

TEST & MEASUREMENTS MAKERS LABORATORY











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

IN QUESTO NUMERO:

- STRUMENTI SPICE PER LA SIMULAZIONE DI CIRCUITI ANALOGICI E DIGITALI
- ALTIMETRO BAROMETRICO: FONDAMENTI DI PROGETTAZIONE
- ELEKTOR: UN GRANDE OROLOGIO A DISPLAY LED, WI-FI E LETTURA DELLA TEMPERATURA
- RILEVAMENTO DEGLI OGGETTI CON TENSORFLOW SUL RASPBERRY PI
- DENTRO UN COMPUTER QUANTISTICO: I CIRCUITI QUANTISTICI E MOLTO ALTRO!

it.emcelettronica.com

FOCUS DEL MESE

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

COSA LEGGERAI NEL 2020?

INDUSTRY 4.0 SMART PROJECTS



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 - 136.789

Social Network - 125.169

© 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

LA STRUMENTAZIONE T&M RENDE LA PROGETTAZIONE PIÙ EFFICIENTE

3

COME SPEDIRE DATI DA ARDUINO A EXCEL E VICEVERSA

71

STRUMENTI SPICE PER LA SIMULAZIONE DI CIRCUITI ANALOGICI E DIGITALI

5

ASCOLTIAMO IL NOSTRO CUORE CON UN OPAMP

81

OTTO RESISTORI IN CERCA DI UN DAC

8

LA GESTIONE DELLE DATE CON IL LINGUAGGIO HARBOUR

87

PROGETTARE AUDIO MIXER PROFESSIONALI PER OGNI SCENARIO

14

DENTRO UN COMPUTER QUANTISTICO: I CIRCUITI QUANTISTICI

95

ALTIMETRO BAROMETRICO: FONDAMENTI DI PROGETTAZIONE

18

SPERIMENTIAMO CON IL SOFTWARE DEFINED RADIO E GNU RADIO

100

MONITORAGGIO DELLA CORRENTE USB PER EVITARE SOVRACCARICHI

26

SPECTRE & MELTDOWN: LE VULNERABILITÀ PIÙ CRITICHE DEGLI ULTIMI 10 ANNI

105

ELEKTOR: UN GRANDE OROLOGIO A DISPLAY LED, WI-FI E LETTURA DELLA TEMPERATURA

30

SNIFFING SU RS232: COME SI SPIANO LE CONNESSIONI SERIALI

111

RILEVAMENTO DEGLI OGGETTI CON TENSORFLOW SUL RASPBERRY PI

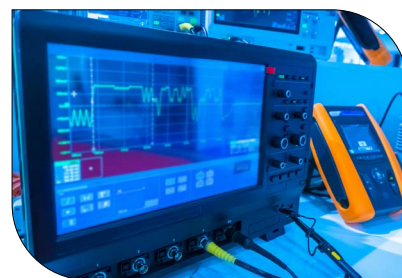
41

COMPUTER VISION 1.04 FEATURES MATCHING

53

REALIZZIAMO UN SOFTWARE PER RASPBERRY CHE CALCOLA IL PROPRIO BIORITMO

61





Il Limite è il Cloud

Il modo più semplice e sicuro per connettersi ad AWS

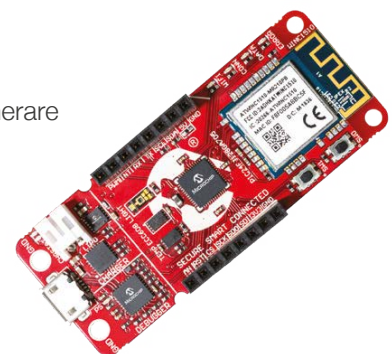


Al fine di dare la possibilità di creare progetti smart, connessi e sicuri, Microchip ha ampliato la sua collaborazione con Amazon Web Services (AWS) per supportare i sistemi embedded cloud-connessi. La nostra soluzione consente una facile integrazione ed una distribuzione sicura dei tuoi edge node a basso consumo per servizi basati su cloud, anche se la tua esperienza in questo senso è limitata.

Le PIC-IoT WA e AVR-IoT WA Development Boards, scalabili, combinano rispettivamente un MCU PIC24FJ128GA705 e ATmega4808, facili da usare ma potenti ovvero, rispettivamente, un secure element IC ATECC608A CryptoAuthentication™ ed un controller di rete Wi-Fi® ATWINC1510 completamente certificato con pre-provisioning. Ciò fornisce il modo più semplice e più efficace per connettere ad AWS la tua applicazione embedded.

Aspetti salienti

- Connessione immediata al cloud: da zero a connesso in soli 30 secondi
- Un robusto ecosistema ti consente di generare rapidamente il codice e sviluppare la tua applicazione
- Implementa l'autenticazione sicura con archiviazione della chiave privata basata su hardware



www.microchip.com/loTWA



LA STRUMENTAZIONE T&M RENDE LA PROGETTAZIONE PIÙ EFFICIENTE

Il settore Test & Measurements, seppure notevolmente frammentato, occupa un ruolo determinante nell'intero ciclo di vita di qualunque dispositivo elettronico, dalla prima fase progettuale all'immissione sul mercato. **L'efficienza della strumentazione di test e misura**, in ogni step di progettazione, è fondamentale per la calibrazione e la qualità del prodotto finale e per la messa a punto delle specifiche tecniche di funzionamento del dispositivo. In qualunque sistema, il test, la misura e l'analisi dei componenti critici e delle prestazioni complessive sono fasi imprescindibili per garantire qualità, durata, affidabilità e livello di innovazione.

Un componente elettronico è sottoposto a una serie di test in laboratori di prova certificati e qualificati, ispezioni fisiche per individuare eventuali difetti e test funzionali per verificarne la funzionalità operativa nelle reali condizioni ambientali nelle quali andrà ad operare. È fondamentale minimizzare i costi di manutenzione e di sostituzione, per questo è necessario azzerare le probabilità di riscontrare difetti in fase di progettazione o, caso peggiore, in fase di utilizzo del componente.

Le procedure di testing e misurazione sono essenziali per analizzare le origini del malfunzionamento di un sistema e trovare le soluzioni più idonee per una corretta progettazione. Grazie all'affermarsi della **filosofia dell'open source**, sono oggi disponibili in rete molteplici strumenti di progettazione e simulazione per il testing in tempo reale di circuiti analogici e digitali, che rappresentano un valido supporto per il design di circuiti stampati.

I dispositivi IoT devono essere certificati e qualificati prima dell'uso. Il design dei dispositivi mobile è diventato molto complesso e deve rispondere a determinati requisiti in termini dimensionali con fattori di forma sempre più compatti, velocità di traffico dati, ottimizzazione dell'autonomia delle batterie e riduzione del consumo energetico per un più efficiente power management.

L'interazione tra i diversi componenti e moduli richiede di affrontare nuove sfide nella progettazione e nella strumentazione, con **innovative apparecchiature di testing e software di prova per reti e dispositivi fisici**. Sviluppare e implementare tecnologie all'avanguardia, unitamente ad una costante competitività dei prodotti sul mercato, è determinante per accelerare l'innovazione elettronica. Anche le comunicazioni wireless, che trovano la più ampia declinazione nella rete di quinta generazione 5G, necessitano di soluzioni innovative di test e misura. A ciò si aggiungono i numerosi dispositivi IoT che comunicano tra loro utilizzando i più svariati protocolli di comunicazione wireless, quali 802.11, Bluetooth e ZigBee.

L'elettronica automobilistica può essere considerata uno dei motori propulsivi per la crescita del mercato delle apparecchiature di test e misura. La richiesta di sicurezza nella mobilità e di esigenze legate alla comunicazione e **all'interoperabilità dei componenti elettronici a bordo delle auto di ultima generazione**, impone che la progettazione di componenti, applicazioni e protocolli di rete per il settore automotive debba attenersi a determinati standard di qualità. I componenti elettronici devono essere sottoposti a specifici test prima del loro utilizzo, quali prove termiche, di stress ambientale o di durata al fine di ottenere la massima affidabilità sia a livello fisico che meccanico secondo le specifiche automotive. Le apparecchiature biomedicali devono monitorare i parametri vitali fornendo misure altamente accurate e precise, per tale motivo devono essere opportunamente testate e calibrate secondo le norme vigenti in materia.

Il vero ruolo chiave sarà svolto dai leader del settore T&M, che forniscono le loro apparecchiature specifiche per le più svariate applicazioni e categorie del mercato dell'elettronica, al fine di soddisfare le esigenze degli utenti finali, in termini di prestazioni performanti a prezzi competitivi.

Giordana Francesca Brescia



STRUMENTI SPICE PER LA SIMULAZIONE DI CIRCUITI ANALOGICI E DIGITALI

di Fulvio De Santis

Non molti anni fa, gli appassionati progettisti di circuiti elettronici scrivevano su un foglio di carta lo schema elettrico del circuito da realizzare. Successivamente, prima di fare il circuito stampato definitivo, costruivano il circuito piazzando i componenti saldandoli su di una scheda 1000 fori e ne testavano il funzionamento per verificarne la rispondenza con lo schema elettrico teorico. Nel 90% dei casi, durante il test del circuito occorreva rivedere il valore di alcuni componenti, sostituire magari un integrato non adatto per quel progetto, oppure, nel caso peggiore, si bruciava qualche componente attivo per non aver valutato correttamente i livelli di tensione massimi sopportabili. Ovviamente, tutte queste vicissitudini comportavano dispendio di tempo, costi e pazienza che spesso si perdeva abbandonando il lavoro. Bene, al giorno d'oggi, ma già da un pò di tempo, si hanno a disposizione potenti strumenti basati sul software Spice, che consentono ai makers, non solo di creare e visualizzare sullo schermo di un computer lo schema elettrico del progetto che si vuole realizzare, ma anche di simularlo verificandone tutte le possibili funzionalità, ed infine di realizzare il relativo circuito stampato. Infatti, attualmente alcuni fra i maggiori costruttori di chip consentono di scaricare dalla rete questi tool di simulazione, quasi sempre gratuitamente, con i quali vengono forniti anche moltissimi modelli di componenti delle rispettive case costruttrici.

