

INDUSTRY 4.0 SMART PROJECTS











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

IN QUESTO NUMERO:

- REVOLUTION PI: UN PC INDUSTRIALE COMPLETAMENTE OPEN SOURCE
- RASPBERRY PI: QUANDO L'IOT INCONTRA LA BLOCKCHAIN
- CONTROLLER PER TAGLIERINA A FILO CALDO PER POLISTIROLO (ELEKTOR)
- CONVERTITORE DI POTENZA WIRELESS (ELEKTOR)
- BLUETOOTH FACILE PER I VOSTRI PROGETTI
- DENTRO UN COMPUTER QUANTISTICO
- E MOLTO ALTRO!

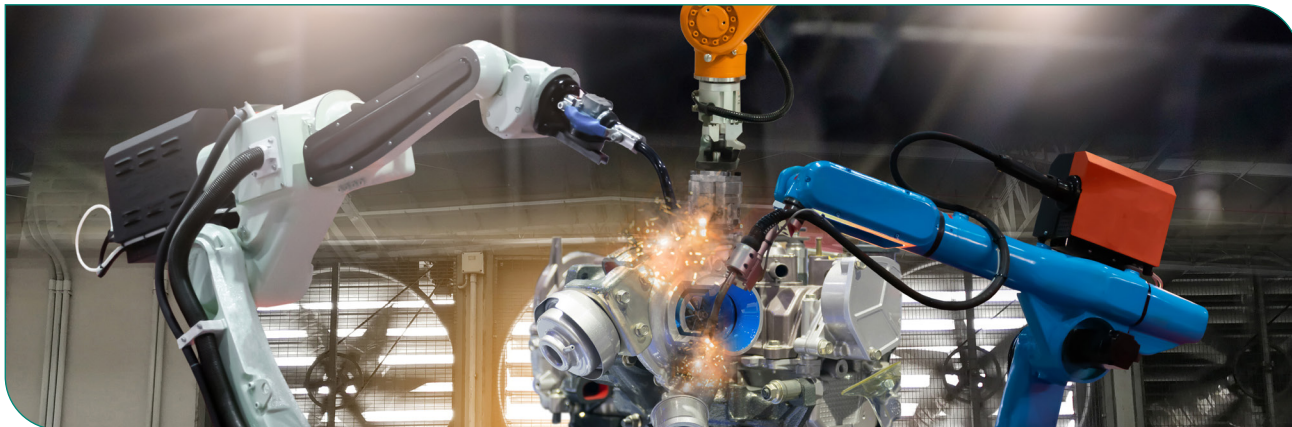
it.emcelettronica.com

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
QUESTO MESE:	ROBOTICS	POWER/MOTOR	LUGLIO	 1 Luglio
	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
	<i>MAKERS ZONE</i>			

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

Marketing
Sara Ercolani

Advertising
Cristian Balica
cristian@contangosl.com

Graphic Designer
Marilde Mirra

Circulation

Users - 136.252
Social Network - 125.065

© 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
INDUSTRY 4.0,
L'INFRASTRUTTURA
DEL FUTURO

3

SFIDA ALLA
TEMPORIZZAZIONE
NELLE APPLICAZIONI DI
ROBOTICA E MACCHINE
UTENSILI A PIÙ ASSI

5

REVOLUTION PI:
UN PC INDUSTRIALE
COMPLETAMENTE
OPEN SOURCE

9

LA RIPIDA ASCESA DEL
RASPBERRY PI:
DAL MAKER PC AL
COMPUTER INDUSTRIALE

15

RASPBERRY PI:
QUANDO L'IOT
INCONTRA LA
BLOCKCHAIN

20

BLOCKCHAIN PER
L'ENERGY INDUSTRY

28

CONVERTITORE DI
POTENZA WIRELESS

33

BLUETOOTH FACILE
PER I VOSTRI PROGETTI

43

CONTROLLER PER
TAGLIERINA A
FILO CALDO PER
POLISTIROLO

51

TIRISTORE MOSFET A
DOPPIO ANODO

54

DUE SEMPLICI
SPETTROMETRI AUDIO
A 7 BANDE

58

DATA ANALYSIS
ED INTELLIGENZA
ARTIFICIALE IN
PYTHON: INTERPRETARE
DATI REALI CON NUMPY,
PANDAS E SCIKIT-LEARN

62

DENTRO UN
COMPUTER
QUANTISTICO: IL QUBIT

71

SOLUZIONI PER IL
MONITORAGGIO
DELLA TEMPERATURA

76

SPEEX: LIBERO DI
DIRE LA TUA

79

COMPUTER VISION
1.03 FEATURES
EXTRACTION

87

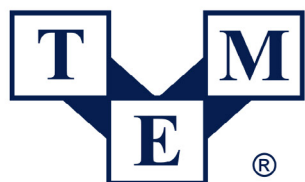
PROGETTIAMO UN
PORTACHIAVI SU
OPENCAD

95



Condensatori ibridi Panasonic, resistenti alle vibrazioni

Panasonic
INDUSTRY



Electronic Components

TME Italia S.r.l.

Via Zanica 19K, 24050 Grassobbio (BG)

tel. +39 035 03 93 111

fax +39 035 03 93 112

tme@tme-italia.it

-  facebook.com/TME.eu
-  youtube.com/TMElectroniComponent
-  linkedin.com/company/1350565
-  instagram.com/tme.eu
-  twitter.com/tme_eu

www.tme.eu

INDUSTRY 4.0, L'INFRASTRUTTURA DEL FUTURO

L'Internet of Things (IoT) ha generato ricadute sulla quotidianità di ognuno di noi. Il numero di dispositivi smart connessi alla rete è aumentato esponenzialmente negli ultimi anni. Mentre l'internet delle comunicazioni sta convergendo con un internet dell'energia rinnovabile, della mobilità e della logistica, l'internet delle cose rappresenta la base per l'**Industry 4.0** e la fabbrica intelligente o **Smart Factory**, dove il mondo reale legato alle macchine e quello virtuale si fondono in un internet delle cose industriale (**IIoT**). Sensori e robot industriali sono interconnessi tra loro e aiutano nell'automazione dei processi produttivi, incrementandone l'efficienza. L'implementazione di tecnologie smart dipende strettamente dall'IoT che si colloca, quindi, alla base del nuovo modello di sviluppo industriale basato su processi automatizzati e sulla digitalizzazione.

A partire dalla domanda globale, gli analisti hanno delineato le prospettive di sviluppo del mercato dell'industria 4.0 ed i relativi driver di crescita del settore: robotica industriale, sicurezza informatica, IoT, stampa 3D, interfaccia uomo-macchina avanzata (HMI), big data, realtà aumentata, realtà virtuale ed intelligenza artificiale. Si prevede che il mercato globale dell'industria 4.0 registrerà un CAGR di circa il 10,19% durante il periodo di previsione 2019-2027. Il processo di digitalizzazione ha coinvolto anche il segmento di mercato dell'industria pesante, ne è un esempio l'industria automobilistica nella quale un numero elevato di vetture viene progettato in modo tale che i veicoli siano connessi ad internet, permettendo comunicazioni real time in svariati contesti, dalla gestione del flusso di traffico alle chiamate di emergenza in caso di collisioni.

Nel modello della fabbrica digitale le macchine intelligenti sono in grado di interagire tra loro e con gli esseri umani, favorendo uno scambio real time di informazioni preziose in un contesto produttivo del tutto autonomo e automatizzato. L'approccio innovativo consente una completa customizzazione dei prodotti e la loro tracciabilità lungo l'intero ciclo di vita, maggiore efficienza energetica ed enormi vantaggi economici in termini di riduzione dei costi marginali di produzione. Inoltre, la costante e continua disponibilità di **grandi flussi di dati e informazioni** accelera i tempi decisionali.

Tuttavia, sarebbe oltremodo riduttivo considerare Industry 4.0 esclusivamente come nuovo paradigma di sviluppo industriale basato su un elevato livello di automazione dei processi produttivi. In realtà è molto più di questo. L'Industry 4.0 rappresenta non solo una piattaforma tecnologica digitale polifunzionale ma un vero cambiamento epocale a livello globale, un nuovo approccio che rende il mondo in cui viviamo sempre più connesso e in grado di elaborare grandi volumi di dati e informazioni, con smart devices sempre più potenti, flessibili e interconnessi. Elevata potenza e flessibilità dei dispositivi intelligenti, unitamente all'utilizzo del cloud che consente un accesso remoto ai big data, facilitano il processo di analisi e apprendimento dai flussi di dati.

Big data generati da **sensori IoT intelligenti** vengono veicolati su varie forme di canali di trasmissione e raccolti sul cloud, per poi essere analizzati e processati. Tessuto connettivo della fabbrica digitale sono quindi i sensori, unitamente ad attuatori ed algoritmi in grado di elaborare dati che possono riferirsi allo stato corrente di funzionamento di una macchina oppure essere catalogati come dati storici e statistici.

La sensoristica nell'Industry 4.0 ottimizza il controllo qualità individuando precocemente guasti e non conformità nella catena di lavorazione e nella logistica, oltre ad accrescere la flessibilità produttiva per adattarsi a un mercato dinamico

in continua evoluzione. Questo si traduce inevitabilmente in maggiore efficienza e produttività delle operazioni di manutenzione per ridurre i tempi di fermo macchina ed i costi. A questo punto è lecito chiedersi quale ruolo avranno gli operatori nel futuro modello di produzione, e in che modo i sensori intelligenti potranno supportarli nello svolgimento delle attività.

Siamo dinanzi ad una profonda trasformazione industriale a livello globale, che modifica sia la configurazione dell'industria sia l'orientamento spaziotemporale della società, con miliardi di sensori che potranno connettere l'habitat umano e naturale in un'unica infrastruttura di rete intelligente distribuita.

Giordana Francesca Brescia



SFIDA ALLA TEMPORIZZAZIONE NELLE APPLICAZIONI DI ROBOTICA E MACCHINE UTENSILI A PIÙ ASSI

di Analog Devices

Le applicazioni di robotica industriale e macchine utensili comportano il movimento preciso e coordinato di più assi nello spazio, al fine di svolgere un determinato compito.

In genere i robot sono dotati di sei assi, anche sette nel caso in cui si muovano su binari, che devono essere controllati in modo coordinato. Nella lavorazione CNC il coordinamento di 5 assi è comune, ma esistono applicazioni che ne utilizzano fino a 12, dove gli utensili e i pezzi vengono spostati uno rispetto all'altro nello spazio. Ogni asse comprende un servo-azionamento, un motore e talvolta un riduttore tra il motore e il giunto, o end effector. Il sistema viene interconnesso su una rete Ethernet industriale, solitamente con una topologia in linea (vedi **Figura 1**). Un **machine controller** converte la traiettoria spaziale necessaria, in singoli riferimenti di posizione per ogni servo-asse, che vengono trasmessi in rete su base ciclica.

