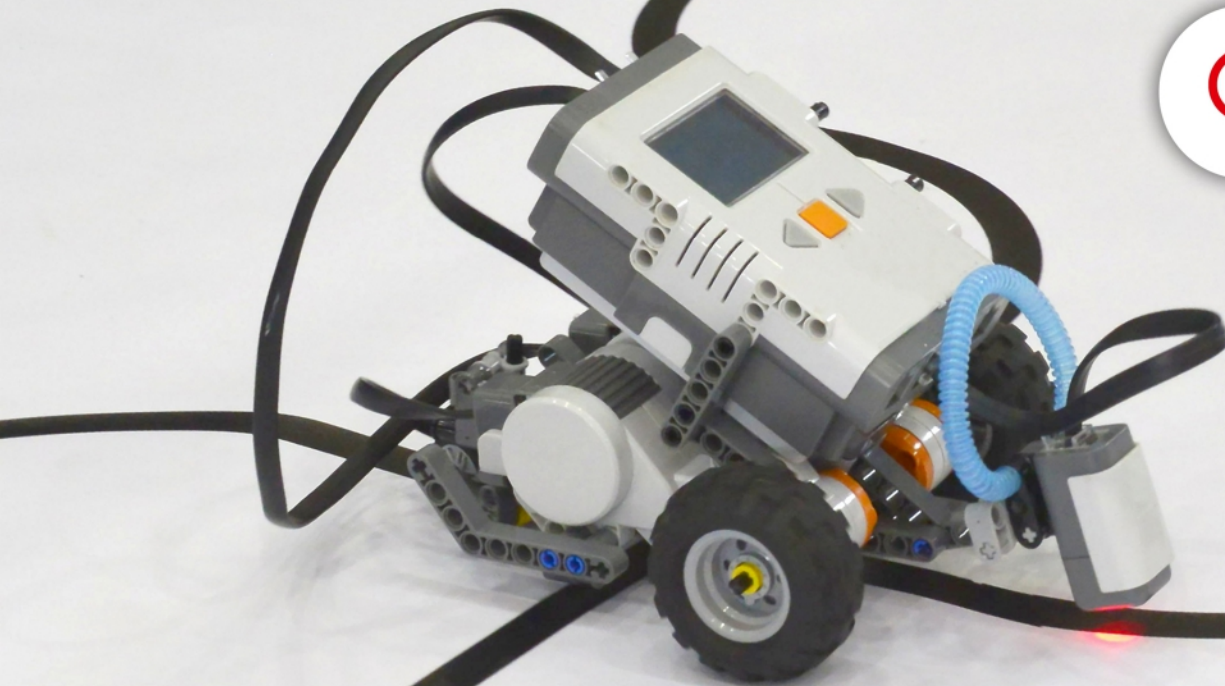


POWER/MOTOR POWER MANAGEMENT

 **elektor** ARTICLES INSIDE
design > share > sell



IN QUESTO NUMERO:

PRAM, IL TUO PRIMO ROBOT AUTONOMO MOBILE - PARTE 3

DRONI AUV

ELECTRICAL ENERGY STORAGE

ARTICOLI DEL MAGAZINE ELEKTOR

SUPERCONDENSATORI IBRIDI

E MOLTO ALTRO!

COSA LEGGERAI NEL 2021?

<i>TOPICS</i>	<i>MAKERS ZONE</i>	<i>DATA DI PUBBLICAZIONE</i>
Open Source IoT	Sensors	1 Febbraio
Automation	Industry4.0	1 Marzo
Energy Management	Energy Harvesting	1 Aprile
Wireless/RF	Smart Projects	1 Maggio
Automotive	Smart Mobility	1 Giugno
Open Source IoT	Blockchain	1 Luglio
Artificial Intelligence	Robotics	1 Settembre
LED/Optoelectronics	Smart Lighting	1 Ottobre
Power/Motor	Power Management	1 Novembre
Open Source IoT	Embedded Systems Design	1 Dicembre

GLI ARTICOLI

Elettronica Open Source

&

elektor
design > share > sell

**IN UN SOLO
MAGAZINE!**

**OGNI MESE
SU FIRMWARE 2.0**

**2 ARTICOLI
DI ELEKTOR**



L'AI A PORTATA DI MANO

BASATO SU RP2040

La parte compatibile con Raspberry Pi Pico è basata su un microcontrollore RP2040 dual ARM Cortex-M0+, con 8MB Flash QSPI, 133MHz di clock e 2x 64KB on-chip SRAM

FEATURING ESP32

L'ESP32 completamente programmabile, basato su un Xtensa 32-bit LX6 dual-core, con 16MB di flash, memoria, 8MB PSRAM, Wi-fi e BT e BLE

PRONTA PER L'AI

TinyML / TensorFlow Lite /
MicroPython

SENSORI INTEGRATI

9-axis IMU + Microfono

COMPLETAMENTE PROGRAMMABILE

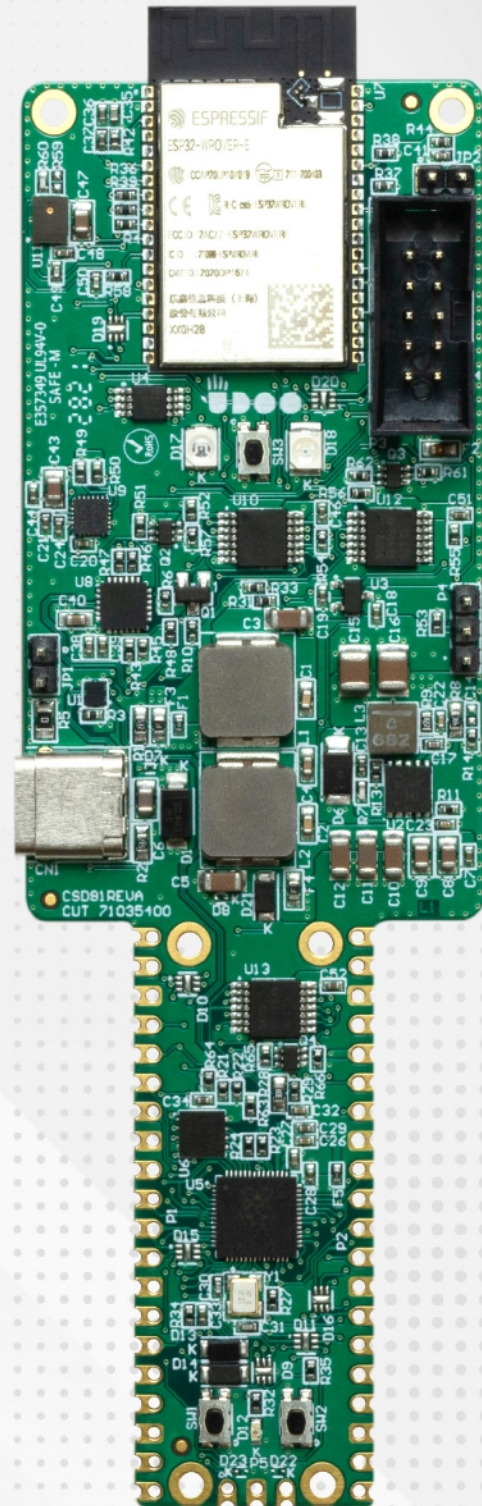
Per darti infinite possibilità di scelta

CONNETTIVITÀ WIRELESS

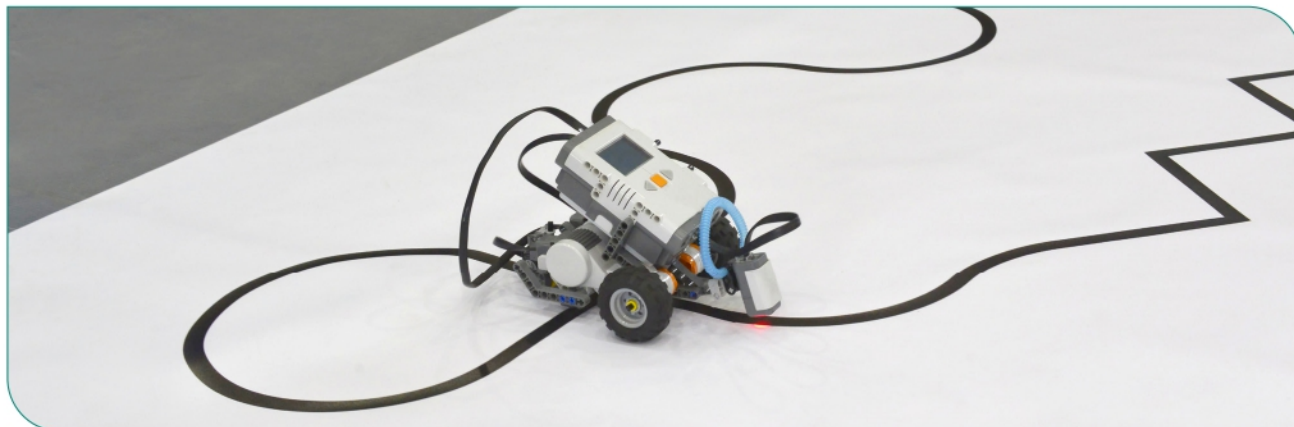
Wi-fi / Bluetooth / BLE

TANTISSIMI I/O

Per un'espandibilità illimitata



POWER/MOTOR POWER MANAGEMENT



Founder&Editor

Emanuele Bonanni

CFO

Lidia Balica

Editorial Assistant

Maria Pisani

Maker in Chief

Giordana Francesca Brescia

Advertising & Marketing

Cristian Balica

cristian@contangosl.com

Graphic Designer

Marilde Mirra

Circulation

Users - 142.733

Social Network - 129.789

© Copyright

Tutti i diritti di riproduzione o di traduzione degli articoli pubblicati sono riservati. Manoscritti e disegni sono di proprietà di Contango SL.

E' vietata la riproduzione anche parziale degli articoli salvo espressa autorizzazione scritta dell'editore. I contenuti pubblicitari sono riportati senza responsabilità, a puro titolo informativo.

EDITORIALE

MINIATURIZZAZIONE E POTENZA DI ELABORAZIONE

5

ELECTRICAL ENERGY STORAGE: STATO DELL'ARTE DELLE NUOVE TECNOLOGIE

6

SUPERCONDENSATORI IBRIDI: L'ALTERNATIVA ALLE BATTERIE AGLI IONI DI LITIO

10

PRAM, IL TUO PRIMO ROBOT AUTONOMO MOBILE - PARTE 3

15

LE MODERNE TECNOLOGIE DEI CIRCUITI STAMPATI

25

MADMACHINE SWIFTIO BOARD-IL LINGUAGGIO MODERNO INCONTRA L'HARDWARE MODERNO

30

UDOO KEY, L'INNOVATIVA PIATTAFORMA AI BASATA SU RP2040 E ESP32

35

LE SCHEDE DI SVILUPPO ARDUINO NANO RP2040 CONNECT E RASPBERRY PI PICO SONO DISPONIBILI PRESSO FARNELL

42

CIRCUITI STAMPATI FLESSIBILI: L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI PCB PER I DISPOSITIVI ELETTRONICI

44

SUPERCAPACITORI COME TECNOLOGIE PER IL RISPARMIO ENERGETICO

50

BATTERIE DI NUOVA GENERAZIONE: COSA BOLLE IN PENTOLA?

56

ENERGIA SOLARE PER UN ROBOT TAGLIAERBA - ECOLOGICO, ECONOMICO, SEMPLICE!

60

PROPULSIONE E POTENZA NELLO SPAZIO

67

DRONI: COSA SUCCEDERÀ CON L'ARRIVO DEL BVLOS?

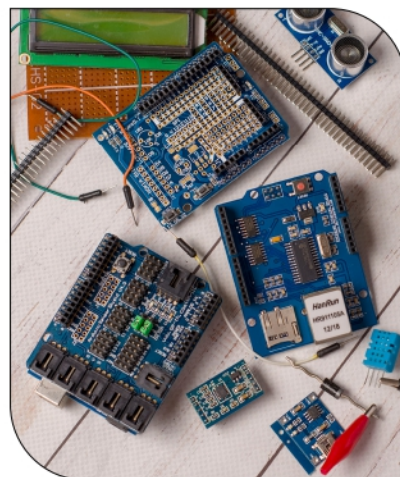
72

DRONI AUV: COSA SONO E QUALI SARANNO GLI SVILUPPI NEI PROSSIMI ANNI?

76

LA GESTIONE ENERGETICA NELLE TECNOLOGIE PER LO SPAZIO

79





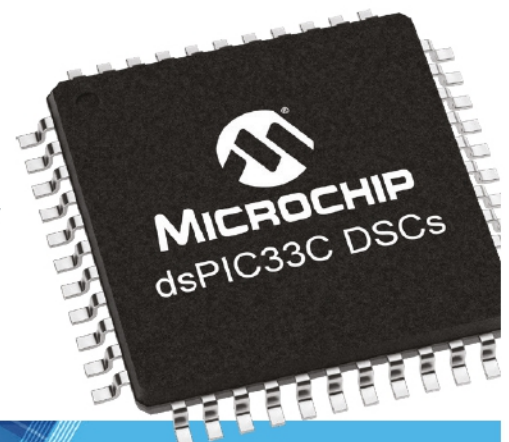
DSC dsPIC33C per una robusta progettazione industriale

Altissima affidabilità e robustezza anche in ambienti difficili

La famiglia dsPIC33C offre un core ad alte prestazioni da 100 MIPS con motore DSP, ideale per implementare funzioni matematiche intensive. Offre inoltre un ricco set di periferiche progettate per soddisfare le esigenti richieste in applicazioni di automazione e di controllo industriale real-time.

Aspetti salienti:

- Temperatura di esercizio fino a 150°C per prestazioni robuste anche in condizioni estreme
- Il core ad alte prestazioni offre una risposta deterministica per il tuo progetto di unità di controllo
- Fino a due core indipendenti con le proprie periferiche per consentire l'integrazione di funzioni di alto livello e semplificare lo sviluppo
- L'integrazione analogica di alto livello offre un condizionamento e una misura del segnale di livello superiore e riduce il costo complessivo della distinta base
- Periferiche di comunicazione robuste, tra cui CAN FD, LIN e SENT
- I DSC dsPIC33C e i dispositivi ATECC608 consentono una solida implementazione della sicurezza
- I DSC Functional Safety Ready aiutano a raggiungere i livelli di sicurezza funzionale IEC 61508 SIL 2 e Class B



microchip.com/dsPIC33C



Il nome e logo Microchip e il logo Microchip sono marchi industriali registrati di Microchip Technology Incorporated negli U.S.A. e in altri Stati. Tutti gli altri marchi menzionati appartengono ai rispettivi titolari.
© 2021 Microchip Technology Inc. Tutti i diritti riservati.
DS40002347A, MEC2394A-ITA-10-21

MINIATURIZZAZIONE E POTENZA DI ELABORAZIONE

Cari lettori, vi presentiamo oggi il nuovo numero della rivista tecnica digitale Firmware 2.0. Il focus di questo mese è dedicato al settore Power/Motor-Power Management. Gli sviluppi nel campo della progettazione elettronica hanno portato nel corso del tempo ad una crescente e continua miniaturizzazione dei componenti elettronici. La rivoluzione digitale ha generato un incremento dell'uso di dispositivi dalle dimensioni estremamente compatte, in grado anche di svolgere attività che richiedono una capacità computazionale di diversi ordini di grandezza. Nel campo embedded un esempio è il famosissimo single board computer Raspberry Pi lanciato dalla Raspberry Pi Foundation, e le sue diverse versioni che si sono succedute nel corso degli anni e che vantano una potenza di calcolo importante se paragonata a quella di dispositivi di dimensioni simili. In pratica, un vero e proprio mini computer tascabile. Verrebbe da chiedersi in che termini possiamo pensare che esista un limite alla miniaturizzazione sempre più spinta dei componenti elettronici. Sono passati ormai molti anni dall'invenzione del transistor, l'evento che ha cambiato più di tutti la storia dei circuiti elettrici. I primi chip installati su piccole schede di silicio sono stati i veri e propri precursori della miniaturizzazione dei componenti elettronici. Le dimensioni dei transistor sono sempre più piccole, raggiungendo l'ordine di grandezza della nanoscala. I chip e i transistor rappresentano quindi il fulcro di questo cambiamento che si è sviluppato gradualmente nel tempo e che ha permesso al moderno mercato dell'elettronica di vantare oggi dispositivi dal package sempre più compatto. Questo trend era stato già anticipato da Gordon Moore, co-fondatore di Intel, nel lontano 1965 attraverso la formulazione della nota Legge di Moore, punto di riferimento dell'innovazione in campo elettronico e del progresso tecnologico. La legge di Moore descrive appunto il trend crescente del numero di componenti che possono essere inseriti in un circuito integrato. Punti nevralgici dell'evoluzione dei componenti elettronici sono la ricerca di materiali sempre più innovativi e le tecniche di fabbricazione all'avanguardia, anche grazie ai continui progressi nei processi produttivi di ultima generazione. La miniaturizzazione dei processori accelera la rivoluzione digitale poiché consente di ottenere un aumento di potenza del computing, garantendo al contempo una notevole riduzione dei costi di fabbricazione. Tutto ciò amplia anche i campi applicativi ai quali si rivolgono i diversi dispositivi elettronici e ne attribuisce flessibilità e adattabilità a diversi contesti, con un occhio di riguardo anche alle criticità legate all'efficienza energetica e alla gestione dei consumi dei dispositivi. Allo stesso tempo, sarà necessario puntare anche su nuove tecnologie alternative in termini di materiali, visto il limite fisico di una continua miniaturizzazione dei processori, che non potrà protrarsi all'infinito. Tra alcuni anni la riduzione delle dimensioni dei componenti elettronici e la miniaturizzazione dei transistor, probabilmente non rappresenteranno più una condizione necessaria e sufficiente per garantire l'alta velocità di elaborazione, i minori consumi e l'abbattimento dei costi. Tuttavia, come sosteneva lo stesso Gordon Moore, qualora il raddoppio dei transistor dovesse interrompersi per ovvi limiti fisici, "l'Elettronica continuerà a trovare la sua strada in ogni angolo della nostra esistenza."

Buona lettura!

Giordana Francesca Brescia

ELECTRICAL ENERGY STORAGE: STATO DELL'ARTE DELLE NUOVE TECNOLOGIE

di **Daniele Valanzuolo**

Tra mobilità elettrica e dispositivi ovunque connessi c'è un fattore comune: la necessità di sistemi di accumulo dell'energia elettrica adeguati ad ogni specifica esigenza.