INTRODUZIONE

Tutto nasce con **Spice!** Sì, ma che cos'è, e come è nato Spice? Prima della nascita di Spice, un ingegnere avrebbe progettato e disegnato lo schema elettrico di un circuito, di questo circuito ne avrebbe fatta la verifica mediante l'analisi nodale utilizzando le leggi della corrente di Kirchhoff, avrebbe buttato giù una matrice di equazioni con le trasformate di Laplace, dopo averle risolte avrebbe estratto il comportamento del circuito utilizzando le trasformate inverse. Certo, tale procedura sembrerebbe abbastanza complessa e dura anche per un ingegnere provetto, ma questa complessa sequenza di analisi e calcolo ha gettato le basi per la creazione di una simile procedura basata su computer. Infatti, nel lontano 1973, grazie all'assiduo e tenace lavoro di uno studente dell'Università di Berkeley, veniva realizzata la prima versione di SPICE, SPICE1 scritta in FORTRAN, fino ad arrivare nel 1989 con la versione SPICE3 scritta in C fun-

zionante sotto BSD UNIX. Queste versioni di Spice erano destinate alla progettazione con circuiti integrati e andavano su mainframes e workstations. Nello stesso anno era apparsa anche una simile versione chiamata **PSpice** per la simulazione di circuiti analogici e digitali funzionante con programmi di Microsoft Windows, utilizzabile su personal computer. Attualmente Spice è disponibile in versioni semplificate di più facile utilizzo e comprensione grazie al lavoro di adattamento effettuato nel 1990 da **Mike Engelhardt** della Linear Technology (oggi Analog Devices).

I PRODUTTORI DI CHIP E I RISPETTIVI TOOL DI SIMULAZIONE

Con gli "Spicelike", così definito Spice in gergo, dopo la semplificazione e adattamento realizzato dai vari costruttori di chip, è possibile dunque realizzare schemi elettrici, la relativa simulazione e la realizzazione anche del circuito stampato. Unitamente al software vengono forniti i mo-

delli Spice dei componenti dei rispettivi costruttori di chip. Si consideri che anni fa i dettagli funzionali dei vari componenti erano segreti, considerati proprietà intellettuale, per ovvi motivi di concorrenza, ma, fortunatamente, grazie alla possibilità di crittografare le informazioni di dettaglio dei componenti, **le varie aziende hanno liberalizzato questi modelli e messo a disposizione i relativi tool di simulazione.** Il software di simulazione **LTspice** di Analog Devices è fra i più utilizzati con più di 500.000 copie scaricate, è il più popolare fra i tool per la realizzazione dei PCB e simulazioni circuitali. Il creatore di LTspice, Mike Engelhardt, da oltre 15 anni, e tuttora, ne cura la manutenzione e gli aggiornamenti.

Un altro potente tool scaricabile dalla rete è il **TINA-TI**, fornito dalla Texas Instruments. Si tratta di una suite personalizzabile nelle varie funzionalità e potenzialità di simulazione e analisi che consente il test in real-time di circuiti analogici e digitali, nonché di microcontrollori. Viene offerta anche la possibilità di testare circuiti elettronici in modalità mixed, ovvero, circuiti costituiti da elementi digitali e analogici. La capacità di testare circuiti con microcontrollori consente all'utilizzatore di generare e fare il **debug del codice relativo.** Contestualmente alla realizzazione dello schema elettrico, lo strumento è in grado di estrarre le informazioni per creare il relativo layout del circuito stampato. Il software **MultiSim Component Evaluator - Analog Devices Editino**, viene reso disponibile da Analog Devices. È una versione della piattaforma **MultiSim di National Instruments** adattata per Analog Devices. Un altro potente software per la simulazione di circuiti è l'**ADiem-PE**, fornito dalla SIMPLIS/SIMPLIS+. È una suite di

simulare circuiti operanti a frequenze dell'ordine dei megahertz in pochi secondi, mentre nelle precedenti versioni di Spice occorre decine di minuti.

Riguardo i **MOSFET**, TINA è in grado di consentire agli utenti di creare modelli con caratteristiche di switching tali da permettere ai progettisti di valutare addirittura le perdite di switching dei MOSFET per diverse temperature ambiente. **La potenzialità di simulazione dei tool non sta quindi solamente nella capacità di modellare i componenti con le caratteristiche più avanzate, ma anche e soprattutto, nella velocità di esecuzione che è il vero obiettivo dei creatori dei software di simulazione.** Il connubio di questi due elementi, capacità di modellamento e velocità di esecuzione, caratterizza e stabilisce il livello di potenza del tool. Ovviamente, le peculiarità dei modelli e del software che ne elabora le caratteristiche, devono essere sapientemente sfruttate dai progettisti utilizzatori che, in funzione della tipologia del circuito che intendono simulare, devono saper gestire ed interpretare le funzionalità a disposizione.

LA CREAZIONE DEI MODELLI

I modelli realizzati dai costruttori di chip rispecchiano praticamente il comportamento rilevato dai datasheet. L'analisi e la conferma di questi modelli sono basate su tecniche avanzate di misura effettuate dai loro creatori. È possibile realizzare in proprio un modello di un qualsiasi componente? Tutto sta nell'approccio alla metodologia di realizzazione di un modello. **John Rice**, il massimo esperto del tool di simulazione TINA di Texas, afferma che il metodo che utilizza è quello di affrontare step-by-step la creazione del modello. Il primo step è quello di definire il modello più

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!

ALTIMETRO BAROMETRICO: FONDAMENTI DI PROGETTAZIONE

di Stefano Lovati

L'altimetro è uno strumento che gli appassionati di aviazione, gli escursionisti e gli amanti della tecnologia in generale conoscono molto bene. L'altimetro consente, infatti, di determinare, con accuratezza e precisione, l'altezza rispetto a un punto prefissato. In questo articolo esporremo i concetti fondamentali e la teoria che stanno alla base di questo strumento, proponendo una soluzione implementativa basata su un sensore altimetrico di tipo commerciale.

INTRODUZIONE

L'altimetro è lo strumento impiegato per misurare l'altitudine di un oggetto rispetto a un livello prefissato. Uno dei tipi più comuni di altimetro è l'**altimetro barometrico**, il quale è in grado di determinare l'altitudine basandosi sulla misura della pressione atmosferica. Storicamente, gli altimetri sono stati ampiamente utilizzati in aviazione (come strumento di ausilio alla navigazione, soprattutto in condizioni di scarsa visibilità, nel volo notturno o ad alta quota), e per i rilevamenti di tipo geografico e topografico. Con l'introduzione della tecnologia basata sui **sensori di pressione**, gli altimetri barometrici sono diventati accessibili a tutti, e utilizzabili nelle applicazioni di tutti i giorni, come escursionismo, arrampicata, localizzazione GPS in ambienti interni e all'aperto, servizi di localizzazione e salvataggio, 118, etc. I moderni sensori barometrici sono realizzati in **tecnologia MEMS** e sono dotati di un'interfaccia di comunicazione digitale (tipicamente I²C) attraverso cui possono comunicare con il sistema host. Questo articolo si basa sull'application note AN4528 [1] di NXP, nel quale si fa riferimento a un modello specifico di sensore barometrico (Xtrinsic MPL3115A2). I concetti esposti nel presente articolo, tuttavia, hanno validità generale e sono pertanto applicabili ad altri tipi di sensori.

TERMINOLOGIA

Per poter affrontare i principi che stanno alla base della misura di altitudine, occorre introdurre alcuni concetti basilari.

Altitudine

Per altitudine si intende l'altezza di un punto o di un oggetto (misurata lungo la direzione verticale) rispetto a un livello o superficie di riferimento, che solitamente è rappresentato dal **livello del mare**. In ambito geografico, si tende a preferire il termine **elevazione** (elevation) per indicare lo stesso concetto.

Livello del mare

Il livello del mare (indicato anche con il termine **MSL**, acronimo di **Mean Sea Level**) rappresenta l'altezza media della superficie degli oceani, intesa come valore medio tra il punto di alta marea e quello di bassa marea.

Altitudine barometrica

E' l'altitudine misurata tramite un altimetro barometrico, ed è funzione della pressione atmosferica rilevata dallo strumento stesso. La pressione atmosferica, infatti, diminuisce all'aumentare della quota. Se si assume come riferimento per la pressione atmosferica il valore di 101.325 kPa (1 atmosfera) sul livello del mare, è possibile ricavare in prima approssimazione il valore dell'altitudine basandosi sulla variazione di pressione atmosferica.

Pressione e atmosfera

Per pressione (P) si intende la forza (F) per unità di area applicata in direzione perpendicolare alla superficie di un oggetto. La pressione atmosferica è pertanto determinata dal peso della massa d'aria che insiste sopra il punto di

misura. L'**Atmosfera Standard Internazionale** è definita come un'ipotetica distribuzione verticale di proprietà atmosferiche che, in base ad accordi internazionali, rappresenta con buona approssimazione le condizioni presenti durante tutto l'anno alle medie latitudini. L'atmosfera standard (il cui simbolo è atm) è anche un'unità di pressione, definita come il valore tipico di pressione dell'aria al livello del mare.

