

# SENSORS

## MAKERS SENSOR BOARDS











### IN QUESTO NUMERO:

- **NANOPI NEO AIR: LA SCHEDA COMPATTA PER L'IOT**
  - **SENSORI CAPACITIVI: APPLICAZIONI A PORTATA DI DITO**
  - **RICONOSCIMENTO AUTOMATICO DEI COLORI CON ESPERTINO**
  - **I SENSORI INTELLIGENTI NEI SISTEMI AEROSPAZIALI**
  - **MATERIAL HANDLING NELLA FABBRICA INTELLIGENTE**
  - **SAFETY TUTOR SYSTEM CON ARDUINO**
- E MOLTO ALTRO!**

[it.emcelettronica.com](http://it.emcelettronica.com)

## FOCUS DEL MESE

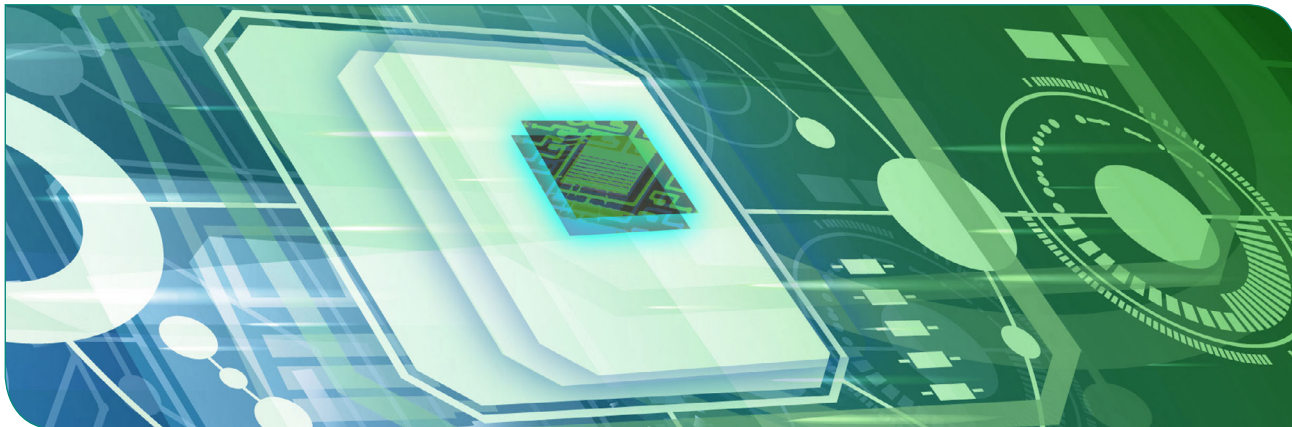
QUESTO  
MESE:

<b>IOT</b>	<b>IOT</b>	GEN/FEB	 1 Febbraio
<b>CAR HACKING - OBD</b>	<b>AUTOMOTIVE</b>	MARZO	 1 Marzo
<b>BLOCKCHAIN</b>	<b>AI</b>	APRILE	 1 Aprile
<b>AUDIO/VIDEO</b>	<b>WIRELESS/RF</b>	MAGGIO	 1 Maggio
<b>MAKERS SENSOR BOARDS</b>	<b>SENSORS</b>	GIUGNO	 1 Giugno
<b>ROBOTICS</b>	<b>POWER/MOTOR</b>	LUGLIO	 1 Luglio
<b>SMART PROJECTS</b>	<b>INDUSTRY 4.0</b>	AGO/SET	 1 Settembre
<b>MAKERS LABORATORY</b>	<b>TEST &amp; MEASUREMENTS</b>	OTTOBRE	 1 Ottobre
<b>WEARABLE</b>	<b>LED LIGHTING OPTOELECTRONICS</b>	NOVEMBRE	 1 Novembre
<b>MAKERS BOARDS</b>	<b>EMBEDDED DESIGN</b>	DICEMBRE	 1 Dicembre

MAKERS ZONE

## COSA LEGGERAI NEL 2020?

# SENSORS MAKERS SENSOR BOARDS



## Founder&Editor

Emanuele Bonanni

## CFO

Lidia Balica

## Editorial Assistant

Maria Pisani

## Maker in Chief

Giordana Francesca Brescia

## Marketing

Sara Ercolani

## Advertising

Cristian Balica  
cristian@contangosl.com

## Graphic Designer

Marilde Mirra

## Circulation

Users - 134.352  
Social Network - 123.752

## © 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.

Autorizzazione alla pubblicazione del Tribunale MI n. 20 del 16/01/2006

## EDITORIALE

I SENSORI INTELLIGENTI APRONO NUOVE POSSIBILITÀ

3

NANO 33 BLE SENSE: LA SCHEDA ARDUINO NATA PER L'IOT

4

SAFETY TUTOR SYSTEM CON ARDUINO

14

NANOPI NEO AIR: LA SCHEDA COMPATTA PER L'IOT

24

TECNICHE DI LAYOUT PER REGOLATORI SWITCHING

34

RICONOSCIMENTO AUTOMATICO DEI COLORI CON ESPERTINO

38

COSTRUIAMO UN COPRITERMOSIFONE IN LEGNO CON VISUALIZZAZIONE DELLA TEMPERATURA CON ESPERTINO

47

PROGETTAZIONE DI UN SENSORE DI VELOCITÀ ACUSTICO PASSIVO

56

I MICROFONI MEMS E LE LORO CONFIGURAZIONI BEAMFORMING

66

INTERFACCIAMENTO DEI SENSORI: UN PONTE TRA DUE MONDI

71

I SENSORI INTELLIGENTI NEI SISTEMI AEROSPAZIALI

79

MATERIAL HANDLING NELLA FABBRICA INTELLIGENTE

85

MATERIAL HANDLING NELLA FABBRICA INTELLIGENTE: SENSORS EVERYWHERE

93

I SENSORI CAPACITIVI

100

SENSORI CAPACITIVI: APPLICAZIONI A PORTATA DI DITO

106

TEORIA E APPLICAZIONI DEI SENSORI MAGNETICI DIGITALI

111

I SENSORI RESISTIVI

119





## I SENSORI INTELLIGENTI APRONO NUOVE POSSIBILITÀ

**I**l mercato globale della microelettronica dei sensori è in crescita esponenziale. Grazie a questi microsistemi implementati sui device è possibile misurare, rilevare e monitorare praticamente ogni cosa. In questo contesto giocheranno un ruolo determinante i fornitori di sensori che dovranno anticipare e tenere testa alle richieste del mercato, oggi più che mai focalizzato su soluzioni altamente performanti e basate sull'**energy harvesting** per applicazioni battery powered a basso consumo energetico.

Nelle applicazioni IoT (Internet of Things) i sensori intelligenti permettono all'utente di interfacciarsi con dispositivi come smartphone, robot o wearable device ma anche con molti altri sensori. L'obiettivo di questa sinergia è **rendere i dispositivi più user friendly** semplificandone l'utilizzo nella vita di tutti i giorni, tenendo conto anche di esigenze legate a diversi campi applicativi, tra i quali l'automotive, la sanità, l'industria o l'agricoltura. Un impatto rilevante dei sensori è indubbiamente quello sul settore della supply chain, della fabbrica intelligente e del controllo industriale. Veicoli per il trasporto industriale a guida automatica che svolgono operazioni di picking, palletizzazione e material handling sono oggi sempre più equipaggiati di sistemi avanzati di rilevamento basati su sensori implementati a bordo, quali sensori anticollisione, sensori ottici e di pressione, sensori di localizzazione e rilevamento di condizioni ambientali come umidità e temperatura, telecamere per rilevare oggetti circostanti, encoder. Un vantaggio non solo per la produttività e l'efficienza degli impianti e dei magazzini industriali, ma anche e soprattutto per la sicurezza nella movimentazione dei carichi, trasformando di fatto la **logistica** in chiave totalmente **smart**.

L'ecosistema dell'**agricoltura di precisione** è basato su tecnologie altamente automatizzate che vengono implementate per svolgere anche le più elementari operazioni e per raccogliere dati e informazioni dai sensori, inerenti lo stato delle colture. Ne sono un esempio i robot che possono seminare, irrigare i campi o spruzzare fertilizzante e che si interfacciano con reti di sensori di rilevamento ambientale che misurano i parametri del terreno, o i dispositivi portatili in grado di monitorare la salute delle piante e del suolo. I droni in agricoltura possono raggiungere elevati standard di precisione grazie all'equipaggiamento di una vasta gamma di sensori di pressione, temperatura, umidità, unitamente ad **accelerometri, giroscopi e magnetometri**.

Oltre al monitoraggio ambientale delle colture e del suolo, i sensori possono monitorare anche lo stato delle attrezzature agricole ottimizzando l'assistenza e la manutenzione delle macchine. I risvolti dell'agricoltura di precisione non sono però solo prettamente tecnici e legati alla sicurezza. L'aumento del fabbisogno alimentare a livello mondiale è un fattore del quale non possiamo non tener conto, così come l'incessante consumo di suolo dovuto all'urbanizzazione; ciò implica che avremo un fabbisogno alimentare in continua crescita, con spazi di coltivazione sempre più ridotti. L'integrazione tra sensoristica e robotica supporterà lo sviluppo di sistemi agricoli affidabili e precisi per un utilizzo più efficiente e sostenibile delle risorse.



# NANO 33 BLE SENSE: LA SCHEDA ARDUINO NATA PER L'AI

di Stefano Lovati

*Arduino non ha certo bisogno di presentazioni: si tratta della piattaforma di prototipazione rapida maggiormente diffusa e apprezzata dai makers. A distanza di alcuni anni dalla sua prima comparsa, Arduino si rinnova ulteriormente, offrendo con la Nano 33 BLE Sense una scheda compatta ma potente, in grado di supportare applicazioni di **Intelligenza Artificiale** come il **Machine Learning**.*

## INTRODUZIONE

**A** rduino non finisce mai di stupire. Affacciata sul mercato alcuni anni fa, la piattaforma di prototipazione rapida per eccellenza ha saputo imporsi, a livello mondiale, in virtù di un **approccio orientato all'applicazione finale**, semplificando i passi intermedi relativi allo sviluppo del software di basso livello (driver e librerie) ed alla progettazione hardware. Arduino Uno, Arduino Mega 2560 e Arduino Nano sono tra gli esempi più eclatanti di questo **progetto open source** che ha permesso a una moltitudine di utenti, con differenti background non necessariamente "ingegneristici", di avvicinarsi all'affascinante mondo dell'elettronica. La disponibilità di un ambiente di sviluppo integrato (**Arduino IDE**) sem-

plice da utilizzare e costantemente aggiornato nel tempo, l'architettura standard delle applicazioni (sketch) derivata dal linguaggio Processing, nonché la possibilità di utilizzare una vasta gamma di sensori, periferiche e shield hanno completato il quadro. La scheda che presentiamo in questo articolo non è un clone e nemmeno uno spin-off di una board esistente appartenente alla famiglia Arduino: si tratta infatti di una **scheda completamente nuova**, sviluppata per supportare, a livello embedded, applicazioni di **intelligenza artificiale (AI)**.

