

# **I.T.I.S. CARTESIO – CINISELLO BALSAMO**

**INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI**



**Studente: Li Veli Mirko**

**Classe: VD**

**A.S. 2015-16**

## Sommario

COMUNICAZIONE DATI SENSORE-PC .....	1
Introduzione .....	3
Breve panoramica tecnologica .....	4
Smart Sensors Networks .....	4
Wireless Sensors Networks .....	7
Home and Building automation .....	8
I microcontrollori .....	10
Microcontrollore e microprocessore .....	10
LA SCHEDA UTILIZZATA: Raspberry Pi 2 .....	12
IL SENSORE UTILIZZATO: DALLAS-MAXIM DS1624 .....	14



## Introduzione

Le sempre più stringenti esigenze di controllo automatico a distanza, di monitoraggio e acquisizione dati in una società complessa, sia in ambito civile che industriale, hanno portato alla realizzazione di chip e microcontrollori in grado di svolgere funzioni impensabili sino a qualche anno fa con software più semplici e potenti.

I microcontrollori poi implementati su schede elettroniche con download libero e con software open source hanno consentito una rapida penetrazione di questi dispositivi in ogni ambito sociale, sia a livello professionale che amatoriale che interfacciati con sensori sempre più precisi e pratici hanno consentito di raggiungere una sicurezza e precisione nei controlli sino a pochi anni fa inimmaginabile.

Le reti di sensori rappresentano la naturale, ma al contempo rivoluzionaria, evoluzione dell'impiego di sensori nell'ambito industriale. Il mercato, infatti, richiede dispositivi ed impianti dotati sempre di maggiori capacità ed elevati livelli di funzionalità, i sensori utilizzati all'interno di questi dispositivi e sistemi vengono in genere impiegati per stimare una grandezza fisica o utilizzati per monitorare parametri di "controllo di processo". L'utilizzo di una rete di trasduttori porta innegabili vantaggi rispetto all'utilizzo di sensori tradizionali in termini di flessibilità, *performance*, facilità d'installazione, costi d'eventuali sviluppi futuri ed attività di manutenzione.

La necessità dell'implementazione di un'infrastruttura di rete al contempo richiede però l'utilizzo di sensori più evoluti che non sono più dei semplici trasduttori di grandezze fisiche, ma sistemi più complessi che integrano oltre alle capacità di misura anche capacità di memorizzazione, di calcolo ed ovviamente interfacce di comunicazione. Queste osservazioni portano alla definizione degli "*smart sensor*", dispositivi integrati che sono dotati di microcontrollori in grado di effettuare attività di comunicazione ed elaborazione dell'informazione.



## Breve panoramica tecnologica

### *Smart Sensors Networks*

Il mercato dei sensori è estremamente variegato, questo a causa dell'elevato numero di dispositivi prodotti ed al loro uso in ogni ambito dell'attività industriale.

Le aziende produttrici sono alla continua ricerca di nuove tecnologie per realizzare dispositivi caratterizzati da costi contenuti che al contempo siano precisi, affidabili e rispondano alla continua e crescente domanda di nuove funzionalità per applicazioni sempre più sofisticate. Le scelte progettuali in merito al tipo di trasduttore, rete e applicazioni software possono essere fatte in prima approssimazione in modo disgiunto l'una dall'altra, ma in realtà l'integrazione di questi "moduli funzionali" all'interno di un unico progetto non è cosa banale, a causa della mancanza di un set di interfacce comuni. Una tipica rete di sensori può essere costituita da un numero elevato di nodi collegati fra loro mediante cavi multipli. Ogni nodo è dotato di un microprocessore, ed uno o più sensori collegati mediante interfacce proprietarie.

In particolare lo standard IEEE 1451 *Standard for Smart Transducer Interface for Sensor and Actuators*, cerca di stabilire una serie d'interfacce comuni per connettere fra loro sensori con dispositivi a microprocessore, oltre a definire il prototipo di uno *smart sensor* indipendentemente dalla rete all'interno del quale questo sarà inserito.