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa} = 1013.25 \text{ mbar (o hPa)} = 760 \text{ mmHg} = 29.92 \text{ inHg} = 14.696 \text{ psi}$$

L'Atmosfera Standard U.S.

(o Atmosfera Standard ICAO) è invece composta da una serie di modelli che definiscono i valori di temperatura atmosferica, densità, pressione e altre proprietà, su un'ampia gamma di altitudini. Il primo modello, basato sullo standard internazionale, è stato pubblicato nel 1958 dall'*U.S. Committee on Extension to the Standard Atmosphere*, ed è stato successivamente aggiornato nel 1962, 1966, e 1976. Questo modello è consistente con quello definito dall'Atmosfera Standard Internazionale, differendo dallo stesso nell'assunzione sulla distribuzione di temperatura alle altitudini maggiori.

VARIAZIONE DELL'ALTITUDINE CON LA PRESSIONE ATMOSFERICA

Come è facile intuire, le aree di bassa pressione hanno una minore massa d'aria che insiste su di esse, mentre le aree di alta pressione hanno una maggiore massa atmosferica sopra di esse. Al crescere dell'altitudine (o meglio dire, dell'elevazione), diminuisce la massa atmosferica soprastante. Ne consegue che la *pressione atmosferica diminuisce con il crescere dell'elevazione*, e aumenta con il diminuire dell'elevazione. La pressione atmosferica varia con continuità a partire dalla superficie terrestre sino a raggiungere la mesosfera, posta a un'altitudine di circa 80-90 km. Sebbene la pressione atmosferica vari al variare delle condizioni climatiche, la NASA ha determinato un valore medio applicabile a tutte le zone della superficie terrestre in tutti i periodi dell'anno. In **Tabella 1** sono riportati i valori medi di temperatura e pressione atmosferica, applicabili a tutte le zone del mondo, per valori di altitudine compresi tra -800 m e 11000 m. La tabella si riferisce ai

dati forniti nel 1976 dall'*U.S. Standard Atmosphere*.

Per calcolare la pressione atmosferica P (espressa in Pa) a una differente altitudine h (in metri, inferiore a 11 km), si utilizza l'**Equazione (1)**:

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{L_0 - h}{T_0}\right)^{\frac{g_0 \cdot M}{R^* \cdot L_0}}$$

Equazione (1)

dove:

Simbolo	Valore	Unità di misura	Descrizione
P ₀	101325	Pa	Pressione atmosferica standard al livello del mare
L ₀	0,0065	K/m	Rate di variazione della temperatura dal livello del mare fino a 11 km
T ₀	288,15	K	Temperatura standard al livello del mare
g ₀	9,80665	m/s ²	Accelerazione di gravità al livello del mare
M	0,0289644	kg/mol	Peso medio molecolare dell'aria
R*	8,31432	N·m/(K·mol)	Costante universale dei gas

Inserendo questi parametri nell'**Equazione (1)**, otteniamo l'**Equazione semplificata (2)**, che permette il calcolo della pressione atmosferica nota l'altitudine:

$$P = P_0 \cdot \left(1 - \frac{h}{44330.77}\right)^{5.255876}$$

Equazione (2)

L'**Equazione (3)** può invece essere utilizzata per calcolare l'altitudine, una volta nota la pressione atmosferica, e deriva da una trasformazione dell'**Equazione (2)**:

$$h = 44330.77 \cdot \left[1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{0.190263}\right]$$

Equazione (3)

FUNZIONAMENTO DEL SENSORE

I moderni sensori di pressione elettronici, noti anche con il termine di trasduttori di pressione, o **IPS** (acronimo di **Integrated Pressure Sensor**) *misurano lo sforzo a cui è sottoposta una sottile striscia di metallo* la quale, da un lato ha un riferimento statico di pressione (tipicamente

h (m)	T (°C)	P (Pa)	h (m)	T (°C)	P (Pa)	h (m)	T (°C)	P (Pa)
-800	20.2	111,312	3200	-5.8	68,344	7200	-31.8	39,918
-600	18.9	108,744	3400	-7.1	66,615	7400	-33.1	38,800
-400	17.6	106,223	3600	-8.4	64,922	7600	-34.4	37,709
-200	16.3	103,751	3800	-9.7	63,264	7800	-35.7	36,642
0	15.0	101,325	4000	-11.0	61,640	8000	-37.0	35,600
200	13.7	98,945	4200	-12.3	60,051	8200	-38.3	34,582
400	12.4	96,611	4400	-13.6	58,494	8400	-39.6	33,587
600	11.1	94,322	4600	-14.9	56,971	8600	-40.9	32,616
800	9.8	92,076	4800	-16.2	55,479	8800	-42.2	31,668
1000	8.5	89,875	5000	-17.5	54,020	9000	-43.5	30,742
1200	7.2	87,716	5200	-18.8	52,592	9200	-44.8	29,839
1400	5.9	85,599	5400	-20.1	51,194	9400	-46.1	28,957
1600	4.6	83,524	5600	-21.4	49,827	9600	-47.4	28,096
1800	3.3	81,489	5800	-22.7	48,489	9800	-48.7	27,256
2000	2.0	79,495	6000	-24.0	47,181	10,000	-50.0	26,436
2200	0.7	77,541	6200	-25.3	45,901	10,200	-51.3	25,637
2400	-0.6	75,626	6400	-26.6	44,650	10,400	-52.6	24,857
2600	-1.9	73,749	6600	-27.9	43,426	10,600	-53.9	24,097
2800	-3.2	71,910	6800	-29.2	42,230	10,800	-55.2	23,355
3000	-4.5	70,109	7000	-30.5	41,061	11,000	-56.5	22,632

Tabella 1: temperatura e pressione in funzione dell'altitudine (T: temperatura, P: pressione, h: altitudine)

rappresentato dal vuoto assoluto), mentre all'altro lato è applicata la pressione atmosferica (variabile) associata alla posizione corrente del sensore. All'interno del sensore di pressione (Figura 1) è presente un *diaframma* realizzato con una sottile stranda di metallo: viene utilizzato

classico **ponte di Wheatstone**, il quale genera in uscita una tensione proporzionale alla variazione di resistenza subita dallo strain gauge.

Il resto del circuito fa riferimento allo schema di Figura 3, in cui questa tensione viene amplificata (affinchè possa essere letta e interpretata).

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!**

MONITORAGGIO DELLA CORRENTE USB PER EVITARE SOVRACCARICHI



Ecco una protezione intelligente per porte USB, per evitare problemi di sovraccarico. L'idea di questo progetto è nata durante la sperimentazione di alcuni circuiti alimentati con i 5 V dalla porta USB del computer. Per un problema circuitale, il sistema operativo si è bloccato, avvertendo l'utente con il messaggio di errore "Potenza hub USB superata" e resettando l'elaboratore. Occorreva, dunque, uno strumento che indicasse eventuali problemi di sovraccarico e non spegnere immediatamente l'alimentatore se i limiti fossero stati superati. La protezione del computer è messa al primo posto.

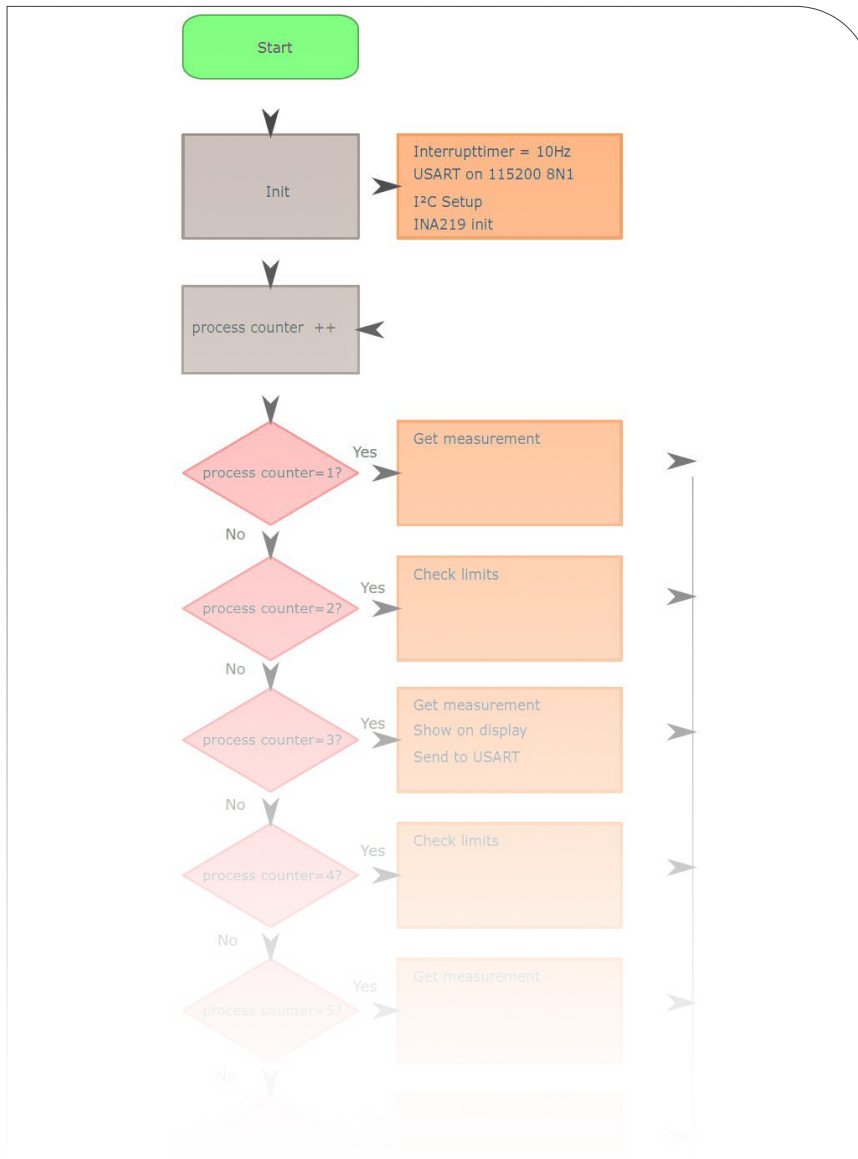
INTRODUZIONE

La potenza massima dichiarata di 500 mA, di una porta USB del computer, non è sempre rispettata e in genere non esiste una protezione sufficiente. Lo sviluppo di questo progetto è svolto in due fasi. Il prototipo originale utilizza più schede circuitali composte da diversi elementi singoli, tutti collegati tramite connettori maschio e femmina. La prima versione è creata in Eagle e progettata in modo tale che le schede possano essere fabbricate utilizzando una piastra di rame e una fresa. Successivamente, è stato creato un secondo layout [utilizzando il programma CAD DesignSpark](#). Lo schema circuitale di questa versione finale è mostrato in **Figura 2**.