## LA SCHEDA: CARATTERISTICHE

La Nano 33 BLE Sense utilizza un **fattore di forma collaudato e particolarmente compatto** (soltanto 45 x 18

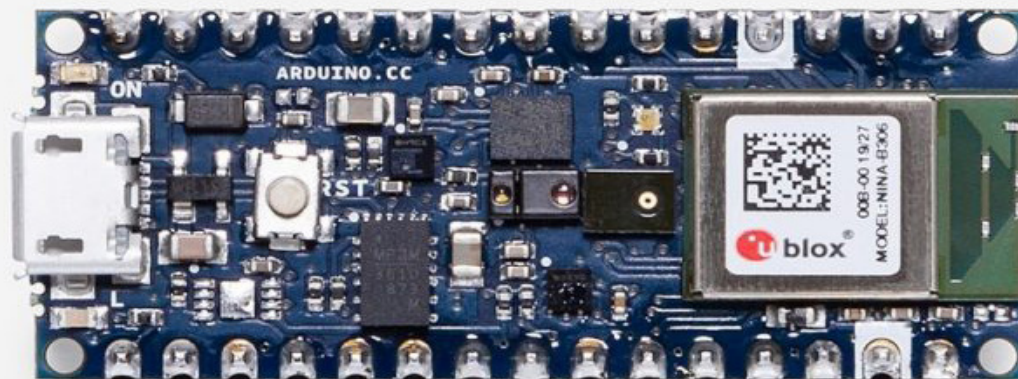


Figura 1: vista dall'alto della scheda Nano 33 BLE Sense

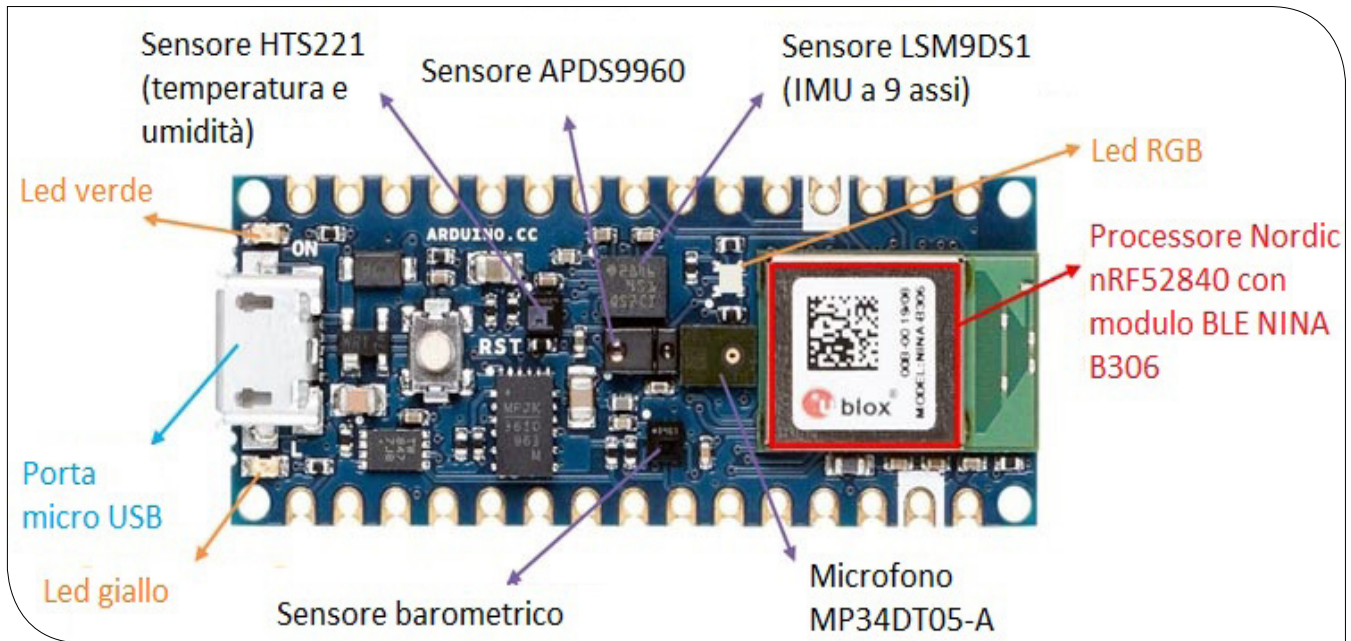


Figura 2: disposizione dei sensori e del modulo BLE sulla scheda Nano 33 BLE Sense

mm), già utilizzato sulla scheda Arduino Nano da cui eredita parte del nome. Le novità introdotte sono tuttavia numerose, in parte evidenziate all'interno del nome stesso: "BLE" indica infatti il supporto per il Bluetooth Low Energy, mentre "Sense" indica la presenza di più sensori integrati nella scheda, utilizzabili per misurare e monitorare grandezze fisiche esterne, con la possibilità di applicare sofisticati algoritmi di intelligenza artificiale. In **Figura 1** possiamo osservare la vista dall'alto della scheda: si noti la forma tipica del PCB, avente le stesse dimensioni di Arduino Nano. Sui lati estremi del PCB sono disponibili i due pin header, ciascuno composto da 15 pin, forniti in dotazione con la scheda. Sulla destra è visibile il modulo Bluetooth, dotato di antenna integrata.

Oltre al modulo BLE, la scheda integra una serie di **sensori embedded ad elevata integrazione**, con dimensioni estremamente compatte e in grado di fornire misure particolarmente accurate. Il set di sensori include:

- *sensore inerziale a 9 assi, particolarmente indicato per applicazioni IoT e per i dispositivi indossabili;*
- *sensori di umidità e temperatura, in grado di eseguire misurazioni accurate delle condizioni ambientali;*
- *sensore barometrico, utile per la realizzazione di una completa stazione meteorologica;*
- *microfono, in grado di captare e analizzare il segnale sonoro in tempo reale;*
- *sensore per il riconoscimento dei gesti, sensore di prossimità, sensore per il riconoscimento del*

*colore e dell'intensità luminosa. Questi sensori permettono non solo di determinare e valutare le condizioni di luminosità ambientale, ma anche di riconoscere i gesti e i movimenti di persone che si trovano nelle immediate vicinanze della scheda, o che interagiscono con essa.*

La Nano 33 BLE Sense è sotto certi aspetti un'evoluzione della popolare scheda Arduino Nano, dotata però di un **processore molto più performante: l'nRF52840** prodotto da **Nordic Semiconductors**. Basato su un core Cortex-M4 operante alla frequenza di 64 MHz, il processore dispone di 1 MB di memoria flash (32 volte superiore a quella disponibile sulla scheda Arduino Nano) e di 256 kB di memoria SRAM (128 volte superiore a quella di un Arduino Nano), utilizzabile sia per memorizzare il codice (istruzioni prelevate dalla memoria flash) che le strutture dati. La maggiore disponibilità di risorse di memoria consente pertanto di implementare applicazioni e algoritmi di complessità superiore, un requisito fondamentale richiesto dalle applicazioni di intelligenza artificiale. Il core **ARM Cortex-M4** include un'unità di elaborazione in virgola mobile a singola precisione (FPU) ed utilizza un set di istruzioni basato sulla tecnologia Thumb-2, particolarmente efficiente nel massimizzare la densità del codice sfruttando, a seconda dei casi, istruzioni a 16 oppure a 32 bit. Sviluppato da un'azienda leader nella realizzazione di moduli radio e Bluetooth, l'nRF52840 è accoppiato a un **modulo Bluetooth NINA B306**, il quale integra un'inter-

Microcontrollore	Nordic Semiconductors nRF52840
Tensione operativa	3.3V
Tensione di ingresso (massima)	21V
Corrente sui pin di I/O (massima)	15 mA
Frequenza di clock	64 MHz
Dimensione memoria flash	1 MB
Dimensione memoria SRAM	256 kB
Memoria Eeprom	Non presente
Pin di I/O digitali	14
Pin PWM	Tutti i pin digitali
UART	1
SPI	1
I <sup>2</sup> C	1
Pin di ingresso analogici	8
Pin di uscita analogici	Gli stessi utilizzabili per il PWM
Interrupt esterni	Associabili a tutti i pin digitali
Pin led utente	13
USB	Integrata nel processore nRF52840
IMU	LSM9DS1 [3]
Microfono	MP34DT05 [4]
Sensore riconoscimento gestuale, luce e prossimità	APDS9960 [5]
Sensore barometrico	LPS22HB [6]
Sensore di temperatura e umidità	HTS221 [7]
Dimensione	45 mm
Spessore	10 mm

**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!**

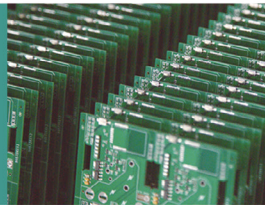


PCBWay aiuta le persone e le aziende a superare le sfide tecnologiche ed elettroniche fornendo servizi professionali di prototipazione, produzione e assemblaggio di circuiti stampati (PCB). L'azienda offre servizi professionali per la produzione di piccoli o grandi volumi di schede, sia per privati che per l'industria. PCBWay è un'azienda con sede a Shenzhen (Cina).

