

STIMA: MISURAZIONE DI PARAMETRI METEO E AMBIENTALI

di PAOLO PATRUNO
e DANIELE CASTELLARI

Rileviamo vento e precipitazioni, temperatura e umidità dell'aria: in pratica costruiamo una stazione meteo che caricherà i parametri sul server del progetto RMAP. Terza ed ultima puntata.

Dopo aver esaminato differenti moduli per l'acquisizione dei dati, la gestione dei metadati e l'invio a un server, in questa puntata presentiamo la sensoristica e i metodi di elaborazione dei campionamenti per ottenere una completa stazione meteorologica. Saremo allora in grado di misurare temperatura e umidità dell'aria, direzione e intensità del vento, precipitazioni; inoltre daremo alla nostra stazione

la possibilità di muoversi tramite una efficiente georeferenziazione dei dati tramite GPS.

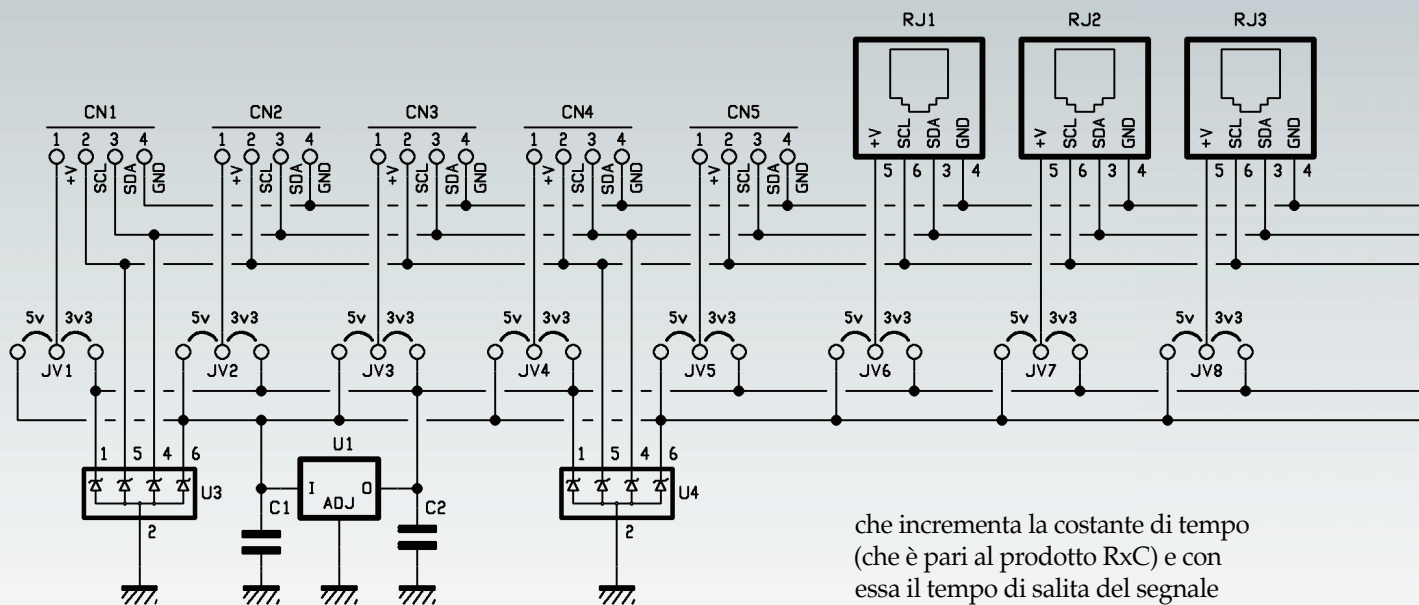
BUS I²C

La stazione Stima è stata pensata come un sistema modulare: possiamo infatti aggiungere sensori per misurare nuove grandezze fisiche (umidità, pressione, velocità del vento) semplicemente collegandoli al bus, fermo restando che

ogni sensore dev'essere gestito dalla libreria di driver per sensori. Come bus abbiamo scelto l'I²C in quanto vanta la disponibilità di una ampia gamma di sensori ed è compatibile a livello hardware con i microcontrollori AT mega dell'Atmel ed anche con la board Raspberry Pi.

Il bus I²C usa due linee, serial data (SDA) e serial clock (SCL), per trasferire informazioni tra i device connessi per suo tramite; la SDA è bidirezionale e funziona quindi alternativamente da input e da output. La sezione di uscita è di tipo open-drain, perciò quando un device deve trasmettere lo stato





logico basso, la sua uscita porta il bus a massa; viceversa, quando un device I²C commuta sul livello alto, l'uscita passa allo stato open (high-Z, ossia alta impedenza) quindi il bus viene portato allo stato alto a VDD da una resistenza di pull-up connessa tra il bus e VDD. La resi-

stenza di pullup insieme alla capacità dei cablaggi e del bus crea un circuito RC con una specifica costante di tempo che limita la massima velocità di commutazione dei dati e del clock. Se si usano cavi lunghi o bus molto estesi, la capacità totale del bus aumenta, il

che incrementa la costante di tempo (che è pari al prodotto $R \times C$) e con essa il tempo di salita del segnale e riduce la massima frequenza operativa. La capacità totale del bus aumenta anche col numero di device connessi al bus. La Fig. 1 illustra la connessione di due device I²C ad un bus.

Le specifiche del bus I²C restringono il tempo di salita di un segnale per differenti frequenze operative; se non serve spingersi fino a 1 MHz massimo, può essere usato il fast mode (400 KHz di massima frequenza operativa), che permette un tempo di salita fino a 300 ns. Con un valore fisso della resistenza di pull-up (R), si ha una relazione lineare tra il tempo di salita (t_r) e la capacità totale del bus (C_b); il tempo di salita t_r è il tempo necessario al segnale per salire da $0,3 \times VDD$ a $0,7 \times VDD$. Questa equazione è derivata risolvendo la tensione di un condensatore in carica per valori $V_c = 0,3 \times VDD$ e $V_c = 0,7 \times VDD$:

