, acronimo di "Printed Circuit Board", è la scheda su cui vengono montate le resistenze, i condensatori, i transistor, i circuiti integrati e altri componenti, ciascuno dei quali svolge un ruolo specifico nel funzionamento del dispositivo elettronico. Senza il Pcb, non esisterebbero i gli apparecchi elettronici. Grazie al Pcb, si riduce la complessità del cablaggio e si semplifica il processo di assemblaggio. Grazie alla sua versatilità, le aziende possono progettare Pcb su misura per soddisfare i requisiti unici dei loro prodotti, consentendo loro di differenziarsi sul mercato. Ancora, il Pcb è fondamentale per lo sviluppo e l'implementazione di nuove tecnologie e innovazioni nel settore dell'elettronica. Inoltre, l'automazione e la standardizzazione dei processi di produzione dei Pcb hanno contribuito a ridurre i costi e aumentare l'efficienza della produzione. Tutti argomenti che sono alla base di **Focus on Pcb**, la prima fiera europea dedicata all'industria dei circuiti stampati, in programma il 15 e 16 maggio 2024 a Vicenza. Solo che il Pcb parla cinese. Dimenticato dalle politiche europee, schiacciato dalla guerra al ribasso asiatica, il mondo del Pcb continentale si è ridotto ad un manipolo di imprese (150), di cui 30 in Italia. Di qui l'interesse e il **viaggio di Industria Italiana**: si trattava di capire **come funziona una fabbrica di Pcb e in quali condizioni può sopravvivere sul mercato.**

La fabbrica in questione è la **Eleprint** di Montecchia (Lecco), 21,5 milioni di fatturato e 90 dipendenti (di cui 30 nella filiale di Tito Scalo, Potenza). È parte del **Gruppo Elemaster** di Lomagna (Lecco) che, guidato dall'amministratore delegato **Valentina Cogliati**, ha realizzato revenue per **395 milioni di euro, con 1.700 dipendenti**. Elemaster è un'azienda che offre una gamma completa di servizi per la progettazione e la produzione di apparecchiature elettroniche avanzate. Fondata nel 1978, l'azienda opera a livello internazionale come fornitore di servizi meccatronici. Elemaster si occupa di ogni fase del ciclo di vita di un prodotto elettronico: dalla progettazione (Original Design Manufacturing) e prototipazione, alla citata produzione di circuiti stampati (Pcb) con Eleprint, all'assemblaggio di schede elettroniche nelle varie sedi del mondo e alla produzione di cavi in **Elemaster Romania**, il tutto per offrire soluzioni chiavi in mano, e altro ancora.

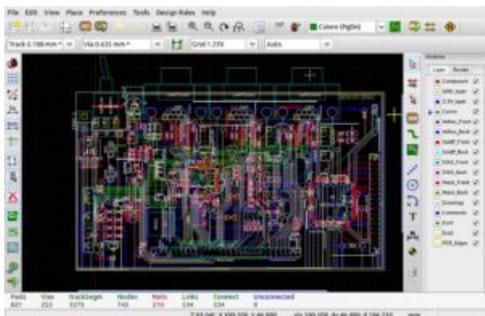


Sede di Eleprint a Montecchia (Lecco).

Tornando a **Eleprint**, in estrema sintesi il processo di produzione del Pcb si compone di una quarantina di fasi in successione. Riassumendo: la preparazione del design del circuito stampato, seguita dalla generazione dei file per la foto-esposizione e dalla preparazione del substrato. Successivamente, si procede con l'incisione del rame, con la foratura e con la placcatura dei fori. Si applica quindi la maschera saldante, si stampano il testo e i simboli, e si rifinisce il Pcb. Infine, dopo un'ispezione finale e i test funzionali, il Pcb è pronto per l'uso. Sono presenti macchine avanzate, come quelle che si occupano di realizzare forature con tolleranze inferiori ai 20 micron; e si svolgono controlli con potenti microscopi e con veri e propri laboratori di chimica applicata. L'automazione si adotta lì dove è possibile: un limite a quella avanzata è rappresentato dalla vasta diversità di dimensioni e forme dei circuiti, che sono su misura e mai identici.

Quanto al mercato, si punta sui settori in cui domina il contenuto tecnologico. Ad esempio, l'aerospazio, il medicale, il ferroviario e l'automazione industriale. Hanno accompagnato Industria Italiana in questo viaggio **Veronica Bonfanti**, chief commercial officer & corporate brand manager del Gruppo Elemaster, e **Marco Moreale**, sales manager in Eleprint.