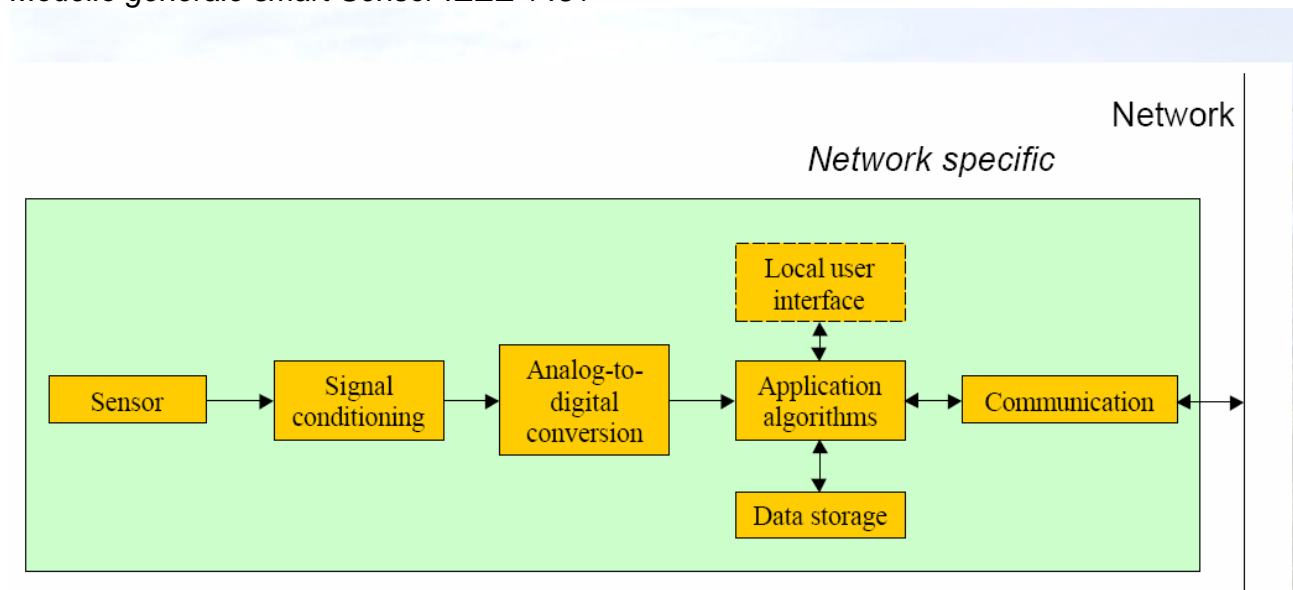
Probabilmente la più esauriente definizione di *smart sensor* è quella proposta dallo standard IEEE 1451.2:

*"Un trasduttore che integra le funzioni necessarie alla corretta rappresentazione della grandezza misurata o controllata. Queste funzionalità tipicamente sono in grado di semplificare l'integrazione del trasduttore in applicazioni che utilizzino strutture di rete".*

Lo standard utilizza il termine "*transducer*" per indicare contemporaneamente sensori ed attuatori, ai fini della nostra ricerca quindi parleremo di attuatori senza scendere nel dettaglio del dispositivo fisico realmente utilizzato, e considereremo "*smart sensor*", la versione sensoristica di un generico "*smart transducer*".

L'utilizzo di *smart sensor* richiede che il dispositivo non sia semplicemente in grado di rispondere correttamente a delle richieste di informazione o di comunicare in formato digitale, ma deve dare valore aggiunto all'informazione stessa integrando diverse funzionalità aggiuntive.