$$C_b \text{ (MAX)} = t_r / (R * 0,8473)$$

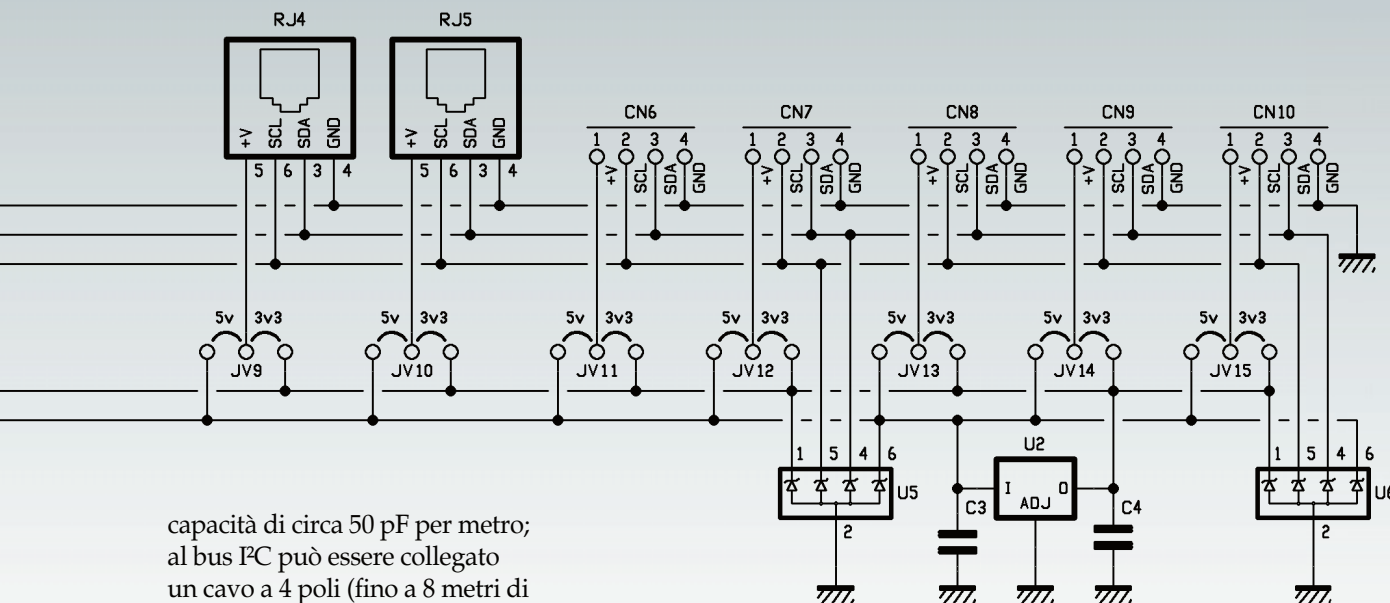
Seguendo le raccomandazioni dei data-sheet, per la resistenza pull-up per un device I²C compatibile, possiamo calcolare la capacità massima del cavo. Questo è il valore massimo teorico della capacità; 400 pF è un valore standard per il bus I²C. Per estendere un bus I²C si può utilizzare una piattina a quattro poli, che normalmente presenta una

Campionamento di variabili meteorologiche

Campionamento è il processo per ottenere una discretizzata sequenza di misure di una quantità fisica. Campione è una singola misura, tipicamente una di una serie di letture "spot" di un sistema di sensoristica. Una **osservazione** (misurazione) è il risultato del processo di campionamento e successiva elaborazione. Nel contesto di analisi di serie, un'osservazione è derivato da un numero di campioni. Variabili atmosferiche come la velocità del vento, temperatura, pressione e umidità sono funzioni di quattro dimensioni - due orizzontali, una verticale e una temporale. Esse variano irregolarmente in tutte e quattro, e lo scopo dello studio del campionamento è quello di definire le procedure di misura pratiche per ottenere osservazioni rappresentative con incertezze accettabili nelle stime tramite indicatori quali **medie** e **variabilità**.

In concreto quello che facciamo in un processo di misura è di fare letture dirette degli strumenti, esprimerle in appropriate unità fisiche e georeferenziarle; questi dati vengono definiti **Data Level I**. I dati a **Level II** invece sono dati riconosciuti come variabili meteorologiche; possono essere ottenuti direttamente da strumenti o derivati dai dati Level I.

I dati della nostra stazione che dovremo scambiare a livello regionale, nazionale o internazionale sono di livello II. Per ogni parametro fisico, di volta in volta, vedremo dove e come avvenga il passaggio da Level I (campionamento) a Level II (osservazione/misura).



capacità di circa 50 pF per metro; al bus I²C può essere collegato un cavo a 4 poli (fino a 8 metri di lunghezza) per trasferire dati a dispositivi addizionali I²C connessi al bus. Se è necessaria una distanza superiore a 8 metri, o se sono connesse capacità superiori al massimo, la frequenza operativa del bus può essere ridotta per consentire un tempo di salita più lungo e quindi una maggiore capacità del bus. Cavi con capacità specifiche inferiori vanno valutati al bisogno. Nel caso di Stima, tenendo conto dei margini di progetto, della protezione ESD e di tutte le capacità di cavi e sensori, abbiamo ritenuto opportuno ridurre la velocità del bus a 50 kHz.