IL CICLO DI CONTROLLO

Queste applicazioni operano con un tempo di ciclo definito, solitamente uguale o multiplo del ciclo fondamentale

di commutazione di controllo/PWM dell'azionamento del servomotore sottostante. In questo contesto, la latenza di trasmissione end-to-end della rete è un parametro chiave (vedi **Figura 2**). In ogni periodo di ciclo il nuovo riferimento di posizione e altre informazioni importanti devono essere trasmesse dal machine controller ad ogni nodo della **Figura 1**. Inoltre, nel ciclo PWM deve restare abbastanza tempo affinché ogni nodo possa aggiornare il calcolo dell'algoritmo di servo-controllo, usando il nuovo riferimento di posizione, insieme ad eventuali altri nuovi dati dei sensori. Ogni nodo applica il vettore PWM aggiornato nel servo-azionamento in modo sincrono mediante un meccanismo di clock distribuito, dipendente dal protocollo Ethernet industriale utilizzato. In base all'architettura di controllo, parte dell'algoritmo del loop di controllo può essere utilizzato nel PLC e richiede un periodo di tempo sufficiente, avendo ricevuto informazioni aggiornate dai

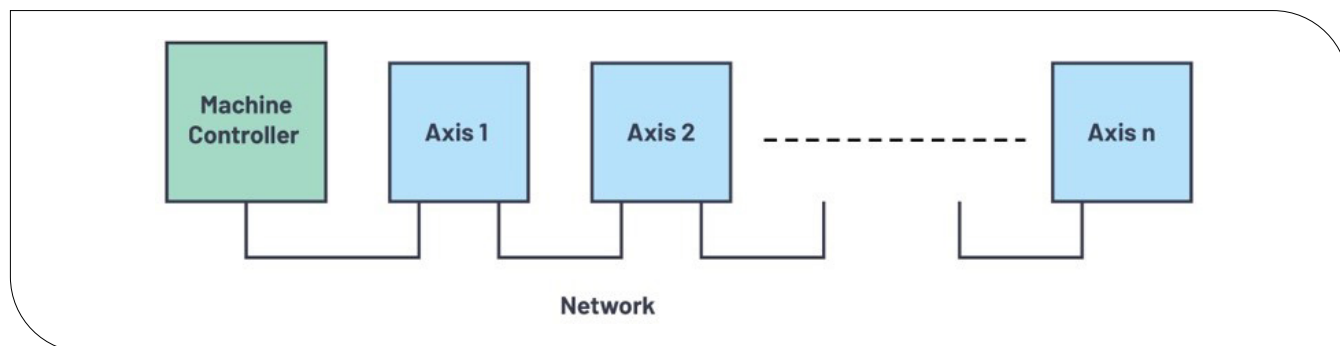


Figura 1. Topologia di rete di una macchina a più assi

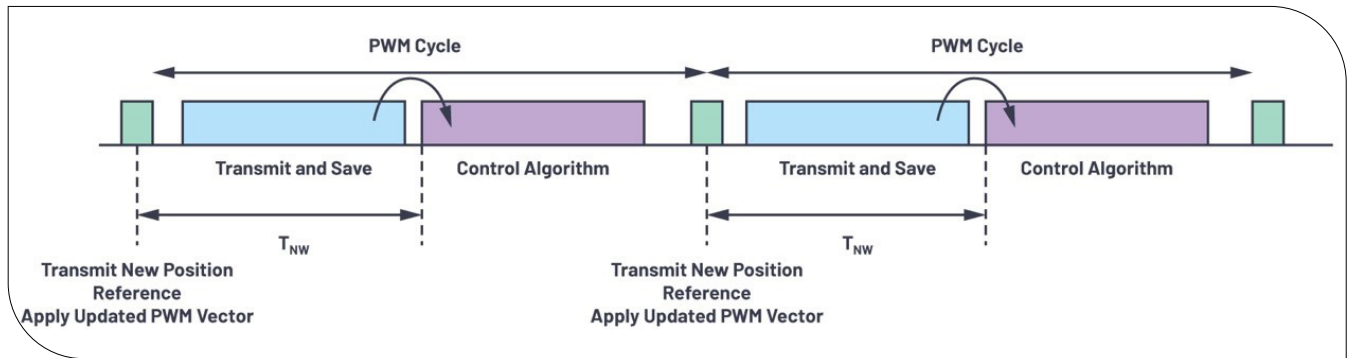


Figura 2. Il ciclo PWM e il tempo di trasmissione della rete

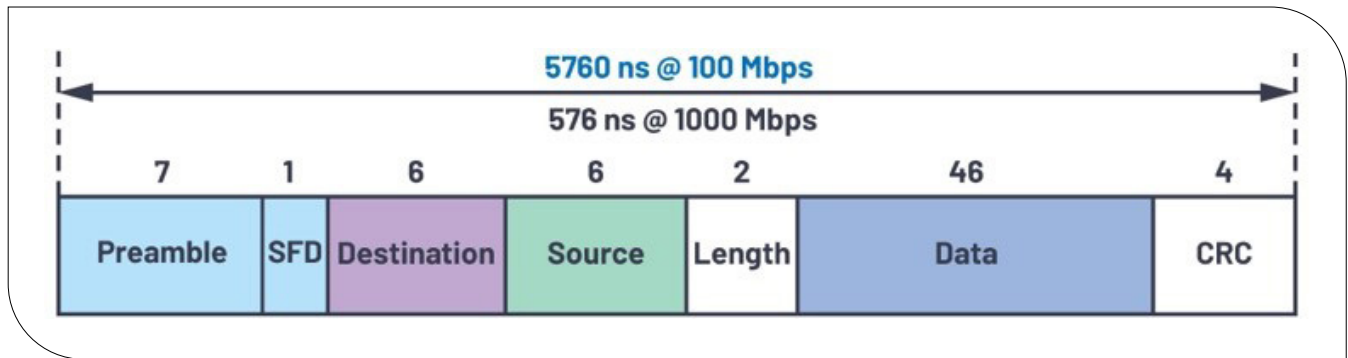


Figura 3. Il bandwidth delay di un frame Ethernet di lunghezza minima

sensori attraverso la rete, per essere disponibile.

RITARDI NELLA TRASMISSIONE DATI

Ipotizzando che l'unico traffico in rete sia costituito dai dati ciclici trasmessi tra il machine controller e i servo-nodi, la **latenza di rete (TNW)** è determinata dal numero di salti di rete verso il nodo più lontano, dalla velocità di trasmissione della rete e dai ritardi incontrati in ogni nodo. Nel settore della robotica e delle macchine utensili, il ritardo di propagazione del segnale lungo il cavo può essere trascurato, perché il cavo in genere è relativamente corto. Il ritardo dominante è il "bandwidth delay", ossia il tempo necessario per trasmettere i dati via cavo. Per un frame Ethernet di dimensioni minime (tipico per il controllo di macchine utensili e robot), il "bandwidth delay" è illustrato nella **Figura 3**, per velocità di trasmissione di 100 Mbps e 1 Gbps. Si tratta semplicemente delle dimensioni del pacchetto divise per la velocità di trasmissione dati. Un payload di dati tipico, per un sistema a più assi, dal controller al servo, è costituito da un aggiornamento dei riferimenti di velocità/posizione di 4 byte e un aggiornamento della parola di controllo di 1 byte per ogni servo, corrispondente a un payload di 30 byte per un robot a 6 assi. Naturalmente alcune applicazioni trasmettono un maggior numero di informazioni nell'aggiornamento e/o dispongono di più assi,

per cui richiedono pacchetti più grandi.

Oltre al bandwidth delay, gli altri elementi di ritardo risultano dal passaggio del frame Ethernet attraverso i PHY e lo switch a 2 porte dell'interfaccia di rete di ogni servo. Tali ritardi sono indicati nelle **Figure 4 e 5**, dove è mostrato il movimento del frame attraverso il PHY verso il MAC (1-2), tramite l'analisi dell'indirizzo di destinazione, dove devono essere temporizzati solo il preambolo e le parti di destinazione del frame. Il percorso 2-3a rappresenta l'estrazione dei dati di payload per il nodo corrente, mentre il percorso 2-3b rappresenta il cammino del frame verso il nodo (o i nodi) di destinazione. La **Figura 4a** mostra solo il payload trasmesso all'applicazione in 2-3a, mentre la **Figura 4b** mostra la maggior parte del frame trasmesso; questo è indicativo delle piccole differenze che possono esistere tra i protocolli Ethernet. Il percorso 3b-4 rappresenta la trasmissione in uscita del frame attraverso la coda di trasmissione, attraverso il PHY e di nuovo lungo il cavo. Questo percorso non esiste nel nodo finale di una linea. In questo caso, si è ipotizzato l'uso della commutazione cut-through, invece dello store-and-forward che presenta una latenza decisamente maggiore, in quanto tutto il frame viene temporizzato nello switch prima di essere inoltrato.

Gli elementi di ritardo del frame sono indicati anche nel-

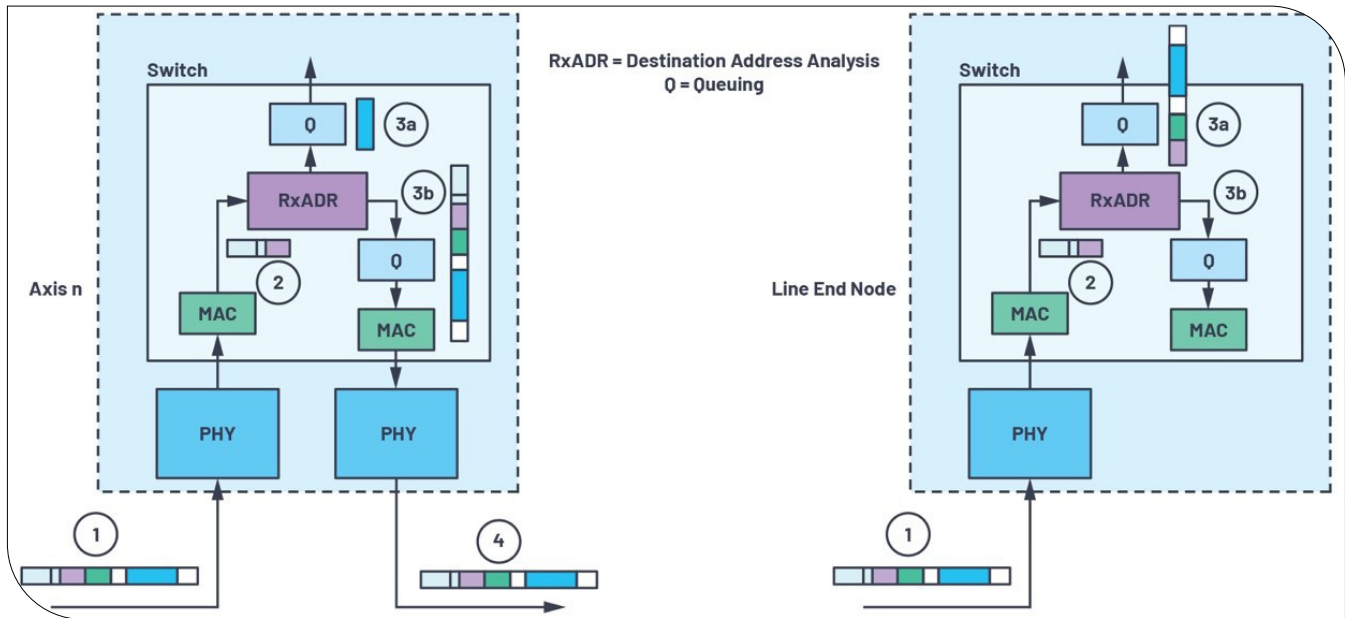
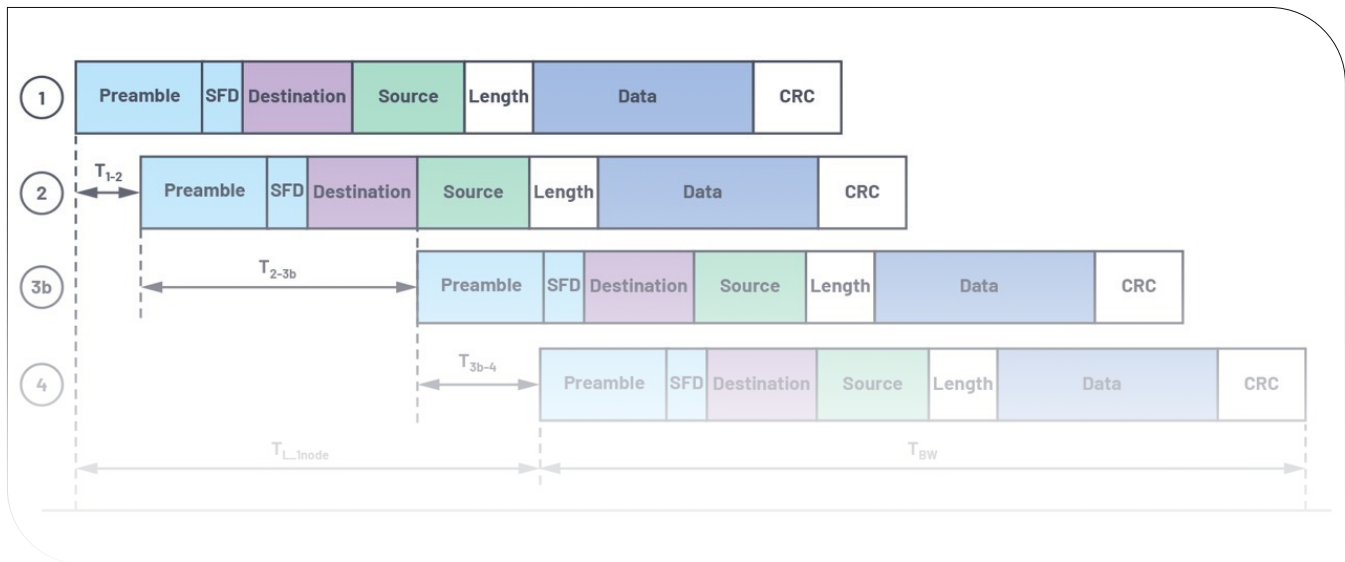