PARTICOLARITÀ HARDWARE

Sono disponibili due interfacce, J4 e J5, cui è possibile collegare i dispositivi [tramite la porta USB](#) del PC. La connessione al computer avviene tramite K2 o K3, a seconda dei casi. In ogni caso viene utilizzato un INA219 di Texas Instruments [1] per la misurazione della corrente. **Si tratta di un monitor di corrente e di potenza** che utilizza l'interfaccia I2C e può essere letto in modo ciclico. Viene fornito un monitoraggio della corrente separato [per ciascun canale USB](#). La tensione è misurata attraverso i resistori shunt R19 e R30, su cui scorre la corrente, che può essere facilmente calcolata. L'indirizzo I2C è definito da R22 a R25 e da R33 a R36.

La corrente sul carico può essere abilitata o disabilitata utilizzando i relè Re1 e Re3. La presenza dei fusibili F1 e F2 assicura la protezione da sovracorrente. La commutazione è [controllata dal microcontrollore U1](#). La resistenza di carico pin del relè NC **viene utilizzata per fornire una maggiore stabilità di tensione** per la conversione analogica eseguita dal microcontrollore, altrimenti potrebbero ottenersi valori errati se il relè non viene attivato. Questo resistore non è presente nella seconda versione del progetto. I relè Re2 e Re4 abilitano la tensione esterna a 5 V, invece di prenderla dal computer. Questa tensione viene applicata tramite J2 ed è erogata sul resto del circuito. Il cuore del sistema è il **microcontrollore PIC18F6620** [2]. Utilizzando quattro LED (da LED1 a LED4), è possibile osservare lo stato del dispositivo ed eventuali avvertimenti o malfunzionamenti. [Attraverso gli ingressi ADC AN1 e AN2](#), il microcontrollore misura le due tensioni fornite alle interfacce USB. Misura anche la tensione di J2 sull'ingresso AN0 (EXT_PWR). Per ognuna di queste tre misure si utilizza un divisore resistivo con un rapporto di 1:4 (da R13 a R18). Dividere per 4 è conveniente, perché il microcontrollore può calcolare i valori di tensione corretti con un'operazione di shift di due bit. Come riferimento di tensione è utilizzato un MAX6004 [3]. Questo dispositivo fornisce un riferimento di 4.096 V per il convertitore analogico digitale interno a 10-bit. I pulsanti da S1 a S5 sono controllati dal firmware attraverso gli interrupt. J1 è



l'interfaccia di programmazione ICD (programmazione in-circuit), mentre JP1 mette a disposizione un'interfaccia UART a 5 V. Questa può essere usata per la comunicazione con il PC. I valori misurati sono visualizzati su un display LCD standard da 2x20 caratteri. Il controllo avviene tramite una connessione a quattro fili per i dati e tre linee di controllo (RS, R/W ed E). Il contrasto può essere regolato tramite R10.

IL FIRMWARE

Il firmware è stato **scritto in C** con l'IDX di MPLAB. La **Figura 1** mostra il diagramma di flusso. All'avvio è necessario configurare il registro di calibrazione dell'INA219. Il sensore utilizza questi valori di calibrazione per calcolare i dati di corrente e di funzionamento. Nel Listato 1 si può osservare il metodo di calcolo.

Per il progetto, il valore 5851 è scritto nel registro dei due INA219. I dati del sensore vengono letti ed elaborati ciclicamente dal microcontrollore. Se i valori limite predefiniti vengono superati, il microcontrollore deve disabilitare il flusso di corrente e riattivarlo solo quando l'utente attiva nuovamente il

**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!**

ELEKTOR: UN GRANDE OROLOGIO A DISPLAY LED, WI-FI E LETTURA DELLA TEMPERATURA



L'orologio proposto dispone di display da 4 pollici di altezza. L'orario è prelevato da Internet tramite ESP32 e prevede sensori remoti. Le piccole schede con il microcontrollore ESP32 con funzionalità Wi-Fi sono un ottimo punto di partenza per realizzare qualsiasi tipo di progetto. Il dispositivo presentato prevede un versatile orologio, grazie anche all'interfaccia MQTT. Sono previsti anche un sensore wireless per la qualità dell'aria, della temperatura e dell'umidità.

INTRODUZIONE

La prima cosa che spicca del progetto è l'insolito formato dei display a LED: i quattro display a 7 segmenti SA40-19SRWA misurano ben 122 x 90 mm (H x L) e l'altezza del carattere è di ben 101.2 mm. Tutto questo si traduce in un display a LED della larghezza di ben 14 pollici (36 cm). Risulta, pertanto, ideale per la **costruzione di un orologio** che si può facilmente **leggere da una distanza di circa 5 metri**. Se si vuole pensare ancora più in grande, si può costruire un orologio con pannello a matrice LED di grandi dimensioni e più luminoso del display a sette segmenti, ma occorrerebbero circa mille LED da 5 mm per una matrice alta 10 cm. I display Kingbright da 4 pollici, in diversi colori, si trovano a circa 15 euro.

L'OROLOGIO

Per il progetto è stato utilizzato il Pico-Kit ESP32 [1], anche se un ATmega standard, un PIC o un Arduino sarebbero state utili alternative. **L'ESP32 è leggermente più costoso** di un normale microcontrollore ed è supportato dall'IDE di Arduino. La funzionalità Wi-Fi integrata **assicura una visualizzazione precisa dell'orario** senza la deriva del chip RTC, poiché l'ora corrente è semplicemente ottenuta via Internet da uno dei tanti Network Time Protocol (NTP) server. Questo elimina la necessità di una batteria di riserva per mantenere l'ora durante un'interruzione di corrente o quando l'orologio viene spostato. **I time server su Internet sono sempre aggiornati e precisi**. Sebbene un

orologio sia progettato per visualizzare l'orario, qualche funzionalità aggiuntiva non guasta certamente. Sarebbe utile, quindi, conoscere la temperatura esterna al risveglio, usando un sensore con un collegamento wireless. Inoltre, il sensore può anche essere indirizzato su Internet. Per semplicità, viene utilizzato dai sensori un altro modulo ESP32, così l'unità può anche accedere al Wi-Fi e il traffico dati è garantito. Per la standardizzazione viene utilizzato il protocollo MQTT [2]. Riassumendo, le caratteristiche principali di questo progetto sono:

- orologio estremamente preciso;
- visualizzazione su un grande display;
- viene aggiornato via Internet;
- la comunicazione con i sensori avviene tramite **protocollo MQTT**.

IL DISPLAY E L'HARDWARE

Come già detto, l'unità display è composta da quattro grandi LED a sette segmenti. La **Figura 1** mostra l'unità assemblata (il controller si trova dietro il display).

Se si guarda attentamente, si può notare che **il terzo display a 7 segmenti è montato sottosopra**. Questa rotazione inverte il punto decimale verso l'alto; insieme al punto decimale del carattere precedente, formando il separatore lampeggiante "due punti" tra le ore e i minuti. Ci si assicuri, dunque, che i display siano installati in questo modo quando si effettuano le saldature alla scheda (vedi **Figura 2**).

Le porte GPIO dell'ESP32 non possono fornire abba-

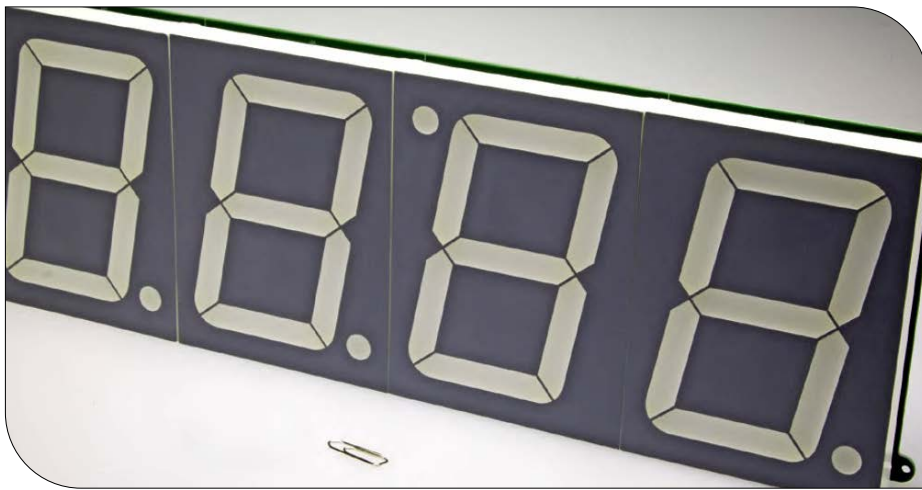


Figura 1: il grande display messo a confronto con una graffetta

stanza corrente per pilotare direttamente i LED, pertanto sono stati utilizzati dei chip driver. Per ridurre il cablaggio dell'unità LED è stato utilizzato il multiplex. Il driver (IC3) in **Figura 3** fornisce sufficiente corrente all'anodo comune di ogni display mentre gli otto transistor Darlington sono comandati dal processore per illuminare i vari segmenti. Va notato che la luminosità del display dipende dalla tensione di alimentazione d'ingresso (+12 V) e dal **ciclo di lavoro del segnale PWM**.