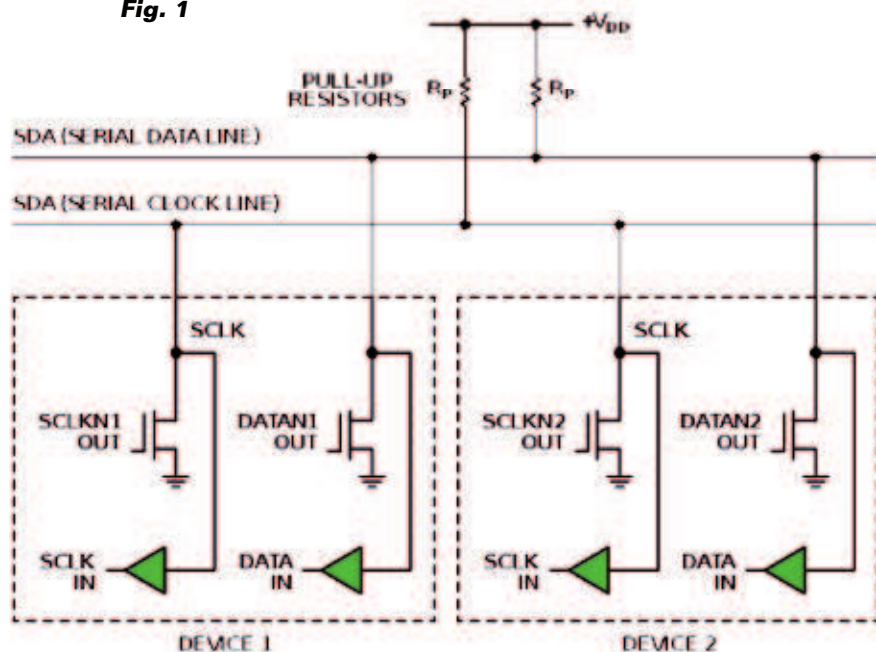
STIMA-I2C-HUB

Il sistema Stima è composto da moduli che si differenziano per tipologia di applicazione e/o metodo di comunicazione: se vogliamo misurare la temperatura e l'umidità in mobilità, abbiamo bisogno di un oggetto facilmente trasportabile e alimentato a batterie; se, al contrario, pensiamo a qualcosa di stabile per misurare anche la velocità del vento con un anemometro o le precipitazioni con un pluviometro, realizzeremo un'installazione fissa con una connessione di rete e fonte di energia costante e garantita con connessioni via cavo per leggere sensori anche a diversi metri di distanza. Pensiamo in modo esem-

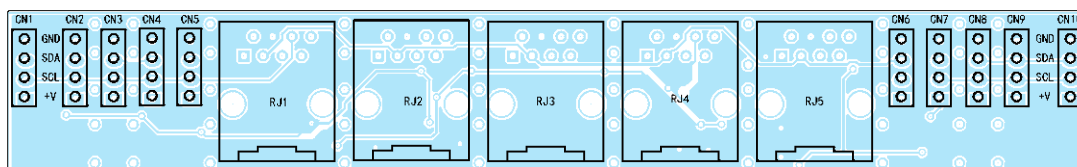
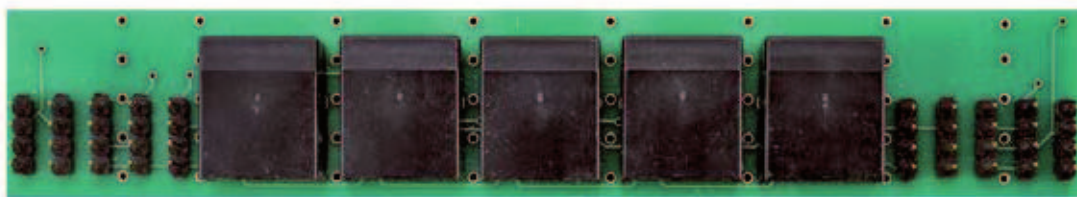
plificativo a temperatura e vento che devono essere rilevati l'una a 2 m dal livello del suolo e l'altra a 10 m. Ora ci soffermeremo su una board che abbiamo progettato per estendere il bus I²C montando altri sensori nelle vicinanze del modulo utilizzando i classici ponticelli Dupont, oppure sensori remoti

con collegamenti su cavo UTP o, addirittura, un semplice cavetto telefonico a quattro fili. La board I²C hub è in sostanza una scheda di interconnessione: non ci sono componenti intelligenti, ma solamente un paio di stabilizzatori di tensione che utilizzeremo principalmente per alimentare sensori a 3,3 V.

Fig. 1



[piano di MONTAGGIO]



Elenco Componenti:

- C1: 10 μ F ceramico (1206)
- C2: 10 μ F ceramico (1206)
- C3: 10 μ F ceramico (1206)
- C4: 10 μ F ceramico (1206)
- U1: LM1117IMP-3.3/NOPB
- U2: LM1117IMP-3.3/NOPB
- U3: ESDA6V1-4BC6

Per sensori lontani collegati con cavo UTP, alimentiamo un estremo a 5 V e quando i sensori lo permettono li stabilizziamo all'altro estremo a 3,3 V, a pochi centimetri dal sensore, evitando che cadute di potenziale sulla linea influenzino le letture; quando si effettuano misurazioni è sempre utile cercare di predisporre le condizioni migliori per avere letture stabili.

Analizziamo i componenti della scheda: sono presenti pochi componenti, si tratta di due regolatori di tensione LM1117-3.3 che riducono e stabilizzano la tensione in ingresso producendo in uscita 3,3 V (vanno montati entrambi se spezzate la scheda, altrimenti ne basta uno). Come consigliato dal costruttore, in ingresso ed uscita abbiamo applicato due condensatori. Nello schema troviamo anche due circuiti di protezione ESDA6V1-5SC6 che preservano i componenti da eventuali picchi di tensione dovuti soprattutto a cariche elettrostatiche.

I connettori per l'espansione del bus sono sia di tipo Dupont, che prese RJ45. Diventa quindi possibile utilizzare cavi di rete o piattina quadripolare per prolungare il bus e/o collegare sensori.

La scheda è stata progettata su un unico PCB, ma va divisa in due o più parti tagliando in corrispondenza dei fori paralleli: solitamente una parte verrà montata vicino al modulo Stima per collegare due o più sensori sul bus PC.

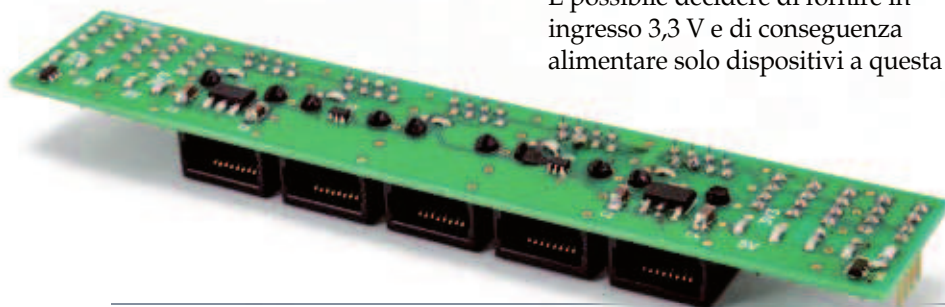
Se vogliamo espandere il bus per sensori lontani lasciamo anche una o più prese RJ45. I ritagli di PCB rimasti si usano per collegare i sensori remoti su uno o più punti costruendo un bus modulare che può diramarsi o montare sensori lungo la linea.