Figura 4. Latenze del frame: (a) latenze del frame di nodi a 2 porte e (b) nodo finale



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!

REVOLUTION PI: UN PC INDUSTRIALE COMPLETAMENTE OPEN SOURCE

di **Andrea Garrapa**

Un PC industriale non si discosta molto da un tradizionale computer desktop. Molte delle sue caratteristiche tecniche sono fondamentalmente quelle classiche: microprocessore, RAM, supporti di memorizzazione, porte di interfaccia, etc. Tuttavia, un PC industriale è un sistema robusto e allo stesso tempo flessibile, adatto all'uso in officina. In questo articolo vedremo un particolare PC industriale sviluppato da KUNBUS, la cui peculiarità risiede nella sua natura completamente open source, sia nell'hardware che nel software.

INTRODUZIONE

PC industriali sono computer destinati ad operare in officina. Essi presentano una maggiore affidabilità e precisione e sono generalmente più costosi rispetto all'elettronica di consumo. I PC industriali sono principalmente utilizzati per il controllo di processo e/o l'acquisizione dei dati. Il software può essere personalizzato per un'applicazione specifica o pacchetti standard possono essere utilizzati per fornire un livello base di programmazione.

I computer industriali (IPC) sono progettati appositamente per resistere al duro lavoro in ambienti manifatturieri (valori estremi di temperatura, eccesso di polvere, umidità, vibrazioni, sbalzi di tensione). Un PC per applicazioni industriali dovrebbe, inoltre, soddisfare determinati requisiti in termini di:

- **EMI** - messa a terra, schermatura e disegno elettrico adeguati devono assicurare un corretto isolamento e conformità a standard elettrici riconosciuti a livello internazionale.
- **Espandibilità e longevità** - un IPC è, spesso, più espandibile (in termini di slot) rispetto ai normali PC, incluso il supporto per le applicazioni legacy che dovrebbero funzionare (ed essere mantenute) senza soluzione di continuità per 10 e più anni, ovvero molto tempo dopo l'indisponibilità di componenti e schede COTS. In termini di aggiornamento della tecnologia, tutto ciò rappresenta un costo di

proprietà di molto inferiore rispetto ad un PC da ufficio, tale da compensare l'investimento iniziale più elevato per un IPC. A seconda del modello, un IPC può essere montato su pannello o su rack (19") o montato su un supporto a braccio girevole, fornendo una distribuzione flessibile per qualsiasi ambiente fisico.

REVOLUTION PI

Nel lanciare **Revolution Pi**, KUNBUS ha portato sul mercato un PC industriale aperto, modulare e non costoso basato sul noto **Raspberry Pi**. Equipaggiato con il **Raspberry Pi Compute Module**, i moduli base possono, a seconda delle esigenze, essere espansi usando appropriati moduli di I/O e gateway fieldbus (**Figura 1**).

Basato sul Raspberry Pi Compute Module, KUNBUS ha sviluppato un PC industriale composto da hardware e software aperti e che soddisfa i requisiti dello standard EN 61131-2. Grazie alla struttura modulare, Revolution Pi può, a seconda delle richieste del cliente, essere completato da moduli I/O digitali o analogici, così come da appropriati fieldbus gateway per collegarlo a una rete industriale. Installato in un alloggiamento con guide DIN, il modulo base di Revolution Pi presenta già connettori USB, Ethernet e HDMI. I moduli base e di espansione sono alimentati con 24 volt che è la tensione standard del settore.

Oltre a rivelare gli schemi circuitali, KUNBUS ha deciso di perseguire in maniera rigorosa il concetto di Open Source



Figura 1: il modulo base RevPi Core 3 e alcuni moduli di espansione

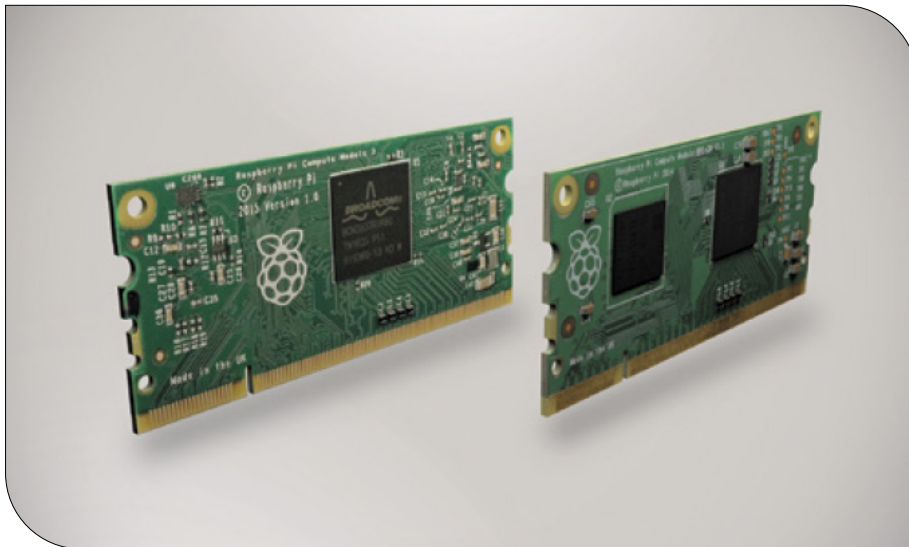


Figura 2: Raspberry Pi Compute Module 1 (destra) & Compute Module 3 (sinistra)

anche per il software. L'affermato sistema operativo Raspbian per [Raspberry Pi](#), inclusi i driver per i moduli di espansione, sono preinstallati. Utilizzando Raspbian, qualsiasi software o applicazione in esecuzione su Raspberry Pi girerà sicuramente anche su Revolution Pi. Il pieno accesso alla root consente una programmazione libera da ostacoli e l'implementazione di programmi personalizzati. Collaborando con vari produttori di software, [KUNBUS](#) offre un controllo potente e poco costoso, e software SCADA per gli utenti che preferiscono soluzioni software confezionate. Di conseguenza, Revolution Pi può essere sviluppato in un piccolo sistema di controllo

industriale autosufficiente.

PERCHÈ RASPBERRY PI?

[Raspberry Pi](#) è disponibile in molte versioni. Quelli di [KUNBUS](#) hanno scelto la variante meno nota che prende il nome di **Compute Module** (Figura 2). Il motivo di tale scelta è da ricercare nella essenzialità di tale versione, che ha permesso un margine sufficiente per progettare le sue connessioni e tutto il resto, ed adattarlo all'uso industriale. Sono disponibili due versioni di Compute Module, una con processore single-core, l'altra con processore quad-core.

I MODULI BASE

RevPi Connect, RevPi Core 3 (Figura 3) e RevPi Core sono le unità di elaborazione centrale del sistema modulare Revolution Pi. Utilizzando il Raspberry Pi Compute Module, i dispositivi sono ampiamente compatibili con un Raspberry Pi modello 3 o Raspberry Pi B+.

Un elemento importante dei moduli base Revolution Pi è dato dalla qualità delle unità di alimentazione. Per ridurre al minimo le perdite di calore, sono stati utilizzati i più avanzati ed **efficienti convertitori DC-DC** (efficienza complessiva > 80%), che genera-

no la tensione di funzionamento necessaria dai 24 V standard degli armadietti di commutazione industriale. Tuttavia, i moduli di base non solo operano nell'intervallo di tensione standardizzato da 20.4 V a 28.8 V, ma anche ad una tensione di alimentazione di 10.7 V. Quindi, batterie per auto o sistemi di energia solare possono essere usati come fonti di alimentazione. Con tensione di alimentazione di 24 V, i dispositivi possono sopportare una caduta di tensione per 10 ms senza interruzioni (a pieno carico alle prese USB) e anche 25 ms senza carico alle prese USB. La tensione di alimentazione e una messa a terra funzionale sono collegate dal basso utilizzando un connettore

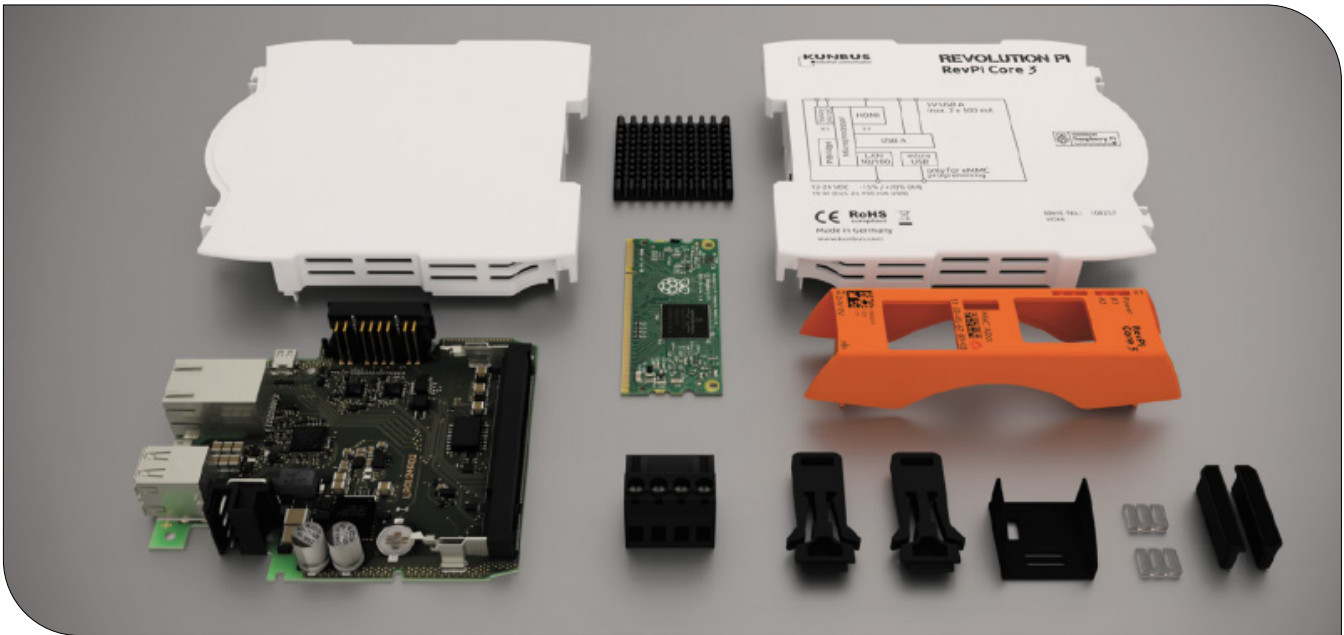


Figura 3: il modulo base RevPi Core 3 completamente smontato

molto robusto. Un complesso circuito di soppressione garantisce la perfetta funzionalità anche nel caso di massicce interruzioni sulla linea di alimentazione, sempre che la messa a terra funzionale sia collegata. Scariche elettriche o unità di saldatura adiacenti sono state simulate in un laboratorio di prova certificato, con il risultato di non influire sul funzionamento dei dispositivi.