Modello generale smart Sensor IEEE 1451

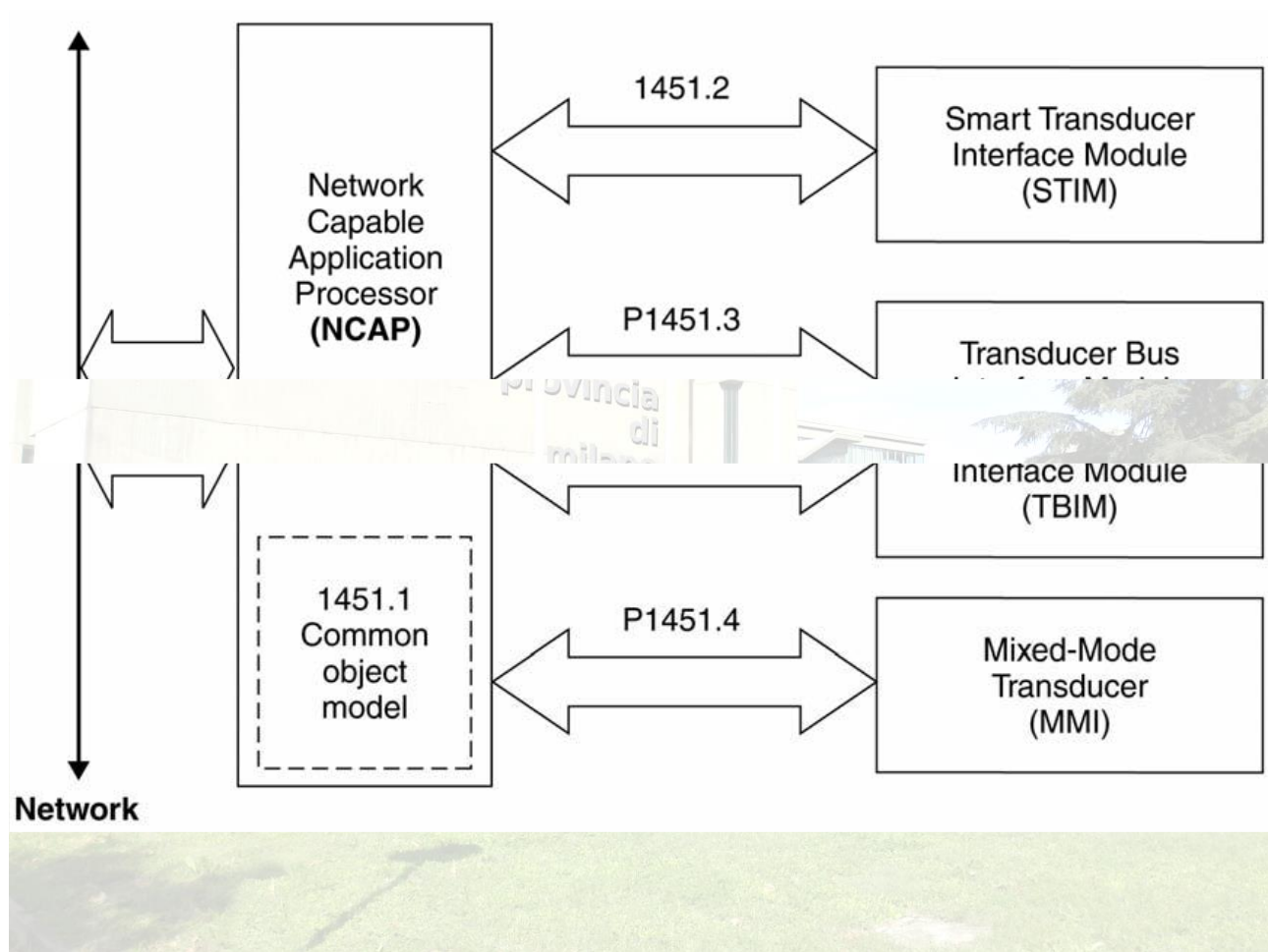


Il modello mostra un completo insieme di funzionalità che possono essere individuate all'interno di uno *smart transducer*, quali il blocco che consente la misura analogica di una grandezza fisica, il condizionamento del segnale, la conversione analogica digitale, l'unità di elaborazione ed infine le interfacce di comunicazione. Come detto in precedenza il modello vuole essere quanto più possibile generale, quindi nulla vieta di avere sensori intrinsecamente digitali che non richiedono moduli di conversione A/D o particolari circuiti di condizionamento del segnale, basti considerare come esempio un semplice sensore di finecorsa implementato mediante uno *switch*.

Lo standard proposto per l'interconnessione di trasduttori ed attuatori verso i microcontrollori e per connettere quest'ultimi in rete può essere visto come una evoluzione del *General Purpose Interface Bus* (GPIB, IEEE 1458), in cui

viene standardizzata l'interfaccia di comunicazione per i sensori e non per la strumentazione.

Nella figura sotto riportata vengono schematizzati i blocchi funzionali che costituiscono l'implementazione dell'interfaccia degli *smart sensor* proposta secondo lo standard IEEE 1451 ed inoltre vengono indicate le diverse famiglie all'interno dello standard che descrivono in dettaglio i moduli funzionali.