INTRODUZIONE

Seppur in questo settore ci sono ormai tecnologie affermate (batterie al piombo, batterie a litio e supercap), gli scienziati di tutto il mondo continuano le proprie ricerche per creare nuove tecnologie di accumulo con due principali obiettivi:

- adoperare nuovi materiali per superare la scarsità delle materie prime come il litio
- ottenere il sistema di accumulo perfetto, ossia veloce, leggero ed economico

In un mondo sempre più connesso (l'era dell'Internet of Things) ed elettrico (mobilità elettrica a tutti i livelli), l'utente finale desidera sempre oggetti con una maggiore autonomia, sia se stiamo parlando di automobili elettriche, che di veicoli per la micro-mobilità o semplicemente lo smartphone e i fitness tracking che abbiamo tutti in tasca e al polso. Le odierne tecnologie di immagazzinamento dell'energia a tutti i livelli **sono basate principalmente su tecnologie che fanno largo uso di litio e derivati**. La scarsità delle materie prime (le miniere di litio scarseggiano e sono in mano a potenze economiche come la CINA che le gestiscono come monopolio), la presenza di un processo di smaltimento pericoloso e l'esigua carica specifica immagazzinata, causano delle forti limitazioni all'utilizzo massivo della tecnologia a litio. Innumerevoli team di ricercatori in tutto il mondo stanno lavorando con i loro progetti in questo ambito, puntando ad ottenere batterie utilizzando prodotti più economici, che garantiscano maggior densità di carica, più leggerezza e soprattutto sicurezza in termini di utilizzo e smaltimento.

L'EVOLUZIONE DELLE BATTERIE A LITIO

Negli ultimi decenni la tecnologia a litio si è affermata nella maggior parte dei settori. Nelle batterie a litio (si veda la **Figura 1**), o più precisamente **agli ioni di litio Li-Ion**, l'immagazzinamento di carica è fornito appunto dalle cariche degli ioni di litio. Dalla nascita di questa tecnologia, ad oggi, sono state create e commercializzate innumerevoli soluzioni che rientrano nella categoria delle batterie Li-Ion, ma che in realtà sono state perfezionate chimicamente con l'aggiunta di ulteriori materiali (fosfati, grafite, silicio, titanio, etc.). Nel corso del tempo la tecnologia ha raggiunto un elevato livello di maturità e di avanguardia, con prestazioni mai raggiunte dalle altre tecnologie (**la ricarica rapida**), con un'auto-scarica (self-discharge) molto bassa e **prestazioni di ciclo elevate**.

LE BATTERIE A STATO SOLIDO

Le principali tecnologie delle batterie agli ioni di litio utilizzano al proprio interno un elettrolita liquido in cui le cariche possono muoversi. Nonostante l'elevata efficienza di questa soluzione, l'utilizzo di liquidi infiammabili rende questa applicazione molto pericolosa, oltremodo che costosa per l'utilizzo di particolari materiali per garantire la separazione degli elettrodi e per evitare le fuoriuscite di elettrolita. Negli ultimi anni sono stati sviluppati elettroliti allo stato solido che forniscono un livello di sicurezza maggiore, soprattutto se applicati in ambito automotive. La struttura fisica delle batterie allo stato solido presenta sia elettrodi che elettroliti in forma solida (si veda la **Figura 2**).

La doppia funzionalità dell'elettrolita solido (elettrolita ma

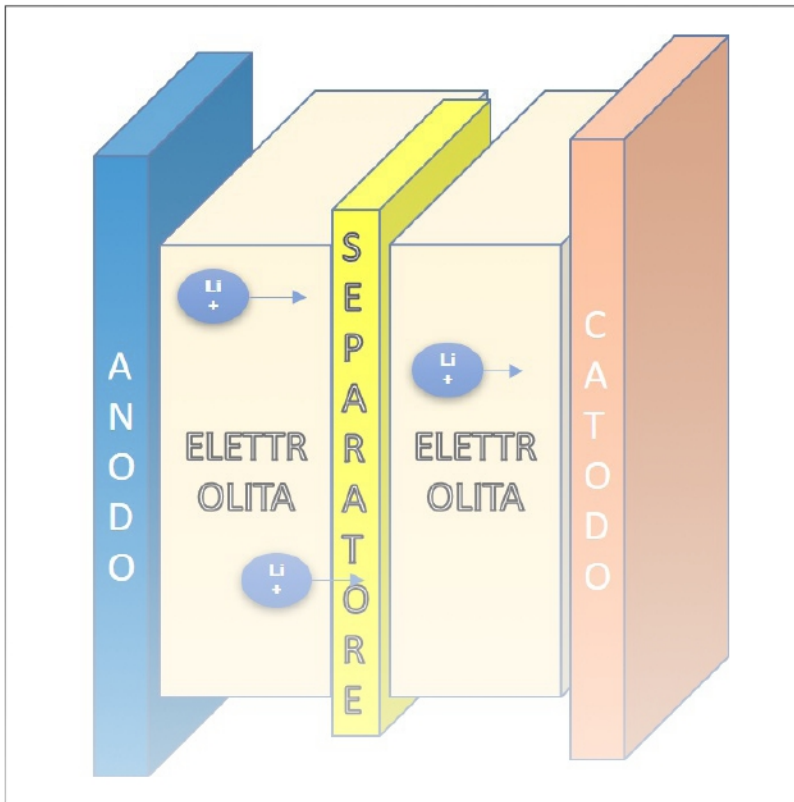


Figura 1. Schema di principio di una batteria a litio tradizionale

anche separatore) ha consentito di ridurre drasticamente la dimensione della batteria, mentre il maggior livello di sicurezza ottenuto con l'eliminazione del liquido ha permesso di eliminare l'involucro esterno. Ciò vuol dire che si possono ottenere batterie più sottili e con una densità di energia per peso superiore alle batterie a litio tradizionali. In pratica, la struttura solida, con l'assenza di

quella degli ioni di litio). L'assenza di strutture ospitanti (anodo e catodo) rendono la tecnologia molto leggera e quindi in grado di raggiungere densità energetiche superiori. Un ulteriore punto di forza di questa tecnologia è il costo economico di costruzione molto contenuto rispetto alle batterie a litio e un basso impatto ambientale dei materiali durante il riciclo.

Le batterie litio-zolfo sono ancora in fase di definizione e trovano poca applicazione pratica in quanto sono fortemente influenzate dall'effetto "shuttle", ossia la degradazione dell'elettrodo a causa di perdita di materiale, che concorre ai flussi di carica. Lo stesso meccanismo di perdita di materiale incrementa considerevolmente l'effetto di auto-scarica della cella basata su litio-zolfo. L'utilizzo di materiali elettrolitici allo stato solido consente comunque di ridurre gli effetti di auto-scarica.

LE BATTERIE A LITIO CON I NANOTUBI

Un team di ricercatori della N1 Technologies Inc. ha sviluppato una nuova tecnologia a litio andando a perfezionare il materiale di uno degli elementi fondamentali della struttura di una batteria: l'anodo. Il risultato del loro lavoro si è tradotto nella tecnologia NanoBolt che, adoperando un multistrato di lungsteno e carbonio integrato al materiale principale dell'anodo (in genere rame) delle batterie, consente di ridurre il consumo di energia

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

**UN ANNO DI FIRMWARE 2.0
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI**



VOGLIO ABBONARMI!

SUPERCONDENSATORI IBRIDI: L'ALTERNATIVA ALLE BATTERIE AGLI IONI DI LITIO

di **Andrea Garrapa**

Le batterie al litio sono oggi la soluzione di accumulo di energia più utilizzata in ambito automotive. I supercondensatori, sebbene più affidabili, efficienti e duraturi fanno fatica a farsi strada nel mercato a causa della ridotta autonomia di guida rispetto alla tecnologia concorrente. Ma esiste una categoria di supercondensatori chiamati ibridi con prestazioni migliorate in termini di densità di energia in grado forse di colmare il gap. I supercondensatori ibridi potrebbero segnare un nuovo inizio verso il tanto necessario accumulo di energia duraturo, efficiente e privo di inquinamento. Questo articolo cerca di offrire una breve panoramica sulle caratteristiche dei supercondensatori ibridi e sul loro potenziale impatto nel settore automotive.

INTRODUZIONE

Le migliori batterie oggi disponibili sono ancora quelle basate sulla tecnologia agli **ioni di litio** (Figura 1) e alcuni altri elementi chimici. Nelle auto, l'autonomia e le prestazioni sono requisiti dominanti e quindi spesso vengono utilizzate **batterie al litio-nichel-manganese-cobalto**. Esse offrono fino a circa 200 Wh/kg senza la necessità di una batteria aggiuntiva e di un sistema di gestione termica che possono facilmente assorbire il 30% del peso e del volume.

Tali batterie costituiscono ancora una parte importante del prezzo di costo e del peso dei veicoli. La tecnologia delle batterie agli ioni di litio è migliorata molto negli ultimi anni ma restano comunque alcuni fattori limitanti:

- **perdono molta capacità quando fa freddo** - proprio come una batteria al piombo per auto, quando si gela, la batteria potrebbe perdere una parte significativa della sua energia e capacità di corrente. Una batteria completamente scarica può persino diventare un "mattone", costoso da sostituire, impossibile da riparare;
- **il rischio termico, soprattutto durante la fase di ricarica** - in quel momento la corrente nella batteria e la generazione di calore interna sono al massimo e una singola cella difettosa può provocare la cosiddetta scarica termica dell'intera batteria.

Un simile incendio è impossibile da estinguere e spesso l'intero veicolo va in cenere;

- **la durata del processo di ricarica** - le batterie agli ioni di litio per veicoli vanno da poche decine di kWh a oltre 100 kWh, ma possono caricare solo al loro valore nominale corrente. Con una connessione di alimentazione standard (come a casa) può richiedere fino a mezza giornata. Con un caricatore rapido, invece, mezz'ora potrebbe essere sufficiente ma tali caricatori richiedono una connessione dedicata alla rete elettrica;
- **la carica a queste correnti elevate non è senza rischi**;
- **il sistema attuale non è scalabile in termini economici** e quindi non sostenibile.

I SUPERCONDENSATORI

Trovare una batteria migliore è fondamentale affinché avvenga il vero passaggio all'energia elettrica. Ma quali sono le proprietà di una batteria ideale?

1. **Densità energetica**: più energia può essere immagazzinata in un dato peso o volume, meglio è. Questo parametro determina, in sostanza, l'autonomia di guida.
2. **Densità di potenza**: maggiore è la corrente di picco che una batteria può generare, più facile è

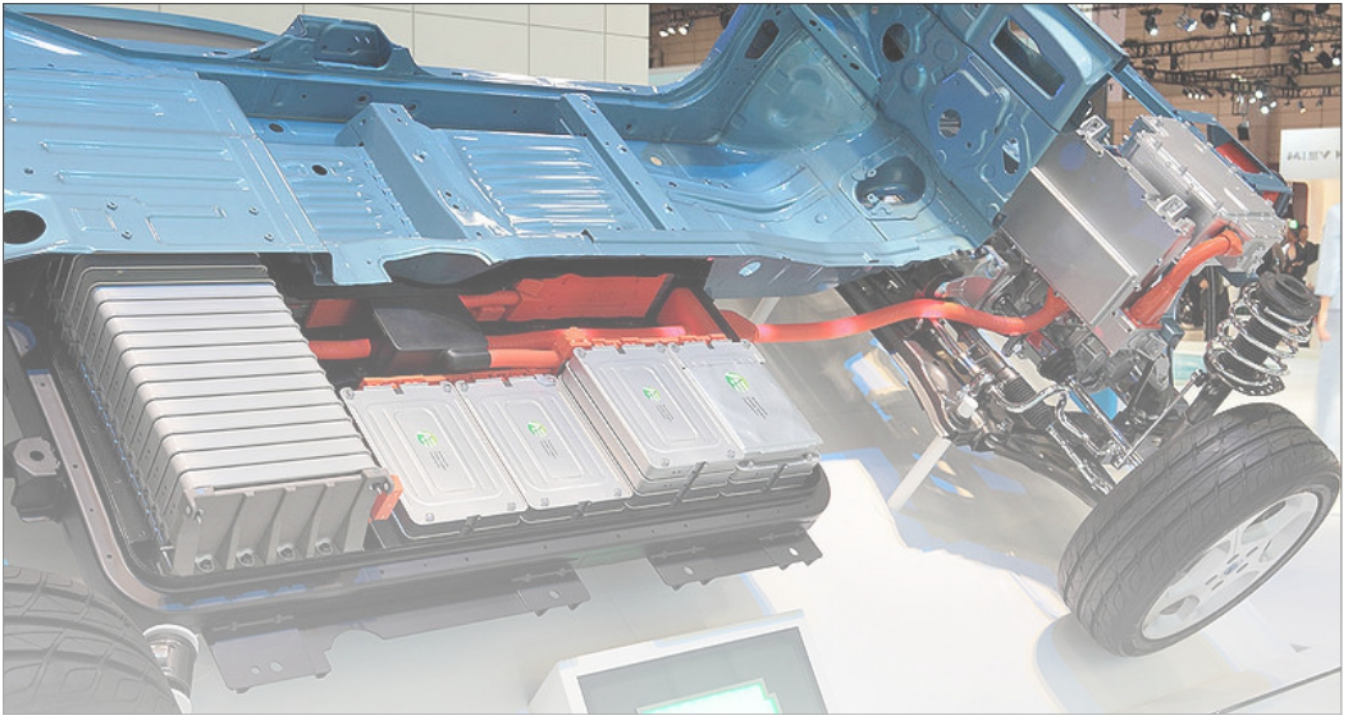


Figura 1: Batterie agli ioni di litio in un modello di auto elettrica

il suo funzionamento in una vasta gamma di applicazioni. Inoltre, incide sulla velocità di **carica/scarica**.

3. **Comportamento termico:** le batterie funzionano per reazioni chimiche e queste dipendono dalla temperatura. La batteria ideale offre tanta energia e capacità sia che ci sia il gelo polare che il clima del deserto.
4. **Rischio termico:** minore è la resistenza interna, maggiore è il calore generato durante la carica.

e competitivo. Quest'ultimo implica che le batterie possano essere facilmente prodotte in volumi elevati e senza utilizzare materiali tossici o rari. A meno che non si tratti di applicazioni specifiche, ciò che conta è la durata del sistema.

Inutile dire che la strada verso la batteria ideale è lunga e mentre i progressi quotidiani sono una costante, il progresso è relativamente lento per il motivo fondamentale che non è possibile modificare la legge della fisica.

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

**UN ANNO DI FIRMWARE 2.0
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI**



VOGLIO ABBONARMI!

PRAM, IL TUO PRIMO ROBOT AUTONOMO MOBILE – PARTE 3

di Fulvio De Santis

Nel precedente articolo “PRAM, il tuo Primo Robot Autonomo Mobile – Parte 2” abbiamo descritto il progetto e i principali componenti di PRAM. In questa terza parte del progetto/tutorial della smart car PRAM realizzeremo la scheda di controllo, la installeremo sullo chassis della smart car e programmeremo la scheda di sviluppo uChip utilizzando l'editor di sviluppo di Arduino.

REALIZZAZIONE E INSTALLAZIONE DELLA SCHEDA DI CONTROLLO DI PRAM

Su una breadboard sperimentale eseguiamo con dei jumpers i collegamenti elettrici dei componenti indicati nello schema elettrico riportato in **Figura 1**. Per agevolare il montaggio consiglio di utilizzare due zoccoli a 16 pin per gli integrati uChip e L293D, e delle morsettiere per collegare alla scheda i componenti precedentemente montati sullo chassis (come descritto nell'articolo Parte 1), ossia i motori, gli switch paraurti e le fotoresistenze LDR. In una morsettiera inserite i due conduttori del pacco batterie e collegate il positivo all'anodo del diodo D1 e il negativo a massa. Fissate su un lato accessibile dello chassis l'interruttore di accensione SW1 e lo switch SW2 di start di PRAM. Sull'altro lato montate i trimmer RV1, RV2 e RV3 in modo che sia agevole la regolazione del rispettivo cursore. Nel collegare i diodi fate attenzione alla polarità. Inserite il sensore di distanza **HC-SR04** e il led di controllo LD1 in modo tale che si presentino con il led in primo piano e rivolti in avanti nella direzione di marcia della **smart car** (eventualmente utilizzate un'altra piccola breadboard).

Completati tutti i collegamenti, fissate la scheda facendo aderire sul piano superiore dello chassis la superficie autoadesiva inferiore della breadboard, oppure bloccatela con delle fascette di plastica strette sullo chassis. Inserite gli integrati **uChip** e **L293D** nei rispettivi zoccoli a 16 pin i cui pin avrete già collegato al circuito. Come descritto nell'articolo Parte 2 di PRAM, al paragrafo “Disposizione dei pin di uChip”, per avere la disponibilità della 3,3V al pin 15 di uChip è necessario cortocircuitare il ponticello 3V visibile nella zona dei ponticelli indicata in **Figura 2**.

Effettuate il cortocircuito utilizzando un saldatore con punta fina depositando una piccola goccia di stagno tra le piazzole del ponticello 3V.

ELENCO DEI COMPONENTI DELLA SCHEDA DI CONTROLLO

- N. 2 Motoriduttori DC - M1, M2
- N. 2 Condensatori 10n - C1, C3
- N. 1 Condensatori 330n - C2
- N. 3 Resistori 10k - R1, R6, R8
- N. 1 Resistori 220 - R2
- N. 2 Resistori 1k - R4
- N. 1 Resistori 3.3k - R5
- N. 1 Resistori 15k - R7
- N. 1 Integrato uChip - U1
- N. 1 Integrato L293D - U2
- N. 1 Integrato 78L05 - U4
- N. 1 Sensore HC-SR04 - U3
- N. 1 Transistor BC547 - Q1
- N. 1 Diodo 1N4148 - D1
- N. 1 LED bianco ad alta luminosità - D2
- N. 2 LDR - LDR1, LDR2
- N. 3 Trimmer 10k - RV1, RV2, RV3
- N. 2 Switch con lamella metallica (vedi foto di **Figura 3**) - SW3, SW4
- N. 2 Switch - SW1, SW2
- N. 1 Porta batterie per 5 batterie 1,5V AA
- N. 2 Zoccoli DIP narrow 16 pin
- Morsettiera (consigliate)

Nota: Questo elenco si riferisce alla smart car in cui sono utilizzati solo due dei quattro motori installati. La versione

della smart car con quattro motori sarà oggetto di un apposito futuro articolo. Per questo, è necessario installare un ruotino (che potete trovare in qualsiasi ferramenta) nella parte posteriore dello chassis atto al movimento della **smart car** e al sollevamento delle ruote posteriori.

Le immagini di **Figura 3** e **Figura 4** mostrano la parte anteriore e posteriore del prototipo della **smart car PRAM**.