### REALIZZAZIONE CIRCUITI STAMPATI (PCB) SU MISURA

Tempo di produzione di **24 ore**

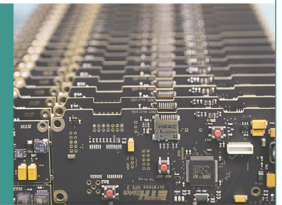
**SOLO 5\$**  
PER 10 PEZZI



### ASSEMBLAGGIO SMT E THT

- + Spedizione gratuita in tutto il mondo
- + Maschera di saldatura SMT gratuita

**A PARTIRE DA 30\$**



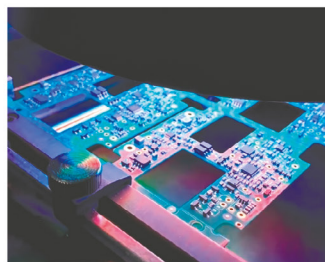
Ciò che differenzia davvero PCBWay dalla concorrenza è la sua efficienza produttiva. Mentre gli altri concorrenti impiegano 7-10 giorni per completare gli ordini, la nostra società può farlo in 24 ore. PCBWay offre anche un servizio di assistenza ai Clienti 24 ore su 24. I nostri Clienti possono richiedere e ricevere assistenza a qualsiasi ora del giorno e della notte.

La velocità nelle consegne non influisce sulla qualità dei nostri prodotti. Le rigorose procedure di test e verifica Vi assicureranno un prodotto di alta qualità. PCBWay è imbattibile sui prezzi. I nostri prezzi concorrenziali sono fondamentali per il successo del vostro lavoro, soprattutto su lotti di migliaia di pezzi.

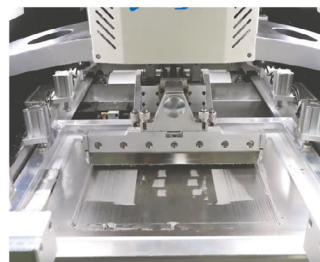
PCBWay figura tra i più esperti produttori di PCB e assemblatori SMT in Cina. PCBWay è orgogliosa di poter essere il Vostro miglior partner commerciale per tutto quello che riguarda la produzione e l'assemblaggio dei circuiti stampati.



Reflow



Rilevazione e analisi laser delle schede



Macchina per la disposizione automatica della pasta saldante



Assemblaggio automatico

# NANOPI NEO AIR: LA SCHEDA COMPATTA PER L'IOT

di Stefano Lovati

La board NanoPi Neo Air, logica evoluzione del modello NanoPi Neo a cui sono state aggiunte le funzionalità WiFi e Bluetooth BLE, è una scheda basata sul chipset Allwinner H3, un quad core ARM A7 a 1.2 GHz molto performante. Equipaggiata con 512 MB di memoria RAM DDR3 e 8 GB di memoria eMMC, la scheda è compatibile a livello di GPIO con il Raspberry Pi, supporta il sistema operativo Linux e può essere programmata con diversi linguaggi, tra cui C, Python e la libreria WiringNP.

## INTRODUZIONE

In questo articolo torniamo ad occuparci della scheda **NanoPi Neo**, caratterizzata da un PCB con dimensioni estremamente compatte (soltanto 40 x 40 mm) all'interno del quale è ospitato il SoC quad-core **Allwinner H3**, in grado di unire una ricca dotazione di periferiche ad una elevata capacità di elaborazione. Nel [primo articolo](#) dedicato a NanoPi Neo è stata introdotta la versione base della scheda, di cui sono state presentate le principali caratteristiche tecniche, il pinout dei connettori ed un esempio base di programmazione. Nel [successivo articolo](#)

è stata presentata la versione "Air", ovvero la scheda che nel presente articolo sarà esaminata con maggiore dettaglio, ponendo particolare enfasi agli aspetti legati al setup, alla configurazione e installazione del bootloader, della distribuzione Linux e alle diverse modalità con cui questo piccolo ma potente e versatile **SBC (Single Board Computer)** può essere utilizzato in numerosi progetti ed applicazioni IoT. Un punto di forza della scheda NanoPi Neo Air è sicuramente quello di essere nato come **progetto open source**, curato dal gruppo cinese FriendlyARM [1]. Di fabbricazione cinese è anche il cuore della sche-

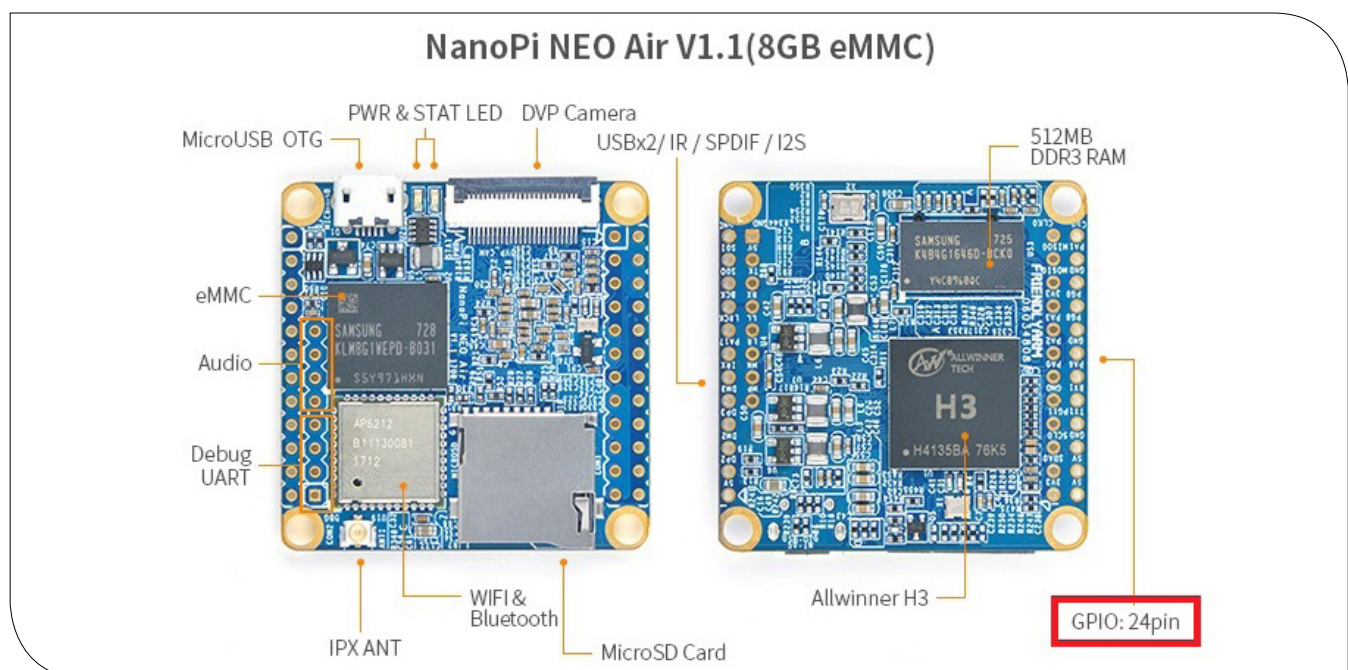


Figura 1: disposizione dei componenti sul PCB della scheda, con in evidenza il pin header relativo ai GPIO

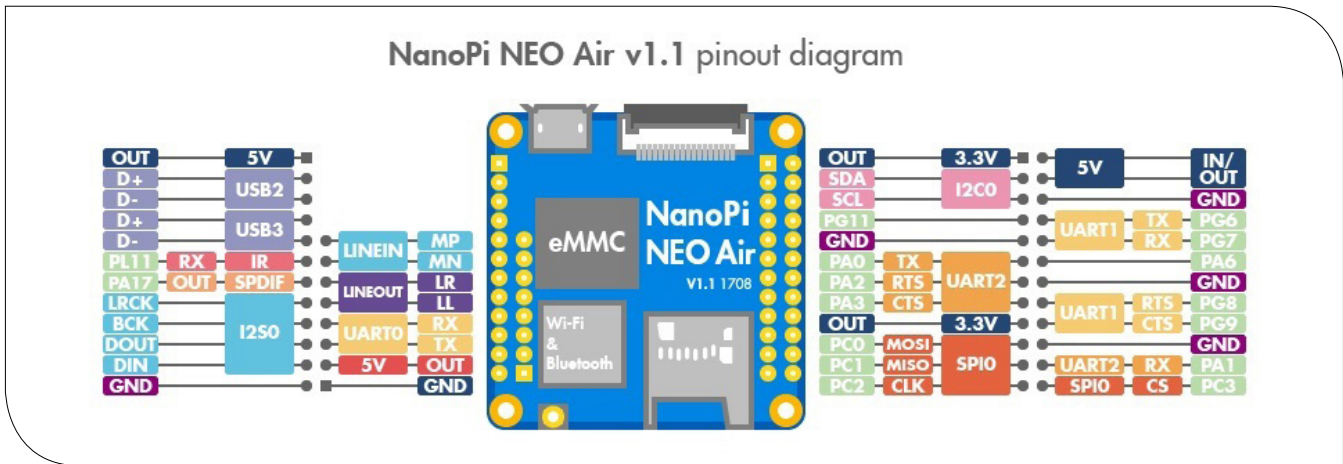


Figura 2: pinout della scheda NanoPi Neo Air

Numero Pin	Nome Pin	Numero Pin	Nome Pin
1	SYS_3.3V	2	VDD_5V
3	I2C_SDA/GPIOA12	4	VDD_5V
5	I2C_SCL/GPIOA11	6	GND
7	GPIOG11	8	UART1_TX/GPIOG6
9	GND	10	UART1_RX/GPIOG7
11	UART2_TX/GPIOA0	12	GPIOA6
13	UART2_RTS/GPIOA2	14	GND
15	UART2_CTS/GPIOA3	16	UART1_RTS/GPIOG8
17	SYS_3.3V	18	UART1_CTS/GPIOG9
19	SPI0_MOSI/GPIOC0	20	GND
21	SPI0_MISO/GPIOC1	22	UART2_RX/GPIOA1
23	SPI0_CLK/GPIOC2	24	SPI0_CS/GPIOC3

Tabella 1: pin utilizzabili come general purpose I/O (GPIO)

da, il SoC Allwinner H3 che include quattro core ARM A7 operanti alla frequenza di 1.2 GHz. La versione “Air” della scheda è compatibile con il precedente modello NanoPi Neo, mentre il pin header a 24 poli (visibile nell’immagine di **Figura 1**) ha dei segnali di GPIO compatibili con quelli del Raspberry Pi.