La scheda consiste in una vera e propria matrice che permette di personalizzare ingressi e uscite col la flessibilità richiesta da dispositivi che usano tensioni differenti. È possibile decidere di fornire in ingresso 3,3 V e di conseguenza alimentare solo dispositivi a questa

tensione, oppure usare 5 V e in questo caso potremo utilizzare sia la tensione più alta dal bus che la tensione stabilizzata localmente dai regolatori. Adattiamo alle nostre esigenze le connessioni con un solo punto di saldatura che porta al pin di uscita la tensione prescelta, questa scelta va fatta per ogni connettore sia in ingresso sia in uscita, e si fa solo in fase di setup. Vi consigliamo di annotarvi le connessioni che avete scelto e comunque verificare sempre in fase di sostituzione delle periferiche per evitare brutte sorprese.

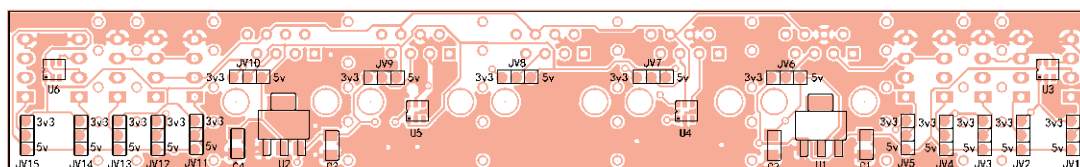
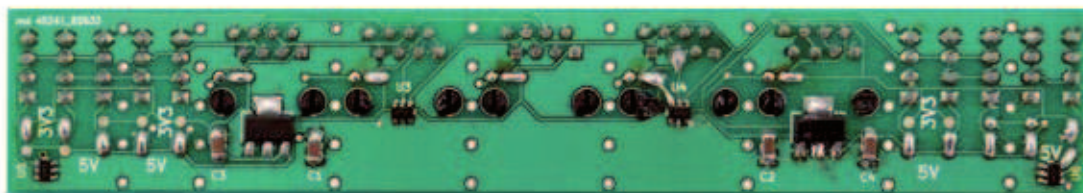
Se vogliamo semplicemente montare tre sensori aggiuntivi al modulo Stima-I2C possiamo sezionare la scheda all'altezza dei primi, fori come mostrato in Fig. 2. Nella scheda abbiamo predisposto alcuni fori in modo da renderne più semplice la separazione, questi sono predisposti in diversi punti del PCB per tagliarlo secondo le proprie esigenze.

Per collegare un sensore a diversi metri di distanza è sicuramente più utile utilizzare un cavo UTP con connettori RJ45, possiamo ad esempio usare i cavi di rete che abbiamo in casa; in questo caso tagliamo il PCB lasciando su ogni parte un connettore femmina RJ45 e uno o più connettori strip. A seconda



U4: ESDA6V1-4BC6
 U5: ESDA6V1-4BC6
 U6: ESDA6V1-4BC6
 RJ1: Connettore RJ45
 RJ2: Connettore RJ45
 RJ3: Connettore RJ45
 RJ4: Connettore RJ45
 RJ5: Connettore RJ45

Varie:
 - Strip maschio 4 vie
 (10 pz.)
 - Circuito stampato S1247



delle distanze da coprire e il tipo di cablaggio possiamo scegliere tra cavo telefonico quadripolare con RJ11 dritto, cavi ethernet dritti cat5 o cat7 con RJ45 che offrono capacità specifiche e schermature differenti.

Fate attenzione quando tagliate le board, i tagli devono essere precisi e ben rifiniti. Quando sezionate la scheda è possibile che una piccola sezione dello strato in rame si scollino dalla vetronite e rimanga libero provocando connessioni indesiderate e piccoli cortocircuiti, quindi rifilate bene utilizzando un cutter. Ora in base alle tensioni di cui avete bisogno potete decidere di alimentare i sensori a 3,3 V o 5 V collegando fra loro alcune piazzole. La Fig. 3 mostra alcuni esempi di connessione.

Vi abbiamo illustrato alcuni casi, ma è possibile scegliere per ogni periferica la tensione di alimentazione. Ricordate che per sensori intendiamo anche microcontrollori che si occupano di adattare grandezze analogiche o digitali nello standard di comunicazione I²C; queste board sono tipicamente alimentate con le tensioni che abbiamo predisposto sul bus. Come vedete anche sulla connessione dei sensori abbiamo optato per la modularità in modo da ave-

re un sistema flessibile e ampliabile anche a sensori con connettori diversi.

MODULO STIMA-TH (TEMPERATURA E UMIDITÀ)

Le specifiche del World Meteorological Organization (WMO) sono molto esigenti riguardo all'accuratezza di misura per temperatura e umidità; per la nostra tipologia di stazione è necessario fare dei compromessi tra accuratezza e costi dei sensori. In seguito a una ricerca di mercato abbiamo selezionato i migliori sensori disponibili a costi contenuti: per la temperatura l'ADT7420 di Analog Device e per l'umidità HIH6100 prodotto da Honeywell.

ADT7420 è il sensore di temperatura compatibile col bus I²C con la maggiore accuratezza disponibile al momento: dal datasheet leggiamo che nel range tra -10 e +85°C ha una tolleranza sulla misura di ±0,2 °C, una bit resolution di 0,0078 °C e una deriva termica di appena 0,0073°C. Questo sensore è disponibile con case LFCSP, molto compatto ma purtroppo difficoltoso da saldare.

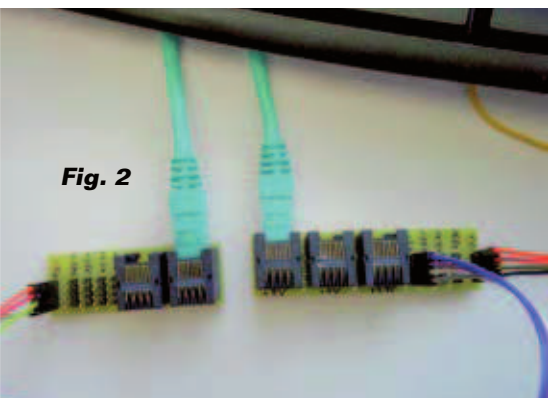
Per la rilevazione della temperatura bisogna prestare attenzione alle capacità termiche che si vanno ad aggiungere al sensore, ossia PCB

e altri componenti nelle vicinanze del sensore. Questo perché anche la costante di tempo del sensore è una importante caratteristica della misura. Per il WMO non si devono superare i 100 secondi, il che si traduce in PCB di ridotte dimensioni da montare semplicemente su un isolatore termico.