Viaggio nella fabbrica del Pcb: la progettazione



KiCad, sviluppato dal Cern di Ginevra, rientra nella categoria dei Cad (Computer-Aided Design), ovvero programmi che assistono nella progettazione.

Nella progettazione di un circuito stampato, si parte dalla necessità del cliente di collegare determinati componenti per realizzare una scheda elettronica. Tradizionalmente, questa fase coinvolgeva l'intervento di un esperto che disegnava il circuito manualmente. Tuttavia, grazie all'avanzamento della tecnologia, è ora possibile utilizzare programmi appositi, come quello chiamato "**Sbrogliatore**". Questi software sono ampiamente disponibili sul mercato, con diverse aziende che ne offrono versioni commerciali. Inoltre, esistono anche programmi open source, tra cui uno dei più noti è **KiCad**, sviluppato dal Cern di Ginevra. KiCad rientra nella categoria dei Cad

(Computer-Aided Design), ovvero programmi che assistono nella progettazione, consentendo agli utenti di creare i layout dei circuiti in modo preciso e efficiente.

Che cosa si ottiene? Normalmente, dei **file Gerber**. Questi sono un formato standard utilizzato nell'industria dei circuiti stampati per descrivere il layout del Pcb: contengono le informazioni necessarie per la produzione del circuito, come tracce di rame, fori per i componenti, pads di saldatura e altri dettagli. Sono composti da una serie di file Ascii (file di testo che utilizzano un codice particolare per rappresentare caratteri alfanumerici e simboli), ciascuno dei quali rappresenta uno strato specifico del Pcb. Ad esempio, ci potrebbero essere file separati per il livello del rame superiore, quello del rame inferiore, i fori, le maschere di saldatura, le serigrafie dei componenti, e così via. Nel sistema Eleprint si ottiene una forma, un disegno fotografico e topografico che indica tutti i particolari.

Industria Italiana ha potuto osservare come questo viene realizzato in un apposito ufficio, detto "Cad-Cam".

Viaggio nella fabbrica del Pcb: le fasi della realizzazione

1) Il pannello e la pellicola



Marco Moreale, sales manager in Eleprint.

La realizzazione di un circuito stampato coinvolge diverse fasi che comprendono processi chimici, fisici e meccanici. Inizialmente, si parte da un pannello costituito da due strati di rame separati da un materiale dielettrico, liscio e uniforme. Questo pannello viene pulito accuratamente per rimuovere qualsiasi residuo o contaminante che potrebbe interferire con il processo di incisione.

«Il dielettrico può essere di spessore da 100 micron sino a 3,2 millimetri. Quello del rame da 9 a 14 micron. Il 90% delle combinazioni è reperibile in magazzino. Ci sono due aziende in Europa e una negli Usa che producono i laminati; 2 in Giappone e una moltitudine in Cina» – afferma **Marco Moreale**.

Peraltro il pannello può avere un numero diverso di strati, **dal monofaccia sino a 70-80 layer**, anche se poche aziende al mondo hanno capabilities per arrivare a questi numeri. Come Industria Italiana ha potuto constatare, Eleprint dispone di una camera particolare dove si realizzano i pannelli multistrato più complessi. Il processo è automatizzato e una pressa allinea i layer e li compatta.

Successivamente il pannello viene rivestito con una sottile pellicola fotosensibile (detta dry-film) che viene attentamente applicata sul substrato garantendo che sia strettamente aderente e priva di bolle d'aria o pieghe. Su questa pellicola si disegna l'immagine del circuito, tramite espositori laser o a diodi-led tramite i file prodotti dal Cad-Cam. Le parti esposte della pellicola diventano insolubili, mentre le aree non esposte rimangono solubili: il fatto è che la pellicola, se sottoposta

ad una sorgente luminosa in banda opportuna (da 365 a 405 nanometri), subisce una polimerizzazione, modificando la sua struttura chimica.

Dopo l'esposizione, il substrato viene immerso in una soluzione chimica chiamata sviluppo, che rimuove le parti impressionate in negativo, lasciando esposto il rame nelle aree corrispondenti al disegno del circuito.

Una volta completati questi passaggi, il substrato mostra il motivo del circuito in rame esposto, pronto per il processo di incisione chimica.

2) Il processo di incisione chimica



La soluzione chimica ammoniacale utilizzata per l'incisione (solitamente acido cloridrico o ammoniaca) viene preparata e riscaldata alla temperatura ottimale per garantire un'azione efficace.