Il SoC H3 (dove la lettera ‘H’ sta ad indicare la destinazione ‘Home entertainment’) include una **GPU ARM Mali400 MP2**, in grado di supportare la decodifica di diversi standard video, tra cui MPEG-2, MPEG-4 SP/ASP GMC, **H.263**, **H.264**, **H.265**, WMV9/VC-1, e VP8. In particolare, è possibile riprodurre video Full HD 1080p e Ultra HD 4k, limitatamente a un frame rate di 30 fps (prestazioni di assoluto rilievo per un sistema embedded compatto e in linea con la più recente versione di Raspberry Pi, ovve-

ro il **Raspberry Pi 4**). Tra le numerose periferiche, il SoC include due canali audio **DAC**, due ingressi per microfono e un ingresso stereo Linein. Sulla scheda sono inoltre presenti uno slot MicroSD e un’interfaccia **DVP (Digital Video Port)** per modulo telecamera, in grado di supportare il modulo da 5 megapixel sviluppato da FriendlyARM. Dal punto di vista software, il sistema NanoPi Air utilizza anzitutto il **bootloader** open source **u-boot (universal bootloader)** per eseguire l’inizializzazione di base dell’hardware e caricare in memoria l’immagine del sistema operativo Linux. È inoltre supportato l’upgrade di u-boot tramite il programma di utilità **fastboot**.

### PINOUT DELLA SCHEDA

Nell’immagine di **Figura 1** sono evidenziati i **principali**

Numero Pin	Nome Pin	Descrizione
1	VDD_5V	Tensione di uscita 5V
2	USB-DP2	Segnale USB DP
3	USB-DM2	Segnale USB2 DM
4	USB-DP3	Segnale USB3 DP
5	USB-DM3	Segnale USB3 DM
6	GPIOL11/IR-RX	GPIOL11 o ricezione IR
7	SPDIF-OUT/GPIOA17	GPIOA17 o SPDIF-OUT
8	PCM0_SYNC/I2S_LRC	I <sup>2</sup> S/PCM Sample Rate Clock/Sync
9	PCM0_CLK/I2S0_BCK	I <sup>2</sup> S/PCM Sample Rate Clock
10	PCM0_DOUT/I2S0_SDOUT	I <sup>2</sup> S/PCM Serial Data Output
11	PCM0_DIN/I2S0_SDIN	I <sup>2</sup> S/PCM Serial Data Input
12	GND	Ground

Tabella 2: pin relativi alle interfacce di comunicazione USB/I<sup>2</sup>S/IR

Numero Pin	Nome Pin
1	GND
2	VDD_5V
3	UART_TXD0/GPIOA4
4	UART_RXD0/GPIOA5/PWM0

Tabella 3: pin utilizzati dall'interfaccia di debug, mappata sulla porta seriale UART0

Numero Pin	Nome Pin	Descrizione
1	LL	Uscita canale sinistro
2	RR	Uscita canale destro

**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!**

# TECNICHE DI LAYOUT PER REGOLATORI SWITCHING

di Redazione

In questo articolo si forniranno le basi per **progettare correttamente** e con buoni risultati il layout di un regolatore switching, con attenzione all'inserimento dei componenti, al loro collegamento ed all'impatto sull'ambiente circostante in termini di disturbi e di EMI.

## INTRODUZIONE

Un alimentatore tipico consiste in un insieme di componenti di potenza che gestiscono tensioni e correnti di commutazione elevate, e componenti per piccoli segnali che invece lavorano con tensioni basse, gli uni vicino agli altri. Progettare il **layout di una scheda di alimentazione**, il posizionamento ed il giro delle piste in maniera che i segnali ad alta potenza non perturbino i segnali a bassa potenza non è cosa semplice, un errore può determinare delle scarse **performance** per tutto il sistema. **Un layout sbagliato può generare impulsi di corrente e tensione indesiderati**, che possono tramutarsi non solo in disturbi sulle tensioni della scheda, ma anche in interferenza elettromagnetica radiata verso l'ambiente circostante. Utilizzare **tecniche consolidate di layout** è un punto focale per ottenere **buone prestazioni dalla scheda**.

## PIAZZAMENTO DEI COMPONENTI DI POTENZA

Dopo aver importato lo schematico di un alimentatore in un ambiente di editing del PCB, la scelta di dove e come piazzare i componenti discreti può generare confusione. Molto spesso ci si trova a lavorare con **schede multilayer**,

con 4 o più strati di rame. **La maggior parte dello spazio sulla scheda è spesso occupato dai componenti di potenza**: capacità di ingresso, MOSFET, resistenze o trasformatori di senso per la corrente, rettificatori, induttanze e capacità di uscita.

Attraverso questi componenti scorrono correnti elevate e per questo richiedono delle piste larghe per essere collegati tra loro. Sono proprio questi componenti a dover essere collocati e collegati per primi. Per prima cosa gli anelli ad elevata  $di/dt$ , ovvero dove circolano **elevate correnti di switching**, devono essere individuati e resi più stretti e compatti possibile per minimizzare l'induttanza distribuita che può essere causa di **spike di tensione**. In **Figura 2** viene mostrato come individuare questi anelli. Nella figura le frecce nere indicano come circola la corrente quando il MOSFET è ON. Le frecce rosse indicano gli anelli di corrente quando il diodo è ON. Tutti i percorsi dove si hanno sia frecce nere sia frecce rosse ma non entrambe, sono ad elevata  $di/dt$ . Una buona regola è mantenere i percorsi di distribuzione e di ritorno della corrente uno sull'altro oppure adiacenti, per minimizzare l'area degli anelli che si formano e **ridurre la generazione di interferenza elet-**

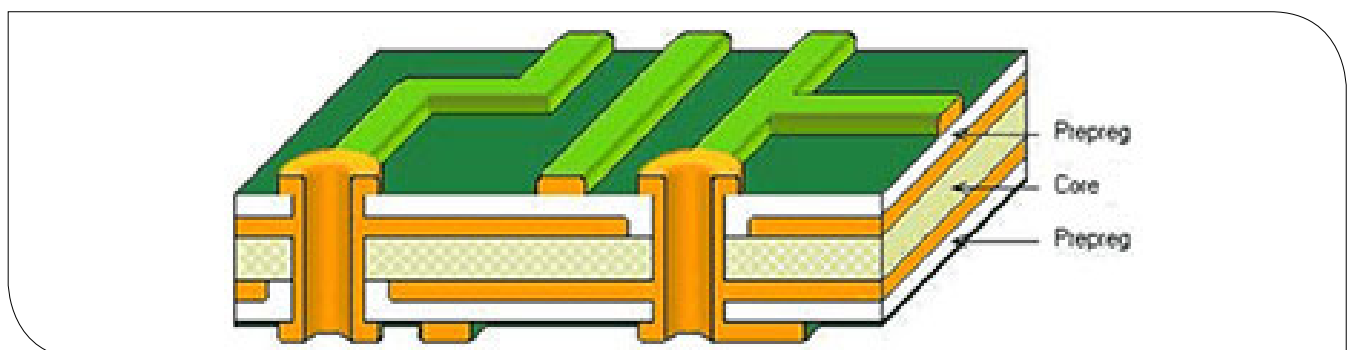


Figura 1a. PCB multilayer (Fonte: PCBWay)

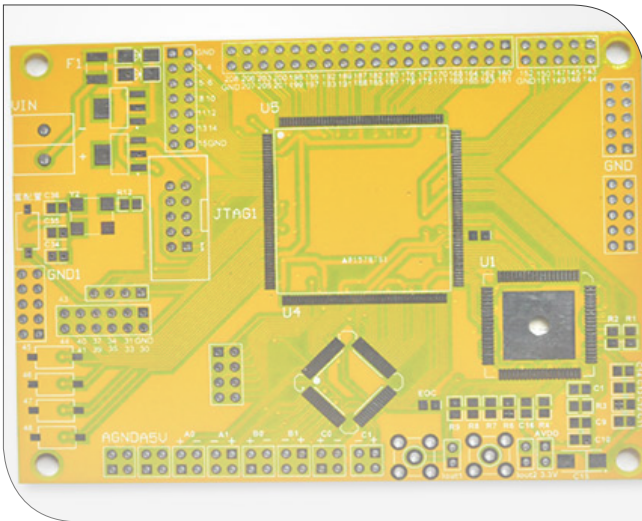
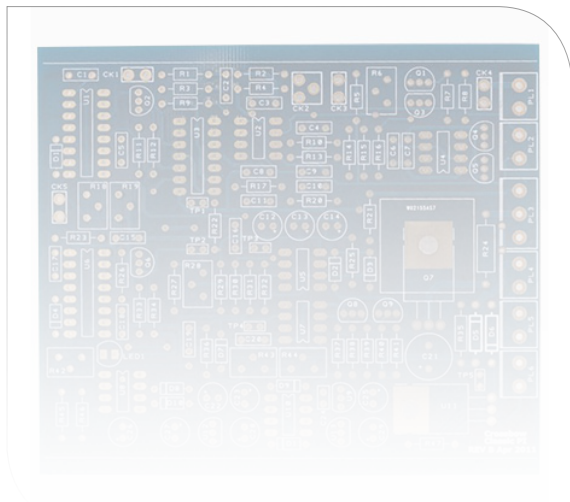


Figura 1b. Prototipo di un PCB con due layer (Fonte: PCBWay)



**tromagnetica.** La potenza in ingresso deve essere prelevata dai circuiti di switching in prossimità delle capacità di ingresso. In maniera analoga, la corrente al carico deve essere prelevata direttamente dalle capacità di uscita. I punti di giunzione (nodi) delle piste devono essere dimensionati a seconda del verso e della natura della corrente che vi scorre. I nodi ad alta impedenza con elevata  $di/dt$ , come ad esempio quelli di switch (i punti di giunzione tra MOSFET, rettificatore e induttanza) devono essere mantenuti più piccoli possibili e adeguatamente larghi per la corrente che deve scorrere. Minimizzare la dimensione di questi nodi significa minimizzare l'area che può generare EMI. I nodi a bassa impedenza e "tranquilli", come la massa o l'uscita, devono essere invece piuttosto estesi.