L'IEEE 1451.1 definisce il *Network Capable Application Processor* (NCAP), vale a dire la finestra attraverso la quale i dispositivi smart sensor possono comunicare con la struttura di rete esterna, il processore di rete NCAP è dotato di uno *stack* compatibile con la rete di comunicazione esterna. In questo approccio progettuale costituito da moduli funzionali, ogni blocco viene sviluppato da esperti nel settore, quindi nel caso dell' NCAP un progettista si troverà a scegliere solamente il modulo funzionale adatto all'applicazione e lo inserirà all'interno del progetto senza doversi



preoccupare di come questo modulo sia stato sviluppato, questa metodologia progettuale consente di diminuire notevolmente i tempi di sviluppo di un sistema di controllo dotato di molti sensori/attuatori poiché tutti i componenti possono essere posti in comunicazione fra loro utilizzando i corretti moduli di interfaccia. L' IEEE 1451.2 specifica il modulo *Smart Transducer Interface Module* (STIM), questa risulta essere l'interfaccia digitale ed il protocollo di comunicazione seriale attraverso i quali un trasduttore, o un gruppo di trasduttori, possono ricevere ed inviare informazioni in formato digitale, quindi questo blocco funzionale si occuperà di interfacciare l'NCAP ai trasduttori consentendo l'esecuzione di applicazioni per il condizionamento del segnale, conversioni del segnale stesso ed eventuali processi di linearizzazione. All'interno della famiglia IEEE 1451.3 viene definito il *Distributed Multidrop System* (DMS), una interfaccia digitale che si occupa di interconnettere fra loro diversi trasduttori fisicamente distanti fra loro.

### *Wireless Sensors Networks*

Convenzionalmente le comunicazioni fra nodi sensore ed i controllori centralizzati, così come le prime applicazioni degli *smart sensor*, prevedono interfacce di comunicazione cablate. L'utilizzo di cavi consente l'impiego di dispositivi che non hanno limitazioni di potenza poiché laddove saremo in grado di portare una connessione cablata per i dati sarà in generale possibile prevedere anche una o più linee di alimentazione, inoltre le soluzioni cablate consentono dei buoni livelli di sicurezza visto che bisogna avere accesso fisico diretto al cavo per poter prelevare informazioni dalla rete.

Al contempo però soffrono di gravi limitazioni: in primo luogo per quel che concerne l'impossibilità o le difficoltà d'installazione in ambienti inospitali per l'uomo, a ciò si aggiunge un problema implicito di costi visto che l'installazione di ciascun dispositivo richiederà manodopera e materiali per le operazioni di cablatura; inoltre una struttura cablata è essenzialmente "rigida", cioè risulta difficile aggiungere nuovi nodi alla rete o modificare la posizione di sensori preesistenti senza riconsiderare l'intera struttura della rete, basti pensare a semplici applicazioni di sensori nel settore del *building automation*. Si pensi ad esempio ad un sistema di controllo centralizzato per il condizionamento di una abitazione residenziale: per avere un controllo "ottimale" della temperatura sarà necessario installare dei sensori di temperatura in ogni stanza, collegati ad una unità di controllo centralizzata in

grado di decidere in che modo abilitare i condizionatori o termoconvettori presenti nei diversi vani dell'abitazione. In questo contesto l'uso di *smart sensor* può consentire di alleggerire le specifiche del controllore centralizzato utilizzando sensori di temperatura che monitorino automaticamente l'escursione termica all'interno di ciascuna stanza e siano in grado di abilitare direttamente il funzionamento dei sistemi di ventilazione posti all'interno dello stesso vano abitativo. È evidente però che per spostare anche uno solo di questi sensori o attuatori (condizionatori o termoconvettori) è necessario ripensare ai cavi posti all'interno delle murazioni e se non sono state previste in sede di progetto delle guide per cavi aggiuntive risulta necessario ricorrere a nuove opere di muratura. Esempi analoghi potrebbero essere fatti sempre nel campo della *building automation* per quanto concerne il controllo dell'illuminazione, o di un impianto di antifurto. Le soluzioni *Wireless* sembrano essere la soluzione ideale a questo tipo di problemi, ma esse comportano al contempo una serie di svantaggi in termini di problemi di propagazione del segnale, interferenze, sicurezza, requisiti di potenza, norme legislative ed altro ancora. Per molti di questi problemi esistono soluzioni efficaci, ma per ogni soluzione adottata dovremo sempre prendere in considerazione l'aumento della complessità progettuale e il relativo aumento dei costi di realizzazione. Molte applicazioni, infatti, non consentono di utilizzare soluzioni *wireless* evolute come i sistemi di telefonia cellulare o le reti descritte dagli standard IEEE 802.11 *Wireless Local Area network*, o altre soluzioni ancor più costose.