Questo sensore necessita di due resistori per la selezione dell'indirizzo I²C; sul PCB sono predisposte sei piazzole che consentono di utilizzare quattro diversi indirizzi. Un condensatore da 0,1 µF tra le piste di alimentazione garantisce il disaccoppiamento dell'alimentazione. I resistori vanno saldati tra la piazzola centrale e quelle contrassegnate con il simbolo + o -, alternando la posizione è possibile utilizzare su una stazione fino a 4 sensori.

I sensori HIH6100 dedicati alla misura di umidità sono caratterizzati da un'accuratezza di ±4 % RH, dispongono di filtro idrofobico (opzionale) e sono commercializzati in due case differenti; sul PCB è possibile montare entrambi i tipi anche a causa della non sempre semplice reperibilità sul mercato. Importante è la scelta del modello con o senza filtro idrofobico: la versione senza è adatta per un uso in interni dove situazioni di acqua condensante sono generalmente

Fig. 2



vista la sua scarsa accuratezza. Per questi sensori l'indirizzo PC viene scelto tramite software; è richiesto solo un condensatore da 0,22 μ F tra le piste di alimentazione per il case SIP4 ed uno ulteriore da 0,1 μ F per il case SOIC-8 SMD. Come abbiamo visto all'inizio dell'articolo, il bus PC richiede due resistori di pull-up, questi resistori sono unici su tutto il bus.

Il PCB è predisposto per la saldatura di R1 ed R2 nel caso questa sia l'unica board connessa o se questa sia la board prescelta per il pull-up del bus. Per l'installazione di questi sensori all'esterno, è importante preservare le connessioni dalla corrosione degli agenti atmosferici e consigliamo uno strato di silicone protettivo spray del tipo Electrolube DCR200H.

In ultimo, solo un accenno alla collocazione del sensore che tramite una vite dovrà essere fissato a un supporto termoisolante all'interno di uno schermo per le radiazioni, ma che permetta anche un agevole passaggio dell'aria; approfondimenti a www.raspibo.org/wiki/index.php/Gruppo_Meteo/DisciplinareStazione.

SENSORE DI PRESSIONE

Come trasduttore di pressione abbiamo scelto il diffusissimo BMP180 della Bosch, che garantisce un range di misura compreso fra 300 e 1.100 hPa (+900m/-500m sul livello del mare), un'accuratezza

relativa tipica (tra 950 e 1.050 hPa, a 25 °C) di $\pm 0,12$ hPa. L'accuratezza relativa tipica (fra 700 e 900 hPa, a 25÷40 °C) è di $\pm 0,12$ hPa. Il BMP180 è basato sulla tecnologia piezo-resistiva, calibrato e compensato in temperatura. Utilizzando una breakout board (visibile in Fig. 4 e disponibile da Futura Elettronica, www.futurashop.it) è possibile collegarlo direttamente al bus PC.

PREPARAZIONE DELL'IDE ARDUINO

Queste operazioni sono necessarie per tutti i firmware Stima. Installare Arduino 1.6.6 da <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> o tramite la propria distribuzione. Scaricare l'ultima versione del software Stima (file stimasketchbook) da <https://github.com/r-map/rmap/releases> e scompattare il file zip. Aprire l'IDE Arduino e in file -> impostazioni -> percorso della cartella degli sketch selezionare la cartella sketchbook appena scompattata dal file scaricato; chiudere e riaprire l'IDE.

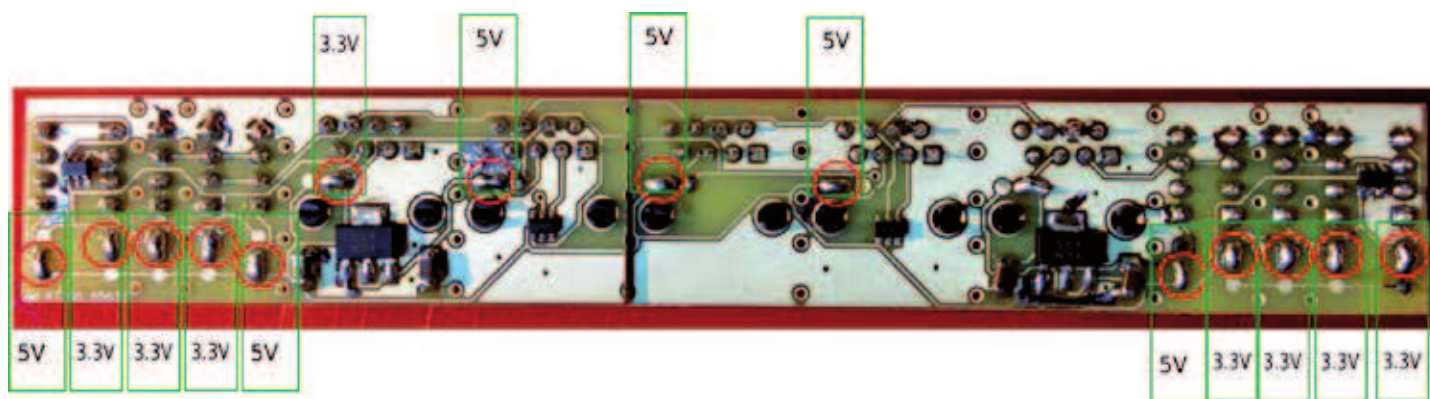
MODULO STIMA-I2C-WIND

Vediamo ora come misurare intensità e direzione del vento; considereremo l'utilizzo di sensori analogici. Per l'intensità usiamo strumenti a rotazione basati sulla misurazione della frequenza di rotazione di un mulinello con coppe emisferiche: ad ogni rotazione, un contatto viene aperto e chiuso. Per la direzione, si