PROGRAMMAZIONE DELLA SCHEDA DI SVILUPPO UCHIP

Installate l'IDE di Arduino dal sito ufficiale www.arduino.cc (in questo articolo si fa riferimento alla versione software Arduino 1.8.15). Aprite l'IDE e installate la scheda di sviluppo uChip seguendo la procedura seguente.

Da File -> Impostazioni, alla voce "URL aggiuntive per il Gestore schede" inserire il seguente link:

http://github.com/ITACAIInnovation/uChip/raw/master/package_uChip_index.json.

Poi, con Strumenti > Scheda > Gestore Schede, digitare "uChip" nella barra di ricerca; selezionate e installate il firmware di gestione "uChip SAMD".

INSTALLAZIONE DEL DRIVER DEL CONVERTITORE USB-UART DI UCHIP

Eseguita l'installazione del firmware di gestione di uChip, bisogna installare nel computer il driver per la comunicazione seriale di uChip con il computer. I driver si trovano nella cartella Drivers di questo repository.

[uChip1.0.1.zip](#).

Una volta decompresso questo archivio, troverete i driver "uchip_driver_installer.exe" nella directory: uChip1.0.1 \ drivers \. Poi, come sopra, con doppio clic sul file "uchip_driver_installer.exe" installate i driver seguendo la procedura guidata.

CREAZIONE DELLO SKETCH

Ora aprite un nuovo sketch nell'IDE di Arduino e copiate il codice seguente:

```
// *****
// *****
// File Name : pram.ino
// Version : 1.0
// Description : PRAM is a Robot Autonomous Mobile
//
// Author : fds
// Target : uChip
// Compiler : C++
// IDE : Arduino
// Programmer : Arduino
// Last Updated : 12-08-2021
// ***** //

#include "uChipPowerManagement.h"

// Define Light Parameter
#define LIGHT_THRESHOLD 30
#define THRESHOLD_VALUE 50
#define MAX_THRESHOLD 100
```

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

UN ANNO DI **FIRMWARE 2.0**
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI **RISERVATI**
CONTEST E PROMOZIONI **RISERVATI**



VOGLIO ABBONARMI!

LE MODERNE TECNOLOGIE DEI CIRCUITI STAMPATI

di **Redazione**

*Il circuito stampato è la piattaforma sulla quale sono montati componenti microelettronici come circuiti integrati e componenti passivi. Fornisce le interconnessioni elettriche tra i componenti e si trova praticamente in tutti i prodotti elettronici. Da un'epoca considerata a bassa tecnologia, il circuito stampato si è evoluto in un prodotto ad alta tecnologia. La produzione di circuiti stampati è estremamente complicata e richiede grandi investimenti in attrezzature e molte fasi del processo di fabbricazione. Molti dei circuiti stampati miniaturizzati per applicazioni ad alta velocità sono ora prodotti in camere sterili adibite alla produzione di prodotti di microelettronica di alta fascia. In questo articolo si intende fare una panoramica sulle potenzialità di **PCBWAY**, una importante azienda professionale esperta nella prototipazione e produzione di PCB a basso volume.*

INTRODUZIONE

La funzionalità intrinseca di una scheda a circuito stampato può essere notevolmente aumentata con soluzioni tecnologiche chiavi in mano, che vengono proposte dai principali produttori. PCBWay, oltre al servizio chiavi in mano, offre ai clienti anche la nuova tecnologia di **stampa 3D** di cui, più avanti, ne vedremo in dettaglio le caratteristiche. Nell'articolo saranno descritti esempi applicativi delle varie tecnologie di fabbricazione e assemblaggio di PCB, come i PCB standard, avanzati, rigidi-flessibili e flessibili. Inoltre, verrà fornita una panoramica dei diversi approcci e delle rispettive tecnologie di assemblaggio per l'integrazione dei chip nella scheda, come ad esempio i chip in SMT QFN. La **miniaturizzazione** e la **diversificazione funzionale** sono i motori di sviluppo più potenti dell'industria elettronica. Da un lato, la tabella di marcia appare predeterminata dall'evoluzione dei semiconduttori, che, in linea generale, interessa i dispositivi elettronici.

D'altra parte, la diversificazione si manifesta con il progresso e la crescente importanza dell'elettronica in molti campi di applicazione, ad esempio, l'aumento della richiesta di strumentazione elettronica e dei sistemi di controllo negli autoveicoli, l'evoluzione di funzionalità della comunicazione mobile e delle applicazioni mediche adattate al corpo umano. In diversi campi i requisiti sono molto specifici e, generalmente, differiscono notevolmente tra loro.

Funzioni specializzate di misurazione, controllo o attuazione, sono svolte da sub-unità elettroniche dedicate che generalmente richiedono una periferica elettronica che può raggiungere essa stessa un elevato livello di complessità. In generale, i sistemi elettronici sono composti da parti fabbricate con diverse e specifiche tecnologie che, di conseguenza, devono essere assemblate mediante idonee interconnessioni elettriche per garantire l'integrità e la corretta funzionalità del sistema elettrico.

PROTOTIPAZIONE DI PCB

La prototipazione di PCB è la fase più critica per molti professionisti elettronici, ingegneri, studenti e hobbisti. PCBWay è in grado di risolvere questa criticità offrendo ai progettisti la possibilità di ricevere le prime schede in 24 ore! PCBWay non solo realizza velocemente le schede, ma ne garantisce l'affidabilità assicurando il successo di un progetto con bassi costi. Inoltre, la notevole **riduzione dei tempi di prototipazione** consente il minor costo di ricerca e sviluppo dei prodotti elettronici da parte delle aziende. Il portfolio di PCB che produce PCBWay contiene un'ampia varietà di prodotti, dai PCB 2L alle schede HDI e flessibili altamente avanzate. Anche se i PCB differiscono molto per funzionalità e aree di utilizzo, hanno tutti una comune peculiarità: i tecnici esperti di PCBWay sovrintendono alla produzione, dalla prototipazione fino al pieno volume della produzione, assicurandosi che i pro-

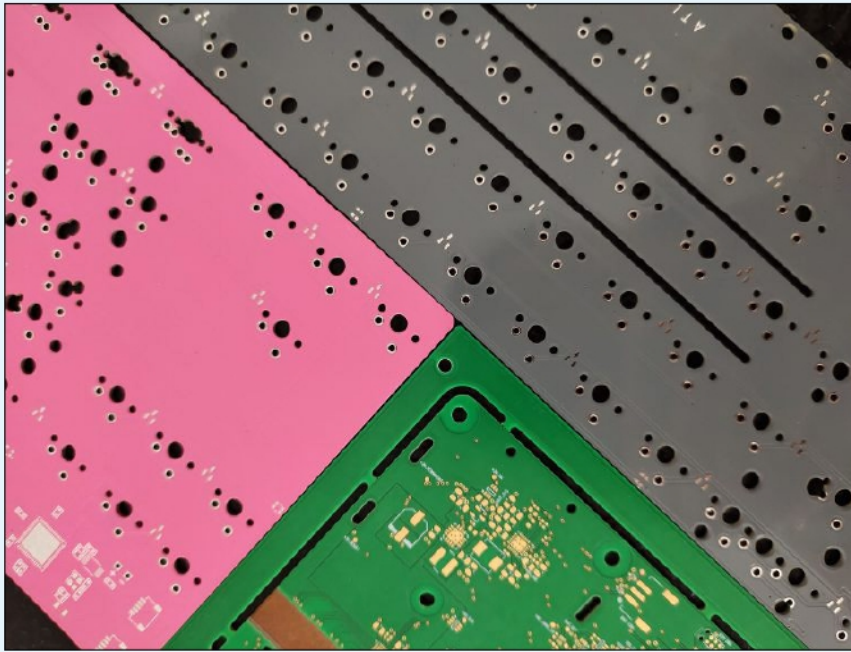


Figura 1: I nuovi colori per le maschere di saldatura offerti da PCBWay

cessi e le specifiche del prodotto siano rispettati. I produttori di PCB hanno sviluppato processi e materiali per cablaggi complessi in uno o più strati. La sfida futura consiste nell'adattare la progettazione e il package dei

componenti in modo che siano compatibili con i processi di produzione dei PCB più complessi, come ad esempio nel caso dei PCB flessibili e ad alta densità (PCB HDI). La produzione di PCB, a sua volta, deve affrontare problemi di gestione dei circuiti integrati nella fase di assemblaggio, come il posizionamento, l'interconnessione e i test che difficilmente rientrano nel portfolio tecnologico comune di un produttore di PCB. La formazione dei dipendenti coinvolti nei processi e l'incremento delle nuove tecnologie di fabbricazione, che implica l'acquisto di nuovi macchinari, comporta la necessità di investimento per il produttore di PCB.

PCBWay è un produttore di prototipi PCB professionali, pronto ad affrontare le richieste di PCB dei clienti, anche dei più esigenti, offrendo una gamma completa di tipologie di circuiti stampati per una produzione a basso volume. La prima categoria della gamma di PCB viene definita da PCBWay

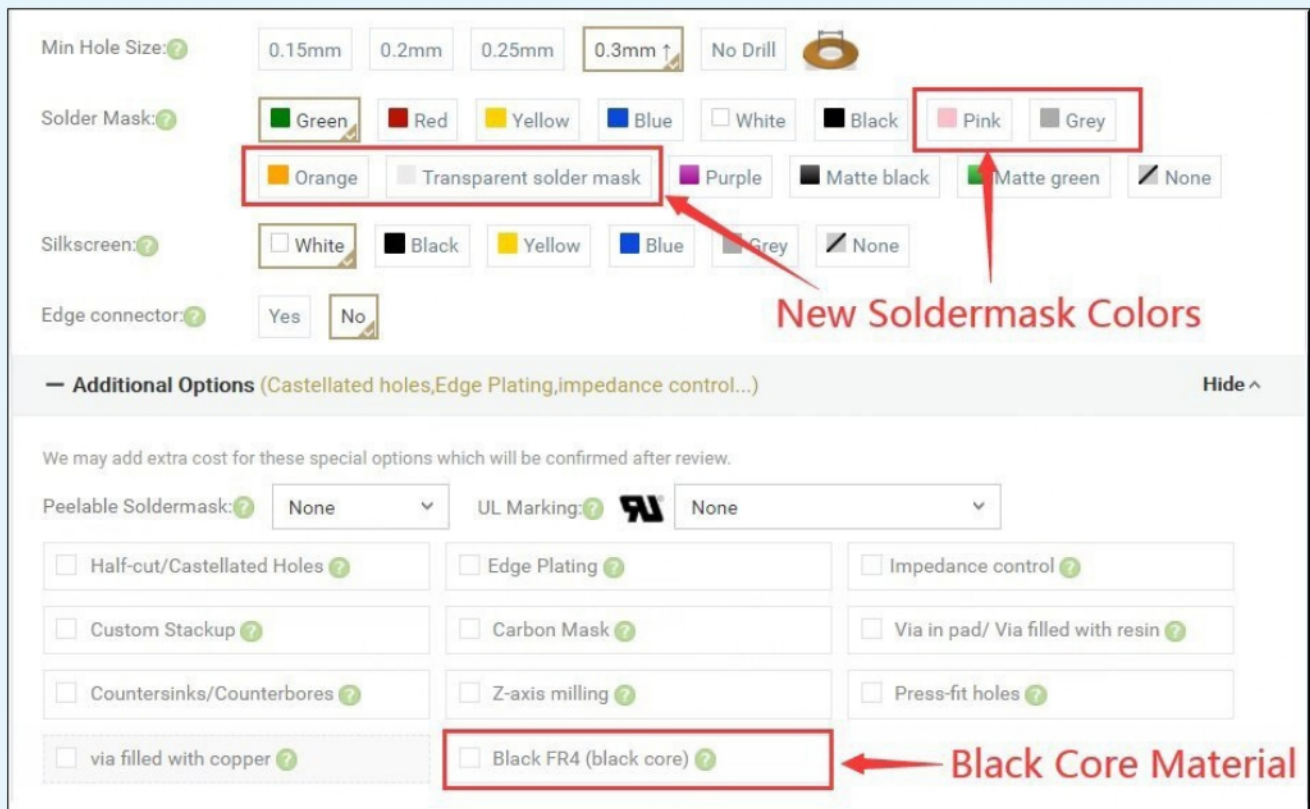


Figura 2: Dashboard di progettazione per la selezione delle proprietà dei PCB-sono visibili i nuovi colori disponibili

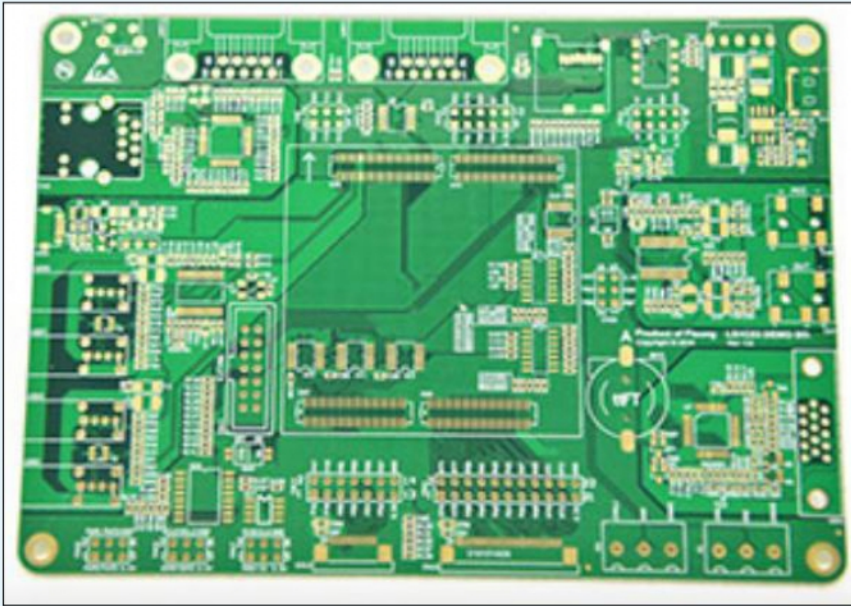


Figura 3: PCB multistrato

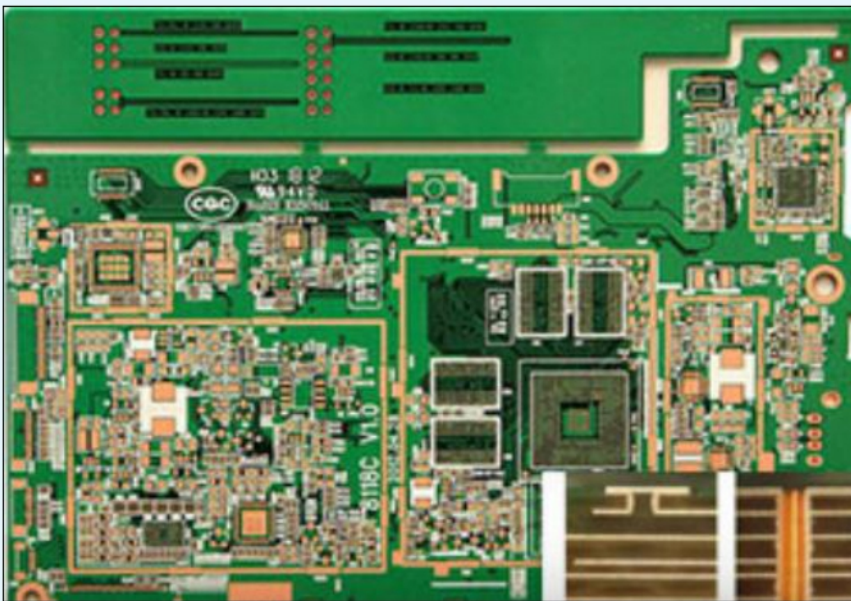


Figura 4: PCB HDI

"Quick-turn" e riguarda la produzione personalizzata di **piccole quantità** di PCB standard per ordini rapidi. La seconda categoria definita "**Advanced**", è la migliore produzione che può offrire PCBWay. E' costituita da PCB di precisione altamente specializzati per **produzioni su larga scala**. PCBWay ha recentemente introdotto **4 nuove opzioni di colori per la maschera di saldatura (Solder Mask)** per illuminare e vivacizzare i vostri progetti: rosa, grigio, arancione e trasparente. Si vedano a tal proposito la **Figura 1** e la **Figura 2**. E' possibile trovare maggiori informazioni sui nuovi colori qui: <https://bit.ly/3nkwR4K> La **Figura 3** mostra un esempio di PCB multistrato.

In **Figura 4** un esempio di PCB ad alta densità HDI.

In **Figura 5** è riportato un esempio di PCB flessibile.

Maggiori informazioni riguardo alle categorie "Quick-turn" e "Advanced" si possono reperire direttamente dal sito web: <https://www.pcbway.com/capabilities.html>.

ASSEMBLAGGIO DI PCB

Le piattaforme comuni per l'assemblaggio elettronico sono i circuiti stampati, a base di materiali polimerici rigidi o flessibili o ceramici con cablaggi metallici a uno o più strati. I componenti e i sottosistemi da assemblare sono comunemente disposti sulla superficie della scheda. Per quasi quarant'anni sono stati fatti sforzi per ridurre il numero di componenti nelle schede integrando i componenti passivi nel circuito stampato. Gli ovvi vantaggi, per citarne solo alcuni, sono rappresentati dal cablaggio semplificato e ridotto, aumento dell'affidabilità grazie alla riduzione dei punti di saldatura e migliori prestazioni elettriche conseguenti alla riduzione degli effetti parassiti. La densità di prestazioni dei sistemi elettronici subirà un ulteriore drammatico aumento con l'interazione di chip attivi nel circuito e **la scheda stessa diventerà quindi il contenitore di sottosistemi più complessi**.