### *Home and Building automation*

Con l'evoluzione tecnologica ci aspettiamo di trovare degli *smart transducer* in ogni apparato elettronico all'interno della casa come televisori, VCR, forni a microonde, frigoriferi e quant'altro, in modo che tutti questi dispositivi siano in grado di interagire fra loro e verso il mondo esterno attraverso altre infrastrutture di rete come comunicazioni via satellite o più diffusamente internet.

Il progetto di una casa intelligente di questo tipo può prevedere due diversi approcci progettuali, un sistema *human centered* che prevede che la tecnologia sia in grado di rispondere alle esigenze dell'utente finale in termini di interazione input/output o *technology centered* che vuole creare un cosiddetto *smart environment*<sup>[21]</sup>, in cui ogni dispositivo della casa integra uno



*smart device* in grado di comunicare con un *server* di stanza, il quale a sua volta è in grado di comunicare con i *server* delle stanze adiacenti in modo da creare un sistema integrato autoconfigurante, ed auto organizzato. Oltre ai componenti di elettronica di consumo possiamo includere nella categoria delle innovazioni che possono portare le LR-WPAN all'interno delle case il controllo dei sistemi HVAC (*Heating, ventilation and air conditioning*), sistemi cioè in grado di regolare la temperatura di ogni stanza sulla base di diversi sensori disposti per esempio in corrispondenza delle finestre per verificare se queste sono aperte o chiuse, in corrispondenza delle superfici vetrate in modo da poter valutare l'effetto della radiazione solare sulla temperatura della stanza. Altre applicazioni che abbiamo già ricordato nei paragrafi introduttivi sono la realizzazione di sistemi di controllo ed antifurto ed il controllo dell'illuminazione.

Concludiamo questa breve panoramica delle applicazioni possibili delle LR-WPAN all'interno delle case ricordando l'utilizzo di queste tecnologie nell'industria ludica dei giocattoli sia per quanto riguarda i giocattoli classici come bambole o *peluche* che dotati di opportuni sensori wireless possono essere in grado di riconoscere il bambino con cui stanno interagendo o per quanto riguarda i giochi più moderni come i videogiochi elettronici, le LR-WPAN possono essere impiegate per "tagliare il cavo" dei controlli remoti come *Joystick* o pistole, ma anche per permettere a diverse *console* di interagire tra loro comunicando per esempio i record raggiunti o i migliori tempi. Stesso discorso ovviamente vale per le periferiche connesse ai calcolatori che per loro natura richiedono bassi *data rate* come *mouse* o tastiere; con l'impiego delle LR-WPAN possono avvantaggiarsi rispetto alle tecnologie *wireless* già disponibili come il Bluetooth, con migliori sistemi di gestione dei consumi consentendo la sostituzione delle batterie ad intervalli molto ampi nell'ordine di alcuni anni.

## I microcontrollori

Esigenze tecniche e di mercato:

- ☐ Reti logiche
- ☐ Logiche programmabili
- ☐ Controlli digitali e analogici

Le richieste di flessibilità e integrazione hanno generato la necessità di dover raggruppare:

- ☐ Parallelismo delle operazioni
- ☐ Numero delle variabili di controllo
- ☐ Velocità di risposta
- ☐ Modularità del sistema
- ☐ Affidabilità del controllo
- ☐ Flessibilità dei componenti

Riduzione dimensioni, riduzione costi, flessibilità, programmabilità

Il microcontrollore racchiude tutte le caratteristiche del microprocessore aggiungendo le possibilità di:

- ☐ Comunicazione diretta con dispositivi esterni integrando periferiche interne
- ☐ Memorizzazione di dati o programmi
- ☐ Effettuare operazioni di controllo, ricezione ed elaborazione segnali

In generale non necessitano ulteriori aggiunte di memoria RAM oltre a quella integrata

Eseguono esclusivamente le operazioni legate al firmware con il quale sono stati programmati