Il substrato preventivamente preparato viene immerso nella soluzione chimica, che aggredisce il rame mettendo così in evidenza solo le tracce conduttive sul Pcb seguendo il disegno definito dai file del cliente.

Durante l'incisione chimica, è fondamentale mantenere sotto controllo vari parametri come la temperatura, la concentrazione della soluzione e il tempo di immersione per garantire una rimozione uniforme del rame e prevenire danni al substrato.

Una volta completata l'incisione, il substrato viene accuratamente risciacquato con acqua per rimuovere eventuali residui. Successivamente, può essere sottoposto a un processo di neutralizzazione utilizzando una soluzione alcalina

Dopodiché, il Pcb viene ispezionato attentamente per verificare la qualità delle tracce conduttive e la presenza di eventuali difetti. Se necessario, possono essere eseguite operazioni di rifinitura, come la pulizia delle tracce o la rimozione di eventuali residui di rame non desiderati.

Industria Italiana ha peraltro potuto osservare che Eleprint dispone di particolari strutture, anche di imponenti dimensioni, per lo stoccaggio e per il riciclo di sostanze chimiche. Nulla viene disperso nell'ambiente.

I processi che si svolgono in Eleprint richiedono un notevole consumo energetico; «ma noi siamo quasi autosufficienti, grazie all'installazione di pannelli fotovoltaici sul tetto, che ci permettono di produrre buona parte dell'energia necessaria» – commenta **Marco Moreale**.

3) La foratura

La fase di foratura è un passaggio cruciale che coinvolge la creazione di fori attraverso il substrato del Pcb per consentire il montaggio dei componenti elettronici. Si utilizzano macchine specializzate chiamate foratrici a controllo numerico.

«Ci sono macchine speciali che **forano fino a 100 micron** con una produttività che arriva fino a 10mila fori in un'ora. Alcuni circuiti hanno anche 40mila fori» – afferma **Marco Moreale**. In Eleprint Industria Italiana ha potuto osservare una di queste macchine che ha un grado di precisione di 20 micron.

I fori possono avere diverse dimensioni e tipologie, come quelli per i piedini dei componenti, quelli di montaggio e quelli passanti per le connessioni.

Dopo la foratura, i fori possono essere sottoposti a un processo di placcatura per garantire la loro conducibilità e durata. Durante e dopo il processo, vengono eseguiti controlli di qualità per garantire che siano conformi alle specifiche del progetto e liberi da difetti.

4) Test funzionale

Successivamente, il Pcb viene sottoposto a test elettrici per verificare il corretto funzionamento del circuito. Questi test possono includere misurazioni di tensione, corrente, resistenza e altre caratteristiche elettriche per garantire che il circuito soddisfi le specifiche di progetto.

5) Finitura del Pcb

Una volta superati i test funzionali, il Pcb può essere sottoposto a una varietà di finiture superficiali per proteggerlo dall'ossidazione e migliorare le prestazioni a lungo termine. Queste finiture possono includere l'immersione in oro, l'argentatura o l'immersione in stagno, a seconda delle esigenze specifiche dell'applicazione.

6) Taglio del Pcb

Infine, il Pcb viene tagliato alle dimensioni desiderate utilizzando fresatrici a controllo numerico o un taglio laser. Questo processo di taglio permette di ottenere i Pcb finali, pronti per essere montati nei dispositivi elettronici.

7) Saldatura dei componenti

Una volta che il Pcb è stato tagliato in singole figure o in array, è il momento di montare fisicamente i componenti elettronici. Questo può essere fatto manualmente ma principalmente utilizzando macchine di montaggio automatico, a seconda delle dimensioni del Pcb e del numero di componenti da inserire. Questa fase non è realizzata da Eleprint, ma da altre aziende del Gruppo Elemaster.

8) Ispezione



Dopo il montaggio dei componenti, la scheda assemblata viene sottoposta a un'attenta ispezione visiva e, in alcuni casi, a test automatici per garantire che tutti i componenti siano stati saldati correttamente e che non ci siano cortocircuiti o difetti di produzione.

Come Industria Italiana ha potuto constatare, Eleprint dispone di un laboratorio chimico dedicato alla supervisione dei prodotti. Si monitorano attentamente le variazioni dei parametri di riferimento e si interviene di conseguenza. Si effettuano anche sezioni metallografiche per esaminare difetti, imperfezioni e problemi potenziali.