I chip integrati possono coprire l'intera gamma della componentistica elettronica, dai semplici array di elementi passivi, fino a reti passive complesse integrate e circuiti integrati attivi. Come per l'attività dei PCB, i servizi di assemblaggio di PCB (PCBA) sono specializzati anche nella prototipazione e nella produzione di piccoli volumi, rendendo PCBWay un importante punto di riferimento per la fabbricazione e l'assemblaggio delle schede. Ciò rende agevole e veloce il lavoro di ricerca e sviluppo dei progettisti. Gli ingegneri e i tecnici professionisti di PCBWay lavorano a stretto contatto con il cliente attraverso il servizio clienti per garantire la migliore qualità e tempi di consegna più rapidi possibili. Evadendo migliaia di ordini ogni giorno da tutto il mondo,

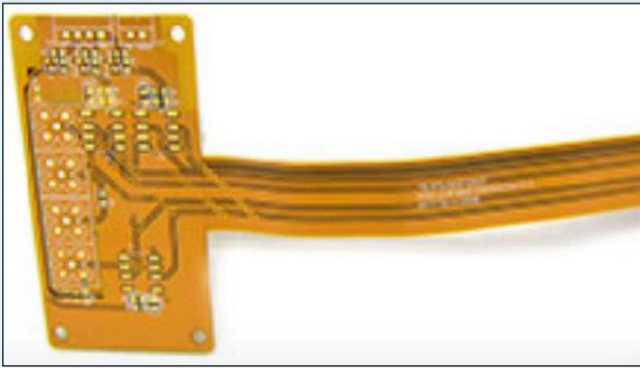


Figura 5: PCB flessibile

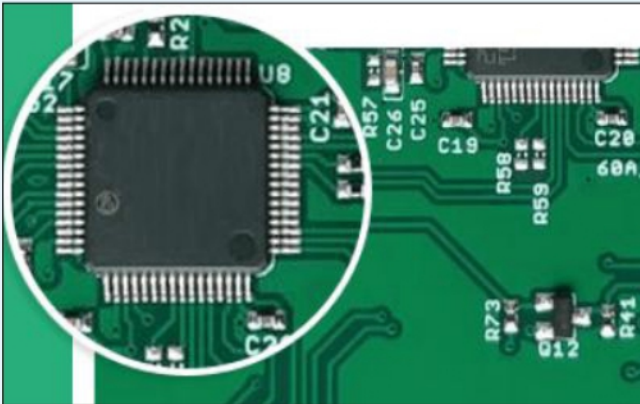


Figura 6: Assemblaggio di una scheda con chip SMT

PCBWay si pone come fornitore leader di servizi per la realizzazione di PCB e PCBA garantendo qualità costante e servizi eccellenti. Il servizio PCBA di PCBWay prevede le seguenti tipologie di assemblaggio: assemblaggio SMT, assemblaggio BGA, assemblaggio a foro passante, assemblaggio misto, assemblaggio su PCB rigido e flessibile. Il servizio PCBA è conforme a un'ampia gamma di standard tra cui IPC 610 Classe 2 e Classe 3. In **Figura 6** viene mostrato un esempio di assemblaggio di una scheda con chip SMT.

In **Figura 7** sono rappresentati esempi di tipologie di assemblaggio di schede.

Iniziando dal lato sinistro della **Figura 7**, viene illustrato l'assemblaggio di un PCB: rigido-flessibile, ad alta velo-

cià per componenti digitali, flessibile, per Smart TV. Nel sito web <https://www.pcbway.com/pcb-assembly.html> si possono trovare tutte le **informazioni relative al servizio di assemblaggio** di PCBWay, inclusa la possibilità di ottenere un **preventivo immediato online**. Inoltre, nel sito è disponibile un comodo servizio di **assistenza mediante chat** per agevolare il cliente nella richiesta di informazioni.

IL SERVIZIO DI STAMPA 3D DI PCBWAY

PCBWay, oltre alla fabbricazione e assemblaggio di PCB, è un'azienda esperta nella stampa 3D di prototipi e parti di produzione di alta qualità e alta precisione, in grado di soddisfare tutti i requisiti di livello industriale.

UNA PANORAMICA SULLA STAMPA 3D

La stampa 3D è una tecnologia che crea oggetti basati su file di modelli digitali, utilizzando materiali incollabili come metallo in polvere o plastica, stampandoli strato per strato. Il prodotto stampato proviene da modelli 3D o da altri dati elettronici e gli oggetti 3D stampati possono avere qualsiasi forma e caratteristiche geometriche.

LE PRINCIPALI TECNOLOGIE DI STAMPA 3D

Partendo dalla produzione dei modelli grafici tridimensionali degli oggetti da stampare, solitamente utilizzando pacchetti software, la stampa 3D utilizza la progettazione assistita da computer (CAD) per creare oggetti tridimensionali attraverso un metodo a strati. Si importano i file nella stampante 3D, quindi la stampante completerà il lavoro. Secondo diversi principi di funzionamento, la tecnologia di stampa 3D può essere suddivisa nei seguenti tre tipi di servizio di stampa 3D:

- **FDM (Fused Deposition Modeling)** - La tecnologia FDM consiste nel riscaldare e fondere il materiale filamentoso e, allo stesso tempo, sotto il controllo del computer, l'ugello tridimensionale riveste selettivamente il materiale sul piano di lavoro secondo le informazioni sul profilo sezionele, formando uno strato dopo la fase di raffreddamento rapido. Dopo aver completato la formazione di

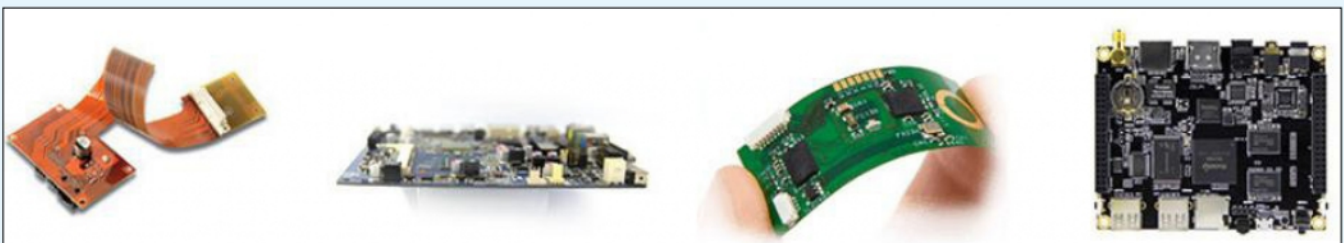


Figura 7: Esempi di assemblaggio di schede



Figura 8: Realizzazioni 3D di PCBWay

uno strato, il piano della macchina viene abbassato dell'altezza dello spessore di uno strato, quindi procede alla formazione dello strato successivo. Queste operazioni vengono ripetute fino a formare l'intera forma solida dell'oggetto.

- **SLS (Selective Laser Sintering)** - Questa tecnologia utilizza la diffusione della polvere del materiale per stendere uno strato sulla superficie superiore del pezzo stampato e riscaldarlo a una temperatura appena inferiore al punto di sinterizzazione (processo termico e meccanico di compattazione di polveri) della polvere. Il sistema di controllo verifica che il raggio laser si trovi sullo strato di polvere in base al profilo della sezione trasversale dello strato. Dopo la scansione, la temperatura della polvere sale al punto di fusione, sinterizzando e legandosi con la parte stampata sottostante. Dopo aver completato uno strato, il banco di lavoro viene abbassato dell'altezza dello spessore di uno strato e il rullo spalmatore stende su di esso uno strato di polvere uniforme e densa e sinterizza la sezione del nuovo strato fino al completamento dell'intero modello.
- **SLA (Stereo Lithography Apparatus)** - Il serbatoio del liquido è riempito con resina fotosensibile liquida, che polimerizza rapidamente sotto il raggio laser ultravioletto emesso dal laser (il laser utilizzato in SLA e SLS è diverso, SLA utilizza laser ultravioletti e SLS utilizza laser a infrarossi). All'inizio della formatura, il piano di sollevamento si trova al di sotto del livello del liquido, esattamente di una sezione di spessore. Il raggio laser focalizzato dalla lente scansiona il profilo della sezione trasversale lungo la superficie del liquido secondo le istruzioni della macchina. La resina nell'area di

scansione solidifica rapidamente per completare la lavorazione di uno strato di sezione trasversale e ottenere uno strato di foglio di plastica. Quindi, il banco di lavoro viene abbassato dell'altezza dello spessore di uno strato e quindi l'altro strato viene polimerizzato. Tali strati sono sovrapposti per costruire un'entità tridimensionale. In **Figura 8** sono riportati alcuni esempi applicativi di realizzazione 3D di PCBWay.

- Da sinistra, realizzazione 3D in FDM, realizzazione 3D in SLS, realizzazione 3D in SLA.

CONCLUSIONI

Con un'esperienza di oltre un decennio nel campo dei circuiti stampati, PCBWay è impegnata a soddisfare le esigenze dei clienti in diversi settori in termini di qualità, tempi di consegna, economicità e qualsiasi altra richiesta impegnativa.

Essendo uno dei più esperti produttori di PCB e assemblatori di componenti SMT a livello internazionale, PCBWay è il miglior partner commerciale in grado di risolvere professionalmente ogni aspetto delle esigenze di realizzazione e assemblaggio di PCB, al fine di rendere più agevole e senza problemi il lavoro di ricerca e sviluppo dei clienti.

L'autore è a disposizione nei commenti per eventuali approfondimenti sul tema dell'Articolo. Di seguito il link per accedere direttamente all'articolo sul Blog e partecipare alla discussione:

<https://it.emcelettronica.com/le-moderne-tecnologie-dei-circuiti-stampati>

MADMACHINE SWIFTIO BOARD-IL LINGUAGGIO MODERNO INCONTRA L'HARDWARE MODERNO



Il linguaggio di programmazione Swift, piuttosto affermato tra i dispositivi Apple, può ora essere utilizzato anche su MCU. Daremo uno sguardo alla scheda SwiftIO, che integra un processore ARM Cortex-M7 e una RAM da 32 MB.

La **MadMachine SwiftIO** è una scheda di sviluppo in fattore di forma BeagleBone Black. Ciò che rende questa scheda così attraente, a mio avviso, è che propone un interessante set di hardware combinati in un contesto software fuori dal comune. Il codice può essere scritto in Swift, un linguaggio di programmazione molto affermato nel mondo dei dispositivi Apple.

L'HARDWARE

Mentre Swift punta agli hardware Apple, la scheda SwiftIO (**Figura 1**) di MadMachine [1] porterà il linguaggio Swift nel **mondo embedded**. I componenti fondamentali usati sulla scheda sono i seguenti:

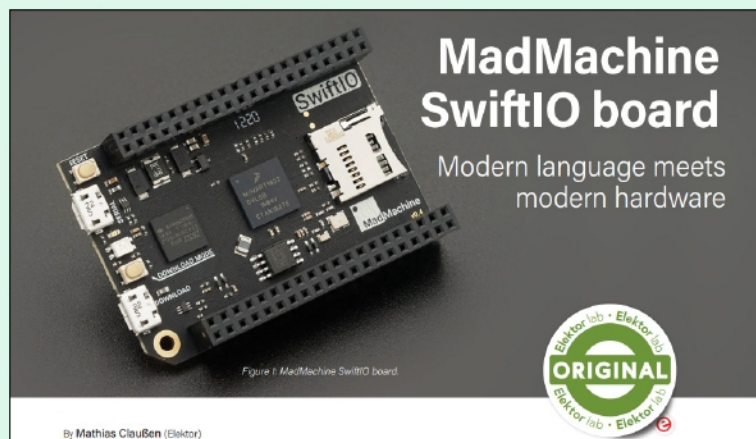
- NXP i.MX RT1052 Crossover Processor con core Arm® Cortex®-M7 a 600 MHz
- 8 MB external QSPI flash
- 32 MB SDRAM
- Slot micro SDcard compatibile con SDcard ad alta capacità

Con l'i.MX RT1052 la scheda è provvista di un robusto MCU al centro, le cui caratteristiche possono essere osservate in **Figura 2**.

La scheda offre inoltre:

- 46 GPIO (General-Purpose I/O)
- 12 ADC channels (12 bit)
 - 14 PWM channels
 - 4 UART
 - 2 CAN (CAN 2.0B)
 - 2 I2C (3.4 MHz max clock)
 - 2D graphic engine
 - RGB display output (1366 x 768 WXGA max)
 - Camera input (CSI 8,16,24 Bit)

Questa non è una lista completa delle caratteristiche, ma dovrebbe darvi una buona idea riguardo a quale tipo di hardware otterrete. Anche il **package è di dimensioni compatte**. Otterrete una scheda, un cavo USB, un set di sticker



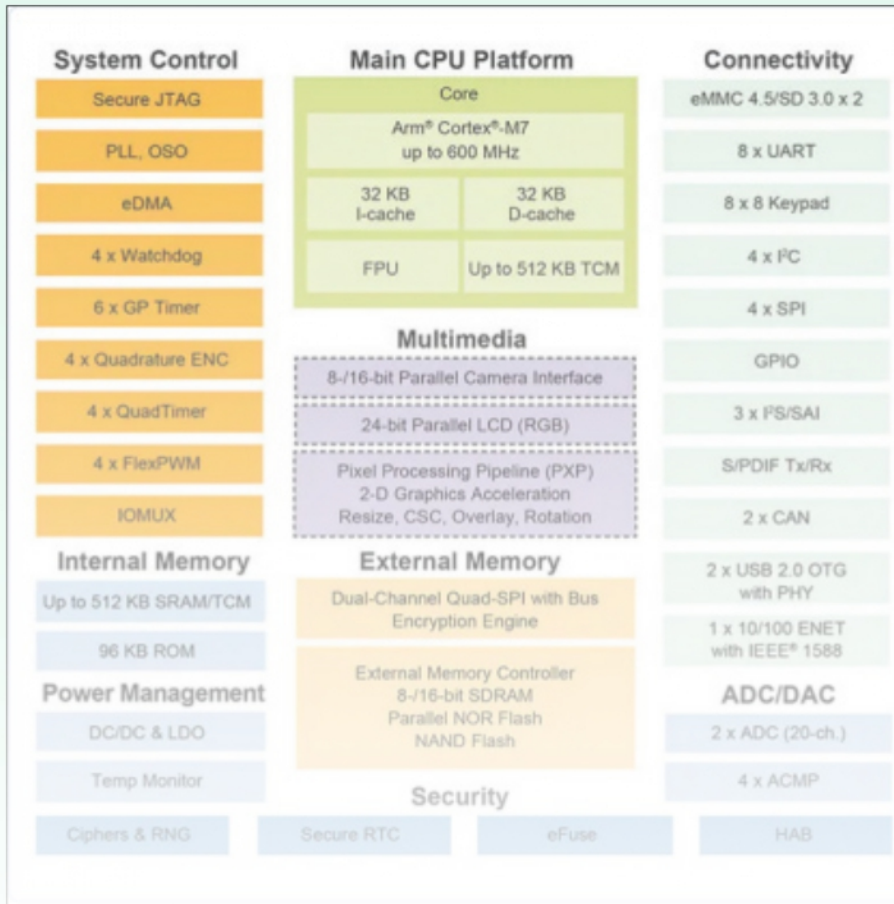


Figure 2: i.MX 1052 overview (Source: NXP)

essere scaricato dal loro sito web, ne trovate un'immagine in **Figura 4**. L'IDE è compatibile per Windows e macOS, una buona notizia per i nostri utenti Apple. Se l'IDE non vi piace, potete usare gli strumenti CLI forniti da questa scheda oppure raggrupparli con XCode o Visual Studio Code per il vostro prossimo progetto. MadMachine vi fornisce anche un tutorial su come utilizzare gli strumenti CLI [2].

NESSUN BISOGNO DI REFLASH, BASTA COPIARE

La scheda include un bootloader all'interno della SPI flash che all'avvio copierà la vostra applicazione nella SDRAM. Questo facilita la riprogrammazione della scheda. Il programma su scheda vi permetterà di scrivere il vostro codice sulla micro SD connessa connettendo un dispositivo di archiviazione di massa. Potete anche semplicemente rimuovere la SD e scriverci direttamente il vostro firmware personalizzato.

Il vostro firmware personalizzato.

IL FRAMEWORK SWIFTIO

Qualcosa che ha attirato particolarmente la mia attenzione

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

UN ANNO DI **FIRMWARE 2.0**
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI



VOGLIO ABBONARMI!

UDOO KEY, L'INNOVATIVA PIATTAFORMA AI BASATA SU RP2040 E ESP32

di **Giordana Francesca Brescia**

UDOO KEY è la piattaforma AI più flessibile al mondo, progettata per dare potere alle applicazioni ed espandere le possibilità di un utilizzo esteso degli algoritmi di Intelligenza Artificiale. La scheda è progettata appositamente per realizzare progetti del settore Edge AI ed è costruita sul chip in silicio Raspberry Pi RP2040, il microcontrollore ESP32 e Clea, una piattaforma software di IoT ed AI analytics. UDOO KEY è la quinta campagna di crowdfunding di UDOO, che ha già raccolto più di 2 milioni di dollari nelle precedenti campagne su Kickstarter. Analizziamo ora le interessantissime funzionalità di UDOO KEY, una novità assoluta nel mercato AI-Embedded, che promette di trasformare radicalmente la vision dei progettisti elettronici e il modo stesso di intendere l'Intelligenza Artificiale.

INTRODUZIONE

La digitalizzazione e l'affermarsi delle tecnologie emergenti dell'IoT (**Internet of Things**) e dell'AI (**Artificial Intelligence**) sono un fattore determinante nella diffusione di progetti e applicazioni che fanno largo uso di dispositivi interconnessi dotati di flessibilità, in funzione dell'applicazione che si intende sviluppare, funzionalità espandibili e potenzialità per la connettività wireless (Wi-Fi, Bluetooth, BLE) e in grado di scambiare dati e informazioni. Parallelamente, la ricerca nel campo dell'elettronica embedded è incentrata sull'ottimizzazione dei consumi energetici senza dover per questo sacrificare necessariamente la potenza computazionale e le prestazioni elevate dei dispositivi, nonché il costo complessivo del sistema. Le Community dei progettisti e dei Makers di tutto il mondo fanno largo uso di schede a microcontrollore che integrano al loro interno diversi moduli, numerose periferiche di comunicazione high-speed e chip dal package estremamente compatto con bassi consumi energetici. Oggigiorno l'Intelligenza Artificiale è diventata una tecnologia abilitante per molti contesti applicativi. Gli

algoritmi di Intelligenza Artificiale in esecuzione su server remoti sono ormai una realtà tangibile. Ma tutto ciò a volte non basta. L'**Intelligenza Artificiale** può essere molto più di questo e diventare **parte integrante dei nostri oggetti di uso quotidiano** cambiando radicalmente le nostre vite e il modo in cui interagiamo tra noi e con l'ambiente circostante.

“È proprio qui che entra in gioco la flessibile piattaforma UDOO KEY della quale ho il piacere di parlarvi in questo articolo

UDOO KEY è la nuovissima soluzione basata sui microcontrollori **RP2040** ed **ESP32** in grado di abilitare applicazioni di Machine Learning nei più diffusi linguaggi di programmazione e librerie, quali TinyML, TensorFlow Lite, Python, MicroPython, C, C++, e molto altro, spalancando le porte all'Edge AI. Insomma, non ci sono limiti, se non nella propria mente. Si tratta, infatti, di una piattaforma molto potente e versatile, che combina **in un unico e potente hardware** i due chip Raspberry Pi RP2040 ed



Figura 1: La MCU ESP32 a bordo della scheda UDOO KEY

ESP32, ed è **completamente programmabile**.