### *Microcontrollore e microprocessore*

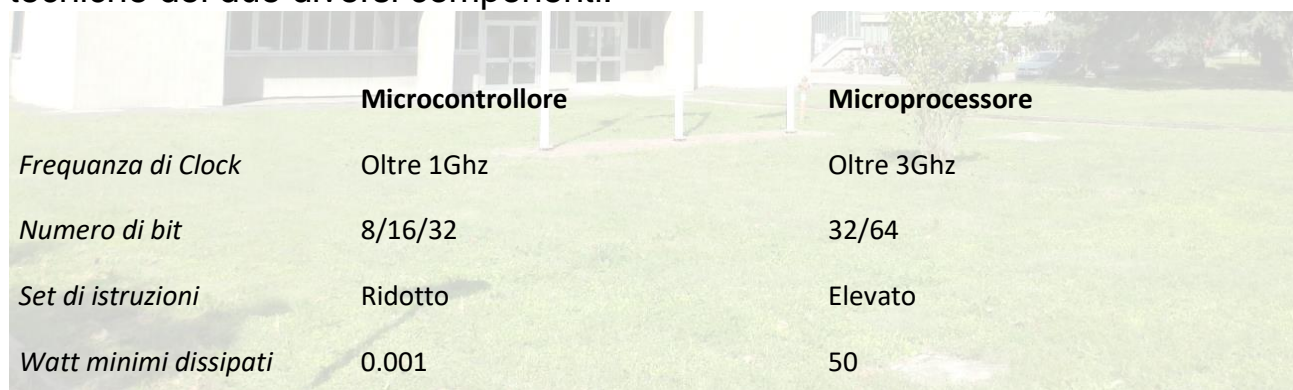
Il microcontrollore è un'estensione del microprocessore, le sue caratteristiche lo avvicinano molto ad un computer completo

Il microprocessore potrebbe essere definito come il “cuore” di un computer, fisso o portatile che sia. Dal punto di vista tecnico è l'integrazione di una serie

di funzioni in un unico pacchetto IC ed è un componente che ha bisogno di numerose integrazioni esterne aggiuntive per poter funzionare, tra le quali la memoria, un oscillatore di clock, periferiche di ingresso e uscita. Inventato negli anni '70, il microprocessore è attualmente l'implementazione fisica più comune di una CPU, ed è utilizzato su quasi tutti i computer e i dispositivi digitali come telefoni cellulari e scanner.

Un microcontrollore, invece, riunisce tutti gli elementi all'interno di un unico piccolo contenitore, e in teoria non ha bisogno di altri componenti esterni per poter funzionare. Tutto è infatti racchiuso in un unico chip, compresa la memoria per il programma, la memoria RAM, l'oscillatore di clock, il circuito di reset e le periferiche.

Le capacità di calcolo di un microcontrollore sono estremamente ridotte. Ad esempio la memoria RAM è formata da qualche centinaio di celle, e di solito non è espandibile. I microprocessori, al contrario, possono essere usati per effettuare elaborazioni complesse su grandi quantità di informazioni. Tra le tipiche applicazioni di un microcontrollore ci possono essere gli antifurti, gli strumenti di misurazione, quelli per la regolazione della luminosità, i carica batterie e i trasmettitori/ricevitori. Per questi motivi, i microcontrollori sono progettati per eseguire un piccolo insieme di funzioni specifiche. Nella seguente tabella a due entrate vengono illustrate le principali differenze tecniche dei due diversi componenti:



	<b>Microcontrollore</b>	<b>Microprocessore</b>
<i>Frequanza di Clock</i>	Oltre 1Ghz	Oltre 3Ghz
<i>Numero di bit</i>	8/16/32	32/64
<i>Set di istruzioni</i>	Ridotto	Elevato
<i>Watt minimi dissipati</i>	0.001	50



## LA SCHEDA UTILIZZATA: Raspberry Pi 2

Come riportato sul sito:

<https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>

### Inglese (originale)

The Raspberry Pi is a low cost, credit-card sized computer that plugs into a computer monitor or TV, and uses a standard keyboard and mouse.

### Italiano (traduzione)

Raspberry Pi è un computer dalle dimensioni di una carta di credito a basso costo che si collega al monitor di un computer o una TV e usa un mouse e una tastiera standard

In termini più tecnici si può definire **Raspberry Pi** un single-board computer (un calcolatore implementato su una sola scheda elettronica) sviluppato nel Regno Unito dalla Raspberry Pi Foundation. Il suo lancio al pubblico è avvenuto nel 2012. Finora, ne sono state prodotte sette versioni (Modelli: A, B, A+, B+, 2, Zero, 3) con prezzi da 5 a 35 USD (dollari statunitensi).