Nella parte anteriore ci sono due prese USB-A per il collegamento di dispositivi client USB 2.0. Entrambe le prese erogano in pieno 500 mA di corrente sulle connessioni da 5 V. Di conseguenza, dischi rigidi o chiavette USB possono essere facilmente collegati senza un hub esterno attivo. La presa micro-USB posizionata nel mezzo è usata per connettere un sistema host USB (normalmente un PC) e commuta il sistema nella modalità scheda di memo-

mouse e tastiera. Il PiBridge rappresenta l'autostrada dei dati ed interconnette i singoli moduli di Revolution Pi. Due moduli adiacenti sulla parte superiore dell'alloggiamento sono interconnessi tra loro tramite un connettore di sistema.

REVPI CONNECT: PER CHI VUOLE PIÙ INTERFACCE

Il RevPi Connect (Figura 4) rende omaggio a quegli utenti che vogliono usare il sistema Revolution Pi come gateway IIoT. Pertanto, il modulo base è stato fornito con ancora più interfacce. Come il RevPi Core 3, il RevPi Connect è dotato del Raspberry Pi Compute Module 3. Due interfacce Ethernet abilitano il dispositivo ad essere contemporaneamente integrato all'interno della rete di automazione

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!



Prodotti Functional Safety Ready

Quando la Sicurezza è Fondamentale, l’Affidabilità è Tutto



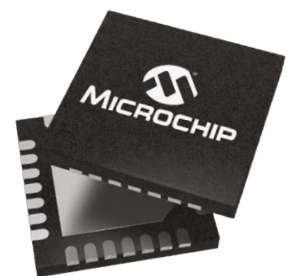
Puoi contare su Microchip, perchè possiamo aiutarti a raggiungere i requisiti di sicurezza funzionale, minizzando i costi e i tempi di sviluppo. Il nostro ampio portfolio di prodotti per il functional safety è supportato da funzionalità di sicurezza hardware, librerie software di sicurezza, strumenti di sviluppo certificati e team di tecnici esperti.



Sia che tu abbia bisogno di soddisfare requisiti obbligatori o di differenziare il tuo prodotto, possiamo aiutarti a soddisfare gli standard del settore per elettrodomestici (IEC 60730/EN 60335 Class B), attrezzature industriali (EN IEC 61508), automotive (ISO 26262) e software medicale (EN IEC 62304).



Che tu stia cercando un microcontroller, un controller di segnale digitale, una memoria, un’interfaccia o un prodotto per la connettività o un compiler certificato, l’indicazione “Functional Safety Ready” di Microchip lo rende semplice.



www.microchip.com/functional-safety



RASPBERRY PI: QUANDO L'IOT INCONTRA LA BLOCKCHAIN

di Stefano Lovati

L'interazione, o meglio la convergenza, tra il mondo IoT e la tecnologia blockchain è uno dei temi maggiormente discussi in questi ultimi tempi. In questo articolo affronteremo questo argomento dando un taglio prettamente pratico, dimostrando tramite un'applicazione eseguita sul Raspberry Pi come la tecnologia blockchain possa trovare numerose applicazioni in ambito IoT.

INTRODUZIONE

Blockchain e IoT sono due concetti ormai noti alla maggior parte delle persone che operano in ambito tecnico e comunque sono temi a cui [Elettronica Open Source](#) ha sempre dedicato ampio spazio. L'unione di queste due tecnologie (ormai una realtà) è potenzialmente in grado di abilitare scenari particolarmente innovativi, semplificando e rendendo più efficienti numerose applicazioni della vita reale. Su Elettronica Open Source, ad esempio, sono stati pubblicati diversi articoli di introduzione ed approfondimento a [IOTA](#), una [criptovaluta](#) sviluppata espressamente per supportare le applicazioni IoT e attualmente in fase di valutazione o utilizzo effettivo

da parte di alcune organizzazioni che operano nel settore tecnologico.

Riservandoci di proporre in futuro un progetto simile per IOTA (magari, se possibile, basato sulla scheda [ESPer-tino](#)), cominciamo in questo articolo a vedere come sia possibile collegare un sistema [embedded](#) economico e diffusissimo, come il [Raspberry Pi](#), alla rete blockchain, aprendo la porta a innumerevoli applicazioni in ambito IoT.

SCHEMA A BLOCCHI DEL PROGETTO

Lo schema a blocchi del progetto è visibile in **Figura 1**. Il **Raspberry Pi versione 3 B/B+** si comporta come un dispositivo IoT, collegato alla rete internet tramite la sua

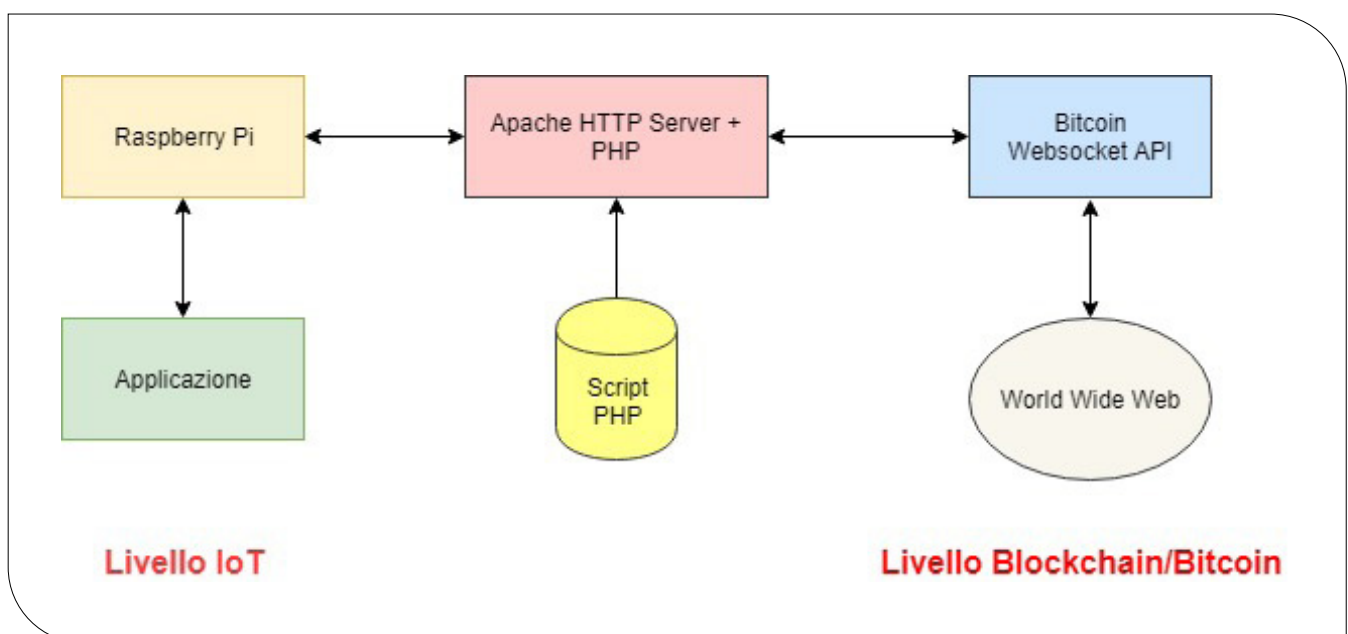


Figura 1: schema a blocchi dell'applicazione IoT-Blockchain

interfaccia integrata WiFi. La scheda Raspberry Pi controlla un'applicazione che può essere di qualunque tipo. Per semplicità, nel nostro progetto supporremo che tale applicazione, integrata con la rete blockchain, sia associata a un **GPIO** della scheda Raspberry. In pratica, piloteremo il valore di uscita di un preciso GPIO solo e soltanto quando riceveremo una transazione di pagamento in **bitcoin** a un indirizzo prefissato sulla blockchain. Si realizza, in sostanza, un sistema in grado di erogare **servizio "on demand"**, per la fruizione del quale l'utente deve fare pervenire al sistema un accredito in bitcoin. Poco importa in questa sede cosa venga collegato al GPIO, l'importante è dare una dimostrazione di come il mondo delle applicazioni IoT possa essere facilmente integrato con quello delle criptovalute, in particolare con il bitcoin e la relativa infrastruttura blockchain. La fantasia dei progettisti elettronici non ha limiti e possiamo pertanto facilmente immaginare delle possibili applicazioni attinenti il mondo reale: parchimetri, erogatori di bevande e snack, autolavaggi e altro ancora. Gli script proposti nel progetto possono, inoltre, essere facilmente modificati in modo tale da introdurre la variabile tempo. Potrebbe, ad esempio, essere utile attivare un GPIO configurato come uscita soltanto per un tempo prefissato, trascorso il quale l'uscita viene nuovamente disattivata e il sistema attende di ricevere una nuova transazione di pagamento. Dopo il livello IoT, composto dalla scheda Raspberry Pi e dall'applicazione comandata tramite GPIO, possiamo identificare nello schema a blocchi un livello intermedio, realizzato interamente a livello software. Tale livello si compone anzitutto di un server HTTP, opportunamente installato e configurato sul Raspberry Pi. La scelta è ricaduta su Apache 2, un server HTTP nato come progetto open source, molto collaudato, largamente diffuso e facilmente installabile sulla nostra scheda. Il server è accompagnato dal linguaggio di script PHP, necessario per interpretare ed eseguire gli script che installeremo sul server. Anche PHP non ha bisogno di presentazioni: si tratta, probabilmente, del più importante linguaggio di script lato server, un vero e proprio "motore" che spinge ogni giorno un'enorme quantità di siti web in tutto il mondo. Abbiamo, infine, il livello associato al mondo delle criptovalute, ovvero bitcoin e blockchain nel nostro caso. Per usufruire dell'infrastruttura offerta dalla blockchain è sufficiente ottenere un indirizzo da associare al device IoT e creare uno script PHP basato sulle Websocket API offerte dalla blockchain stessa. Lo script PHP, dopo essersi collegato all'indirizzo su cui l'infrastruttura blockchain rende disponibile il servizio, sarà in grado di ricevere in tempo reale delle notifiche relative a

nuove transazioni e nuovi blocchi inseriti nella blockchain. In particolare, nel nostro caso ci registreremo soltanto alle notifiche di transazioni (pagamenti o accrediti) ricevute all'indirizzo specificato nello script (l'indirizzo che abbiamo scelto di associare al nostro Raspberry Pi, il device IoT). Ecco, quindi, che il cerchio si chiude: ogni transazione di pagamento (potenzialmente eseguita in qualunque parte del mondo) avente come destinatario l'indirizzo associato al nostro dispositivo IoT, verrà anzitutto registrata nella blockchain. Poiché il nostro script PHP si è registrato per ricevere le notifiche, potrà ricevere tale informazione dal canale websocket blockchain, abilitando e rendendo l'applicazione o servizio IoT.