«Una sezione metallografica è una sottile fetta di materiale metallico, solitamente preparata per analisi microscopiche. Questo tipo di sezione viene ottenuto attraverso un processo che

varie fasi come il taglio, la smerigliatura, la lucidatura e l'attacco chimico del campione metallico. Una volta preparata, la sezione metallografica può essere analizzata al microscopio ottico o al microscopio elettronico per studiare la microstruttura del materiale, osservare la distribuzione delle fibre» – afferma **Veronica Bonfanti**.

Grazie a un microscopio ad alta risoluzione, i tecnici di Eleprint analizzano dettagli fino a pochi micron di dimensione.

Viaggio nella fabbrica del Pcb: l'automazione



Veronica Bonfanti, chief commercial officer di Eleprint & corporate brand manager del Gruppo Elemaster.

Si diceva dei limiti all'automazione avanzata. «Cerchiamo di automatizzare il più possibile, ma sempre nel rispetto del processo», afferma **Veronica Bonfanti**. In alcuni casi infatti, il pannello viene ancora posizionato manualmente sulla macchina, soprattutto quando si tratta di un processo misto che coinvolge più fasi; anche nei circuiti di alta qualità, l'intervento dell'operatore è essenziale. «Abbiamo un sistema integrato per la gestione dei materiali, la produzione e la tracciabilità, particolarmente cruciale nel settore ferroviario, dove la durata nel tempo è fondamentale e la capacità di risalire a ritroso è necessaria nel caso di problemi. Il nostro Erp è progettato appositamente per i produttori di circuiti stampati», continua **Bonfanti**.

I consumi

«Anche se i nostri processi richiedono un notevole consumo energetico, siamo parzialmente autosufficienti grazie all'installazione di pannelli fotovoltaici sul tetto, che ci permettono di produrre buona parte della nostra energia», **Bonfanti**.

Le prospettive di mercato

Come si accennava, il mercato è dominato da Cina, Giappone, Usa, Taiwan e Corea. «L'80% dei volumi degli stampati è realizzato in Cina, che infatti si occupa dei settori di riferimento che richiedono una messe continua e consistente di prodotto, come l'automotive» – afferma **Veronica Bonfanti**.

Eleprint e il mercato

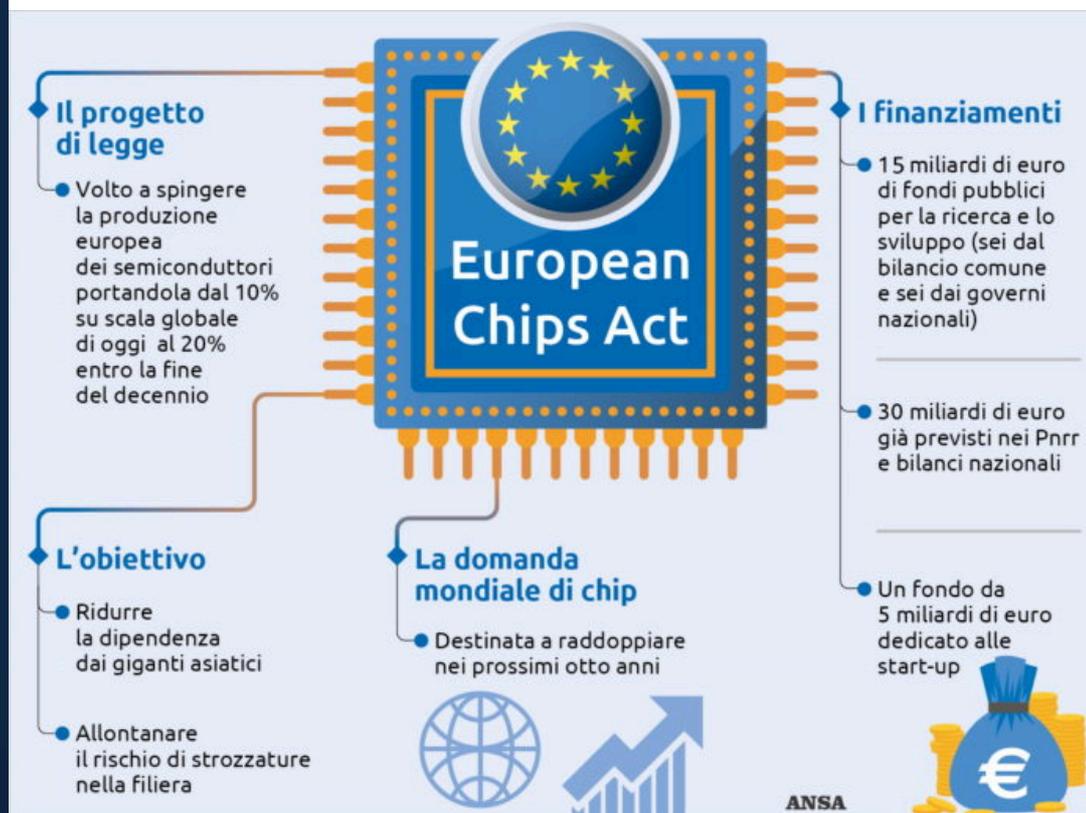
«In questo momento la tendenza del mercato è quella "low cost"», dice **Veronica Bonfanti**. È un contesto in cui, in linea generale, Eleprint, anche se produce 20mila metri quadrati di stampato all'anno e non milioni come le aziende cinesi, cerca di competere. Come si accennava, ci sono tuttavia dei settori in cui il know-how e la tecnologia sono più importanti della quantità e del prezzo. Ad esempio il comparto ferroviario, oltre a quello dell'automazione industriale.