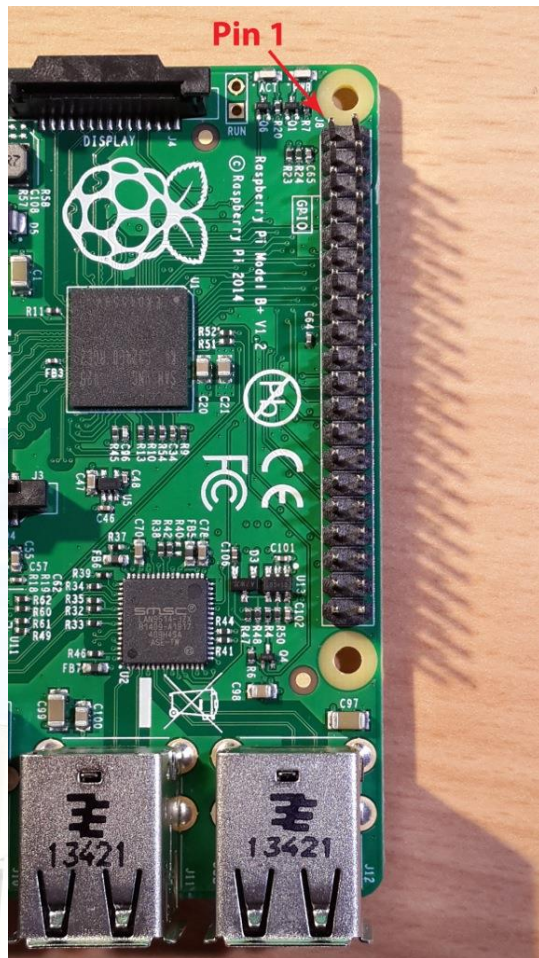
L'idea di base è la realizzazione di un dispositivo economico, concepito per stimolare l'insegnamento di base dell'informatica e della programmazione nelle scuole nei diversi linguaggi (tra cui C, C++, PYTHON, ecc.).

Il progetto ruota attorno a un System-on-a-chip (SoC) Broadcom (BCM2835, oppure BCM2836 per il Raspberry Pi 2, o BCM2837 per Raspberry Pi 3), che incorpora un processore ARM, una GPU VideoCore IV, e 256 o 512 Megabyte o 1 Gigabyte di memoria. Il progetto non prevede né hard disk né una unità a stato solido, affidandosi invece a una scheda SD per il boot e per la memoria non volatile.

La scheda è stata progettata per ospitare sistemi operativi basati sul kernel Linux o RISC OS. È assemblata fisicamente in Galles, nel Sony UK Technology Centre.

Raspberry è inoltre dotato di una scheda di rete che lo rende quindi capace di avere accesso a reti di tipo locale (LAN) o alla rete Internet; motivo per il quale è stato scelto per questo progetto.

Qui di seguito vengono riportate due immagini raffiguranti la piedinatura di Raspberry Pi Model B:



	Pin 1	Pin 2	
			+3V3
GPIO2 / SDA1			+5V
GPIO3 / SCL1			GND
GPIO4			TXD0 / GPIO 14
GND			RXD0 / GPIO 15
GPIO17			GPIO 18
GPIO27			GND
GPIO22			GPIO 23
+3V3			GPIO 24
GPIO10 / MOSI			GND
GPIO9 / MISO			GPIO 25
GPIO11 / SCLK			CE0# / GPIO8
GND			CE1# / GPIO7
GPIO0 / ID_SD			ID_SC / GPIO1
GPIO5			GND
GPIO6			GPIO12
GPIO13			GND
GPIO19 / MISO			CE2# / GPIO16
GPIO26			MOSI / GPIO20
GND			SCLK / GPIO21
	Pin 39	Pin 40	



## IL SENSORE UTILIZZATO: DALLAS-MAXIM DS1624

Il DS1624 è un sensore di temperatura i2c. Non richiede nessun componente esterno e può misurare da  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$  con incrementi di  $0.03125^{\circ}\text{C}$ . L'equivalente Fahrenheit è  $-67^{\circ}\text{F}$  to  $+257^{\circ}\text{F}$  con incrementi di  $0.05625^{\circ}\text{F}$ . Contiene anche 256 bytes di memoria E2 per salvare informazioni, come ad esempio frequenze di compensazione per la temperatura o dati dell'utente.