Fig. 3

assenti; la versione con filtro idrofobico deve essere usato in esterni per proteggere il sensore dalla condensa che porterebbe poi i campionamenti a risentire fortemente del processo di isteresi. L'HHH restituisce anche un dato di temperatura a cui non daremo molta importanza



usano strumenti a banderuola, la cui posizione modifica la posizione del cursore di un potenziometro la cui tensione di uscita indicherà l'angolo di provenienza del vento. I sensori sono collegati a un microcontrollore che provvederà ad elaborare i dati e renderli disponibili sul bus I²C. Il microcontrollore conterà gli impulsi relativi all'intensità del vento tramite una routine di elaborazione di un interrupt (ISR); la direzione sarà invece una lettura dal convertitore analogico-digitale. Il firmware ha due modalità di funzionamento: la prima chiamata one-shot che vede l'effettuazione di un campionamento una tantum e l'altra che continua ad effettuare misure ed elaborare osservazioni in modo ciclico. I file *config.h* e *registers-wind.h* definiscono la configurazione del firmware, gli indirizzi, i registri e i comandi. Usando le macro in essi contenuti l'indirizzo sull'I²C-Bus è **I2C_WIND_ADDRESS**. L'impostazione one-shot avviene scrivendo un booleano nel registro **I2C_WIND_ONESHOT**. Il registro per i comandi è **I2C_WIND_COMMAND**, cui è possibile impartire **I2C_WIND_COMMAND_ONESHOT_START** e **I2C_WIND_COMMAND_ONESHOT_STOP**; tra uno start e uno stop bisogna attendere **SAMPLERATE** (che vale circa 3 secondi e dipende dalla strumentazione). Dopo uno stop è possibile leggere questi registri:

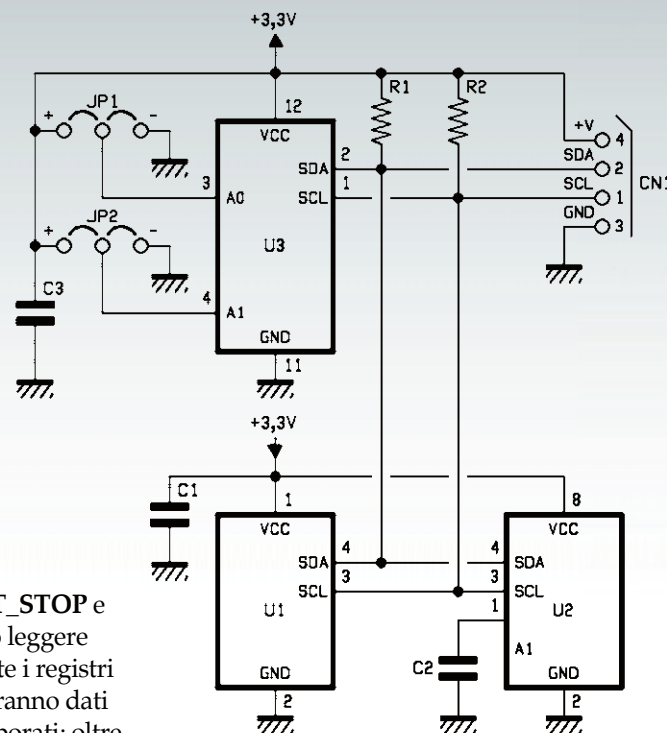
- I2C_WIND_VERSION (versione firmware);
- I2C_WIND_DD (direzione vento);
- I2C_WIND_FF (forza del vento);
- I2C_WIND_U (componente vento su paralleli-U);
- I2C_WIND_V (componente vento su meridiani-V).

Se la modalità one-shot è disabilitata, è necessario impartire solo il comando **I2C_WIND_COMMAND_**

ONESHOT_STOP e si potranno leggere direttamente i registri che riporteranno dati appena elaborati; oltre ai precedenti, sarà possibile leggere anche questi registri:

- I2C_WIND_MEANU (media U 10 minuti);
- I2C_WIND_MEANV (media V 10 minuti);
- I2C_WIND_PEAKGUSTU (picco raffica U 10 minuti);
- I2C_WIND_PEAKGUSTV (picco raffica V 10 minuti);
- I2C_WIND_LONGGUSTU (lunga raffica -60s- U 10 minuti);
- I2C_WIND_LONGGUSTV (lunga raffica -60s- V 10 minuti);
- I2C_WIND_MEANFF (media forza del vento 10 minuti);
- I2C_WIND_SIGMA (deviazione standard forza 10 minuti);
- I2C_WIND_SECTOR(1...8) frequenza nel settore 1...8 (sector 1 da -22.5 to +22.5);
- I2C_WIND_SECTORCALM (frequenza calma di vento).

Per la lettura dei registri viene utilizzata la tecnica del double buffering, in modo da rendere le letture dei registri atomiche; a ogni comando stop i buffer vengono scambiati. Per l'elaborazione dei dati invece vengono usati dei cir-

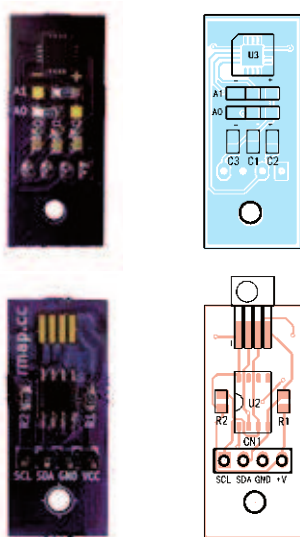


cular buffer, che permettono di elaborare in continuo medie, massime. Per risparmiare memoria vengono usati due livelli di circular buffer a risoluzioni temporali differenti e due diversi livelli di elaborazione che sfruttano la proprietà distributiva degli algoritmi. Veniamo all'hardware dello Stima-I2C-Wind: il modulo si realizza impilando una board Microduino core e una board STIMA-I2C; il tutto si collega ed alimenta (5V) tramite un cavo quadripolare connesso dalla board STIMA-I2C al bus Pc. Il firmware è preconfigura-



Fig. 4

[piano di montaggio del **SENSORE**]



Elenco Componenti:

R1: 4,7 kohm (0805)
R2: 4,7 kohm (0805)
C1: 220 nF ceamico (0805)
C2: 100 nF ceramico (0805)
C3: 100 nF ceramico (0805)
U1: HIH6120-021-001
U2: HIH6131-021-001
U3: ADT7420UCPZ-R2

Varie:

- Strip maschio 4 vie passo 2.54mm
- Circuito stampato S1246

to per due modelli di anemometri tra i più diffusi, ma non è difficile adattarlo ad altri; il file è *i2c-wind*: dovete compilarlo e caricarlo nel microcontrollore tramite la board Microduino FT232.