Si deve utilizzare un alimentatore con uscita stabilizzata a 12 V per alimentare l'orologio. Se viene utilizzata una tensione superiore, tutte le resistenze in serie da R5 a R28 dovranno essere aumentate di valore. In linea di principio, anche questa sostituzione deve essere presa in considerazione se si sostituiscono i display rossi specificati con altre versioni di colore diverso. Essi operano con diverse

soglie di tensione diretta. Ogni segmento del grande **display a 7 segmenti** è in realtà costituito da diversi LED in serie (il punto decimale ne utilizza meno). Esistono LED normali, super luminosi, nonché rossi, verdi e giallo-arancione. Per il display rosso super luminoso SA40-SRWA la tensione di soglia diretta è 7.4 V e per il verde arriva fino a 8.8 V per segmento. La scelta dei display dipende dal gusto e dalla posizione in cui si trova l'orologio: se è utilizzato in una camera da letto non è necessario che sia

super luminoso. Il regolatore di tensione IC1 genera un +5 V stabile dall'alimentazione d'ingresso di 12 VCC per alimentare la scheda ESP32. Esso ha un proprio regolatore da 3.3 V integrato che alimenta il chip della Espressif. Il consumo è di 320 mA con il display acceso, che equivale a una potenza di circa 2.5 Watt attraverso IC1. Se si sostituisce il 7805 con un regolatore di 5 V pin-compatibile più efficiente (come il tipo Würth WPMDL1100501S), si ridurrebbero le perdite a meno di 0.4 W, ma l'uscita CC del chip mostrerebbe una leggera ondulazione (vedi **Figura 4**).

Se si sceglie di utilizzare il regolatore Würth, i due condensatori C2 e C3 non devono essere montati. I regolatori di altri produttori hanno mostrato una certa lentezza di adeguamento della tensione all'accensione, il che può causare un problema d'avvio dell'ESP32. Per ovviare a questo, è possibile collegare un condensatore da 10 µF

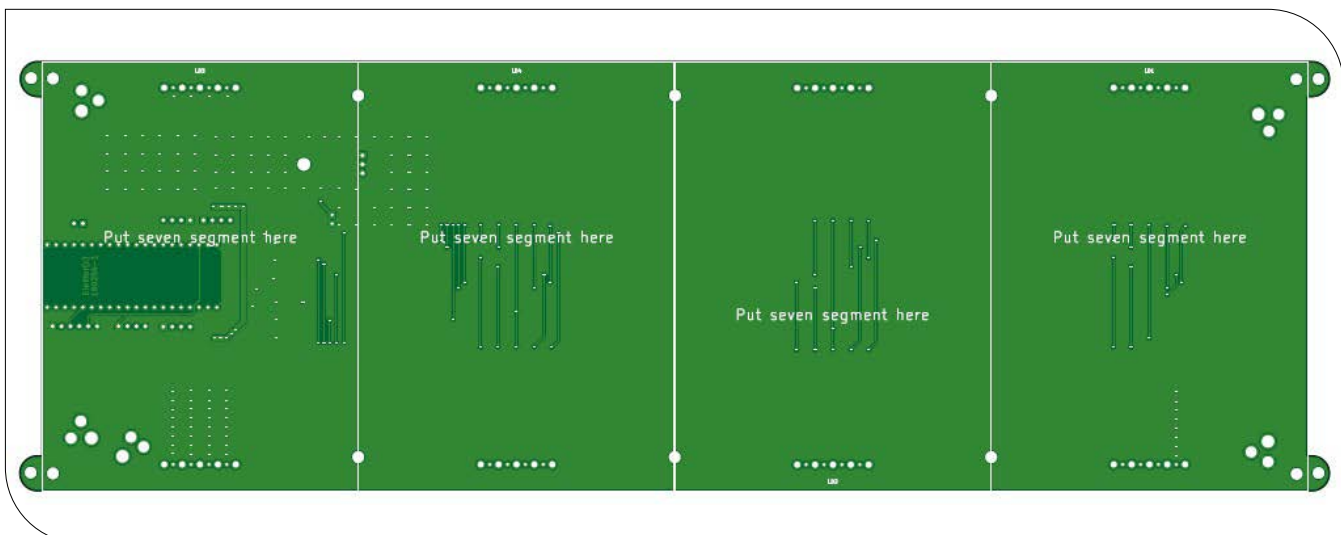


Figura 2: un display a 7 segmenti è montato al contrario

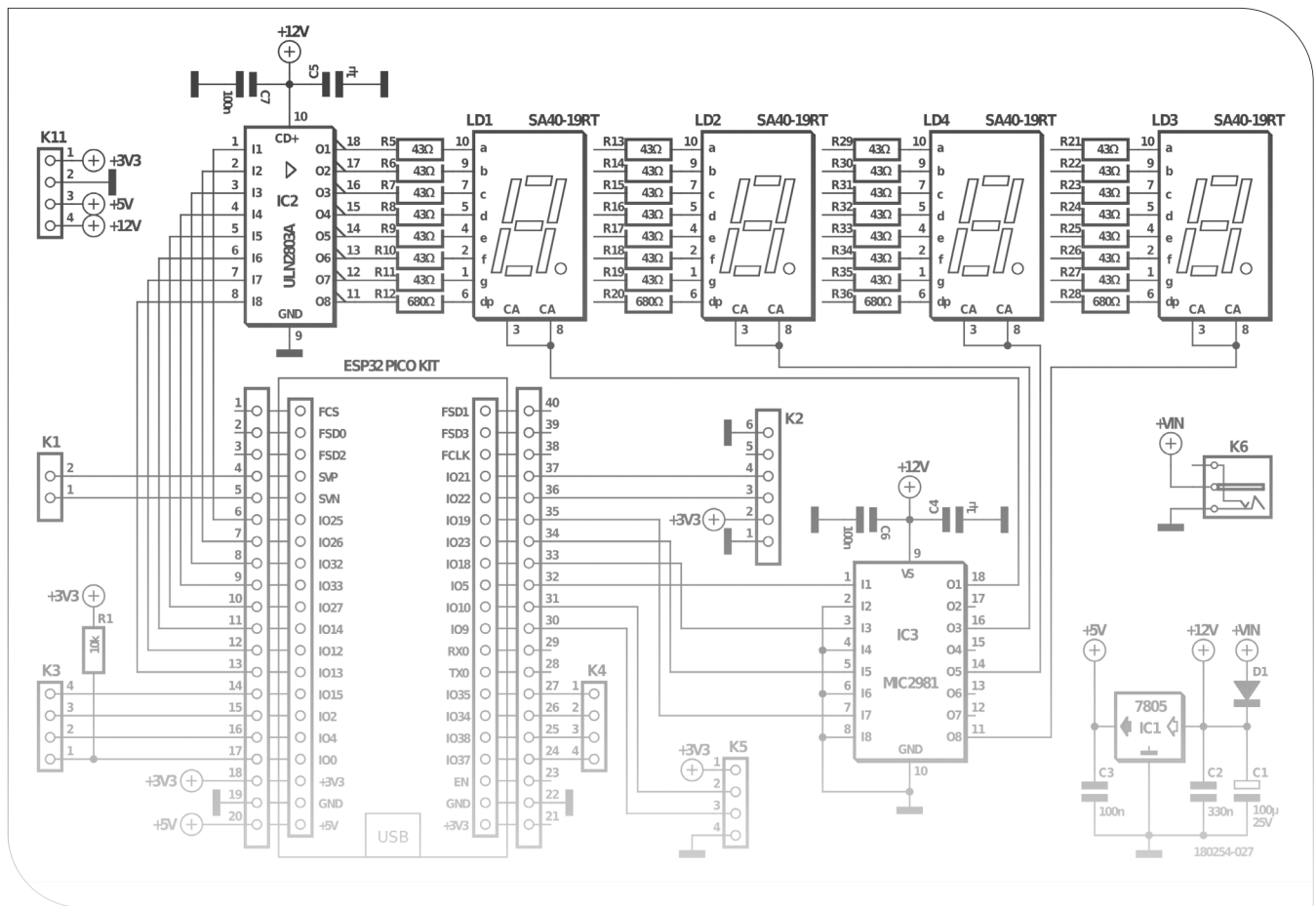


Figura 3: il circuito dell'intero orologio e del display è davvero semplice grazie alla presenza dell'ESP32

tra "EN" (pin 23 ESP32) e massa. Questo trucco garantisce che l'ESP32 non sia abilitato fino a quando la tensione a 5 V non si sia stabilizzata. I pin non utilizzati dell'ESP32

e temperatura DHT22 [4] si collega a questo connettore a 3 pin. Non c'è molto da dire sull'hardware, se non il fatto che il contenitore dovrebbe essere ventilato, altrimenti

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!**

RILEVAMENTO DEGLI OGGETTI CON TENSORFLOW SUL RASPBERRY PI

di Stefano Lovati

Il rilevamento degli oggetti (object detection o semplicemente OD) rappresenta una delle principali applicazioni dell'intelligenza artificiale, con impieghi sia a livello di machine che di deep learning. Scopriamo in questo articolo come l'unione di TensorFlow con OpenCV possa essere sfruttata da un comune Raspberry Pi per ottenere risultati lusinghieri nel campo dell'OD.