Il DS1624 è un dispositivo contenente un sensore di temperatura digitale a 13 bit e 256 byte di memoria E2PROM. La misura di temperatura sul DS1624 avviene contando il numero di clock generati da un oscillatore, a basso coefficiente di temperatura, durante un periodo determinato da un oscillatore, ad alto coefficiente di temperatura. La misura così ottenuta viene immagazzinata in un registro a 13 bit, utilizzando un codice bipolare in complemento a 2.

La lettura della temperatura ed altre operazioni di lettura/scrittura su registri interni e sulla memoria E2PROM devono essere effettuate mediante un'interfaccia 2-wire seriale (fig.3) utilizzando il protocollo I2C.

Per la lettura della temperatura, il protocollo di comunicazione prevede che il DS1624 venga prima indirizzato in scrittura (ogni dispositivo ha 3 pin esterni utilizzabili per impostarne l'indirizzo, quindi su ogni bus è possibile collegare al massimo 8 dispositivi), in modo da consentire la configurazione del registro interno, seguito da un comando per l'inizio della conversione, ed infine venga indirizzato in lettura, in modo da poter acquisire la temperatura in due byte.

In modo più dettagliato, il protocollo prevede:

### 1) Configurazione del registro:

- bit di start;
- DS1624 indirizzato in scrittura;
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- comando per la richiesta di scrittura nel registro del DS1624 (ACh);
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- configurazione del registro in modo che il DS1624 esegua una conversione continua (00h);
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- bit di stop;

### 2) Invio del comando di inizio conversione:



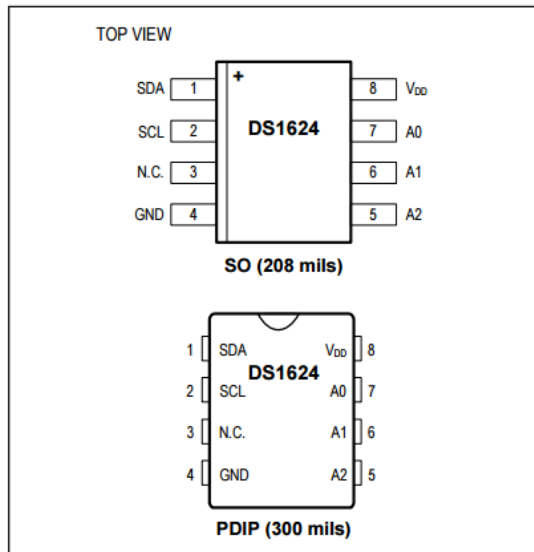
- bit di start;
- DS1624 indirizzato in scrittura;
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- invio del comando di inizio conversione (EEh);
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- bit di stop;

### 3) Lettura della misura:

- bit di start;
- DS1624 indirizzato in scrittura;
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- comando per la richiesta di lettura della temperatura (AAh);
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- bit di start;
- DS1624 indirizzato in lettura;
- bit di Acknowledge da parte del DS1624;
- trasmissione del primo byte da parte del DS1624;
- bit di Acknowledge da parte del PC o del uC;
- trasmissione del secondo byte da parte del DS1624;
- bit di NoAcknowledge da parte del PC o del uC;
- bit di stop.

Approfondimenti sul protocollo di comunicazione, ulteriori informazioni sulle caratteristiche del sensore e su come utilizzare altre funzionalità del DS1624 (lettura e scrittura sulla memoria E2PROM), possono essere trovati nel datasheet distribuito dalla casa costruttrice ([www.maxim.com](http://www.maxim.com)).

## Pin Configurations



## Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	SDA	Data Input/Output Pin for 2-Wire Serial Communication Port
2	SCL	Clock Input/Output Pin for 2-Wire Serial Communication Port
3	N.C.	No Connection. No Internal Connection.
4	GND	Ground
5	A2	Address Input
6	A1	Address Input
7	A0	Address Input
8	V <sub>DD</sub>	2.7V to 5.5V Input Power-Supply Voltage