### SPESORE DEL RAME

Le piste che portano corrente tra due componenti di potenza devono essere sufficientemente larghe. Esiste una formula per la larghezza minima della pista in grado di portare una determinata corrente, adatta nel range da 1 a 20 A:

$$T = \frac{2}{CuWt} (-1.31 + 5.813I + 1.548I^2 - 0.052I^3)$$

dove T è la larghezza della pista in mils; I è la corrente in Ampère e CuWt è il peso del rame in onces. La formula considera che la corrente causa un aumento di temperatura di 10 gradi centigradi nella pista. Usando questa formula otteniamo che la minima larghezza di una pista per una corrente di 1 A con un'onda di rame è 12 mils; per 5 A è 20 mils; per 10 A è 30 mils; per 20 A è 45 mils.

**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!**

# RICONOSCIMENTO AUTOMATICO DEI COLORI CON ESPERTINO

di Stefano Lovati

Utilizzando un sensore ottico ad elevata integrazione, la scheda **ESPertino** può essere trasformata in un sistema per il riconoscimento automatico dei colori, diventando un efficace strumento utilizzabile in numerose applicazioni quali **robotica**, automazione industriale, modellismo e altro ancora. Scopriamo nell'articolo come interfacciare e come utilizzare il sensore con la scheda **ESPertino**, realizzando alcuni semplici sketch in ambiente **Arduino**.

## INTRODUZIONE

Il settore della **sensoristica** è senza alcun dubbio uno dei più attivi in campo elettronico, con prodotti e soluzioni ad elevata densità di integrazione che si susseguono a ritmo incalzante. Abbiamo appreso da numerosi articoli apparsi su questo blog come i sensori realizzati in tecnologia **MEMS** offrano prestazioni di assoluto rilievo, soprattutto se confrontati con molti dispositivi elettromeccanici utilizzati in passato. La tecnologia elettronica basata sul silicio, unita alla elevata integrazione dei componenti, ha permesso la realizzazione di sensori sempre più affidabili, precisi, immuni alle vibrazioni e in grado di garantire un lungo periodo di operatività senza subire guasti o malfunzionamenti. In questo articolo ci occuperemo di una particolare categoria di sensori elettronici: i **sensori ottici**. Più precisamente, il sensore che utilizzeremo nel progetto si basa sul principio di conversione della radiazione luminosa in una forma d'onda di una determinata frequenza; sfruttando questa relazione è possibile risalire alle componenti rossa, verde e blu (RGB, acronimo di Red, Green,

Blue) e quindi al colore la cui luce illumina il sensore.

## RELAZIONE TRA COLORE E LUNGHEZZA D'ONDA

L'occhio umano è in grado di rilevare soltanto una porzione dello spettro luminoso (nota anche come luce visibile), compresa tra le lunghezze d'onda di 380 nm e 780 nm. Questa regione dello spettro elettromagnetico, alla quale l'occhio umano si è adeguato dopo un processo di evoluzione durato migliaia di anni, coincide con la finestra nell'atmosfera terrestre all'interno della quale la luce può viaggiare. Le radiazioni di frequenza maggiore, come ad esempio i raggi X, sono assorbite dall'atmosfera, allo stesso modo di quanto avviene con le radiazioni di frequenza inferiore come le microonde. La luce emessa dal sole appare normalmente bianca, in quanto è emessa in modo quasi uniforme su tutte le frequenze visibili. Viceversa, un laser è in grado di emettere radiazioni luminose solo di una determinata frequenza (o lunghezza d'onda). Il **laser a elio-neon**, detto anche **laser He-Ne**, emette ad esempio una radiazione di colore rosso intenso con lunghezza d'onda pari a **632.8 nm**. I laser utilizzati nei lettori **Blu-ray** emettono invece luce con lunghezza d'onda pari a **405 nm**, un valore che rientra nello spettro associato al colore blu (da cui il nome della tecnologia). La lista dei possibili esempi che potremmo fare è praticamente infinita, da cui si deduce come esista una **stretta relazione tra lunghezza d'onda e colore**.

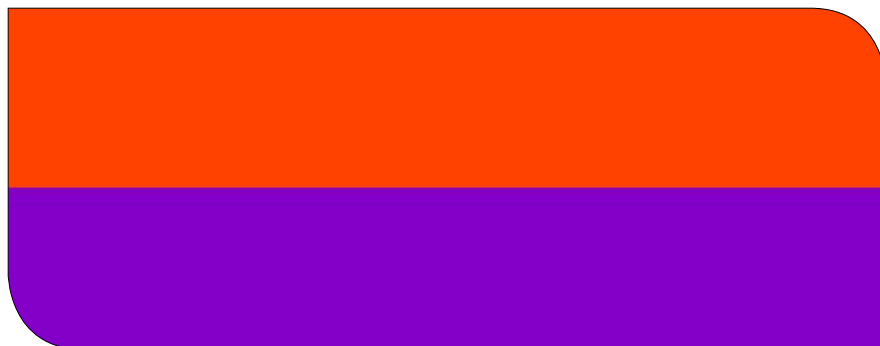


Figura 1: due esempi di relazione tra colore e lunghezza d'onda

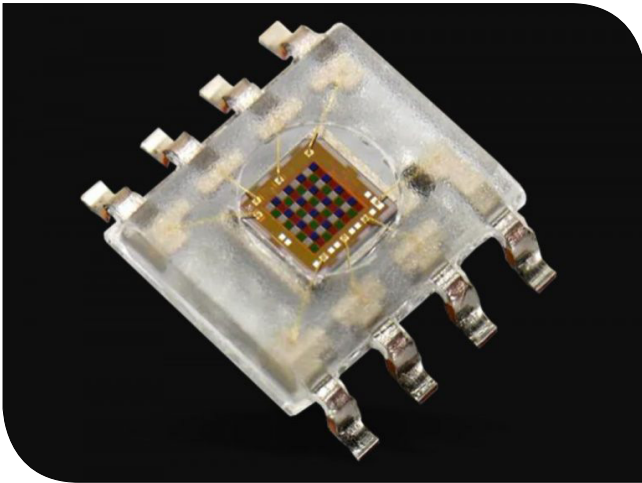


Figura 2: aspetto esteriore di un sensore della serie TCS

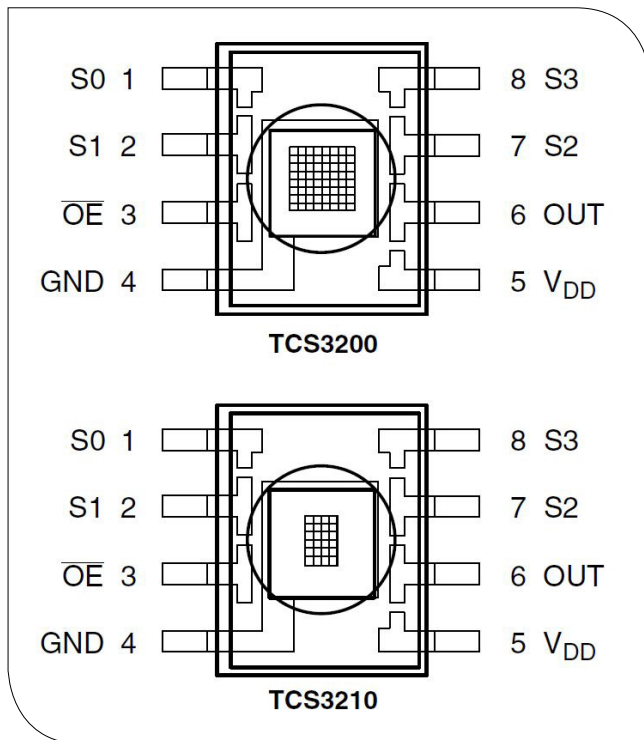


Figura 3: layout delle versioni TCS3200 e TCS3210

Con l'avvento della tecnologia elettronica allo stato solido, che ha permesso la realizzazione di computer, display e monitor digitali, si è scelto di identificare i colori attraverso il sistema RGB. Secondo questo modello, ad ogni colore è associata una precisa combinazione di valori delle componenti Red, Green e Blu, con range compreso tra 0 e 255.

In totale è quindi possibile rappresentare 16.7 milioni di colori differenti. A causa dell'elevata complessità dell'occhio umano e della modalità con la quale si percepiscono i colori, gli esseri umani sono in grado di rilevare colori

anche al di fuori della gamma prevista dalla rappresentazione RGB. A titolo di esempio si considerino i due colori rappresentati in **Figura 1**. La parte superiore dell'immagine, corrispondente al colore rosso, ha una lunghezza d'onda di circa 632.8 nm (come il laser He-Ne) alla quale corrisponde la codifica RGB (255, 66, 0). La parte inferiore dell'immagine, appartenente allo spettro del colore blu, ha una lunghezza d'onda pari a 405 nm (laser Blu-ray) con codifica RGB (130, 0, 200).

## IL SENSORE

Il cuore del progetto presentato nell'articolo è il **sensore ottico della serie TCS** sviluppato da Taos Inc. (Texas Advanced Optoelectronics Solutions), ora parte del gruppo Ams AG, società leader nella progettazione e produzione di sensori ad elevate prestazioni. In commercio sono disponibili tre versioni del sensore, compatibili tra loro e tutte adatte agli scopi del progetto: **TCS230** (versione iniziale del sensore), **TCS3200** e **TCS3210** (versioni più recenti). In **Figura 2** si può osservare l'aspetto esteriore del sensore, un chip con soli 8 pin, al centro del quale è collocata una matrice di fotodiodi.

D'ora in avanti faremo riferimento alla versione più recente e performante del sensore, ovvero il modello TCS3200. In **Figura 3** si può osservare il layout del componente, sia per la versione TCS3200 che per la TCS3210.

Le **principali caratteristiche tecniche del sensore** possono essere così sintetizzate:

- *conversione ad elevata risoluzione dell'intensità di luce in frequenza;*
- *tipo di colore e frequenza dell'onda quadra in uscita programmabili;*
- *interfacciamento diretto con un microcontrollore;*
- *tensione di alimentazione compresa tra 2.7V e 5.5V;*
- *funzionalità di power down programmabile;*
- *errore tipico di non linearità pari a 0.2% alla frequenza di 50kHz;*
- *coefficiente di temperatura stabile e pari a 200 ppm/°C;*
- *package per montaggio superficiale a basso profilo.*

Il sensore TCS3200 è un **convertitore luce-frequenza programmabile** che combina in un unico circuito integrato monolitico CMOS una matrice configurabile di fotodiodi al silicio con un circuito di conversione corrente-frequenza.