INTRODUZIONE

Il **rilevamento e identificazione** degli **oggetti** è una tecnica largamente utilizzata in numerose applicazioni di elaborazione delle immagini. A titolo di esempio riassumiamo alcuni utilizzi significativi dell'object detection:

- **visione artificiale:** un sistema composto da una o più telecamere acquisisce in tempo reale le immagini relative all'ambiente circostante. Una opportuna unità di elaborazione processa tali immagini individuando con un elevato grado di precisione la classe e la posizione degli oggetti posti nelle vicinanze. Questa tecnologia viene ad esempio utilizzata nei *robot* e nelle *auto a guida autonoma* e più in generale da diverse tipologie di sistemi per l'*assistenza alla guida (ADAS)*;
- **videosorveglianza:** in questo caso si è interessati a monitorare il movimento di persone o animali all'interno dell'area controllata. Le moderne telecamere per la *videosorveglianza* sono infatti dotate di funzionalità automatiche di **tracking** degli oggetti in movimento, utilizzabili non solo per l'attivazione dei sistemi di allarme, ma anche per eseguire il riconoscimento facciale delle persone;
- **home automation:** nell'*automazione degli edifici* il riconoscimento degli oggetti può essere utilizzato per innescare automaticamente determinate operazioni, come ad esempio aprire la porta motorizzata di un garage quando la telecamera rileva l'avvicinarsi di un veicolo la cui targa è abilitata a tale funzionalità (questa è una funzionalità più

avanzata, oltre all'oggetto veicolo il sistema deve anche interpretare le immagini per estrarre il numero di targa);

- **sistemi per la difesa:** l'elaborazione delle immagini viene in questo caso utilizzata per individuare la presenza di possibili minacce. Si possono ad esempio rilevare i *droni* che stanno per avvicinarsi ad aree sensibili da proteggere;
- **settore industriale e alimentare:** le tecniche di object detection rilevano automaticamente il corretto passaggio del prodotto su un nastro trasportatore, rimuovendo gli esemplari che non soddisfano gli standard qualitativi richiesti.

In questo articolo vedremo come, seguendo dei semplici passi ben dettagliati, sia possibile implementare un'**applicazione OD** sul Raspberry Pi basata su **TensorFlow**. Utilizzando un comune Raspberry Pi 3 e una telecamera (vanno bene sia il camera module originale Raspberry che una comune webcam USB) e seguendo le istruzioni che ora vi daremo, chiunque sarà in grado di eseguire il rilevamento automatico degli oggetti, in tempo reale, sulle immagini acquisite dalla telecamera. In un prossimo articolo vedremo, inoltre, come estendere il progetto qui presentato "addestrando" la rete neurale affinché possa rilevare particolari classi di oggetti, trasformando il Raspberry Pi in un sistema per l'OD unico e altamente personalizzato (potremo ad esempio sapere se davanti casa ci sono parcheggi disponibili, quante carte sono presenti sul tavolo da gioco e altro ancora). Come già anticipato in

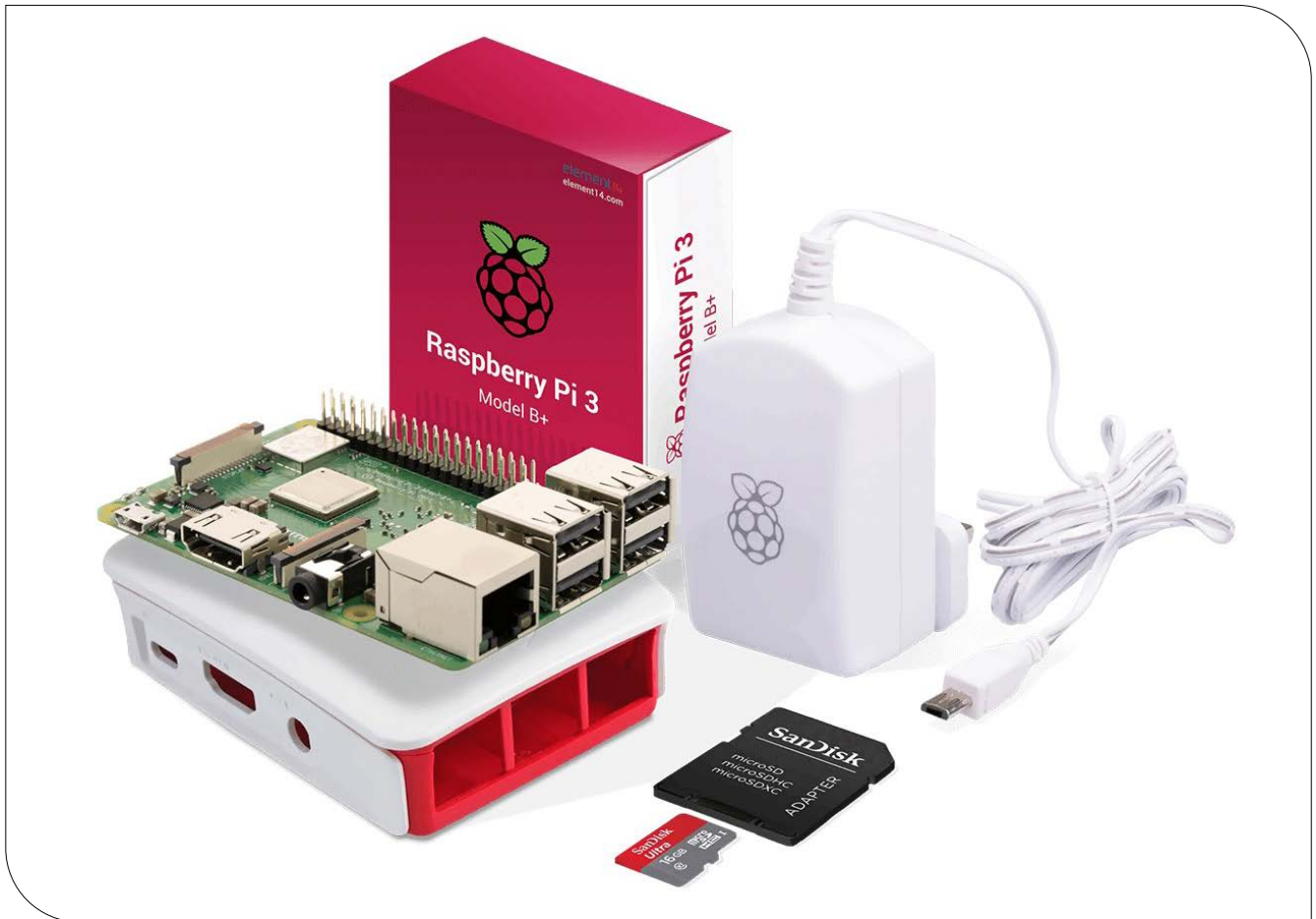


Figura 1: Raspberry Pi 3 Model B+ completo di accessori

precedenza, per la realizzazione del progetto di OD avremo bisogno del **seguito materiale**:

- Raspberry Pi 3 versione B/B+, visibile in **Figura 1**;
- Raspberry camera module (visibile in **Figura 2**) oppure una qualunque telecamera o **webcam USB** supportata dal Raspberry Pi;
- una scheda di **memoria SD** preferibilmente da almeno 8 Gb di ottima qualità, meglio se ad alta velocità. In **Figura 3** è mostrato un modello di questo tipo, con capacità pari a 16 Gb.

Vediamo ora in dettaglio i vari **step su cui si articola l'applicazione**, partendo dall'installazione e aggiornamento della distribuzione sulla board Raspberry Pi.

INSTALLAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE

Utilizzeremo una distribuzione classica per il Raspberry Pi, ovvero la “**Raspbian Stretch** with desktop and recommended software” che si può scaricare dal sito ufficiale della Raspberry Foundation [1]. Dopo aver eseguito il

download del file immagine (**Figura 4**) dovremo programmare la scheda SD con uno a scelta tra i molti tool disponibili per questo scopo. Consigliamo l'utilizzo dello strumento **Etcher** [2], consigliato dalla stessa Raspberry Foundation.

In **Figura 5** possiamo osservare una fase della programmazione eseguita con Etcher.

Inseriamo ora nel Raspberry Pi la scheda SD programmata con Raspbian Stretch ed eseguiamo il boot. Come consuetudine, occorre procedere poi con un completo **aggiornamento della distribuzione**, eseguendo da un terminale i seguenti comandi (si osservi la **Figura 6**):

```
sudo apt-get update
sudo apt-get dist-upgrade
```

Non preoccupatevi se il prompt non compare subito: l'operazione di aggiornamento potrebbe infatti richiedere qualche minuto.

Può inoltre risultare utile e conveniente **abilitare** sul Ra-



Figura 2: il camera module per il Raspberry Pi

spberry Pi la connessione tramite protocollo sicuro **SSH** e il controllo remoto tramite **VNC**. Sarà così possibile, ad esempio, visualizzare i frame catturati dalla telecamera direttamente sullo schermo di un PC, collegato alla board tramite VNC Viewer. Le istruzioni per eseguire tali operazioni sono già state fornite in precedenti articoli sul Raspberry Pi.

Per verificare che l'installazione sia andata a buon fine, basta eseguire il comando `python3` (o `python`), che restituirà l'output mostrato in Figura 9.