Anemometri

Il primo anemometro che abbiamo testato è il Davis (Fig. 5) ed è uno strumento integrato con potenziometro da 20 kΩ per leggere la direzione e un contatto Reed per rilevare l'intensità. Le caratteristiche sono riportate nella **Tabella 1**. Per quanto riguarda i collegamen-

ti, sono: rosso: massa; giallo: 5V (alimentazione potenziometro); nero: D2 (a contatto intensità del vento, chiuso a massa); verde: A0 (a cursore potenziometro 20 kΩ). Vediamo adesso l'anemometro Inspeed: si tratta del modello E-Vane2 della serie VORTEX II HEAVY DUTY ANEMOMETER (Fig. 6) e rileva la direzione grazie a sensori ad effetto di Hall, quindi richiede un'alimentazione a 5 Vcc. L'anemometro Inspeed offre alcuni vantaggi rispetto al Davis, dovuti al fatto che utilizzando sensori Hall non richiedono sistemi antiribaltzo, riducono gli attriti e hanno zero deadband. Le caratteristiche dell'E-Vane2 sono:

- tensione di alimentazione: 2,7÷5,5 Vcc;
- assorbimento: 12 mA (tipico);
- tensione d'uscita: 5÷95% della tensione d'ingresso;
- impedenza d'uscita: 500 ohm;
- impedenza d'ingresso: minimo 50 kohm.

Per quanto riguarda i collegamenti, oltre all'alimentazione (5V) si deve collegare il pin A0 al cavo bianco del sensore di direzione e il pin D2 al cavo bianco del sensore di intensità.

MODULO STIMA-I2C-RAIN

Questo modulo funziona connesso a pluviometri a doppia vaschetta basculante: l'imbuto di raccolta porta acqua a una doppia vaschetta, incernierata al centro. È un sistema il cui equilibrio varia relativamente al peso dell'acqua distribuita nella bascula; la vaschetta più pesante si ribalta raggiunti 0,2 kg/m², svuotandosi e posizionando l'altra per il riempimento; ogni ribaltamento apre e chiude un contatto elettrico. Questa tipologia di pluviometro ha problemi conosciuti con le precipitazioni solide (neve e grandine), che si fermano nell'imbuto, e con quelle molto intense, generalmente

sottostimate. Il pluviometro è collegato a un microcontrollore che ne elabora i dati rendendoli disponibili sul bus I²C. Il microcontrollore conta gli impulsi relativi alle bascate tramite una routine di elaborazione di un interrupt (ISR); il firmware per ora funziona solo in modalità one-shot. I file *config.h* e *registers-wind.h* definiscono la configurazione del firmware, gli indirizzi, i registri e i comandi. Usando il macro in essi contenute l'indirizzo I²C è I2C_RAIN_ADDRESS. Il registro per i comandi è I2C_RAIN_COMMAND, cui è possibile impartire I2C_RAIN_COMMAND_START, I2C_RAIN_COMMAND_STOP e I2C_RAIN_COMMAND_STARTSTOP:

- START esegue il reset del contatore di bascate (da effettuare sempre all'avvio);
- STOP: prepara la lettura del contatore rendendo disponibile l'ultimo stato nel buffer di lettura;
- STARTSTOP: effettua uno START e uno STOP in modo atomico.

Una sequenza di lettura vede quindi l'esecuzione di uno START al boot e uno STARTSTOP seguito da una lettura del contatore ad ogni lettura per valore incrementale parziale; in alternativa, per ogni lettura per valore incrementale totale vengono eseguiti STOP e lettura del contatore. Tale sequenza permette di non perdere alcun evento, cosicché il valore cumulato è sempre garantito, particolarmente se verrà prevista la presenza di una batteria tampone.

Dopo uno stop è possibile leggere questi registri: * I2C_RAIN_VERSION Versione del firmware * e I2C_RAIN_TIPS Numero bascate.

Hardware

Il modulo si realizza impilando una board microduino core e una board

Tabella 1

	Campo	Accuratezza	Risoluzione	Temporizzazione di misura
velocità vento	0,5÷89 m/s	±1 m/s o ±5% (la maggiore delle due)	0,1 m/s	periodo di campionamento di 2,25s
direzione vento	0÷360°	7°	1°	costante di tempo del filtro (tipica 8s)

**Fig. 5**
Anemometro Davis.

STIMA-I2C; il tutto si collega ed alimenta tramite un cavo quadripolare connesso dalla board STIMA-I2C al bus I2C.

Pluviometri

È possibile utilizzare qualsiasi pluviometro con bilancia basculante; i test li abbiamo fatti con un pluviometro Davis 07852 (Fig. 7), che ha un ottimo rapporto qualità prezzo. In uscita ha un contatto reed che richiede un sistema antirimbazzo. Se invece volete cimentarvi con l'autocostruzione, potete valutare il progetto <http://openpluvio.it> che riguarda un pluviometro open source.

Per quanto riguarda i collegamenti, i due poli del contatto della bilancia vanno collegati uno a massa e l'altro al contatto D2 del micro.

Software

Quanto al software per questo modulo, il file è *firmware i2c-rain*: al solito bisogna compilarlo e caricarlo nel microcontrollore tramite la board Microduino FT232.

MODULO STIMA-I2C-GPS

Questo modulo rende disponibili i principali dati del GPS su bus I2C; ciò permette di scaricare dal lavoro di monitoraggio della seriale il microcontrollore della stazione preposto all'invio dei dati. Come cuore del modulo utilizziamo la board Microduino GPS, basata su

NEO 6 u-blox.

Il firmware è in grado di gestire questi protocolli del sistema GPS:

- NMEA;
- UBX;
- MEDiatek.