Il segnale di uscita è un'onda quadra perfettamente sim-

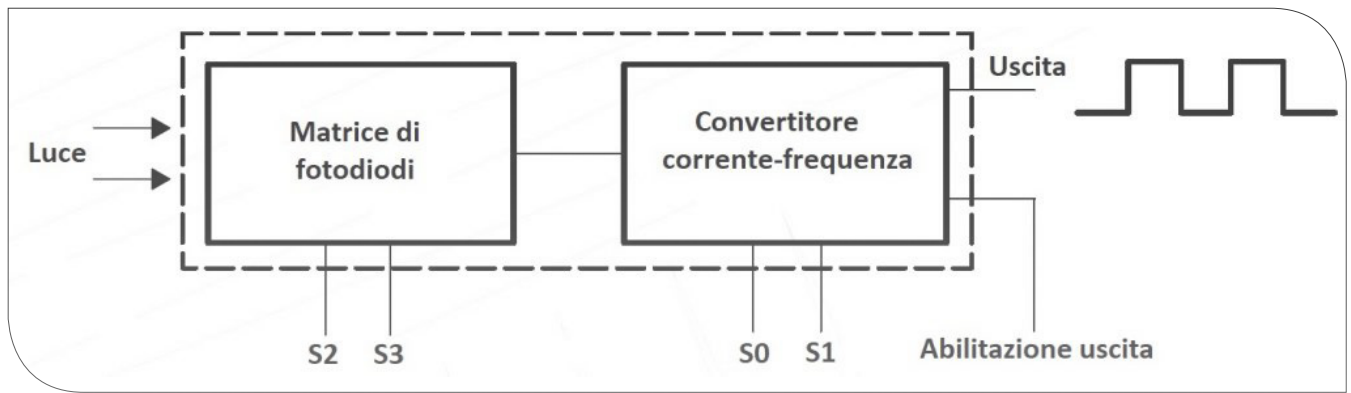


Figura 4: schema a blocchi funzionale del sensore di riconoscimento colori

S0	S1	Fattore di scala per f0
L	L	Power down
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

Tabella 1: selezione del fattore di scala della frequenza di uscita

S2	S3	Selezione gruppo fotodiodi
L	L	Rosso
L	H	Blu
H	L	Clear (nessun filtro)
H	H	Verde

Tabella 2: selezione del gruppo di fotodiodi

**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!**

# I SENSORI INTELLIGENTI NEI SISTEMI AEROSPAZIALI

di Fulvio De Santis

*L'impiego di sistemi di Sensori Intelligenti nelle applicazioni aerospaziali è un processo tecnologico multidisciplinare che prevede l'integrazione hardware di sensori ad alta tecnologia nel complesso sistema "Smart Sensors", unitamente a severi test strutturali e funzionali negli ambienti di applicazione. Per Sensore Intelligente si intende, ad esempio, un dispositivo realizzato in una compatta struttura, costituito da un micro-processore, circuiti di condizionamento del segnale, data processing, sistema di alimentazione, circuiteria per il monitoraggio della temperatura, interfaccia di comunicazione, software. Le tecnologie costruttive dei sensori coinvolte nel processo di integrazione degli Smart Sensors sono molteplici, in quanto devono essere applicate ad hoc, in funzione delle diverse necessità di monitoraggio dei dispositivi costituenti il sistema aerospaziale operante nelle differenti applicazioni. La complessità della tecnologia sta nel dover soddisfare il grande range di ambienti e piattaforme operative in cui i sensori devono operare con grande sensibilità, precisione e durata nel tempo, specialmente nelle piattaforme hardware di Smart Sensors dedicate ai veicoli di esplorazione con equipaggio a bordo. Il monitoraggio ambientale è uno dei fondamentali compiti dei sistemi Smart Sensors, come ad esempio l'impiego dei sensori di ossigeno, di temperatura e di rilevamento incendi.*

## INTRODUZIONE

**Q**uesto articolo ha lo scopo di presentare una panoramica di sensori utilizzati nelle applicazioni aerospaziali. Il maggiore interesse nella trattazione degli "Smart Sensors" viene rivolto alla **misura e controllo dell'aeropropulsione**, ai sistemi di veicoli con equipaggio a bordo ed al monitoraggio dei relativi sistemi di sicurezza. In queste attività vengono impiegati sensori chimici, termocoppie a film sottile, estensimetri, misuratori di flusso di calore, misuratori di carburante; inoltre, dispositivi elettronici e sensori per il rilevamento delle alte temperature basati su *Carburo di Silicio (SiC)*, elettronica qualificata per le missioni nello spazio e **sistemi di micro-elettromeccanica (MEMS)**. Nella valutazione del livello di affidabilità degli Smart Sensors occorre considerare il difficile ambiente in cui operano i sensori nelle applicazioni aerospaziali, sia a bordo che nell'ambiente di missione. Quindi, l'operatività nelle missioni in ambienti difficili richiede ai sensori stringenti requisiti di capacità operativa, la necessità di un vasto range di misure chimiche e fisiche per la certificazione dei requisiti, un'elevata durata prestazionale, un notevole schermaggio termico ed

elettromagnetico, capacità di interagire con più sistemi, sopportazione ad elevati carichi di pressione e ad attacchi chimici ambientali interni ed esterni.

A supporto della garanzia prestazionale di qualità ed affidabilità dei sensori, interviene l'avanzata alta tecnologia

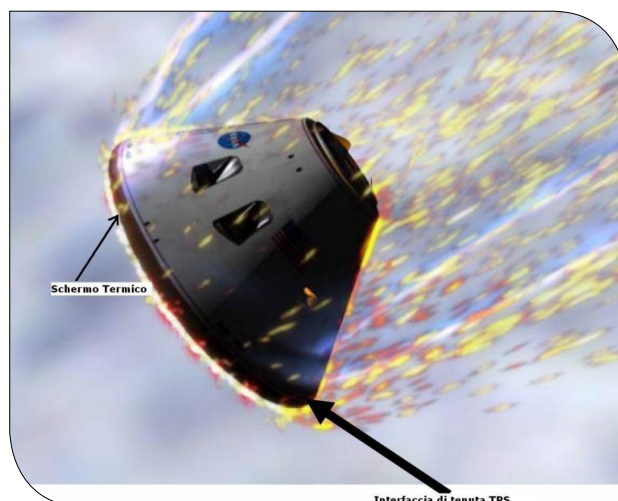


Figura 1: Interfaccia di tenuta termica di un CEV in rientro da missione (Fonte: Glenn Research Center-NASA)

costruttiva. La fabbricazione mediante la **micro e nano-tecnologia** consente l'alta integrazione del "sistema sensore" che deve includere sensori, attuatori, il sistema di alimentazione, l'elettronica di controllo e le interfacce di comunicazione; tutto questo senza un sensibile incremento di dimensioni, peso e consumo di energia.

Ad un'alta integrazione deve comunque corrispondere l'affidabilità del sistema sensore, ovvero, i dati riportati dai sensori e ricevuti dall'apparato di controllo del velivolo, devono essere certi, anche in situazioni che possono rendersi critiche a causa di operazioni contemporanee multifunzionali richieste ai sensori intelligenti.

Inoltre, a garanzia della sicurezza, nelle applicazioni aerospaziali deve essere prevista la ridondanza hardware della sensoristica vitale, ovvero, quella predisposta alla sicurezza del velivolo, dei passeggeri e dell'equipaggio a bordo.

## I SENSORI NELLE APPLICAZIONI AD ALTA TEMPERATURA

Nelle missioni aerospaziali uno degli elementi più critici che viene tenuto in grande considerazione è il calore. I sensori realizzati con *tecnologia a film sottile* sono in grado di svolgere diverse funzioni pur operando a **temperature oltre i 1000°C**.

Possono essere utilizzati per il rilevamento della temperatura, del flusso termico, della pressione e sforzo. Questa tecnologia consente una varietà di applicazioni con diversi materiali, ceramici compresi. Minima lavorazione di fab-

bricazione, grande precisione ed elevata durata, sono altri importanti vantaggi della tecnologia a film sottile nella realizzazione dei sensori per le applicazioni aerospaziali. Lo sviluppo della tecnologia a film sottile ha consentito la realizzazione di sensori con materiali ceramici, laminati e basati su nanostrutture.

Ciò ha consentito di migliorare le tecniche per applicazioni di misura in altissima temperatura di strutture complesse, anche oltre i 1500°C. Fondamentale nello sviluppo di questa tecnologia è stata la partnership con l'Università di Rhode Island e la *NASA GRC (Glenn Research Center) Ceramics Branch*, per la ricerca finalizzata alla realizzazione di materiali a base di ceramica.

Nei sistemi **CEV (Crew Exploration Vehicle)**, ossia, relativi ai veicoli di esplorazione spaziale con equipaggio, è molto importante il monitoraggio della tenuta dei **Sistemi di Protezione Termica (TPS)**. Viene utilizzata strumentazione idonea alla misurazione del gap termico tra lo schermo termico e le guarnizioni di tenuta di interfaccia al retro-schermo.

Questa funzione di controllo viene effettuata mediante l'impiego di un sensore di flusso termico miniaturizzato mediante fabbricazione con nuova tecnologia a film sottile. Nella **Figura 1** viene indicata la zona relativa all'interfaccia di tenuta termica tra lo schermo termico ed il retro-schermo di un CEV al rientro da una missione.