CONFIGURAZIONE RASPERRY PI

Come accennato in precedenza, per l'applicazione è richiesto un Raspberry Pi 3 B/B+, accompagnato da una scheda di memoria SD da almeno 16 Gb ad alte prestazioni. Sulla scheda dovrà anzitutto essere caricata l'immagine della distribuzione **Raspbian Stretch**, scaricabile direttamente dal sito ufficiale Raspberry [1]. Come versione possiamo utilizzare quella completa, che include il desktop e altro software di base.

Dopo aver programmato la scheda SD e aver eseguito il primo boot, occorre aggiornare la distribuzione attraverso i seguenti comandi da impartire in una finestra terminale, oppure collegandosi al Raspberry Pi via SSH (in quest'ultimo caso occorre avere precedentemente abilitato la relativa funzionalità [2]):

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

Possiamo quindi procedere con l'installazione del server HTTP Apache 2, che avviene tramite il seguente semplice comando:

```
sudo apt-get install apache2 -y
```

Per accertarsi che l'installazione di Apache 2 sia andata a buon fine, è sufficiente inserire l'indirizzo IP assegnato al Raspberry Pi dal router WiFi nella barra degli indirizzi di un comune browser per internet. Se Apache 2 è stato installato correttamente, nel browser comparirà la pagina "Apache2 Debian Default Page", visibile in **Figura 2**.

Il passo successivo consiste nell'installazione di **PHP 5**, che anche in questo caso viene eseguita attraverso un

unico comando:

```
sudo apt-get install php libapache2-mod-php -y
```

Per verificare che PHP 5 sia stato correttamente installato e sia attivo sul Raspberry Pi, dobbiamo creare un semplice script di test. Daremo il nome `phpinfo.php` a tale script, proprio perché la sua funzione sarà quella di eseguire il comando **phpinfo**, una sorta di comando di verifica sulla corretta installazione di PHP. Il file andrà, inoltre, creato all'interno della cartella `/var/www/html/`, coincidente con il percorso di default utilizzato da Apache2 per memorizzare le pagine web. Il comando da impartire risulta pertanto il seguente:

```
sudo vi /var/www/html/phpinfo.php
```

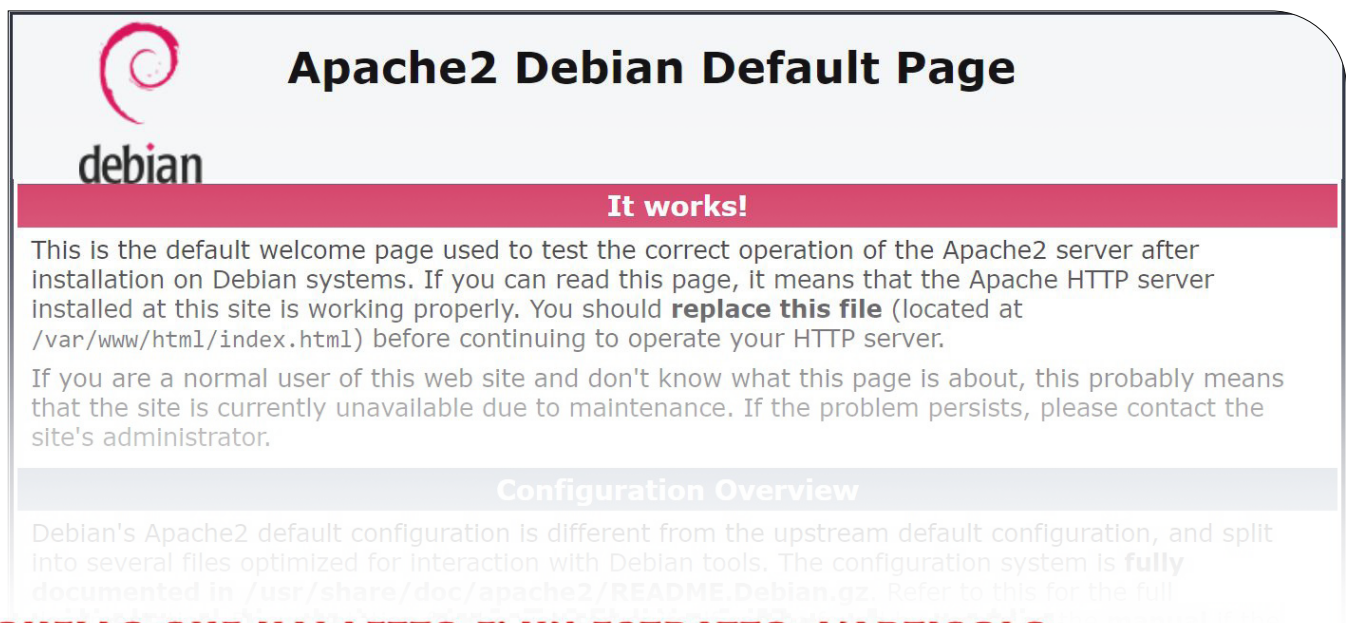
Mentre il contenuto da inserire nel file script è il seguente (viene semplicemente invocato il comando `phpinfo`):

```
<?php
phpinfo();
?>
```

A questo punto apriamo nuovamente il browser internet e inseriamo nella barra degli indirizzi il seguente url (`xx.xx.xx` dovrà essere sostituito con l'indirizzo IP assegnato al vostro Raspberry Pi):

```
xx.xx.xx.xx/phpinfo.php
```

Nel browser dovrebbe a questo punto comparire la pagina relativa al comando `phpinfo`, come visibile in **Figura 3**.



Apache2 Debian Default Page

It works!

This is the default welcome page used to test the correct operation of the Apache2 server after installation on Debian systems. If you can read this page, it means that the Apache HTTP server installed at this site is working properly. You should **replace this file** (located at `/var/www/html/index.html`) before continuing to operate your HTTP server.

If you are a normal user of this web site and don't know what this page is about, this probably means that the site is currently unavailable due to maintenance. If the problem persists, please contact the site's administrator.

Configuration Overview

Debian's Apache2 default configuration is different from the upstream default configuration, and split into several files optimized for interaction with Debian tools. The configuration system is **fully documented** in `/usr/share/doc/apache2/README.Debian.gz`. Refer to this for the full

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!

CONVERTITORE DI POTENZA WIRELESS



In questo articolo presentiamo un progetto attualissimo, di sicuro interesse per tutti i lettori. Ci occuperemo, infatti, della tecnologia legata al trasferimento di potenza elettrica via wireless, che tra le numerose applicazioni include la ricarica senza fili supportata da molti smartphone di ultima generazione. In particolare, presenteremo una coppia di moduli destinati al trasferimento di potenza wireless ad alta efficienza, in grado di trasmettere una potenza fino a 50 W su una distanza di alcuni centimetri.

INTRODUZIONE

La trasmissione di potenza attraverso l'etere è da sempre considerata come un'idea molto affascinante. Negli ultimi anni, numerose attività di ricerca sono state condotte in questo settore, e i risultati ottenuti sono stati così soddisfacenti che questa tecnologia ha già trovato degli sbocchi commerciali con utilizzi, ad esempio, nella ricarica wireless per gli ultimi modelli di smartphone. Il campo di potenziali applicazioni di questa tecnologia è, tuttavia, molto più esteso, soprattutto quando si utilizzano livelli di potenza superiori a **qualche watt**. Gli scenari che potrebbero beneficiare di questa tecnologia comprendono sicuramente il mondo industriale e quello delle applicazioni medicali, in cui sono richiesti un elevato grado di isolamento, oppure si tende ad evitare il contatto meccanico tra le parti coinvolte. Diversi produttori hanno già sviluppato dei componenti specifici per la trasmissione di potenza wireless. Una delle aziende pioniere in questo settore è **Würth Elektronik**, un produttore specializzato in grado di offrire un'ampia gamma di bobine e avvolgimenti per applicazioni relative al trasferimento di potenza wireless. Würth offre anche una varietà di circuiti applicativi che possono aiutare i progettisti elettronici e gli appassionati a prendere confidenza e familiarizzare con questa tecnologia relativamente nuova, e con i componenti da essa impiegati. In cooperazione con **Elektor**, Würth ha intrapreso l'iniziativa di aumentare all'interno della community il livello di conoscenza della tecnologia di trasmissione wireless, proponendo il progetto che ora descriveremo, composto da un **trasmettitore** e da un **ricevitore wireless** con livelli di potenza fino a 50 W. Si tratta chiaramente di un sistema di trasmissione di potenza wireless di classe completamente differente rispetto ai normali caricatori wireless conformi allo **standard Qi**, contraddistinti da una potenza massima di **15 W** (nella maggior parte dei cari-

catori per smartphone, la potenza è comunque limitata a **5 W**). Per facilitare l'apprendimento di questa tecnologia, è stato approntato un kit contenente tutti i componenti e i PCB richiesti per la realizzazione del sistema composto dal trasmettitore e dal ricevitore.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Prima di esaminare il progetto in dettaglio, anticipiamo le **principali caratteristiche tecniche** del sistema di trasferimento di potenza wireless qui proposto:

- potenza massima: 50 W;
- utilizzo di potenza consigliato nel modo continuo: 0-40 W;
- tensione di alimentazione: 12,5 - 24 V_{CC}, 3 A minimi;
- tensione di alimentazione consigliata: 19,5 V (ad esempio quella prodotta da un alimentatore per computer portatili);
- distanza tra le bobine: massimo 1 cm per un trasferimento di potenza ottimale;
- efficienza: 88% a 40 W con distanza di 0,5 cm tra le bobine.

IL CIRCUITO RISONANTE

Come funziona la trasmissione di potenza **wireless**? In un modo molto semplice: tra due bobine poste a una distanza relativamente piccola, si verifica un trasferimento di energia da una bobina all'altra in virtù della generazione di un campo magnetico alternato (**Figura 1**). Il trucco, se così si può dire, consiste nell'assicurare un buon livello di accoppiamento tra le bobine, in modo tale da trasferire quanto più possibile del flusso magnetico generato dal trasmettitore verso la bobina ricevente.