La scheda UDOO KEY è compatibile con Raspberry Pi Pico, sia dal punto di vista hardware che software, ciò implica che qualsiasi hardware di espansione così come qualsiasi software costruito per Raspberry Pi Pico, funzionerà out of the box su UDOO KEY. Allo stesso tempo, è compatibile anche con la MCU ESP32. Come abbiamo precedentemente specificato, infatti, la UDOO KEY ha un ESP32 a bordo, per tale ragione è compatibile con ogni hardware progettato per ESP32. Parallelamente, ogni software scritto per ESP32 funzionerà in tempo reale anche su UDOO KEY. La lista non è però ancora terminata. UDOO KEY è compatibile anche con l'ambiente di sviluppo **Arduino IDE!** Dal momento che le Community di Makers e progettisti di tutto il mondo amano la scheda blu torinese, **SECO ha reso UDOO KEY completamente compatibile con il software di Arduino.**

“Questo significa che sulla scheda UDOO KEY gira l'IDE di Arduino in modo nativo

Non solo, ogni progetto che gira su **Arduino Nano Connect BLE** può essere eseguito anche su UDOO KEY.

UDOO è un **brand SECO** di Mini PC Open Source progettati per Makers e sviluppatori professionisti. UDOO vanta un team multidisciplinare composto da ricercatori, con competenze trasversali in settori diversi (interaction design, elettronica embedded, reti di sensori e scienze cognitive) i quali nel corso del tempo hanno condiviso esperienze e progetti lavorando in sinergia per promuovere tecnologie innovative al servizio della società. **SECO** è un'affermata realtà aziendale con oltre 40 anni di esperienza nella **progettazione e produzione di soluzioni elettroniche embedded** ed è tra i principali players internazionali nel mercato B2B embedded. E' specializzata nello sviluppo e realizzazione di soluzioni tecnologiche all'avanguardia.

UNO SGUARDO ALLE SPECIFICHE TECNICHE- PAROLE D'ORDINE: CONNETTIVITÀ E PORTABILITÀ

Analizziamo ora in dettaglio le caratteristiche tecniche di UDOO KEY. La scheda è pienamente compatibile, sia a livello hardware sia a livello software, con Raspberry Pi Pico e la MCU ESP32 di Espressif. UDOO KEY

offre anche un anno di accesso alla piattaforma AI premium Clea con modelli AI pre-addestrati per costruire e distribuire la propria app AI in soli pochi minuti. Tornando all'hardware, la parte di UDOO KEY compatibile con Raspberry Pi Pico è costruita su un **Raspberry Pi RP2040 dual Arm Cortex-M0**, con una memoria flash QSPI 8MB, 133 MHz di clock e 264KB di SRAM on-chip. L'ESP32 invece è basato su un **dual-core Xtensa 32-bit LX6**, con 16 MB di memoria flash, 8MB di PSRAM, **Wi-Fi, Bluetooth e Bluetooth Low Energy**. Il software è pronto all'uso. UDOO KEY è la soluzione ideale anche per realizzare progetti e applicazioni connesse, infatti, grazie all'MCU ESP32 a bordo, la scheda è dotata di tutte le **funzionalità di connettività** Wi-Fi 802.11b/g/n, Bluetooth e BLE v4.2. L'ESP32 integrato a bordo non è semplicemente un modulo per la connessione Wi-Fi e Bluetooth, tutt'altro, fornisce **pieno accesso al firmware dell'ESP32** e si può programmarlo come si vuole. I due moduli a microcontrollore possono parlare tra loro tramite porta seriale e interfaccia SWD. La comunicazione avviene tramite un connettore USB-C. Entrambi i microcontrollori possono essere programmati utilizzando diversi ambienti di sviluppo quali TinyML, TensorFlow Lite, MicroPython, C/C++, fornendo

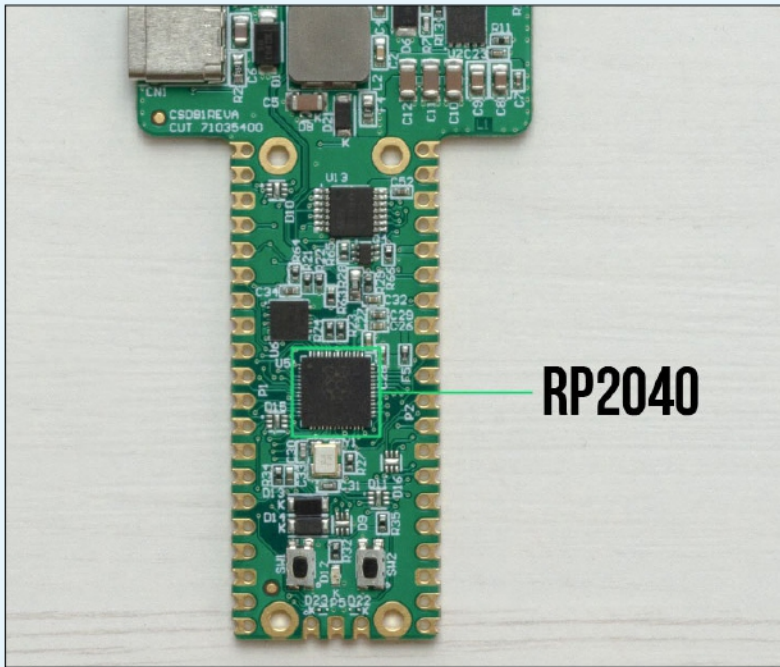


Figura 2: Il chip RP2040 a bordo della scheda UDOO KEY

un ampio ventaglio di opzioni per ottimizzare l'applicazione AI.

L'utente può programmare i due microcontrollori in maniera semplice tramite un connettore USB-C e decidere se interfacciarsi con l'RP2040 o con la MCU ESP32 tramite jumper. Sia l'RP2040 sia l'ESP32 sono entrambe MCU di altissima qualità. L'aspetto più accattivante di questa piattaforma è proprio la libertà di scelta dell'utente finale che può scegliere se utilizzare il chip RP2040, l'ESP32, o entrambi, costruendo qualsiasi progetto di AI alle proprie

condizioni. L'USB è commutabile tramite jumper o pulsante e può essere accessibile sia dal chip RP2040 sia dall'ESP32, inoltre, dal momento che l'ESP32 non monta di default una porta USB, è stato implementato un ponte UART-to-USB.

UDOO KEY è quindi molto più di un semplice componente hardware. Se fino a poco tempo fa i microcontrollori erano considerati come dispositivi monouso ed estremamente specializzati in poche e semplici operazioni alle quali l'utente deve adattarsi nei propri progetti, con UDOO KEY invece non è più così. La **programmazione fisica** unita all'**elettronica fai-da-te** creano un hardware davvero molto flessibile e in grado di svolgere una infinità di applicazioni diversificate, dove l'unico limite è rappresentato solo dalla propria immaginazione.

UDOO KEY è progettata per rendere lo sviluppo e l'implementazione di applicazioni AI il più semplice possibile. Il microcontrollore viene fornito con un firmware sviluppato in-house basato su Free RTOS e **librerie open-source** per lanciare facilmente le applicazioni di Intelligenza Artificiale. La scheda UDOO KEY è caratterizzata da un consumo energetico estremamente basso, necessita di 5V di alimentazione e può essere alimentata tramite qualsiasi caricatore USB. Un aspetto davvero interessante è che la scheda può andare in **modalità deep sleep** (deep sleep mode) riducendo così il consumo di energia al minimo; in questo stato UDOO KEY si risveglia solo se attivata da un evento specifico, consentendo scenari in cui è necessario che la scheda funzioni per lungo tempo, anche per diversi anni. Tutto questo potenziale è disponibile al prezzo di partenza, unico nella vita, di soli 4 dollari.

consentendo scenari in cui è necessario che la scheda funzioni per lungo tempo, anche per diversi anni. Tutto questo potenziale è disponibile al prezzo di partenza, unico nella vita, di soli 4 dollari.

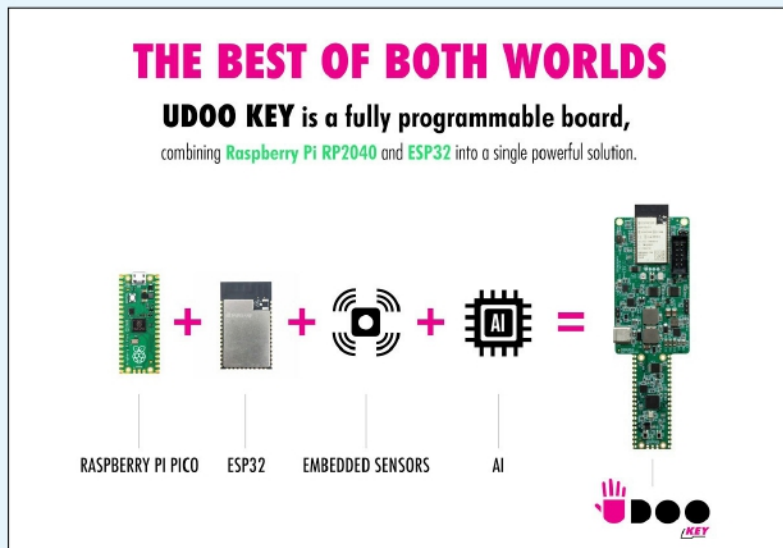


Figura 3: UDOO KEY è una soluzione altamente integrata e completa sia a livello hardware sia a livello software

CLEA, LA PIATTAFORMA AI PREMIUM

UDOO KEY apre le porte ad una vera e propria nuova era di microcomputing. La scheda UDOO KEY garantisce anche l'accesso a **Clea**, la piattaforma di AI As a Service di SECO Mind. Clea è una piattaforma AI & IoT estensibile per sviluppatori professionisti, startup, dipartimenti di ricerca e sviluppo e hobbisti. Consente agli utenti di costruire, monitorare e distribuire rapidamente model-

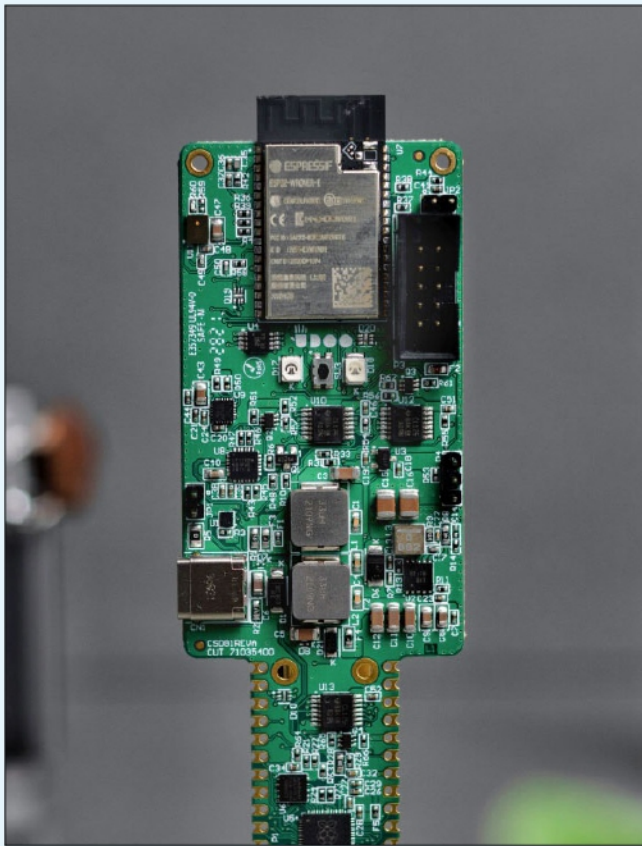


Figura 4

li di Intelligenza Artificiale e applicazioni su una flotta di dispositivi controllati a distanza. Viene fornita con una serie di modelli AI pre-costruiti e applicazioni chiamate Clea Apps. La scheda UDOO KEY è progettata per supportare nativamente **Clea**, la piattaforma AI premium per distribuire modelli e applicazioni di Intelligenza Artificiale su una flotta di dispositivi IoT attraverso aggiornamenti over-the-air. Clea è sostanzialmente una **piattaforma software di IoT ed AI analytics**, end-to-end e sviluppata internamente, che in tempo reale restituisce agli utilizzatori informazioni ad alto valore aggiunto sulla base dei dati generati dai dispositivi on-field.

Secondo la filosofia di SECO, infatti, la chiave per sbloccare la potenza di Edge AI è il modello di app, esattamente come uno smartphone risulta così semplice da maneggiare e utilizzare grazie all'interfaccia utente multi-touch ed alla possibilità di scaricare un'app per ogni compito e attività da eseguire.

Lo stesso modello logico può essere replicato nel contesto AI. Se, ad esempio, consideriamo un'applicazione di riconoscimento facciale, sappiamo tutti che quella stessa applicazione è stata molto probabilmente scritta diverse volte prima da migliaia di sviluppatori in tutto il mondo.

Immaginiamo ora di poter scaricare questa stessa applicazione sulla scheda UDOO KEY nello stesso modo in cui scarichiamo Spotify dal nostro smartphone.

È proprio questa la direzione verso la quale si orienta lo sforzo di SECO. Non è necessario ricreare il meccanismo ogni volta.

“L'AI finalmente diventa una piattaforma

DUE CONFIGURAZIONI DI SCHEDA

La scheda UDOO KEY è disponibile in due versioni, a seconda delle preferenze personali; si può infatti prediligere la configurazione standard senza sensori oppure la configurazione alimentata da sensori, tutto dipende dalle esigenze di sviluppo e dal livello al quale si intende lavorare al proprio progetto.

- **UDOO KEY:** questa versione è la soluzione ideale per gli sviluppatori embedded che desiderano il pieno controllo e un set minimo di sensori, non monta sensori, in modo da lasciarla espandere con i propri moduli preferiti.
- **UDOO KEY PRO:** la scheda in questa configurazione monta **due potenti sensori**, un **IMU a 9 assi** e un **microfono digitale**, ai quali si aggiunge un connettore UEXT standard per aggiungere ed espandere facilmente sensori e altre interfacce. È pronta per iniziare subito con i propri progetti AI. Il sensore IMU a 9 assi combina un accelerometro, un magnetometro e un giroscopio in un unico modulo per semplificare una vasta gamma di progetti, dalla robotica alle auto radiocomandate fino alle biciclette intelligenti ed a tutto ciò che concerne la sfera dell'automazione. Il microfono digitale è progettato per il riconoscimento del suono e della voce **AI-powered** così come il controllo audio e Alexa. Tutti i sensori sono collegati all'ESP32 via I2C.

Entrambe le configurazioni della scheda dispongono di opzioni di connettività Wi-Fi, Bluetooth e BLE.

L'Early Bird UDOO KEY è disponibile a 4 dollari, mentre l'Early Bird UDOO KEY PRO è disponibile a 9 dollari; entrambe le configurazioni sono limitate a 1.000 unità. UDOO ha anche reso disponibili due kit speciali, costruiti in collaborazione con due aziende altrettanto importanti: Arducam e Seeed Studio. Il primo kit, in collaborazione con Arducam, si chiama **"Early Bird UDOO KEY PRO**

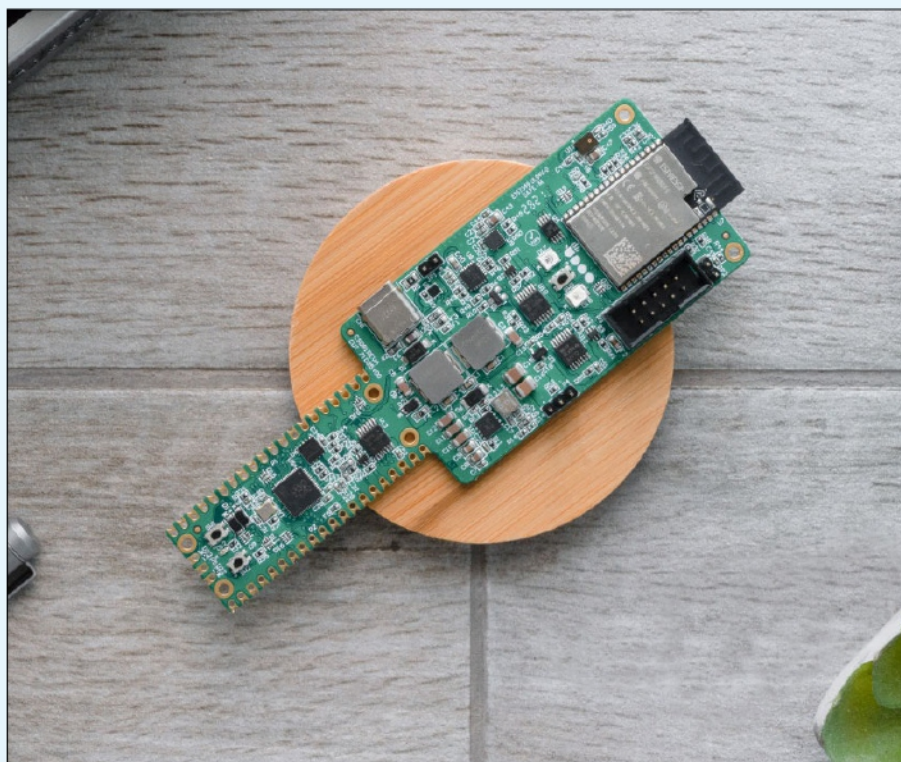


Figura 5

"Cam Kit + Clea" e comprende una scheda UDOO KEY PRO, una fotocamera SPI 2MB e l'accesso a Clea. Il secondo kit, invece, realizzato in collaborazione con Seeed-Studio, si chiama "Early Bird UDOO KEY PRO Grove Kit + Clea" e comprende 1 UDOO KEY PRO, accesso a Clea e 14 moduli Grove selezionati a mano, tra cui 5 sensori, 5 attuatori, 2 LED, 1 display LCD, 1 shield Grove.

UNO SGUARDO ALLE FUNZIONALITÀ DELLE INTERFACCE

Dal punto di vista delle interfacce, la scheda UDOO KEY offre tantissime opzioni e funzionalità. In primis, monta due pulsanti di reset, uno per l'ESP32 gestito dal pin #3 e uno per l'RP2040 gestito dal pin RUN del microcontrollore. Inoltre, monta tre LED:

- **LED blu:** segnala una connessione riuscita a Clea Cloud
- **LED giallo:** è per le attività Wi-Fi/Bluetooth, ed è gestito dall'IO33 dell'ESP32 (pin #9)
- **LED verde:** è collegato al GPIO25 del chip RP2040

Tutti i LED sono completamente programmabili.