I sensori di flusso termico vengono utilizzati anche nel monitoraggio dei sistemi **ASC (Advanced Stirling Converter)**. Le unità ASC, fondamentali nelle missioni CEV,

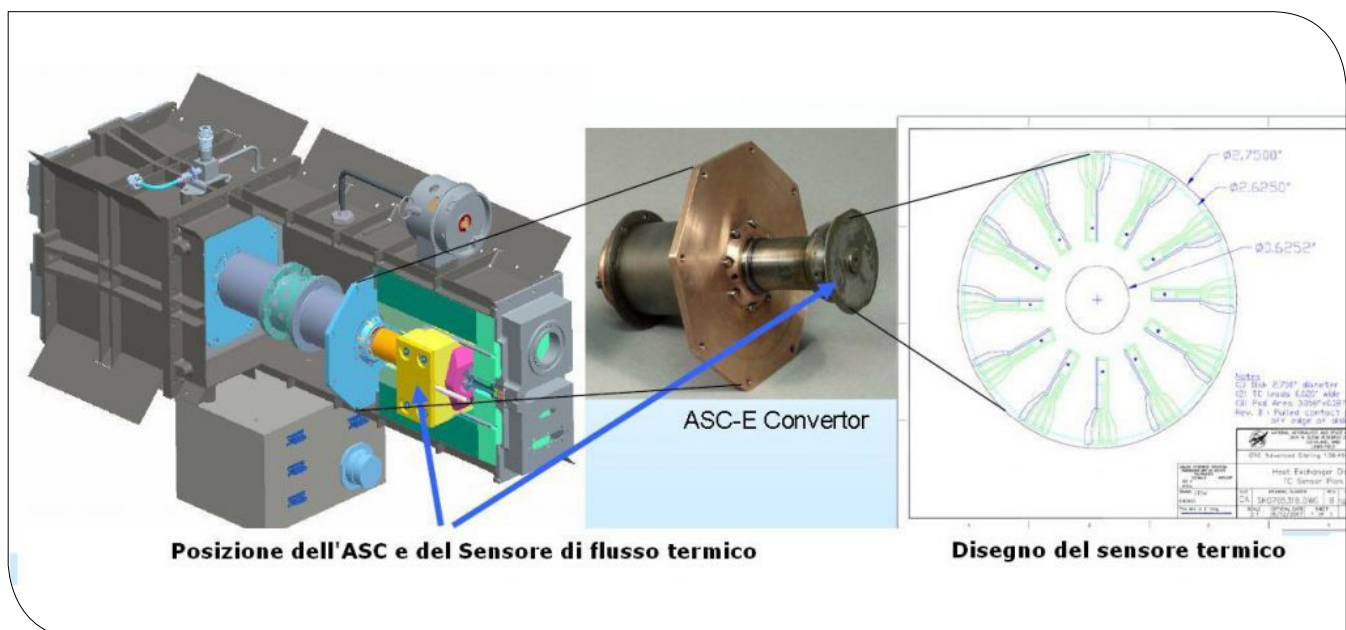


Figura 2: Posizione dell'ASC e sensore di flusso termico nel generatore ASRG (Fonte: Glenn Research Center-NASA)

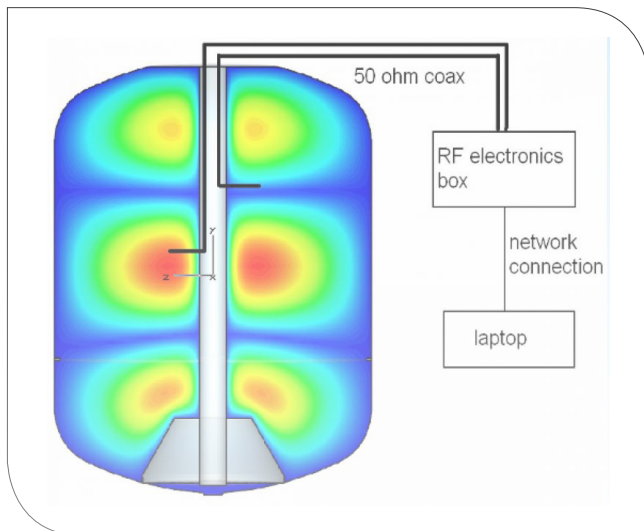


Figura 3: Schema di principio del sistema di rilevamento del propellente (Fonte: Glenn Research Center-NASA)

sono convertitori di energia termica in energia elettrica. I sensori di flusso termico ASC consentono la misurazione dell'efficienza di conversione contribuendo alla caratterizzazione delle unità ASC.

Questa tipologia di sensori deve rispondere al principale requisito di essere in grado di operare in ambienti ad alta temperatura senza degrado delle prestazioni. Per ri-

spondere pienamente a queste specifiche, la tecnologia costruttiva prevede l'impiego di materiale ceramico per alte temperature.

La **Figura 2** mostra la collocazione dell'unità ASC e del sensore di flusso termico all'interno dell'apparato ASRG. A fianco dell'ASGR, il disegno del sensore.

L'**ASRG (Advanced Stirling Radioisotope Generator)** è un sistema di alimentazione a radioisotopi utilizzato nei velivoli spaziali.

Sviluppato e realizzato dalla [Glenn Research Center](#) della NASA, l'ASRG, equipaggiato con unità ASC, utilizza la tecnologia [Stirling](#) per convertire il calore di decadimento radioattivo in energia elettrica.

### I SENSORI RFMG PER LA MISURAZIONE DEL PROPELLENTE

Sono sensori definiti come **Indicatore di Massa a Radiofrequenza (RFMG)**. La loro funzione è di rilevare il quantitativo di propellente nel serbatoio del velivolo utilizzando un'antenna ed un analizzatore RF.

Il principio di funzionamento del sensore si basa sul rilevamento dei modi del campo elettromagnetico RF all'interno del serbatoio; i modi sono noti in funzione della frequenza e corrispondono ai vari livelli del liquido propellente.

La funzionalità di rilevazione è applicabile anche al dielet-

**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!**

# MATERIAL HANDLING NELLA FABBRICA INTELLIGENTE: SENSORS EVERYWHERE

di Giordana Francesca Brescia

*Nel precedente articolo abbiamo analizzato l'innovativo sistema di trasporto impiegato in quella che viene comunemente definita "fabbrica intelligente", nota anche come "smart factory" che rispecchia a pieno il modello Industry 4.0, considerata a tutti gli effetti la quarta rivoluzione industriale. Tutti avrete visto almeno una volta uno scanner di navigazione laser sulla torretta rotante di un carrello industriale automatico. Una vasta gamma di sensori viene utilizzata nella smart factory, permettendo ai veicoli AGV di essere utilizzati in impianti di produzione e distribuzione intelligenti per una maggiore efficienza nei trasporti interni, sicurezza funzionale e affidabilità. Una sfida alla quale sono chiamati a dare un contributo notevole tutti i produttori di sensori avanzati per il rilevamento, e di strumentazione per il motion control, come gli encoder che forniscono dati sull'angolo di sterzo e sul percorso e molte altre varianti di sensori.*

I sensori migliorano il livello di sicurezza e precisione della movimentazione dei materiali rendendo l'automazione più sicura ed efficiente con conseguente riduzione dei costi rispetto a quella manuale. I primi sistemi AGV utilizzavano un **filo guida induttivo** a pavimento, questo sistema di guida è ancora molto utilizzato su pavimenti industriali in calcestruzzo. A differenza dei vecchi sensori, i

sensori di ultima generazione aumentano l'area circostante che un AGV può vedere, rendendolo quindi più sicuro. I **sensori** riducono in modo rilevante alcuni rischi intrinseci legati alle operazioni di movimentazione in un contesto industriale; al fine di evitare urti e collisioni, i paraurti di un AGV sono dotati di **sensori di contatto** che provocano l'arresto del carrello in caso di contatto accidentale con un ostacolo. I sensori di rilevamento per il material handling hanno catalizzato buona parte degli sforzi in innovazione per garantire un'**automazione industriale integrata sempre più intelligente**, efficiente e sicura perché riducono il numero di incidenti sui luoghi di lavoro, un'automazione che potremmo definire come "**smart logistics**", con postazioni di lavoro interconnesse e processi produttivi ad alto livello di meccanizzazione ed automazione.

## TECNOLOGIE DI SENSORI PER GLI AGV

L'affidabilità e l'efficienza di un AGV sono prevalentemente collegate ai sistemi di navigazione e di controllo dello sterzo implementati a bordo, basati su sensori che aumentano il livello di sicurezza del sistema automatizzato. I sensori forniscono feedback al sistema di controllo sul funzionamento dell'AGV e sull'ambiente circostante. Le tipologie di sensori che possono essere implementate



Figura 1a. AGV in movimento su nastro magnetico (Fonte: MURATA MACHINERY USA, INC.)

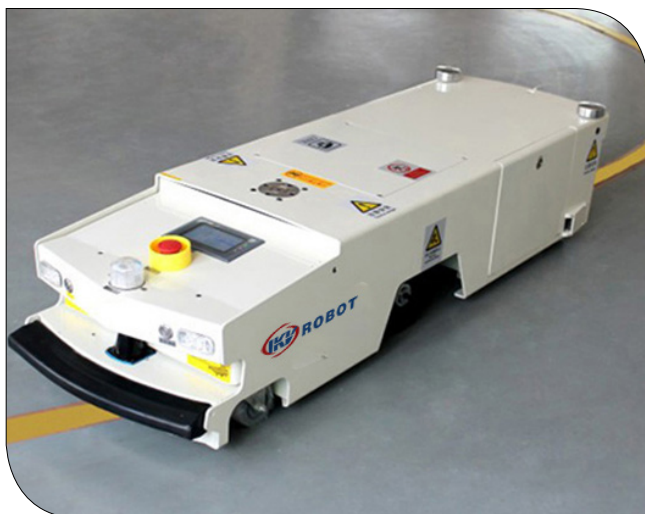


Figura 1b. AGV a guida automatica (Fonte: IKV Robot)



Figura 1c. AGV a guida automatica (Fonte: IKV Robot)

nei veicoli AGV sono molteplici e diversificate in base allo scopo, al tipo di carico e ad esigenze di layout industriale. Nella fase di scelta e valutazione di un veicolo automatizzato, ci si riferisce solitamente ad alcuni **indici di prestazione**:

1. Metodo di guida o di deviazione
2. Carico utile
3. Velocità di marcia
4. Precisione della posizione (relativamente agli assi x, y, z)
5. Precisione della guida
6. Rumore
7. Metodo di comunicazione

Un **nastro magnetico** a pavimento può essere utilizzato per guidare un carrello AGV con peso contenuto, sia in fabbriche che in magazzini, è questo il caso di quella che viene definita **navigazione magnetica** (al seguente [link](#) è disponibile un video del funzionamento di un AGV con nastro magnetico posizionato a pavimento). Tale sistema non comporta costi di ristrutturazione del pavimento e il nastro può essere facilmente rimosso o spostato per un cambio del percorso di guida. Il carrello segue il percorso definito dal nastro magnetico tramite **sensori magnetici** per la guida dei binari lungo il percorso del nastro, viene misurata la distanza dal centro del nastro e vengono fornite le informazioni al controller del motore, garantendo che il veicolo rimanga al centro della pista tracciata.