Esistono varie tipologie di **circuiti oscillanti** utilizzati per pilotare la bobina del trasmettitore. Tra questi, uno dei

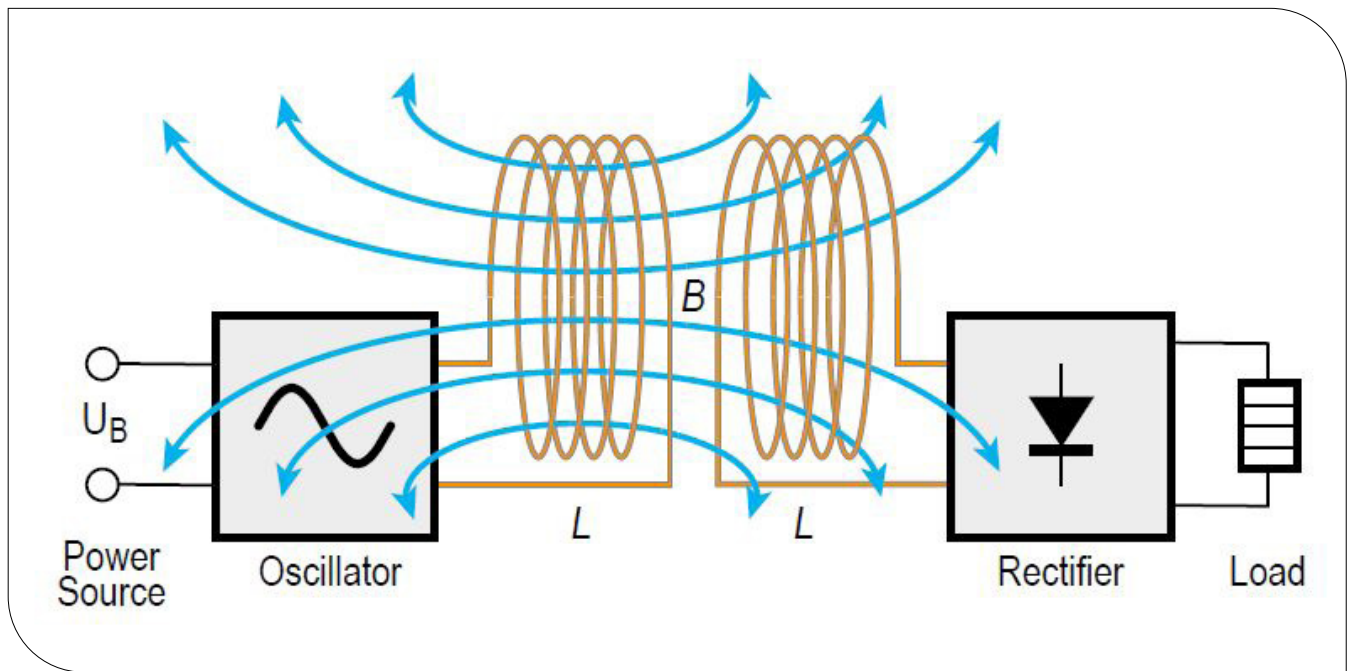


Figura 1: principio di funzionamento della trasmissione di potenza wireless

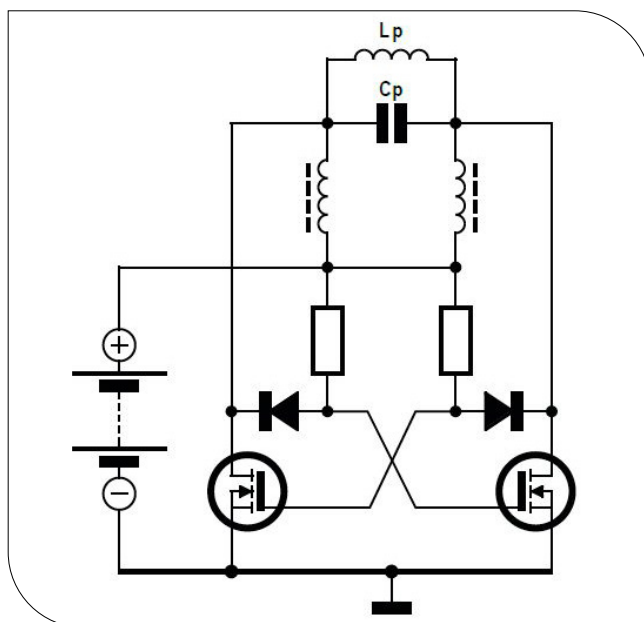


Figura 2: schema di base di un oscillatore ZVS

più utilizzati è l'oscillatore *zero voltage switching* (**ZVS**). In **Figura 2** possiamo osservare uno schema a blocchi molto semplificato di un oscillatore ZVS basato su due MOSFET. La combinazione della bobina trasmittente e del condensatore formano un circuito risonante parallelo, che determina direttamente la frequenza dell'oscillatore. Non appena viene collegata un'alimentazione continua, il circuito comincia ad oscillare spontaneamente, in quanto

uno dei due MOSFET comincia sempre a condurre prima dell'altro. La retroazione positiva tra il *drain* di ogni MOSFET e il *gate* dell'altro, genera uno sfasamento di 180 gradi, in modo tale che ogni MOSFET, in modo alternato, porta l'altro transistor in conduzione. Ne consegue che ogni lato del circuito LC viene collegato a massa in modo alternato.

Questo tipo di oscillatore, rispetto ad altri schemi analoghi, presenta diversi vantaggi che possiamo così riassumere:

- è un circuito auto-oscillante, e richiede soltanto una tensione di alimentazione continua;
- presenta una bassa dissipazione di potenza, in quanto entrambi i MOSFET commutano automaticamente nei punti di attraversamento della tensione nulla;
- le forme d'onda sia della tensione che della corrente sono virtualmente sinusoidali.

Un ulteriore vantaggio è che lo stesso circuito può essere utilizzato anche sul lato ricevente, dove si comporta come un raddrizzatore sincrono. Quando una sorgente di potenza viene applicata sul lato trasmittente, la potenza trasferita diventa disponibile sul lato ricevente. Questo circuito è adatto per livelli di potenza sino a 200 W, a seconda delle dimensioni dei componenti utilizzati. Occorre, inoltre, notare come, a differenza dei caricatori Qi utilizzati per gli smartphone, questo sistema non dispone di alcuna "intelligenza" integrata. Tuttavia, la sua maggiore potenza

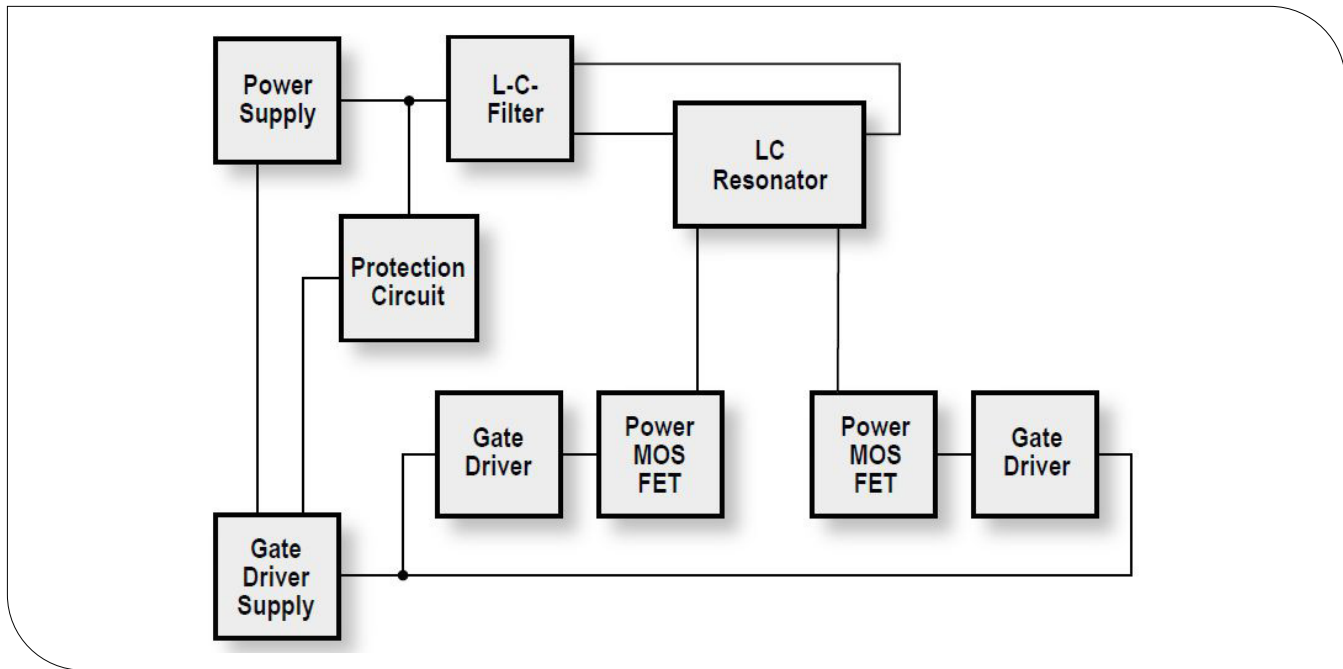


Figura 3: schema a blocchi del convertitore di potenza wireless

lo rende il circuito ideale per la conversione di potenza wireless in applicazioni elettroniche più elaborate, o per l'illuminazione.

IL CIRCUITO

Vediamo ora di esaminare il circuito, partendo dallo schema a blocchi del convertitore, visibile in **Figura 3**. Oltre al circuito LC, i MOSFET e i filtri, possiamo notare la presenza di due circuiti driver per MOSFET, il cui compito è quello di assicurare che i transistor possano commutare nel minor tempo possibile. Gli stadi che compongono il circuito driver sono alimentati da una sorgente di alimentazione stabilizzata separata, in modo tale che un malfunzionamento o guasto del driver stesso non possa

mo osservare il connettore di alimentazione, da collegare a un alimentatore stabilizzato. Per questo scopo è possibile utilizzare un alimentatore da laboratorio, ma anche un comune alimentatore per computer portatile da 19 V e potenza di almeno 70 W può andare bene. Il fusibile PTC resettabile (F1) è seguito dalla resistenza R18 come protezione del circuito dalle sovracorrenti. La tensione di alimentazione attraversa poi le due generose induttanze L1 ed L2, per raggiungere la sezione dell'oscillatore con la bobina trasmittente (L4). Il circuito risonante LC è composto da L4 e dai condensatori serie/parallelo C8-C11. La frequenza di risonanza è pari a circa 100 kHz, e si sposta leggermente quando le bobine del trasmettitore e del ricevitore sono poste l'una vicino all'altra. I due MOSFET T5 e T6 sono collegati in modo alternato.

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!

CONTROLLER PER TAGLIERINA A FILO CALDO PER POLISTIROLO



Proponiamo, in questo articolo, un controller per filo a caldo a basse perdite, utilizzando un circuito dimmer a bassa tensione. Il polistirolo espanso è ampiamente utilizzato nel modellismo e nell'artigianato domestico. Se si cerca di intagliarlo nella forma desiderata con un coltello, esso si ricopre rapidamente di tante piccole perle bianche caricate staticamente, che si attaccano a tutto. E' meglio, quindi, usare una fresa a filo caldo che migliora la precisione del taglio e non crea problemi di sorta. Per ottimi risultati, la temperatura del filo caldo dovrebbe essere regolabile. Lo scopo si raggiunge con un regolatore di potenza a controllo di fase.

INTRODUZIONE

Se si vuole iniziare a modellare questo tipo di materiale, ora è il momento buono per farlo. La lama attraversa il polistirolo come un coltello caldo passa nel burro. Essa è facile da usare e produce anche una superficie liscia. L'importante è impostare una corretta temperatura del filo. Quest'ultimo diventa caldo quando la corrente lo attraversa. **La regolazione di corrente permette di ottenere migliori prestazioni.** Per raggiungere buoni risultati sono richieste poche decine di watt, pertanto è importante che il controllo di potenza sia il più efficiente possibile. Un dimmer a bassa tensione a controllo di fase soddisfa questi requisiti, con basse perdite.

IL CONTROLLO DI FASE

Per controllare l'energia che passa attraverso il filo caldo non basta un semplice regolatore di luminosità e sostituire la lampada a filamento con il filo da taglio. Senza un adeguato isolamento galvanico tra il filo caldo e la tensione di rete a 230 V, il divertente passatempo del modellismo si trasformerebbe in un pericoloso gioco letale, come la Roulette russa. L'utilizzo di un trasformatore è assolutamente essenziale per isolare l'alimentazione di rete. Occorre un trasformatore a bassa tensione secondaria, compatibile con il carico a bassa resistenza del filo caldo. La **Figura 1** mostra il circuito completo.