Per verificare che l'installazione sia andata a buon fine, basta eseguire il comando `python3` (o `python`), che restituirà l'output mostrato in Figura 9.

Linear Algebra Software), che andrà installata tramite il comando indicato qui sotto. Se durante l'installazione di Atlas vi viene richiesta una conferma, rispondete digitando Y (yes). L'output del comando è visibile in **Figura 8**.

```
sudo apt install libatlas-base-dev
```

Come secondo **prerequisito**, TensorFlow richiede la presenza di **matplotlib**, che installeremo tramite il seguente comando (l'output dello stesso è visibile in **Figura 9**):

```
sudo pip3 install matplotlib
```

Possiamo a questo punto **installare TensorFlow** tramite il **gestore dei pacchetti di Python**. Il comando da impartire alla shell è il seguente:

```
pip3 install --user tensorflow
```

Con una certa sorpresa possiamo constatare come l'installazione sia stata portata a termine in tempi molto ristretti e senza problemi, grazie al lavoro congiunto svolto dal Google Brain Team e dalla Raspberry Foundation. In **Figura 10** possiamo osservare l'output prodotto dalla procedura di installazione di TensorFlow.

Per verificare che l'installazione sia andata a buon fine, basta eseguire il comando `python3` (o `python`), che restituirà l'output mostrato in Figura 9.

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!**

DENTRO UN COMPUTER QUANTISTICO: I CIRCUITI QUANTISTICI

di Cristiano Scavongelli

Avere a disposizione dei qubit è solo metà della questione; poi, con questi, bisogna farci qualcosa. Ovviamente, essendo i qubit oggetti particolari, potete aspettarvi che anche i circuiti che li manipolano siano un pò sui generis. Così è, infatti. Ma da grandi poteri derivano grandi opportunità e, come cercherò di raccontarvi oggi, il fatto di dover lavorare su oggetti quantistici aggiunge ulteriori vantaggi a quelli che abbiamo già visto. Il problema resta sempre quello: è tutto un altro mondo. Scordatevi tutto ciò che sapete di elettronica e seguitemi in questo nuovo, assurdo, paese delle meraviglie.

LA SCATOLA DEI GIOCHI

Se vi dovessi chiedere qual è il gioco che secondo voi ricorda più da vicino la progettazione dei circuiti elettronici, cosa mi rispondereste? Per quanto mi riguarda, non ci sono dubbi: **Lego**. Hai un certo numero di mattoncini a tua disposizione e li devi/puoi combinare a piacimento così da ottenere qualcosa di più grande. Con i circuiti, in fin dei conti, è lo stesso. Hai un certo numero di componenti e li puoi/devi combinare per arrivare ad avere qualcosa di più. Devo separare queste linee; ok, ci metto un multiplexer. Però questo multiplexer non deve essere sempre attivo, quindi qui ci metto un pò di porte, e via di questo passo. A differenza dei Lego, quando si ha a che fare con un circuito, non sempre ci sono le istruzioni a disposizione ma, se mi concedete questo volo di immaginazione, il concetto è quello.

C'è un'altra somiglianza che riguarda più da vicino quello di cui intendo parlarvi oggi, ossia che in entrambi i casi non abbiamo un insieme infinito di componenti diversi. Abbiamo un pò di mattoncini di base e un pò di **porte logiche di base**. Il motivo è semplice ed è lo stesso in entrambi i casi: i costi di produzione. Meno sono i mattoncini diversi, più potremo riusare sempre le stesse macchine per stamparli, e meno ci costerà il singolo mattoncino. Meno sono le porte logiche di base, più potremo riutilizzare sempre gli stessi processi tecnologici per realizzarle, e meno ci costerà il singolo circuito.

Ha senso, quindi, chiedersi quale sia il numero *minimo* di componenti che ci servano per fare... bè, tutto. Ovviamente non ha senso produrre un insieme di componenti che ci limiti nelle cose che possiamo realizzare. Nel caso

dei circuiti, non ci vuole molto per dimostrare che possiamo fare tutto con due sole porte logiche, la AND e la NOT. Per motivi di prestazioni, all'atto pratico i processi tecnologici sono in grado di implementare anche altre porte, magari meno fondamentali dal punto di vista teorico ma che è bene ottimizzare un pò. Tipo i flip-flop, o certe combinazioni di porte che capitano di frequente, come la AND-OR-NOT. Tutte le altre porte poi vengono riportate a queste da particolari algoritmi che lavorano in incognito all'interno dei vari ambienti di sviluppo con cui si possono progettare circuiti.

Un discorso simile vale anche per i circuiti quantistici. Anche in questo caso ha senso cercare un insieme minimo di porte con cui possiamo fare tutto, dal momento che già è difficile realizzarlo, un qubit, figuriamoci duecento tipi diversi. Anche se spero di avervi convinto la volta passata che un bit sempre un bit è, indipendentemente da come lo si realizza, nel caso dei circuiti quantistici *non* possiamo usare le stesse porte dei circuiti "classici". I qubit non si accontentano di AND e NOT, vogliono il loro insieme minimo di porte quantistiche. E il motivo fondamentale per cui AND e NOT non bastano è che le operazioni sui qubit, a differenza di quelle sui livelli di tensione, sono *reversibili*.

IL DIAVOLO E' NEI DETTAGLI

Le persone normali non sfuggono all'età; i fisici non sfuggono al secondo principio della termodinamica. A seconda di chi lo enuncia, il secondo principio della termodinamica è quello che ci dà la freccia del tempo, che ci dice che un uovo che si rompe non tornerà mai spontaneamente intero e che se abbandonate la vostra camera a se stessa

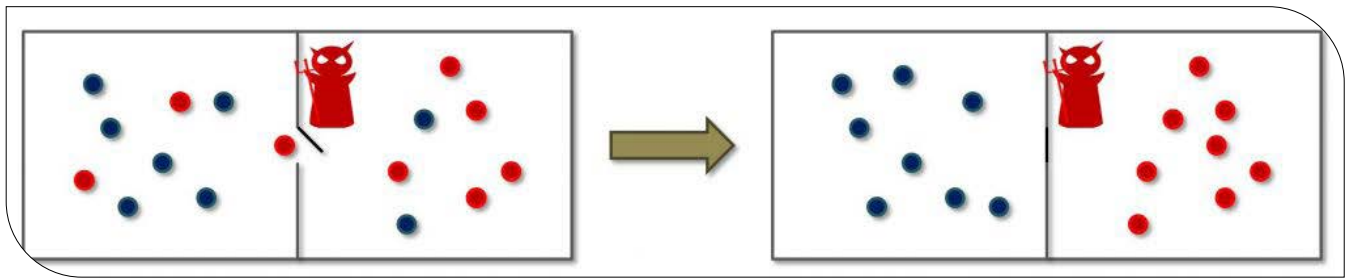


Figura 1: Il diavoletto di Maxwell

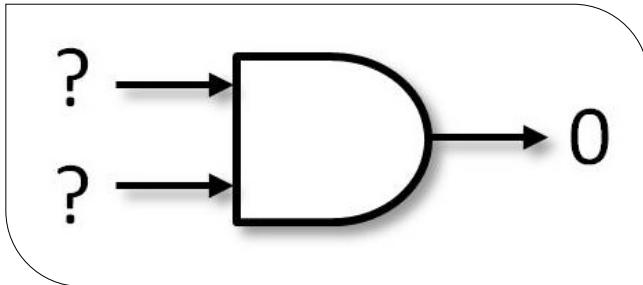


Figura 2: Che ingressi avevo?

di sicuro non si metterà in ordine da sola. Come in quasi ogni altra cosa, i fisici enunciano leggi e principi sulla base di ciò che osservano: la natura si comporta così, punto. E al solito, il problema sorge quando ci si comincia a porre la domanda fatidica. Perché?

Perché un uovo non riuscirà mai a ricomporsi da solo? Ok, il processo di auto-ricostruzione richiede energia che l'uovo di suo non ha, ma del resto anche il processo di rottura ne richiede, e l'uovo non ha nemmeno quella. Che differenza c'è, quindi, nei due casi?

Il problema è noto da un bel pezzo. Maxwell, tempo che fu, se ne venne fuori con il famoso esempio del diavoletto. Come nella **Figura 1**, abbiamo un gas in un contenitore diviso in due parti separate da una piccola botola che il nostro diavoletto può controllare a piacimento. All'equilibrio termico, e con la botola aperta, il gas si distribuirà equamente nelle due metà. Ora, il diavoletto ha la vista acuta. Quando vede una molecola con velocità un pò maggiore delle altre dirigersi verso la botola, la apre immediatamente e la fa passare dall'altra parte. Visto che molecole più agitate implicano un gas a temperatura più alta, continuando con questo giochetto di selezione delle molecole più veloci, il diavoletto riuscirà ad aumentare la temperatura di una metà del gas e ad abbassare quella nell'altra metà. Con il gradiente termico che si viene così a creare tra le due metà si può compiere del lavoro; supponendo che la botola sia così ben fatta che non occorra lavoro per muoverla, il diavoletto riuscirà a creare lavoro

senza sprecarne, il che, come purtroppo sappiamo, non è possibile.

Ma, di nuovo, perché? Perché il diavoletto riesce a creare ordine dal caos e l'uovo no? La differenza, per quanto strano possa sembrare, è che il diavoletto è intelligente, l'uovo no. Il diavoletto riesce nel suo intento perché sa quando e come muovere la botola per rimettere le molecole a posto; l'uovo non sa ricostruirsi da solo. Non sto dando i numeri. Quello che sto cercando di dire è che **un processo è irreversibile quando, durante il suo svolgimento, viene persa informazione**. L'uovo non ha informazione su come era fatto prima, quindi non ha speranze di tornare integro; il diavoletto sa quali sono le molecole a più alta temperatura e può rimetterle a posto.