La UDOO KEY dispone di un Jumper per l'avvio e il debug, il Jumper è collegato al GPIO0 dell'ESP32 (pin #25).

Come la scheda a microcontrollore Raspberry Pi Pico, ha anche un pulsante per scegliere tra la modalità normale e la modalità di programmazione, collegato al pin QSPI_SS come è visibile dallo schema di Raspberry Pi Pico. La scheda monta ben 40 pin, tantissimi se paragonata a schede di dimensioni simili. A livello di pinout, la scheda UDOO KEY è compatibile al 100% con Raspberry Pi Pico sia a livello hardware che software, con l'unica eccezione di due pin GPIO utilizzati per la mappatura UART, necessari per consentire la comunicazione tra la MCU ESP32 e il chip RP2040. Tutte le interfacce hanno protezione ESD e sono progettate per essere utilizzate non solo in ambito hobbistico, ma anche in ambienti industriali. Infine, il connettore UEXT è accessibile dall'ESP32, che espo-

ne le interfacce I2C, UART e SPI.

QUALI E QUANTI PROGETTI POSSIAMO REALIZZARE CON UDOO KEY?

La scheda UDOO KEY si presta alla realizzazione di **una infinità di progetti e applicazioni**. Grazie a UDOO KEY si può facilmente costruire e addestrare, ad esempio, il proprio modello AI di riconoscimento dei gesti e utilizzarlo per una vasta gamma di scenari. UDOO KEY può essere inserito praticamente in qualsiasi tipo di oggetto, fino ad arrivare al retrofit di vecchie macchine, offrendo un sacco di opzioni. Vediamo ora alcune tra le più diffuse applicazioni.

- **Manutenzione predittiva (predictive maintenance)**

Attraverso l'analisi dei dati dei dispositivi connessi, utilizzando **algoritmi di apprendimento automatico**, la manutenzione predittiva è in grado di misurare la durata di un oggetto e rilevare un eventuale malfunzionamento prima che questo accada. Un esempio di modello AI di manutenzione predittiva può essere utilizzato per misurare se viene applicata troppa forza alla forcella di una bicicletta intelligente, mediante l'utilizzo di componenti quali il sen-

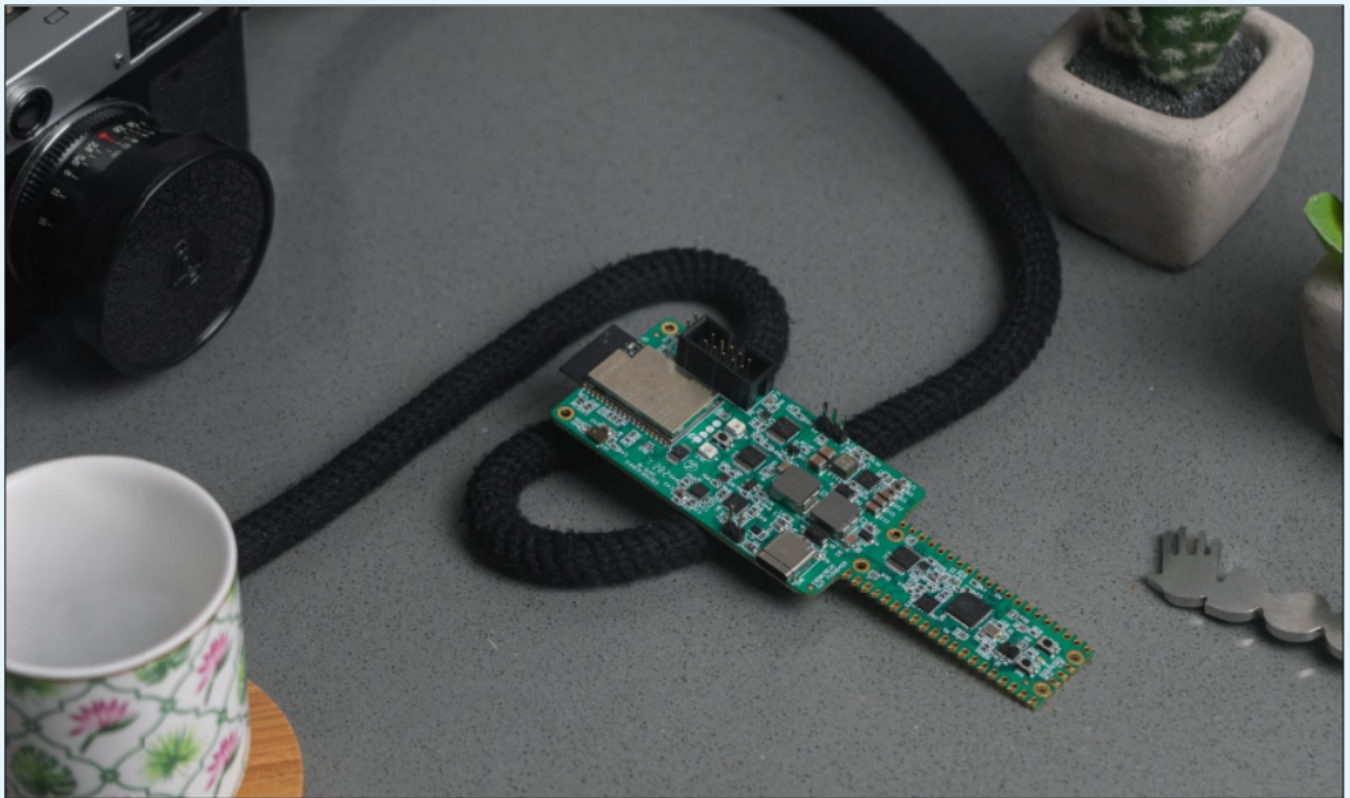


Figura 6

sore IMU a 9 assi dell'ESP32 e il microfono digitale, per analizzare i dati di suono e movimento con un modello AI di manutenzione predittiva.

- **Riconoscimento del suono (sound recognition)**

UDOO KEY permette di riconoscere il suono identificando un suono specifico. Per questa tipologia di progetto possono essere utilizzati il microfono digitale a bordo e Clea, per analizzare i dati del suono con un **modello AI di riconoscimento del suono**.

- **Riconoscimento delle parole chiave (keyword recognition)**

Un classico esempio di questo tipo di applicazione è la macchina da caffè ad attivazione vocale, che potremmo considerare un upgrade della UDOO Coffee Machine, un vecchio progetto UDOO, ma che prende ispirazione anche da diverse macchine da caffè Arduino, come quelle che si possono trovare online. Con questa macchina da caffè dall'aspetto "magico" è possibile ottenere un caffè solo con la forza della nostra voce. Il funzionamento della macchina è abbastanza semplice e intuitivo: si attiva la macchina del caffè pronunciando una parola di coman-

do (che può essere ad esempio "Hey UDOO") dopo di che, la macchina del caffè fa una domanda scriptata per confermare se vogliamo davvero un caffè. A questo punto possiamo dare la conferma alla macchina. Questo esempio di progetto utilizza i seguenti componenti UDOO KEY: microfono digitale, la MCU ESP32 compatibile con Arduino per hackerare facilmente la macchina del caffè e Clea, per rilevare la parola chiave.

- **Rilevamento e classificazione degli oggetti (object detection and classification)**

Con UDOO KEY possiamo anche realizzare applicazioni di rilevamento e classificazione di oggetti. Potremmo, ad esempio, applicarlo ai bidoni della spazzatura che possono quindi verificare se il cestino è pieno o meno, oppure identificare il materiale del pezzo di spazzatura che si ha in mano e aprire il contenitore giusto. In sostanza, questa applicazione specifica è frutto di una combinazione di diversi progetti open-source, in particolare, Arduino Trash Classificazione basata su TinyML e Arduino Smart Trash Bin per controllare se il cestino della spazzatura è pieno o vuoto. In questo progetto vengono impiegati i seguenti componenti UDOO KEY: microfono digitale, ESP32 compatibile con Arduino per hackerare facilmente il cestino

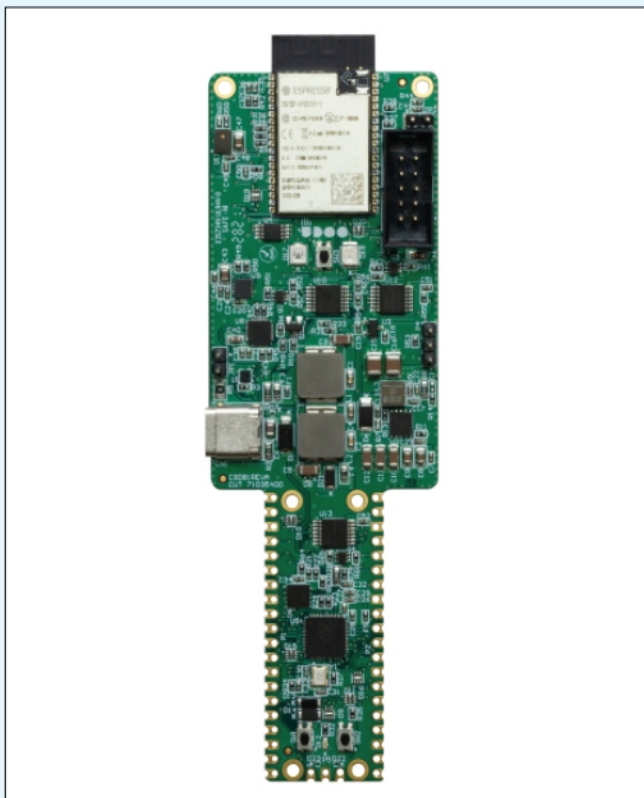


Figura 7

della spazzatura e Clea, per il rilevamento e la classificazione degli oggetti.

- **Riconoscimento dei gesti (gesture recognition)**

Con UDOO KEY possiamo effettuare il riconoscimento dei gesti, ovvero la capacità di rilevare un gesto specifico. Ad esempio, inserendo una UDOO KEY all'interno di un peluche, possiamo trasformarlo in una bacchetta magica, dandogli nuove capacità, come cambiare i modelli di luce delle strisce LED abilitate al bluetooth o attivare gli altoparlanti bluetooth. Tutte queste abilità sono attivate dai gesti grazie all'IMU a 9 assi di UDOO KEY. Questo progetto si basa sui seguenti componenti UDOO KEY: l'IMU a 9 assi, per rilevare facilmente i gesti e Clea, per identificare il gesto.

- **Riconoscimento del volto (face recognition)**

Con UDOO KEY è possibile realizzare anche progetti di riconoscimento dei volti, con i quali è possibile rilevare e identificare un volto in un flusso di telecamere. Ciò è possibile perché, pur non avendo una telecamera integrata a bordo, monta un connettore per telecamera ed è compatibile con Arducam. Esistono centinaia di progetti di ricono-

scimento facciale che si possono realizzare con l'hardware UDOO KEY, sia in scenari industriali che non industriali.

LA CAMPAGNA KICKSTARTER

La campagna Kickstarter è disponibile al seguente link key.udoo.org. In questa campagna, UDOO KEY ha superato l'obiettivo di 10.000 \$ in soli 90 minuti. Questa, però, per UDOO non è la prima campagna, in precedenza ci sono state altre 4 campagne Kickstarter che hanno riscosso un grande successo (UDOO, UDOO NEO, UDOO X86, UDOO BOLT) raccogliendo oltre 2 milioni di dollari da migliaia di sostenitori sparsi in tutto il mondo. A partire dalla prima scheda UDOO sono stati spediti oltre 100.000 computer a scheda singola. Le spedizioni della scheda UDOO KEY inizieranno a gennaio 2022.

Maurizio Caporali, CEO & Product Manager, ha affermato: **"Oggi l'AI è molto frintesa. Molti casi d'uso dell'AI non richiedono una potente unità di elaborazione, ed è qui che entra in gioco UDOO KEY. Per la prima volta nel mondo dell'Edge AI l'utente ha la possibilità di costruire un progetto AI alle proprie condizioni, utilizzando Raspberry Pi RP2040, ESP32 o entrambi. Diverse aziende con cui siamo in contatto hanno difficoltà a trarre vantaggio dalla rivoluzione dell'Intelligenza Artificiale. UDOO KEY e Clea rendono tutto ciò più facile che mai."**



L'autore è a disposizione nei commenti per eventuali approfondimenti sul tema dell'Articolo. Di seguito il link per accedere direttamente all'articolo sul Blog e partecipare alla discussione:

<https://it.emcelettronica.com/udoo-key-linnovativa-piattaforma-ai-basata-su-rp2040-e-esp32>

CIRCUITI STAMPATI FLESSIBILI: L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI PCB PER I DISPOSITIVI ELETTRONICI

di **Redazione**

In questo articolo analizzeremo i Circuiti Stampati Flessibili. Questa tipologia di circuiti rappresenta non solo un importante oggetto di ricerca e innovazione nel mondo dell'elettronica, ma anche una spinta propulsiva per la rivoluzione dei dispositivi elettronici. L'avvento della tecnologia dei Circuiti Flessibili e Rigidi-Flessibili ha rivoluzionato molti aspetti della moderna progettazione elettronica. I Circuiti Stampati Flessibili o Circuiti Flessibili (FPC) si riferiscono a circuiti elettronici montati su substrati flessibili costituiti da specifici materiali, quali film di poliestere conduttivo trasparente o poliammide. Promuovendo l'evoluzione della tecnologia elettronica, i Circuiti Flessibili hanno consentito a molti prodotti elettronici di diventare più piccoli, più intelligenti ed economici grazie a interconnessioni sempre più semplici e veloci.

INTRODUZIONE AI CIRCUITI STAMPATI FLESSIBILI

Uno dei principali vantaggi dei **Circuiti Stampati Flessibili** rispetto ai circuiti stampati rigidi convenzionali è che possono essere progettati per assumere una forma particolare al momento della produzione, consentendo la **flessione** al momento del loro utilizzo nei prodotti e nelle applicazioni finali. Nel mezzo della crisi COVID-19, si prevede che il mercato globale dei circuiti stampati flessibili stimato di oltre 11 miliardi di dollari nel 2020, raggiungerà una dimensione di circa 20 miliardi di dollari entro il 2026. Spinta dalla crescente complessità dei sistemi e dei package integrati, nonché dagli ulteriori sviluppi che hanno avuto luogo nel campo delle scienze e delle tecnologie applicate, in particolare nell'area medica, è cresciuta la domanda di **substrati flessibili** e supporti per circuiti elettrici ed elettronici. Per tenere il passo con questi sviluppi, alcune delle più lungimiranti aziende hanno lavorato al fine di migliorare continuamente la capacità di produzione di questo tipo di substrati. Spinte dalle richieste dei clienti e dalle continue

innovazioni tecnologiche, queste aziende hanno migliorato e ampliato il loro portfolio tecnologico produttivo al di sopra di ogni previsione. **I PCB flessibili sono stati inizialmente progettati in sostituzione dei tradizionali cablaggi con conduttori.** Sin dalle prime applicazioni negli anni '40 ad oggi, lo sviluppo e l'espansione dei Circuiti Stampati Flessibili procedono in modo esponenziale. Esistono molti tipi diversi di Circuiti Flessibili, inclusi uno strato metallico, circuiti a doppia faccia, multistrato e rigidi-flessibili. I circuiti possono essere formati incidendo il rivestimento di lamine metalliche (normalmente di rame) da basi polimeriche, placcando il metallo o stampando inchiostri conduttivi. I Circuiti Flessibili possono avere o meno componenti collegati. **Quando i componenti sono collegati**, sono considerati da alcuni nell'industria come **assemblaggi elettronici flessibili.** I PCB flessibili sono realizzati con materiali che possono flettersi e muoversi come la plastica, possono essere piegati o attorcigliati senza danneggiare i circuiti, il che significa che le schede possono essere piegate liberamente per conformarsi alla forma desiderata durante le applicazioni. **Il materiale del**

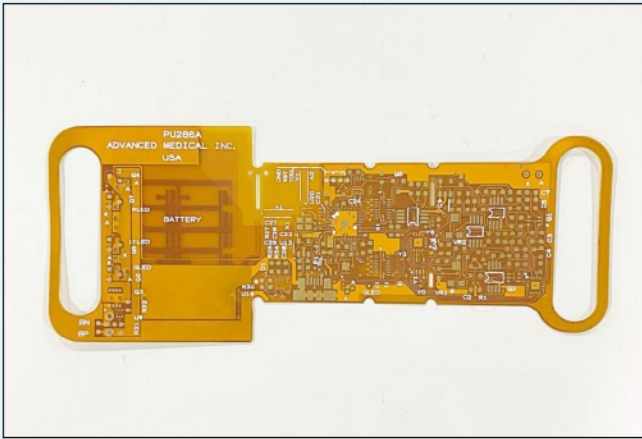


Figura 1: Esempio applicativo di circuito flessibile
(Fonte: <https://www.pcbgogo.com/flexible-pcb.html>)

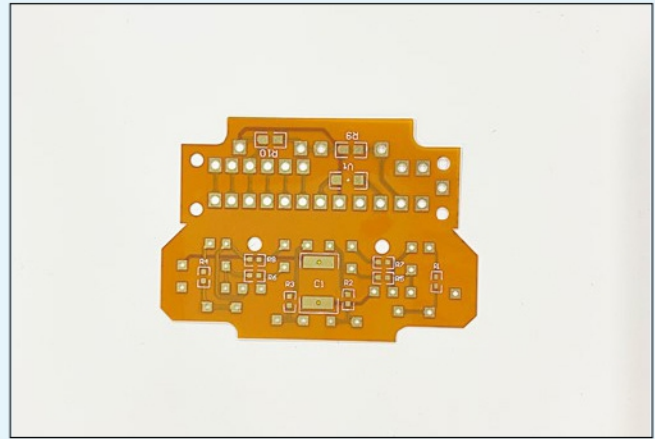


Figura 2: Maschera di saldatura di un FPC
(Fonte: <https://www.pcbgogo.com/flexible-pcb.html>)

substrato utilizzato nel processo di fabbricazione è quindi altamente flessibile. Un tipico materiale utilizzato nella fabbricazione dei PCB flessibili è la poliammide. In **Figura 1** viene mostrato un esempio di modellabilità di un circuito flessibile.

I PCB flessibili sono disponibili in formati singolo, doppio o multistrato, rigido-flessibile e piatto-flessibile. Se volessimo invece creare un termine di paragone, gli FPC sono molto più costosi dei PCB rigidi ma, al contempo, hanno molti vantaggi in termini di prestazioni quali:

- *risparmio di spazio*
- *riduzione del peso*
- *alta affidabilità*
- *adattabilità a diversi settori e contesti applicativi*

Nel paragrafo seguente verranno analizzate e confrontate nel dettaglio le caratteristiche funzionali dei vari tipi di circuiti stampati.