Gli amatori dell'elettronica analogica saranno contenti. Si

nota l'assenza del microcontrollore. **Per il controllo si usa l'NE555, il chip timer universale.** IC2 è sincronizzato sulla frequenza di rete (50 Hz). Il potenziometro imposta il ritardo rispetto all'attraversamento dello zero della forma d'onda per il triac. Il circuito dimmer è alimentato da un piccolo trasformatore ed è, quindi, completamente indipendente dal trasformatore del filo caldo. Il circuito è molto semplice e si può realizzare anche su una basetta perforata.

IL FUNZIONAMENTO DEL CIRCUITO

L'alimentazione del circuito di controllo fa capo al trasformatore Tr1. Esso assorbe pochi milliampere, quindi un piccolo trasformatore di 1.5 VA è sufficiente. **I diodi da D1 a D4 formano un raddrizzatore a ponte.** D5 raddrizza la tensione CC sul condensatore C1. L'onda di 100 Hz rettificata con un picco di circa 20 V è applicata al resistore R2. Tale forma d'onda attiva T1 quando supera lo zero, e lo spegne poco prima che scenda sotto lo zero. Una sequenza di impulsi positivi sono prodotti da T1, appena prima e subito dopo dell'attraversamento del punto zero della rete. Il regolatore di tensione IC1 fornisce i 12 V per alimentare il circuito e non ha bisogno di un dissipatore di calore. Il timer IC2 è configurato come multivibratore monostabile. Il condensatore C4, insieme a P1, R6 e R7 determinano l'ampiezza dell'impulso di uscita, secondo la formula:

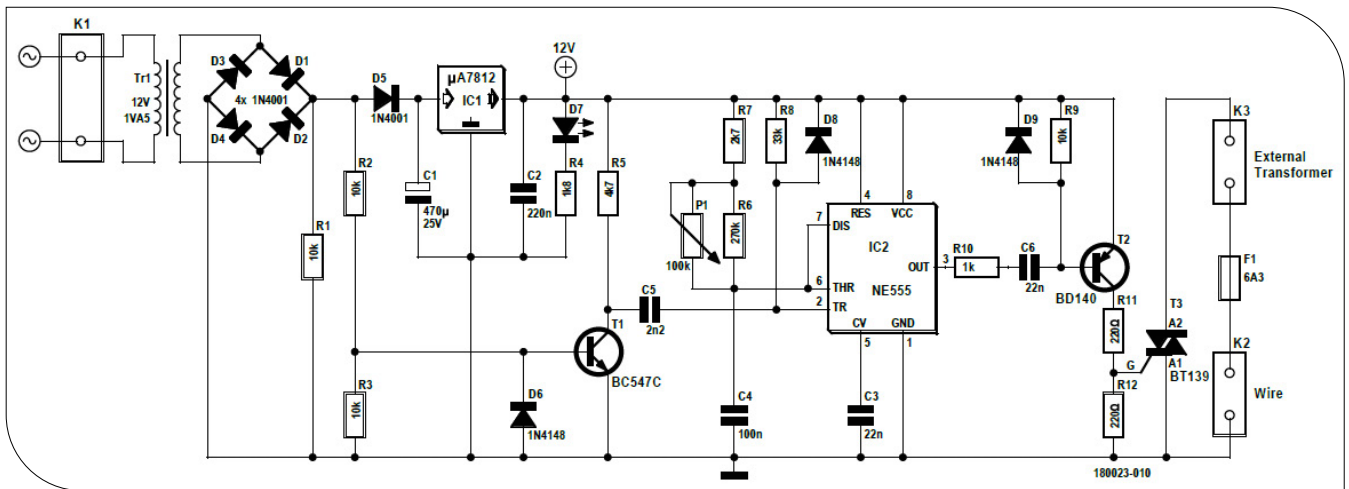
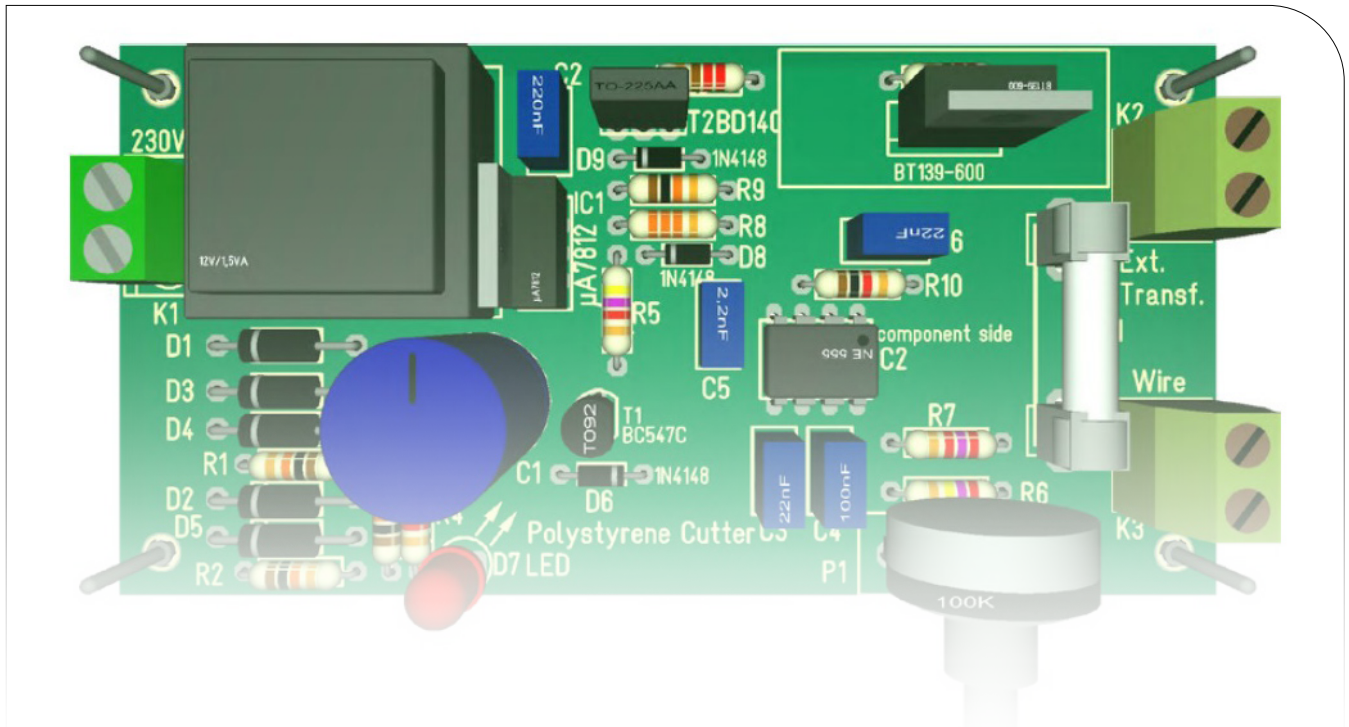


Figura 1: lo schema elettrico della fresa per polistirolo a filo caldo a controllo di fase. Chi ha bisogno di un microcontrollore?



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: IL QUBIT

di Cristiano Scavongelli

Si dice che il mondo è bello perché è vario, ed è sicuramente così. Sembra, però, che ci sia almeno una cosa, nel mondo, senza particolare varietà: l'elettronica. Praticamente tutta l'elettronica che conosciamo e che usiamo è basata sul silicio. Ma perché? Perché è la strada migliore? Dopotutto, sono decenni che si sente parlare di questi favolosi "computer quantistici", che ci permetteranno di risolvere problemi tuttora insolubili e non si sa bene che altro. Ma dove sono? La ricerca sembra continui, per cui si deve trattare di qualcosa di effettivamente interessante. Ma perché non li abbiamo ancora tra noi? Perché, come scoprirete oggi, si tratta davvero di oggetti con enormi potenzialità ma basati su un mondo molto diverso da quello cui siamo abituati.

A GAME OF POOL

Sapreste costruire un computer utilizzando solo delle palle da biliardo? Sì? No? Forse? Impossibile? Assurdo? Una follia? Sicuramente non è impossibile, anche se magari è un pò assurdo e, preso così com'è, probabilmente un pò folle, ma ha il suo perché. E questo perché è il rendersi conto del fatto che in realtà tutta la nostra tecnologia si basa sul **silicio**, banalmente perché non abbiamo trovato niente di meglio, ma non perché si possa fare *solo* con il silicio. Un computer, in quanto macchina per fare conti, è banalmente un insieme di bit e un insieme di circuiti per elaborarli. Ma in effetti, cos'è un bit? Potete mostrarmene uno? Potete prenderne uno e mettermelo in un piatto? Potete dire "guarda che bel bit, questo qui"? I bit non esistono. **I bit sono astrazioni**, lo 0 e l'1 su cui diciamo che i computer lavorano sono delle etichette che associamo a dei particolari valori di tensione in particolari punti di un circuito. Al massimo potreste dire: "guarda che bel mucchietto di elettroni che ho qui", oppure "qua di elettroni ce ne sono davvero pochi", non molto di più.

Il soggetto nella **Figura 1**, un volto ricorrente in questo e in molti altri contesti, all'inizio del capitolo sul calcolo tensoriale delle sue famose lezioni di fisica dice che "i fisici prendono un caso particolare della realtà e la chiamano "fisica"; poi arrivano i matematici e generalizzano tutto". Nulla di più vero. Viviamo sommersi di astrazioni e non ce ne rendiamo nemmeno conto, ma le astrazioni sono enormemente potenti. Riuscire a ricavare dei risultati su un caso particolare della realtà significa che quei risulta-

ti funzioneranno solo ed esclusivamente per quel caso particolare; ricavare dei risultati su un'astrazione significa che quei risultati varranno per tutti i casi particolari di quell'astrazione, che potrebbero anche essere molti. Tutto ciò che sappiamo sui computer può essere applicato a qualsiasi cosa possiamo etichettare come "bit", sia esso un mucchietto di elettroni, la quantità di liquido in un recipiente o, per l'appunto, delle palle da biliardo.

Abbiamo le nostre due belle palle da biliardo su un lato del tavolo, e possiamo decidere se lanciarne una, nessuna, o entrambe. Supponiamo di lanciarle entrambe e di essere decentemente in grado di giocare: le due palle si urteranno da qualche parte nel mezzo, e il nostro tiro sarà stato così bello e perfetto che saranno tornate nella stessa posizione di partenza, solo un pò più avanti (**Figura 2a**). Supponiamo di lanciarne una soltanto. Non ci sono urti all'orizzonte, quindi la palla filerà dritta per la sua strada e si fermerà in corrispondenza di quell'altra (**Figura 2b e c**), solo un pò più avanti (sì, siamo davvero bravi a questo gioco). Se non ne lanciamo nessuna, ovviamente dall'altra parte non troveremo nulla.