medicale, la Difesa, l'aerospaziale. Pochi pezzi, ma di alta qualità. La quota export è del 40%, ed è per lo più diretta in Europa.

Anche Elemaster (che, come detto, si occupa delle schede) offre i propri servizi a tutti i settori industriali, pur non disdegnando i mercati di nicchia: ad esempio, ha ottenuto un'importante commessa per le schede nel contesto del progetto Square kilometre array (Ska) in riferimento alla parte di gestione elettronica di radiotelescopi distribuiti in siti selezionati in diverse parti del mondo. I siti principali saranno in due regioni geografiche: l'emisfero meridionale (in particolare in Africa e in Australia) e l'emisfero settentrionale (in Europa).

L'European Chips Act non tiene conto del circuito stampato

Per quanto riguarda il circuito stampato, non è stato preso in considerazione nell'European Chips Act, il cui obiettivo principale è quello di ridurre la dipendenza dell'Europa dalle importazioni di chip e di promuovere un ecosistema industriale europeo più forte e competitivo nel settore dei semiconduttori.



I Pcb non sono stati presi in considerazione nell'European Chips Act, il cui obiettivo principale è quello di ridurre la dipendenza dell'Europa dalle importazioni di chip e di promuovere un ecosistema industriale europeo più forte e competitivo nel settore dei semiconduttori.

«Negli Stati Uniti si è deciso di proteggere il know-how e la produzione interna dei circuiti stampati, mentre in Europa questo aspetto è stato trascurato», spiega **Bonfanti**. Il numero di aziende europee nel settore è diminuito dalle **1.700 degli ultimi anni Novanta a solo 150 al giorno d'oggi**, con soltanto una trentina di esse operative in Italia. «I chips richiedono necessariamente la produzione di Pcb, il cui dominio è riservato alla Cina, e ciò non è vantaggioso né per il Vecchio Continente né per noi. Si è pensato ai chip, ma non ai circuiti stampati. Ad esempio, sarebbe stato possibile incentivare lo sviluppo e la ricerca delle aziende che operano nel nostro settore con agevolazioni fiscali e con forme di protezionismo come avvenuto in America», conclude **Bonfanti**.

Il circuito stampato del futuro

Il circuito stampato del futuro sarà caratterizzato da una miniaturizzazione estrema, consentendo l'impiego di dispositivi più piccoli e leggeri, ma allo stesso tempo più integrati e funzionali.

miniaturizzazione sarà accompagnata da una maggiore flessibilità, permettendo ai circuiti di adattarsi a forme irregolari e di essere utilizzati in una varietà di applicazioni portatili e indossabili.

Inoltre, il futuro vedrà un'enfasi sulla sostenibilità, con l'adozione di pratiche di produzione eco-compatibili e materiali riciclabili, riducendo così l'impatto ambientale. Allo stesso tempo, le nuove tecnologie di produzione consentiranno la realizzazione di circuiti con geometrie ultra-precise e dettagli nanometrici, aprendo la strada a nuove possibilità di progettazione e funzionalità avanzate. Infine, l'efficienza energetica sarà una priorità, con circuiti progettati per massimizzare l'efficienza e ridurre al minimo il consumo di energia, garantendo prestazioni ottimali anche con fonti energetiche limitate.