I **sensori di pressione** controllano il peso del carico, stabilendo se rientra nel range della capacità di carico nominale della macchina così come definita dal *catalogo del costruttore* e dai *datasheet* (che, ricordiamo, è sempre

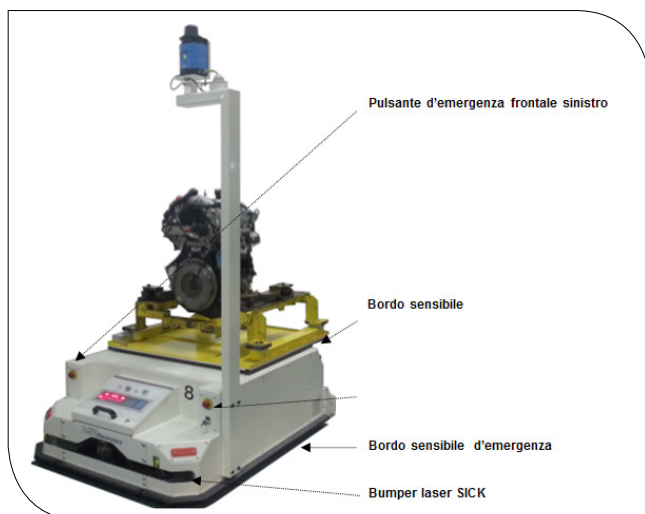


Figura 1d. AGV con piattaforma elevatrice per il trasporto di motori (Fonte: AGVE)

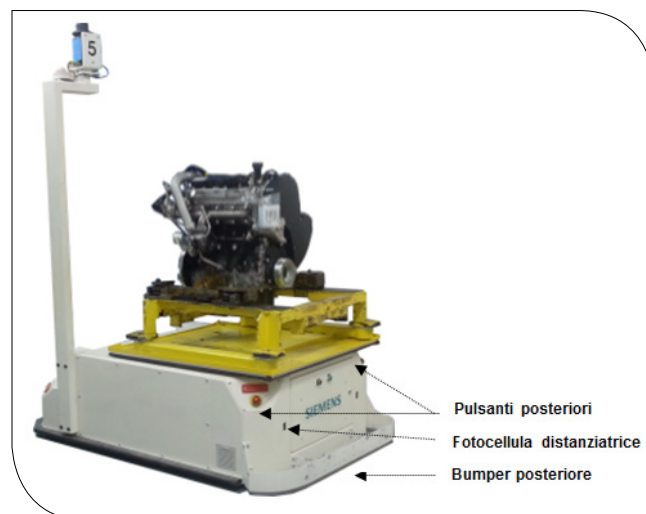


Figura 1e. AGV con piattaforma elevatrice per il trasporto di motori (Fonte: AGVE)

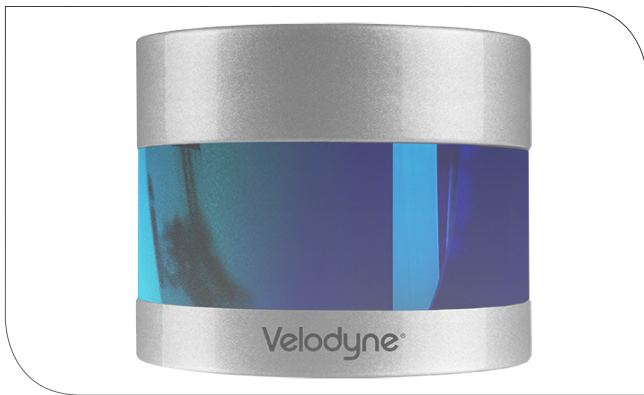


Figura 2. Sensore Lidar Puck 32MR con fattore di forma compatto, utilizzato per rilevare oggetti a bassa riflettività a una distanza di 120 metri nelle operazioni di material handling (Fonte: Velodyne Lidar)

necessario consultare prima di effettuare una scelta). La gran parte di aziende produttrici di robot AGV, fortunatamente, consente anche di poter progettare una soluzione customizzata su richiesta specifica ad hoc per il cliente. Per gli spostamenti di un mezzo AGV, viene spesso impiegata la tecnologia **LiDAR (Light Detection and Ranging)**, si tratta di uno strumento altamente affidabile e preciso con il quale mediante raggi laser di luce vengono localizzati e mappati gli oggetti fissi e quelli in movimento e misurata la loro forma 3D ad alta risoluzione e lunga distanza. La tecnologia **LiDAR** previene anche le collisioni e garantisce che i carichi vengano opportunamente posizionati. In **Figura 2** viene mostrato un sensore con tecnologia **LiDAR**, questo sensore genera un'immagine ricca di dati per una localizzazione precisa e in tempo reale dell'oggetto. Per un'analisi più approfondita della tecnologia **LiDAR** è

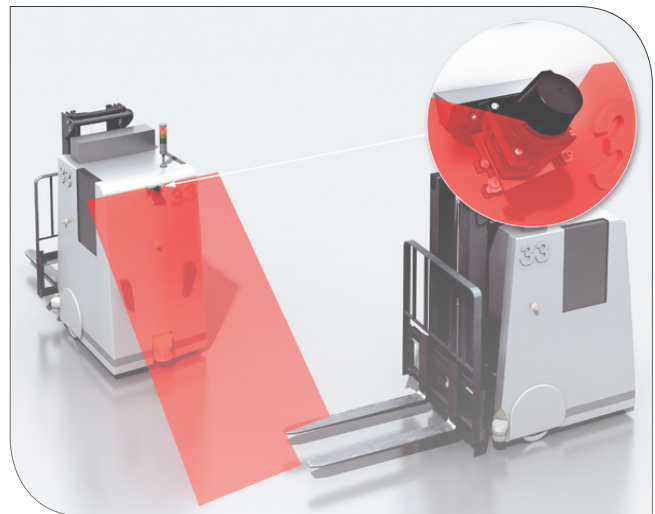


Figura 3. Sensore 2D LiDAR anti collisione su AGV (Fonte: SICK)

La **Figura 4** mostra un sensore **LiDAR** appartenente alla famiglia di prodotti **TiM1xx** di **SICK**, si tratta di un sensore per il monitoraggio di un'area fino a 15.7 m<sup>2</sup>, molto piccolo, semplice e compatto, peso ridotto di appena 90 g e basso consumo energetico, per uso tipico in applicazioni low power.

Gli AGV utilizzano per la navigazione anche sensori e dispositivi ottici, teste laser, transponder, giroscopi ad inerzia, sistemi di visione con telecamere, sensori di velocità, ultrasuoni, sensori di rilevamento ostacoli, sensori di visione che formano un'immagine tridimensionale del magazzino e laser; il software interno al veicolo ricostruisce una mappa 3D dell'ambiente operativo circostante. Gli AGV a guida laser sono anche chiamati **LGV**, integrano i riflettori

**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

## CATEGORIES

COMPANIES/CONSULTANTS

53 %

ACADEMICS/STUDENTS

25 %

MAKERS/HOBBYISTS

22 %

## SOCIAL CONNECTIONS

f + 83.000

in + 23.000

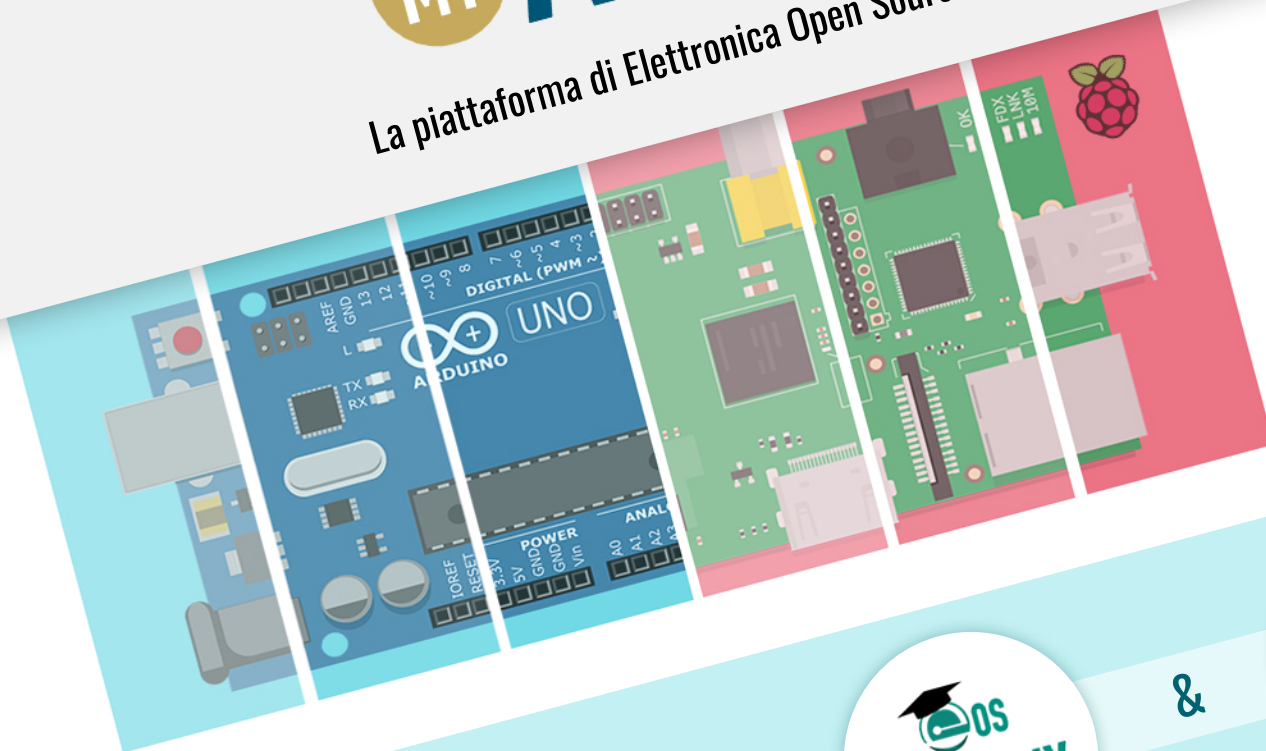


I NOSTRI CORSI DI ELETTRONICA  
PER I PROFESSIONISTI  
E I MAKERS



# ACADEMY

La piattaforma di Elettronica Open Source dedicata ai corsi



&



PUOI AVERE TUTTI I CORSI DI

A PORTATA DI CLICK