Un esempio un pò meno astratto: la AND della **Figura 2**. La commutazione di una AND è un processo reversibile o irreversibile? Bè, se l'uscita è un uno, sappiamo per certo che gli ingressi erano entrambi a uno, ma se l'uscita è a zero, non possiamo sapere, in nessun modo, se gli ingressi erano entrambi a zero, o solo uno dei due lo era, e quale. Abbiamo perso informazione. Non si scappa. Prima conoscevamo entrambi gli ingressi, adesso non li conosciamo più. Non possiamo infilare uno zero nell'uscita della AND e ritrovare in ingresso gli ingressi che quello zero l'hanno generato.

Praticamente tutte le porte logiche comuni sono irreversibili, a parte la NOT. In generale, tutte quelle che hanno meno uscite che ingressi lo sono, a meno di non avere ulteriori *informazioni* sugli ingressi. Ad esempio, se sapessimo che il secondo ingresso deve essere necessariamente a uno, potremmo ricostruire l'altro ingresso dalla sola conoscenza dell'uscita. Questo, però, significa solo che all'inizio avevamo *più* informazione, e che in questo modo riusciamo a tamponare quella persa durante la commutazione della porta, non che la perdita di informazione non c'è stata.

Ora, sorpresa: **i circuiti quantistici sono reversibili**. Tutti quanti. Questo, se ci pensate un attimo, è fantastico. Un

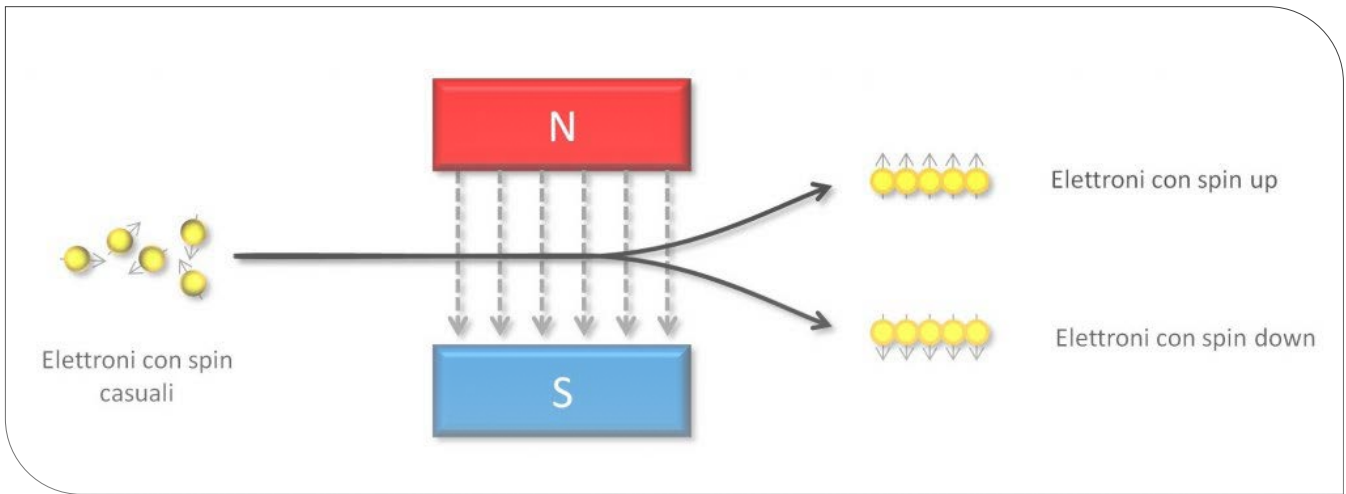
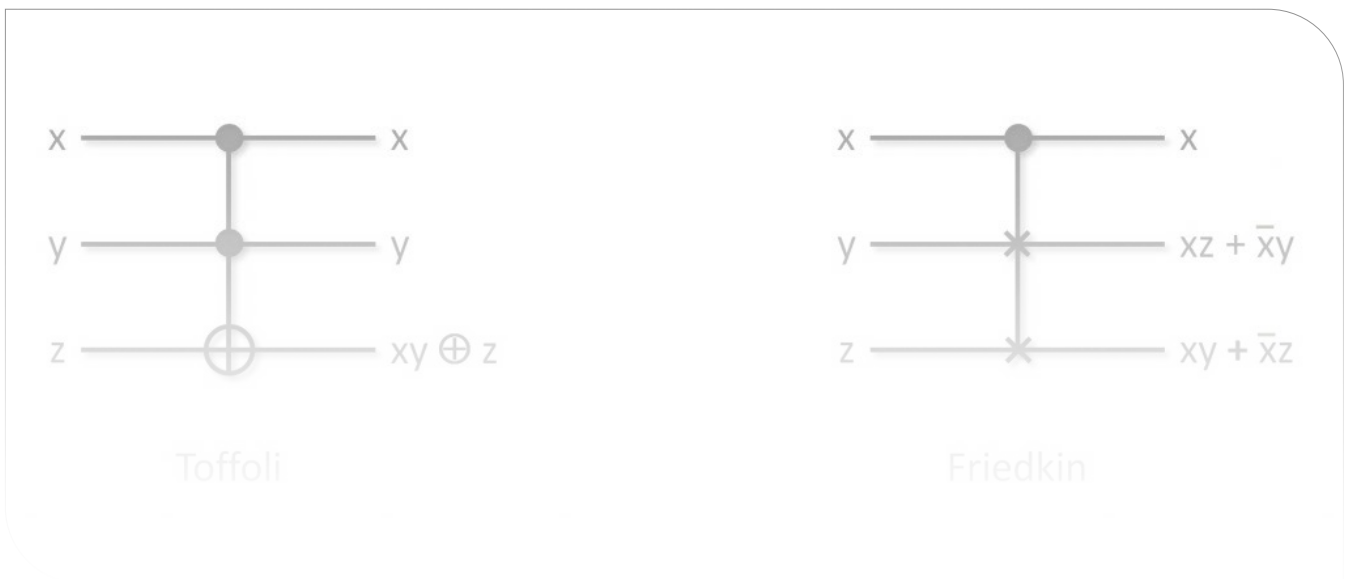


Figura 3: Elettroni in un campo magnetico



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 %

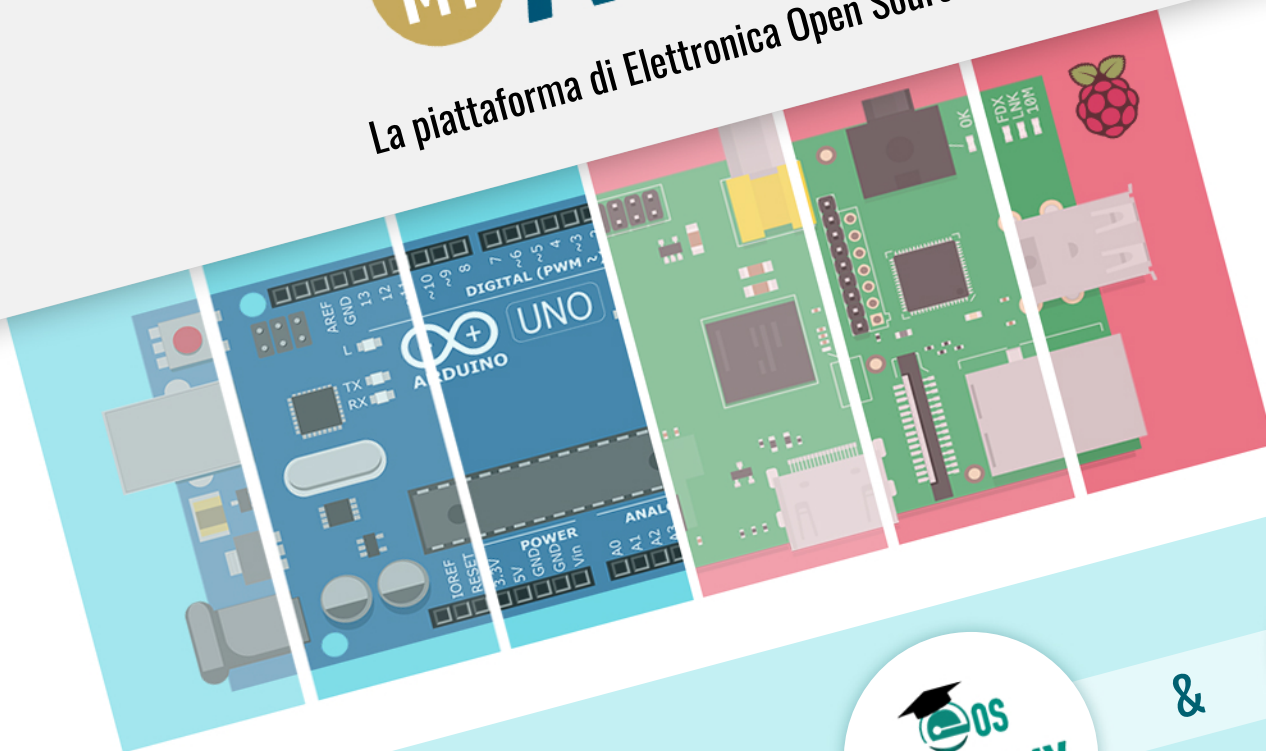


I NOSTRI CORSI DI ELETTRONICA
PER I PROFESSIONISTI
E I MAKERS



ACADEMY

La piattaforma di Elettronica Open Source dedicata ai corsi



&



PUOI AVERE TUTTI I CORSI DI

A PORTATA DI CLICK