CIRCUITI STAMPATI FLESSIBILI (FPC) E PCB RIGIDI: COSA LI RENDE DIVERSI

Rispetto ai circuiti rigidi, i substrati flessibili possono sopportare una certa **flessione della forma e allungamento ΔL**. Gli strati dielettrici negli FPC sono tipicamente fogli omologhi di **materiale poliammidico flessibile**, mentre i materiali dielettrici nei PCB rigidi sono solitamente composti di tessuto epossidico e fibra di vetro. Inoltre, su entrambi i lati di un PCB rigido è previsto uno strato di maschera di saldatura; questa presenta spazi vuoti e i pad SMT o i fori PTH sono esposti per consentire l'assemblaggio dei componenti. Negli FPC, invece, di solito si usa un rivestimento di copertura in sostituzione della maschera di saldatura. Il rivestimento di copertura è un sottile ma-

teriale in poliammide che può essere forato o tagliato al laser per accedere ai componenti. In **Figura 2** è riportato un esempio di FPC in cui si può osservare l'applicazione della maschera di saldatura per l'accesso dei componenti. Riguardo il processo di fabbricazione, la maggior parte delle fasi di produzione degli FPC e PCB rigidi sono molto simili. Tuttavia, gli FPC necessitano di alcune attrezzature supplementari per tenerli in una posizione fissa durante le varie fasi del processo produttivo, a causa della loro flessibilità.

MATERIALI PER LA FABBRICAZIONE DEI CIRCUITI STAMPATI FLESSIBILI

Analizziamo ora quali sono i materiali che caratterizzano i Circuiti Stampati Flessibili. I Circuiti Stampati Flessibili sono costruiti utilizzando materiali con specifiche proprietà che li rendono impermeabili, antiurto, resistenti alla corrosione e resistenti alle alte temperature. Esistono una varietà di substrati flessibili ed estensibili disponibili sul mercato, tutti hanno la **capacità di piegarsi o flettersi senza rompersi** né risentire in alcun modo delle sollecitazioni meccaniche. I substrati estensibili hanno una gamma di movimento più ampia e sono in grado di **sopportare elevate sollecitazioni meccaniche pur rimanendo elastici**. Il loro comportamento è quindi prettamente **elastico**, ovvero, quando sono soggetti a carichi e sollecitazioni, mostrano un comportamento reversibile, tornando alla loro forma originaria. Nella **regione elastica** i materiali estensibili possono sopportare grandi deformazioni sotto carico e recuperare la forma originaria quando il carico viene rimosso. Per regione elastica si intende la porzione di curva Sforzo-Deformazione, nella quale le deformazioni sono reversibili. Riguardo al comportamento meccani-

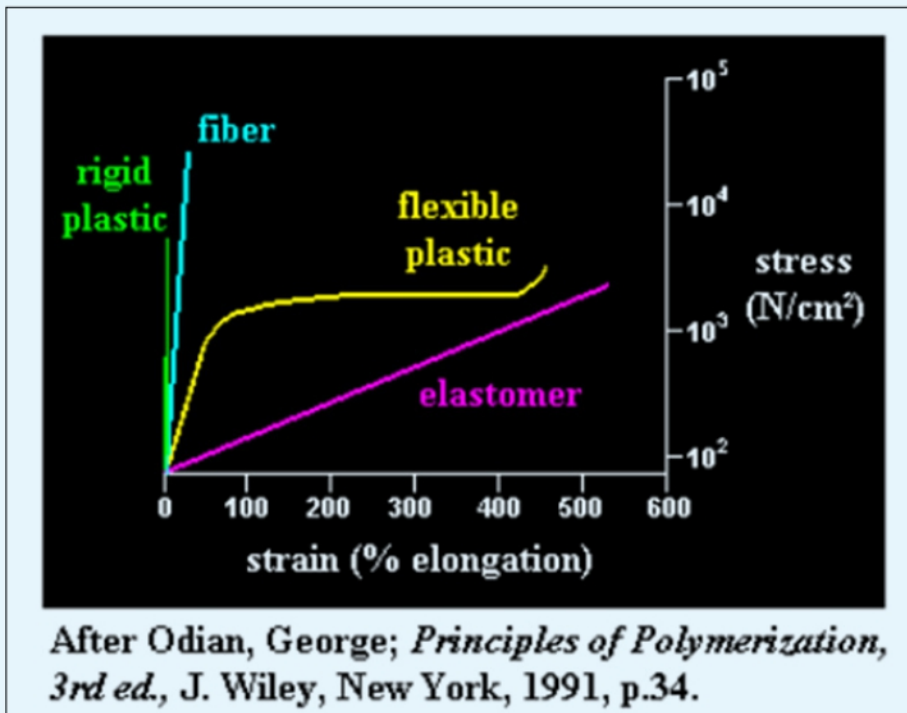


Figura 3: Curva Sollecitazione-Deformazione (σ - ϵ)

co, la scienza e la tecnologia dei materiali forniscono gli strumenti per analizzare il **comportamento dei materiali e le proprietà meccaniche associate**. Facendo ricorso alle curve Sforzo-Deformazione possiamo studiare il comportamento meccanico dei materiali e, quindi, anche dei polimeri, oltre che estrarre determinate informazioni. Nel campo delle deformazioni elastiche ϵ_{el} (al di sotto quindi del limite elastico) vale una relazione nota come **Legge di Hooke**:

$$(1) \sigma = E \epsilon$$

dove:

σ : sollecitazione (N/mm²)

E : modulo di Young o modulo elastico (MPa)

ϵ : deformazione elastica (mm/mm)

Il modulo elastico misura il grado di rigidità del polimero e graficamente corrisponde alla pendenza del tratto iniziale della **curva Sforzo-Deformazione** o **Stress-Strain** (σ - ϵ). Si veda a tal proposito la **Figura 3**. Dal punto di vista analitico, invece, il modulo di Young è il rapporto tra lo stress applicato σ , ovvero la forza applicata per unità di area, e la deformazione ϵ .

Lo sforzo è definito dalla formula:

$$(2) \sigma = F/A$$

La legge di Hooke può quindi essere scritta anche come:

$$(3) E = \sigma/\epsilon$$

I valori del modulo E cambiano significativamente a seconda del materiale utilizzato, ad esempio le materie plastiche hanno valori di E molto bassi, che crescono nei metalli fino ai materiali ceramici, proporzionalmente alla rigidità. Altre proprietà meccaniche individuabili dalla curva σ - ϵ sono il carico di snervamento, che rappresenta il valore di stress con il quale inizia la deformazione plastica, ovvero la deformazione irreversibile. Il carico di rottura invece rappresenta il valore limite

del carico prima della rottura.

Tra le caratteristiche necessarie per qualsiasi materiale da utilizzare come substrato, le risposte allo stress e/o deformazione possono essere adattate con precisione alle proprietà non lineari dei tessuti biologici che non devono essere né troppo rigidi, né troppo spessi, né troppo pesanti ma devono avere un contatto conforme, un'intima integrazione e un'adeguata adesione con la pelle naturale. Per ciò che concerne i materiali per la fabbricazione degli FCP, la poliammide è uno dei materiali che è adatto come substrato per circuiti flessibili. È un tipo di polimero dotato di una **buona resistenza chimica e meccanica** ed è **termicamente stabile anche fino a 400°C**. Solitamente, le poliammidi sono disponibili sia come fogli semi-polymerizzati sia come soluzione che può essere rivestita per rotazione. Una delle caratteristiche speciali della poliammide è che molte proprietà dei film come il **coefficiente di espansione termica**, il **modulo di Young** (o modulo elastico) e la **costante dielettrica**, possono essere regolate o personalizzate durante il processo di sintesi polimerica.

APPLICAZIONI E PRESTAZIONI DEGLI FPC: STATO DELL'ARTE E PROSPETTIVE FUTURE

Grazie alla notevole **flessibilità**, gli FPC sono spesso utilizzati come connettori in varie applicazioni, consentendo anche di prolungare la durata dei circuiti integrati e rispar-



Figura 4: FPC di varie dimensioni
(Fonte: <https://www.pcbgogo.com/flexible-pcb.html>)

miare molto spazio. Le applicazioni dei Circuiti Stampati Flessibili FPC possono coprire vari campi che spaziano dai telefoni cellulari alle apparecchiature mediche in cui si richiedono molte interconnessioni in un package compatto, sino a computer e televisori. L'elevata affidabilità ed **eccellente dissipazione del calore** degli FPC rispetto ai PCB rigidi ne consente, infatti, l'applicazione in molti dispositivi elettronici integrati in computer, televisori, stampanti e sistemi di svago, dove la dissipazione del calore è sempre un fattore critico per la progettazione. La durata e l'affidabilità dei Circuiti Flessibili li rendono ideali anche in settori ad alta professionalità come l'avionica. L'assenza di connettori meccanici nelle applicazioni con FPC migliora notevolmente la durata dei circuiti flessibili in ambienti anche critici. Inoltre, i PCB flessibili possono essere utilizzati anche in aree ad alto rischio ambientale. Possono, ad esempio, essere utilizzati nei satelliti, in cui il peso ed il volume sono le principali limitazioni per i progettisti. Inoltre, le strisce LED, l'elettronica di consumo, l'automotive e molte altre applicazioni ad alta densità favoriscono l'impiego delle schede flessibili per ridurre le dimensioni e il peso. In **Figura 4** sono mostrati alcuni FPC di varie dimensioni.

Grazie all'elevata **resistenza** ed alla grande **mobilità**, gli FPC si possono avvolgere agevolmente senza rompersi o danneggiarsi, il che li rende molto adatti nelle applicazioni all'aperto, nelle attrezzature sportive e nell'elettronica indossabile (wearable). I fornitori di componenti per l'e-

lettronica si affidano a soluzioni di Circuiti Flessibili per una gamma di applicazioni che devono elaborare segnali elettronici critici, funzionare perfettamente in ambienti estremi, gestire la distribuzione di calore ed energia, ridurre gli incidenti automobilistici e realizzare tutto questo tramite un **design miniaturizzato**. L'ampia gamma di tecnologie abilitate da progetti di Circuiti Flessibili personalizzati e opzioni avanzate di materiali per Circuiti Flessibili ha alimentato i progressi nei prodotti e nei programmi automobilistici, sanitari, di consumo, industriali e militari/aerospaziali. I progressi dei Circuiti Flessibili forniscono un'analisi critica a scansione rapida, una maggiore dinamica del movimento della macchina e risoluzioni delle immagini a variazione graduale. La

misurazione del petrolio e del gas si basa su Circuiti Flessibili per misurare ed elaborare le informazioni estratte a migliaia di metri sotto la superficie terrestre. Le telecamere in miniatura guidate da Circuiti Flessibili ultrasottili inghiottite dai pazienti consentono ai medici di ridurre i costi diagnostici fornendo immagini gastrointestinali in tempo reale. Inoltre, la tecnologia all'avanguardia dei PCB flessibili consente ai medici di diagnosticare rapidamente un ictus in fase iniziale e altri eventi critici per la salute tramite la risonanza magnetica. La **Figura 5** mostra la macchina MRI.

Le unità di manutenzione del motore e i sistemi di frenatura antibloccaggio dei veicoli utilizzano circuiti in poliammide per ridurre il peso e i costi rispetto ai cablaggi tradizionali, resistendo agli ambienti più critici. I circuiti stampati rigidi-flessibili sono prodotti con più strati e in schemi circuitali fino a 0,001 pollici di spaziatura, conducendo al miglioramento di molti aspetti tecnici e di fruibilità degli aerei, delle navi e dei satelliti militari di prossima generazione. Gli smartphone utilizzano antenne 3D e driver ottici avanzati per fornire video nitidi e allo stesso tempo dissipare il calore. Nuove tecniche di fabbricazione e materiali per Circuiti Flessibili come conduttori di rame ultrasottili (spessori inferiori a 5 micron) e dielettrici ad alta velocità ed a basso assorbimento di umidità (come i polimeri a cristalli liquidi) consentono una nuova generazione di opzioni di progettazione. I riscaldatori e i componenti per la gestione



Figura 5: Macchina MRI

termica presentano opportunità uniche per i Circuiti Flessibili in grado di fornire un riscaldamento preciso tramite circuiti che utilizzano tracce metalliche non di rame come cupro-nichel.

Sono in fase di sperimentazione nuove tecnologie per gli sbrinatori delle ali degli aerei che utilizzano materiali flessibili per riscaldare e rilasciare rapidamente il ghiaccio e prevenire l'accumulo in volo.

La tecnologia può far risparmiare sulle costose procedure di sbrinamento dei liquidi e migliorare la sicurezza delle compagnie aeree.

Altre possibili applicazioni dei Circuiti Stampati Flessibili includono camere di incubazione neonatali ospedaliere che richiedono un controllo uniforme e coerente della temperatura, supporto per sale operatorie e attrezzature, riscaldamento satellitare per le applicazioni nello spazio profondo in ambienti a bassa potenza, elettronica militare per sistemi di visione, e riscaldamento e raffreddamento di sedili per autoveicoli.

All'orizzonte ci sono tecnologie che potrebbero fare il prossimo passo in avanti nell'analisi della salute e delle prestazioni umane. Sono in fase di sviluppo Circuiti Flessibili per sensori, display e dispositivi di comunicazioni biomediche. Tali progressi potrebbero consentire la trasmissione di segnali vitali in tempo reale a medici e ospedali per pazienti ad alto rischio, fornire ai primi soccorritori un rapido fee-

dback in situazioni di emergenza e dotare piloti e soldati di strumenti informativi di nuova generazione.

La ricerca attuale sta studiando diverse tecniche di fabbricazione all'avanguardia, che consentono ai circuiti di essere sempre più flessibili adattandosi ai vari contesti.

Tuttavia, i circuiti integrati ed i circuiti stampati rigidi continueranno a essere il tipo più popolare di circuiti poiché sono così economici da produrli in grandi quantità, e questo è fondamentale soprattutto nelle grandi economie di scala. I dispositivi elettronici tradizionali utilizzano spesso substrati rigidi a causa della loro affidabilità e capacità di resistere a flessione e impatto.

La possibilità di progettare Circuiti Flessibili FPC piccoli e leggeri rispetto ai PCB rigidi, permette agli FPC di sostituire circuiti ingombranti in svariate applicazioni. **Tuttavia, i PCB flessibili, pur avendo così tanti vantaggi unici in varie applicazioni, non possono ancora sostituire del tutto i PCB rigidi.**

CIRCUITI STAMPATI FLESSIBILI PER DISPOSITIVI SMART INDOSSABILI (WEARABLE)

L'elettronica su substrati flessibili ha ricevuto molta attenzione negli ultimi tempi, a causa dell'incremento della domanda di dispositivi indossabili nel settore consumer. A ciò si aggiunge anche la diffusione delle tecniche di fab-



Figura 6: Un esempio di PCB Flessibile
(Fonte: <https://www.pcbgogo.com/flexible-pcb.html>)

bricazione come l'uso di inchiostri conduttivi nei processi di produzione roll-to-roll e l'integrazione di fibre conduttive nei tessuti intelligenti.

Gli ingegneri e i progettisti di tutto il mondo hanno da tempo immaginato la possibilità di realizzare circuiti fluidi e conformi al corpo umano in alternativa a chip e schede rigide.

I Circuiti Flessibili possono abilitare molte funzionalità che prima erano semplicemente impensabili con i soli circuiti rigidi.

La **pelle elettronica estensibile** può essere incorporata con più sensori su una protesi per consentire capacità simili ad un arto reale. Per l'uso militare, le uniformi e le armature possono avere **sensori di impatto integrati flessibili** e leggeri **in grado di memorizzare dati e fornire informazioni** in tempo reale sulla ferita subita durante il combattimento. I Circuiti Flessibili renderebbero più resistenti anche i dispositivi portatili e si potrebbero realizzare circuiti indossabili come vestiti o gioielli.

I tessuti intelligenti e flessibili sono di forte interesse per l'elettronica di consumo indossabile e persino per i personal computer. Un fattore chiave della popolarità dei Circuiti Flessibili ed estensibili è l'avvento della **tecnologia indossabile**.

La tecnologia indossabile, infatti, consente l'uso di dispo-

sitivi elettronici e microcontrollori sul corpo umano, sia impiantati sia indossati come dispositivo esterno. I dispositivi indossabili sono spesso utilizzati per raccogliere dagli utenti dati vitali o parametri fisiologici. Attualmente sul mercato è disponibile una miriade di dispositivi indossabili come misuratori di pressione sanguigna, cardiofrequenzimetri, contapassi, rilevatori di distanza, fitness tracker. La domanda di dispositivi indossabili è cresciuta esponenzialmente sin da un decennio fa, quando i dispositivi indossabili erano limitati ai dispositivi ECG (ElettroCardioGramma), EEG (ElettroEncefaloGramma) ed EMG (ElettroMioGramma). I moderni sensori sono spesso discreti, in miniatura, wireless e sono alimentati da batterie di dimensioni minuscole. L'implementazione di questi sensori è resa possibile dai progressi nei **Sistemi Micro Elet-**

tromeccanici (MEMS). Tali micro sensori possono anche misurare impedenza, spostamento di carica, campi magnetici, intensità della luce e pressione.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I Circuiti Flessibili continuano ad evolversi e ad essere utilizzati in più dispositivi elettronici.

Come alternativa ai cablaggi ingombranti, le soluzioni flessibili si stanno diffondendo in modo esponenziale, contribuendo a **miniaturizzare l'elettronica complessa** e consentire comunicazioni evolute di prossima generazione.

La scelta di un fornitore esperto nella produzione e **assemblaggio di PCB** garantirà ai clienti che il loro **prototipo PCB** sarà privo di errori consentendo di procedere alla fabbricazione in serie senza problemi.

L'autore è a disposizione nei commenti per eventuali approfondimenti sul tema dell'Articolo. Di seguito il link per accedere direttamente all'articolo sul Blog e partecipare alla discussione:

<https://it.emcelettronica.com/circuiti-stampati-flessibili-levoluzione-tecnologica-dei-pcb-per-i-dispositivi-elettronici>

ENERGIA SOLARE PER UN ROBOT TAGLIAERBA- ECOLOGICO, ECONOMICO, SEMPLICE!



Un robot tagliaerba è un oggetto bello, comodo e pratico. In termini ecologici, però, vi è ancora spazio per l'ottimizzazione, dato che per funzionare necessita costantemente di energia elettrica. Inoltre, posare il cavo 230 V per la fornitura di energia non è fattibile dappertutto. Ma un sistema a energia solare su misura può risolvere entrambi i problemi.