Che conclusione possiamo trarre da tutto questo, a parte che siamo degli artisti del biliardo? Bè, se ci fate caso, ritroveremo le due palle nella stessa posizione di partenza se e solo se abbiamo eseguito entrambi i lanci. Se vediamo l'azione "lancio la palla" come un 1, e l'azione "non lancio la palla" come uno 0, e in generale il "lancio" come l'ingresso del sistema, abbiamo a tutti gli effetti realizzato una AND! Ritroveremo, invece, una delle due palle in posizione opposta a quella di partenza se e solo se NON



Figura 1: Richard Feynman

è stata lanciata l'altra; se è stata lanciata è nella stessa posizione, se NON è stata lanciata è in quella opposta. La posizione di una singola palla equivale all'opposto dell'azione "lancio la palla" applicata all'altra palla: una NOT! Altro non ci serve: abbiamo un teorema che ci dice che AND e NOT sono le uniche porte di cui abbiamo effettivamente bisogno per realizzare tutte le altre. Dunque, combinando tante palle da biliardo e inventandoci un modo per trasformare i dati che vogliamo elaborare in colpi di stecca, possiamo realizzare il nostro computer. C'è tutta una serie di motivi per cui un computer a palle da biliardo non è di grande utilità pratica, ma per il momento concentriamoci sul più ovvio: l'ingombro. In confronto a questo, l'ENIAC è un bruscolino. Ma il punto non è questo; il punto è che le palle da biliardo sono a tutti gli effetti un'alternativa scomoda ai transistor. Ma, come potete facilmente immaginare, non si tratta dell'unica.

IL QUBIT

Spostiamoci sull'altro lato dello spettro: possiamo tirar fuori un bit da un elettrone? Sì? No? Ne vale effettivamente la pena?

Bè, per avere un bit ci servono due caratteristiche dell'elettrone cui associare le etichette "0" e "1". Se non vi ho perso dalle parti del tavolo da biliardo, a questo punto dovrebbe essere chiaro che una cosa vale l'altra, basta che poi siamo in grado di lavorarci nel mondo reale, e di costruirci un vero dispositivo. **La grandezza che spesso e volentieri si considera è lo spin.** Probabilmente qualcuno di voi ne avrà sentito parlare, e se vi chiedessi cos'è lo spin probabilmente mi rispondereste che è il verso di rotazione dell'elettrone. Un elettrone può ruotare solo in due modi, a destra e a sinistra. E' una definizione molto diffusa, ma è anche una grandissima fesseria. Se vi sedeste e faceste un pò di conti con l'ipotesi di elettrone che ruota, arrivereste a contraddizioni fisiche.

Rispondere alla domanda "cos'è lo spin" è più o meno lo stesso che rispondere alla domanda "cos'è la carica elettrica". Cos'è la carica elettrica? Un "più" o un "meno" disegnati sopra ad una particella? La carica elettrica è quel qualcosa, quella proprietà magica, che certe particelle hanno e che fa sì che si comportino in un certo modo se immerse in un campo elettrico. Allo stesso modo, lo spin è quella proprietà magica degli elettroni che fa sì che si comportino in un certo modo se immersi in un campo magnetico. Prendete un grosso magnete, mettetelo davanti ad uno schermo in grado di rilevare l'impatto degli elettroni e sparatene un fascio lì nel mezzo. Osserverete che metà degli elettroni finirà al di sopra della direzione di propagazione del fascio e metà al di sotto, come nella **Figura 3**. Si dice che gli elettroni che sono andati di sopra hanno spin "up", e quelli che sono andati di sotto hanno

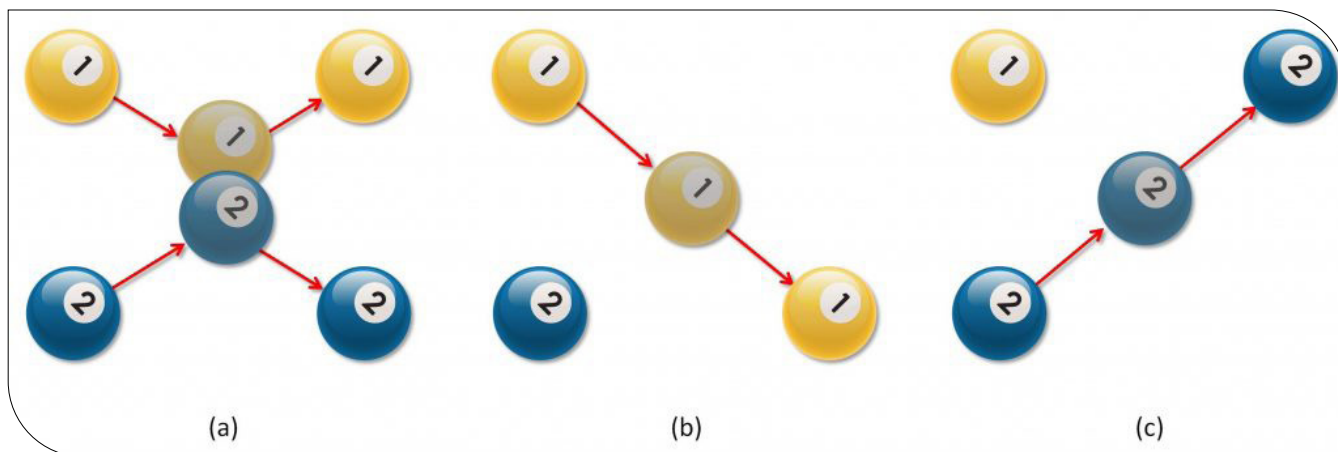


Figura 2: Un computer a palle da biliardo

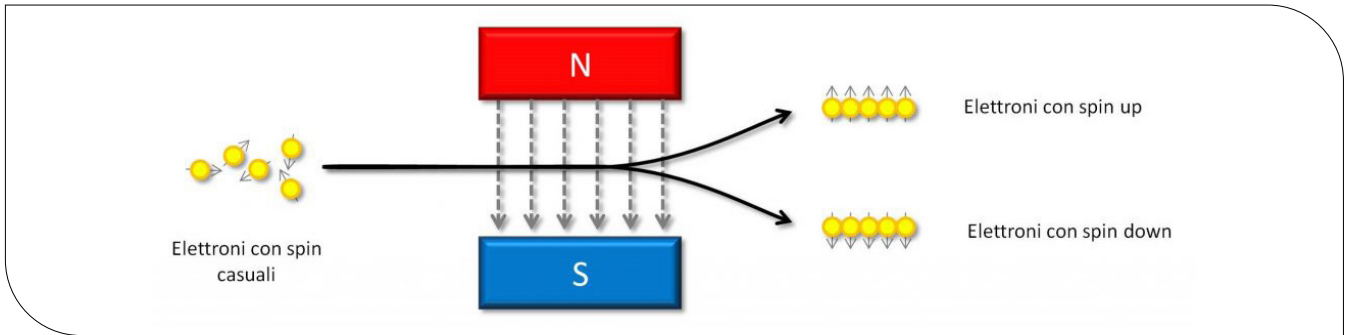


Figura 3: Elettroni in un campo magnetico



Figura 4: Un tipico gatto di Schrodinger

spin "down".

Lo spin, quindi, qualunque cosa esso sia, sembra fare al caso nostro. Gli elettroni hanno solo due valori di spin, cioè hanno solo due possibili comportamenti se immersi in un campo magnetico, che possiamo facilmente distinguere. Possiamo tranquillamente dire che, se l'elettrone ha spin up, abbiamo un "1", e che se l'elettrone ha spin

campo magnetico. Se gli elettroni avessero avuto tre comportamenti possibili, avremmo osservato tre mucchietti.

Perché questa divisione sia equa, cioè perché metà degli elettroni vada di sopra e metà di sotto, invece, è tutto un altro discorso. Potremmo pensare che sia un problema dell'apparato con il quale abbiamo preparato gli elettroni. Magari non si tratta di un apparato molto preciso, anzi, è così impreciso che statisticamente prepara metà degli elettroni con spin up e metà con spin down.

Bene. Consideriamo un altro esperimento. Prendiamo un elettrone. Uno soltanto. Il nostro apparato fa schifo, quindi abbiamo un 50 % di probabilità che ce lo abbia prodotto con spin up, e un 50 % con spin down. Diciamo che, dopo il passaggio attraverso il magnete, scopriamo che ha spin up. Bene. Mettiamo ora *un altro* magnete dopo il primo. L'elettrone che vi entra ha spin up, quindi ci aspettiamo che continui ad andare di sopra, giusto? Invece no. Metà delle volte andrà di sopra, e metà andrà di sotto. È ciò che si osserva.

Che conclusioni possiamo trarre da tutto questo? Almeno due. Uno, che la meccanica quantistica è strana. Due, che la probabilità del 50 % di avere spin up non è un problema dell'apparato che ha prodotto l'elettrone, ma una sua

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

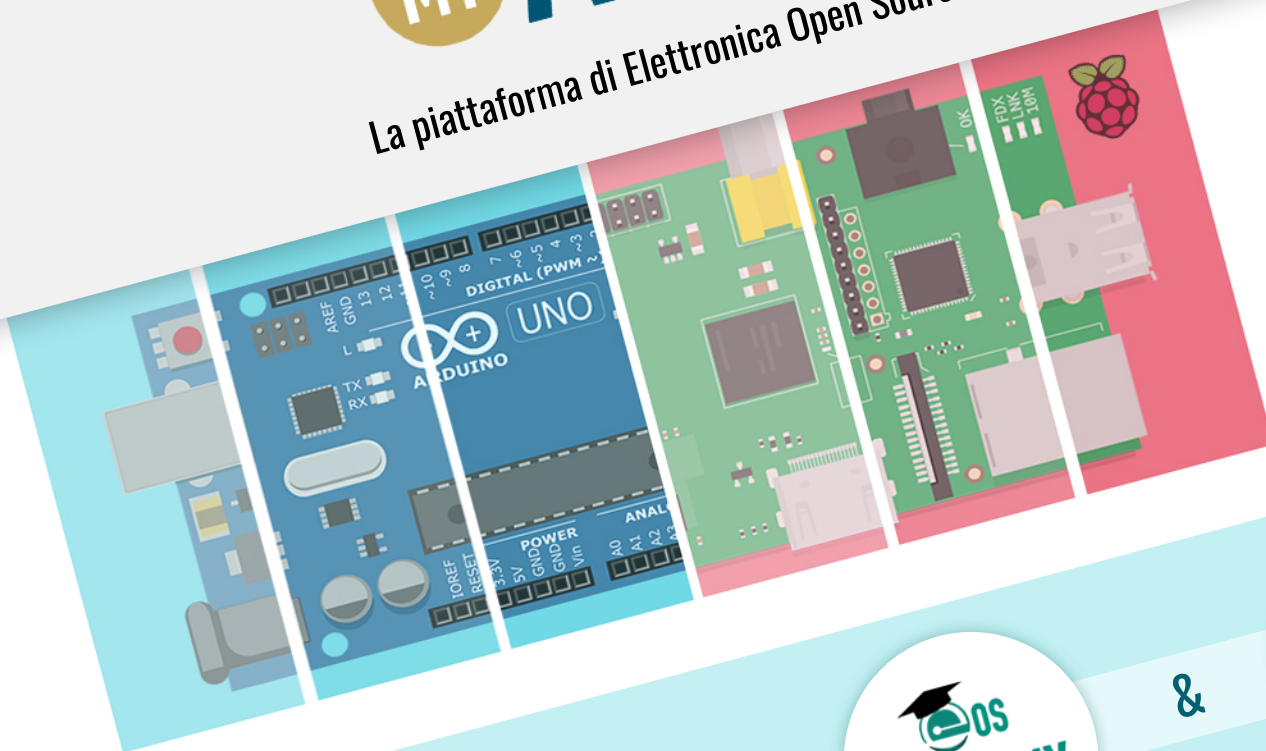


I NOSTRI CORSI DI ELETTRONICA
PER I PROFESSIONISTI
E I MAKERS



ACADEMY

La piattaforma di Elettronica Open Source dedicata ai corsi



PUOI AVERE TUTTI I CORSI DI



&



A PORTATA DI CLICK