C'era una volta (3 anni fa) un ragazzino, il figlio dei vicini, che mi tagliava l'erba. Da quando però è diventato un giovane studente preferisce investire il suo tempo studiando, piuttosto che occupandosi del mio giardino. Così, ho comprato un robot tagliaerba, decisione che comportava anche un vantaggio addizionale: l'erba tagliata e i relativi nutrienti potevano così essere riciclati, anziché trasformarsi in poco tempo da un mucchio a una grande montagna di compost. Dopo le prime difficoltà nello stabilire i confini e trovare un cavo compatibile con la forma (piuttosto) complessa del giardino, il robot fece quello che avrebbe dovuto fare e, se non fosse che si è rotto, taglierebbe l'erba tuttora.

OPERAZIONE SOLARE

Tutto sarebbe stato meraviglioso e la favola sarebbe finita qui, se non fosse che la mia fidanzata, che ha un dottorato in chimica, non mi avesse di recente messo alla prova. Qualche tempo fa un mio buonissimo amico decise di equipaggiare il suo motoscafo con un frigorifero elettrico alimentato attraverso energia solare. Essendo "l'electricus" del mio clan, ero io ovviamente il responsabile dei calcoli di base necessari alla progettazione di questo sistema a energia solare. Non appena Alexandra venne a conoscenza di questa storia, assunse un'espressione di finta innocenza e mi chiese: E perché il tuo robot tagliaerba non è ancora alimentato a energia solare?" Bang! Ovviamente, dopo una domanda del genere, non potevo restarmene lì seduto indifferente. Così feci un rapido check

mentale per valutare la validità di un progetto del genere, una ricerca su Internet per identificare i componenti necessari e i relativi prezzi e, giusto mezz'ora dopo, me ne tornai dalla mia ragazza piuttosto entusiasta dicendole: "è facile da realizzare e costa anche relativamente poco. Basteranno circa 100 €!" Lei sorrise, scettica, perché essendo una scienziata convinta, il sistema operativo installato nella sua mente operava "alla Goethe" secondo il motto "il messaggio lo sento bene, è la fede che mi manca!" Non sono di certo le belle parole a contare per lei, ma solo i fatti. E dunque avrei dovuto dimostrarli.

CONSIDERAZIONI DI BASE

Il mio robot tagliaerba è firmato Gardena, che sarebbe la versione economica del più conosciuto Husquarna. Per un giardino di circa 550 m², deve poter lavorare per circa 4 h al giorno durante la fase di crescita - primavera e autunno; invece, durante il periodo estivo più secco, 2h al giorno o poco meno di lavoro saranno sufficienti. Fortunatamente, in questo caso, la luce solare abbonda proprio nel momento del bisogno. Il robot ha una **batteria della durata di circa un'ora**, dopodiché deve tornare alla stazione di base per ricaricarsi per un'ora, prima di continuare a falciare. Se voglio che lavori per due ore al giorno, devo programmarlo (wireless) impostando una finestra di tempo di 3 h perché devo includere l'ora necessaria di ricarica. Al fine di poter calcolare la quantità di energia necessaria per un ciclo di ricarica, ho fatto la seguente ricerca su Internet: presumibilmente, l'unità di alimentazione

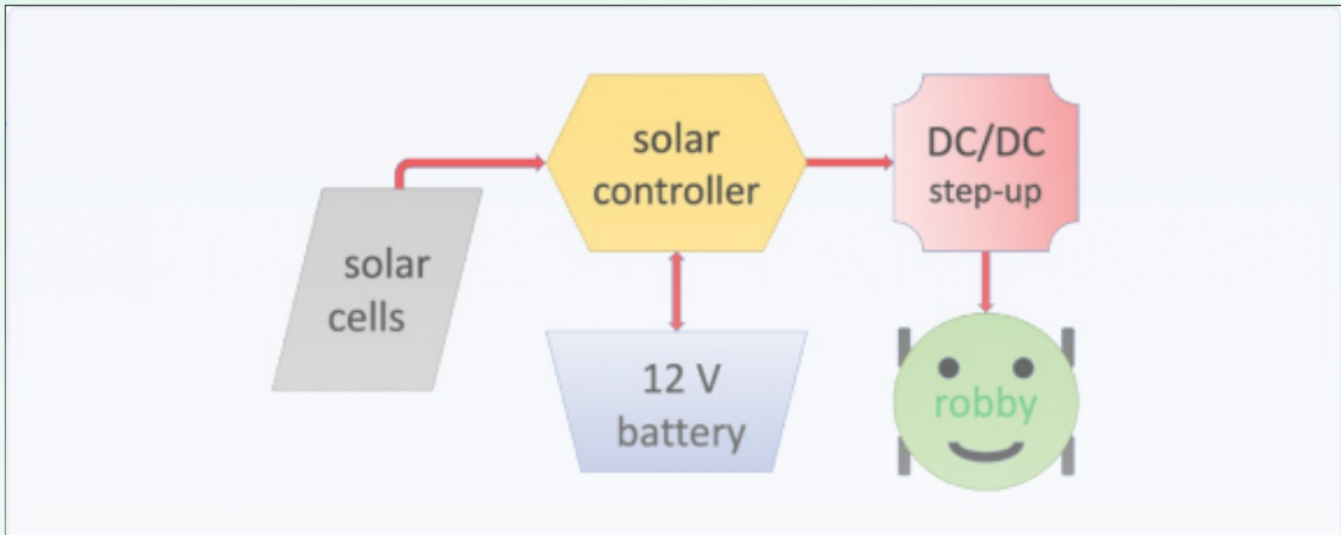


Figure 1: The block diagram of a solar system for moving robots with energy flow (red)

corrispondente fornisce 28 V a un max di 1.3 A. Siccome HTML è paziente, l'ho misurata e di fatto la mia alimentazione fornisce una tensione di 28.1 V (DC) quando non è in modalità di ricarica. Quando la batteria del robot è sotto carica, la mia pinza amperometrica indica una corrente di 1.29 A. Durante la fase di ricarica la tensione scende a 26.5 V. Ho pensato subito che "l'alimentazione fosse soft", cosa che più tardi si è rivelata falsa!

In ogni caso: $26.5 \text{ V} \times 1.3 \text{ A}$ dà un risultato di circa 35 W, secondo la formula della potenza di A. Ries. Questo significa che servono circa 35 Wh per una ricarica della durata di 1 h. Dunque, per effettuare una falciatura in 4 sessioni una mattina d'estate, serviranno circa 140 Wh. Questo è la quantità di energia elettrica che con-

singolo modello è l'idea migliore.

SISTEMA A ENERGIA SOLARE


Se calcolo 200 giorni con una media di lavoro di 3 h/d per un anno, ottengo 600 cicli di carica, che si traducono in un fabbisogno energetico annuale di 21 kWh. Se aggiungiamo a ciò 11.5 kWh calcolando che $2.4 \text{ W} \times 24 \text{ h} \times 200 \text{ d} \approx 11.5 \text{ kWh}$ otteniamo come risultato il costo dell'elettricità, pari a 9.75 € (30 €/kWh). Un sistema a energia solare di 100 € permetterebbe al costo di rientrare nel giro di dieci anni. Conviene? In termini economici forse no, ma in termini ecologici di certo sì perché nello stesso lasso di tempo evita l'immissione di 105 kg di CO₂ nell'atmosfera. Inoltre, potrete scegliere liberamente dove po-

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

UN ANNO DI **FIRMWARE 2.0**
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI



 **VOGLIO ABBONARMI!**

DRONI AUV: COSA SONO E QUALI SARANNO GLI SVILUPPI NEI PROSSIMI ANNI?

di Gaetano Aerialclick

Quando si parla di droni ci si riferisce, per antonomasia, a quei dispositivi utilizzati per uso aereo. Declinati agli usi più disparati in volo, rappresentano i prodotti di punta della tecnologia dell'ultimo secolo. Tuttavia, spesso non si pensa ai droni sottomarini: i droni AUV si stanno ritagliando un grande spazio nel settore della perlustrazione marina. I droni stanno affrontando le sfide più ardue, in generale, ma navigare nel fondo degli abissi davvero sembra un'esperienza fantascientifica.

DRONI AUV: PERCHÉ TANTO INTERESSE DA PARTE DEL MERCATO?

Dal controllo del territorio all'aspirazione dei rifiuti oceanici, dalla movimentazione di oggetti al monitoraggio sottomarino: i droni AUV rappresentano gioielli della tecnologia allo stato puro. Con la crescente accessibilità dei droni, molti dei lavori più pericolosi e ben remunerati nel settore commerciale possono essere sostituiti dalla tecnologia dei droni. Il loro utilizzo, effettuato in maniera sicura ed economica, può dare un grande contributo in ottica di prevenzione delle collisioni, ad esempio. Si prevede che i droni andranno via via a migliorare anche la capacità di eseguire compiti sempre più complessi. Il mercato globale emergente per i servizi alle imprese che utilizzano i droni ha un valore di oltre miliardi e miliardi. Sono sempre più numerose le aziende che cercano di capitalizzare queste opportunità commerciali. Ecco la ragione per la quale gli investimenti nel settore dei droni AUV vanno aumentando sempre più di anno in anno. Un **drone aereo UAV**, acronimo di **Unmanned Aerial Vehicle**, è un velivolo senza pilota che opera attraverso una combinazione di tecnologie, tra cui visione artificiale, **intelligenza artificiale**, tecnologia per evitare gli oggetti. Ma i droni, oltre ad essere veicoli terrestri, possono essere veicoli marittimi che operano in modo autonomo, la sigla **AUV** sta, come abbiamo detto, per **Autonomous Underwater Vehicle** indicando, appunto, un veicolo subacqueo senza equipaggio. I droni AUV possono essere utilizzati per mis-

sioni di rilevamento subacqueo per tanti tipi di operazioni, come ad esempio la mappatura e i rilevamenti di relitti sommersi, rocce e ostacoli che possono rappresentare un pericolo per la navigazione per le navi commerciali e da diporto. Le missioni di rilevamento di un AUV sono condotte in maniera del tutto autonoma, senza alcun intervento di operatore. A missione completata, tutti i dati raccolti potranno essere scaricati ed elaborati.

DRONI AUV E DRONI ROV: ECCO SPIEGATE IN DETTAGLIO LE DIFFERENZE

A differenza del drone AUV, che è pienamente autonomo, il drone **ROV** è invece un **robot subacqueo** non occupato, tuttavia, collegato ad una nave tramite cavi che trasmettono i segnali di comando e controllo all'operatore permettendo la navigazione del veicolo a distanza. Grazie a videocamere, sistemi sonar e bracci articolati, i ROV vengono impiegati nell'importantissima attività di recupero di oggetti, sollevamento di oggetti più grandi e tante altre operazioni che presuppongono l'utilizzo del braccio articolato. Anche i ROV, esattamente come i droni AUV, sono utilizzati in applicazioni idrografiche come l'identificazione di oggetti, per evitare i rischi di navigazione sommersa, o le ispezioni dello scafo delle navi. Un ROV non è inteso come un sostituto per le indagini subacquee idrografiche, ma potrebbe servire come sostituto se i subacquei non sono disponibili o qualora la sicurezza del subacqueo possa essere in questione.

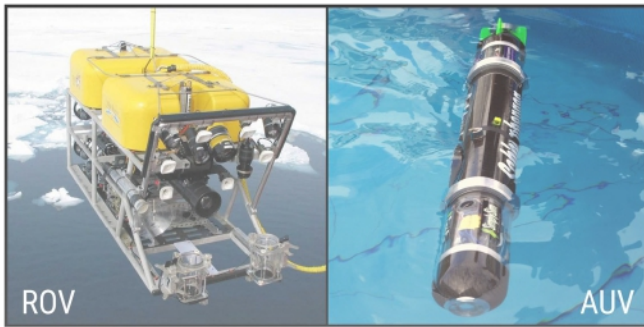


Figura 1: Le differenze tra un ROV ed un AUV

I robot sottomarini sono stati uno strumento importante per la scienza marina, per l'esplorazione e il lavoro negli ultimi decenni ed i termini AUV e ROV, come abbiamo visto, hanno acquisito una certa familiarità per descrivere i tipi di veicoli sottomarini di ultima generazione, che fanno tesoro di tutti gli avanzamenti raggiunti dalla scienza marina, appunto. Negli ultimi anni queste ricerche si sono sempre più raffinate, si parla sempre più spesso di "drone sottomarino" al punto da rendere i droni AUV popolari quasi alla stregua di quelli aerei.

QUALI SFIDE SI TROVANO AD AFFRONTARE I DRONI AUV?

Le sfide che i droni AUV sono chiamati a fronteggiare, come è facile immaginare, sono tante. Quella principale è rappresentata dalla capacità di far vivere l'esperienza del mare come realistica. Ciò che esalta è la prospettiva diversa, solitamente sorprendente, del mondo sottomarino, che lo si può vedere come se ci si trovasse lì. Questo è un campo di ricerca che sta conoscendo un grande sviluppo.

sistemi AUV particolarmente sofisticati anche per acque molto basse. Questi sistemi possono operare in aree ristrette dove le navi MCM non possono arrivare. Gli stessi sistemi possono essere utilizzati anche in operazioni di ricerca e recupero, idrografia e salvataggio. Questo mercato fino a poco tempo fa era poco avvezzo ad avvalersi di droni AUV, ma oggi il numero è decisamente in aumento. Le difese dei vari stati vanno investendo sempre di più in queste tecnologie anche attraverso programmi di sviluppo interno o acquisizioni. Anche nel settore commerciale è cresciuto il numero di aziende che offrono servizi AUV con caratteristiche sempre più raffinate.

DRONI AUV E MIGLIORE CONTROLLO DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

Nel campo ambientale e del controllo del territorio esistono molte opzioni valide per i droni AUV. Quando si pensa ad una missione, gli operatori possono scegliere tra laser, sonar e persino video stereoscopici ad alta definizione. I sistemi sonar a scansione elettronica sono ora prodotti in tutte le dimensioni, anche piccole come una videocamera GoPro, per ogni applicazione. Alcuni producono immagini straordinarie a 5 m di distanza utilizzando le alte frequenze. Altri, lavorando a frequenze più basse, possono individuare ostacoli a distanze superiori a 1000 m. Per le missioni di ispezione, i video e i laser dei droni AUV si combinano per fornire immagini mozzafiato dell'ambiente sottomarino come non è mai stato visto prima, con una risoluzione centimetrica e a colori. Quando si tratta di rilevamento, gli operatori non si limitano solo alle immagini sonar a scansione laterale e alla batimetria multibeam. Ci sono anche produttori di sistemi sonar

QUELLO CHE HAI LETTO E' UN ESTRATTO, L'ARTICOLO COMPLETO E' RISERVATO AGLI ABBONATI AD ELETTRONICA OPEN SOURCE.

PERCHE' ABBONARSI A PLATINUM 2.0?

**UN ANNO DI FIRMWARE 2.0
TUTTI GLI ARTICOLI TECNICI RISERVATI
CONTEST E PROMOZIONI RISERVATI**



VOGLIO ABBONARMI!

+ 130.000

REGISTERED USERS

6.138 AVERAGE DAILY PAGEVIEWS (DEC2019)

824.057 2019 ANNUAL VISITORS

THE BIGGEST EMBEDDED COMMUNITY IN ITALY

SOCIAL CONNECTIONS

f + 83.000

in + 23.000

CATEGORIES

COMPANIES/CONSULTANTS

53 %

ACADEMICS/STUDENTS

25 %

MAKERS/HOBBYISTS

22 %

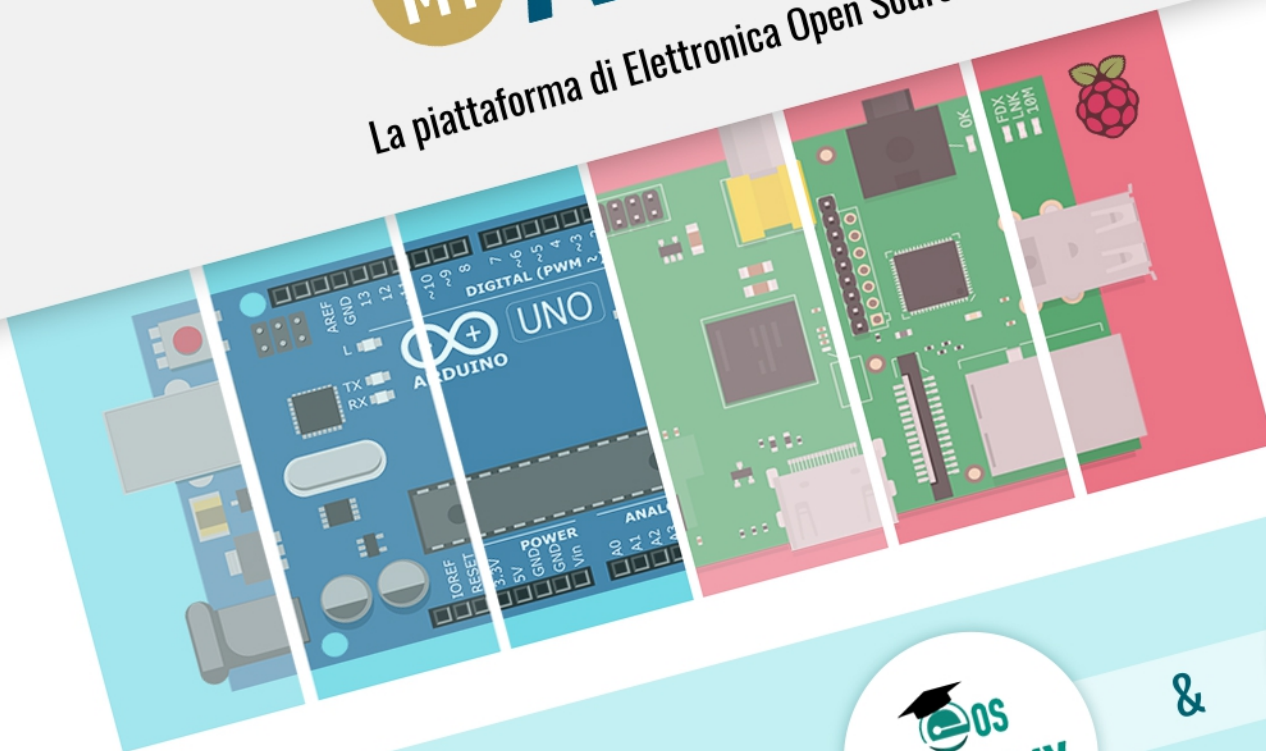


I NOSTRI CORSI DI ELETTRONICA
PER I PROFESSIONISTI
E I MAKERS



ACADEMY

La piattaforma di Elettronica Open Source dedicata ai corsi



PUOI AVERE TUTTI I CORSI DI



&



A PORTATA DI CLICK