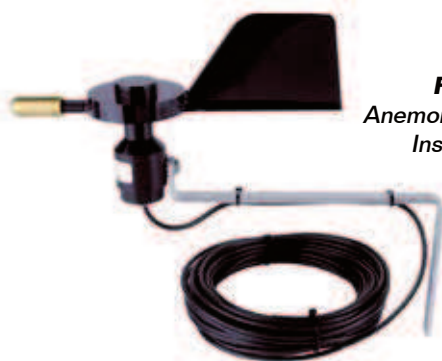
Il firmware è stato testato con protocollo UBX; protocollo proprietario della U-blox che usa dati binari a 8 bit, checksum protected, identificatore di messaggio a due stadi (Class- and Message ID). I registri che posso essere letti sono:

- I2C_GPS_VERSION Firmware version;
- I2C_GPS_STATUS_2DFIX 2dfix achieved;
- I2C_GPS_STATUS_3DFIX 3dfix achieved;
- I2C_GPS_STATUS_NUMSATS Number of sats in view;
- I2C_GPS_LOCATION current location 8 byte (lat, lon) int32_t;
- I2C_GPS_ALTITUDE GPS altitude in meters (uint16_t);
- I2C_GPS_GROUND_SPEED

GPS ground speed in m/s*100 (uint16_t);

- I2C_GPS_GROUND_COURSE GPS ground course (uint16_t);
- I2C_GPS_TIME UTC Time from GPS in hhmmss.sss * 100 (uint32_t);
- I2C_GPS_REG_YEAR Year (uint16_t);
- I2C_GPS_REG_MONTH Month (uint8_t);
- I2C_GPS_REG_DAY Day (uint8_t);
- I2C_GPS_REG_HOUR Hour (uint8_t);
- I2C_GPS_REG_MIN Minute (uint8_t);
- I2C_GPS_REG_SEC Second (uint8_t).

Il LED PPS presente sulla board visualizza due stati secondo la configurazione predefinita:

**Fig. 6**
Anemometro Inspeed.

	Tipo di sensore	Range	Accuratezza	Risoluzione
Velocità del vento	Rotore a 3 pale con sensore di Hall	64 m/s	+/- 0.5 m/s o 4% (la maggiore delle due)	
Direzione del vento	Banderuola con sensore di Hall	360 gradi	+/- 6°	0,025 gradi

- acceso = in funzione ma il posizionamento (tracking) non è stato ottenuto;
- lampeggiante = posizionamento avvenuto.

Hardware

Per quanto riguarda l'hardware, il modulo è composto da:

- board microduino core+ 644P;
- board Microduino-GPS;
- board STIMA-I2C.

Consigliamo l'uso del core+ 644p perché consente di disporre di due porte seriali hardware (l'uso della seriale software ci è risultato instabile), una per il GPS e l'altra per il debug e la programmazione. La board microduino GPS deve essere preparata per questa configurazione ed allo scopo bisogna tagliare la connessione tra i due pad centrali e RX0/TX1, quindi connettere questi a D2, D3 (Fig. 8).

Software

Il firmware è *i2c-gps*: compilatelo e caricatelo sul microcontrollore tramite la board Microduino FT232. Per utilizzare il modulo STIMA-I2C-GPS con un modulo Stima (ad esempio *master* o *gsm*) è necessario attivare la macro I2CGSPRESENT in *rmap_config.h* prima della compilazione.

Fig. 7



CONFIGURAZIONE DELLA STAZIONE

Tutto quanto trattato in questa puntata ha come scopo quello di espandere una stazione Stima; si deve quindi avere un modulo Stima presentato nelle puntate precedenti. La configurazione deve quindi essere caricata su uno di questi moduli (STIMA-Bluetooth, STIMA-Master, STIMA-Satellite, STIMA-GSM) allo scopo di informare la stazione della nuova sensoristica a cui la abbiamo collegata. Per farlo dobbiamo aver installato l'applicazione rmap come da puntate precedenti o da istruzioni che trovate comunque qui: http://www.raspibo.org/wiki/index.php/Gruppo_Meteo/HowTo#Configurazione_moduli. Il nostro interesse ora è relativo ai sensori che sono stati aggiunti al bus I2C e che devono essere configurati nella stazione. Per farlo utilizzeremo dei template; ad esempio: "stima_t", "stima_th" oppure "stima_thwrp". Le lettere hanno il seguente significato: t temperatura; h umidità; w vento; r precipitazione; p pressione. Questi template dovranno essere utilizzati come Template e/o Remote Template. Se i sensori sono remoti e interrogati tramite modulo radio nrf24 le lettere dei sensori dovranno essere prefissate da rf24; ad esempio "stima_rf24_thwr".

CONCLUSIONI

Con questo articolo si conclude la serie relativa al progetto Stima e alla Rete di Monitoraggio Ambientale Partecipativo; continuate a fare misure e condividerle per capire il mondo che ci circonda. Per ulteriori moduli e sviluppi futuri, bug report e supporto anche tramite la mailing list fate riferimento al sito <http://rmap.cc>.

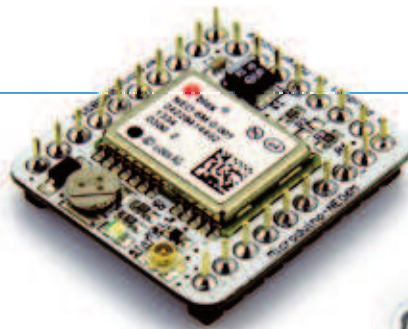
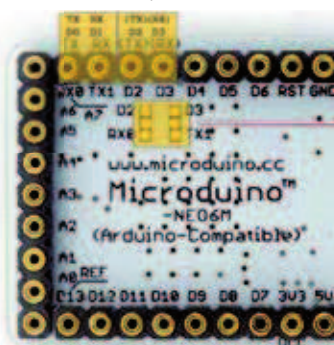


Fig. 8

SERIAL PORTS SELECTION
DEFAULT=D0/D1



JUMPER FOR SERIAL PORTS SELECTION
DEFAULT=D0/D1

per il MATERIALE

Tutti i componenti utilizzati in questo progetto sono di facile reperibilità. I master dei circuiti stampati possono essere scaricati dal sito della rivista. I componenti elencati di seguito si possono acquistare presso Futura Elettronica:

- Microduino Core ATMEGA1284 (cod. MDUINO1284) a Euro 22,00.
 - Microduino Core+ ATMEGA644PA (cod. MDUINOCORE+) a Euro 15,50.
 - Microduino Shield USB/TTL (cod. MDUINOUSBTTL) a Euro 19,00.
 - Microduino Shield SDcard (cod. MDUINOSD) a Euro 12,50.
 - Microduino Shield NRF24 (cod. MDUINONRF24) a Euro 16,00.
 - SET CAVI POE (cod. SETCAVIPOE) a Euro 6,00.
 - Display LCD 20x4 con interfaccia I²C (cod. LCD20X4AI2C) a Euro 26,00.
 - MODULO 4 RELÈ 5VDC 10A (cod. RELAY4CH) a Euro 13,00.
 - MODULO 2 RELÈ 5 VDC 10A (cod. RELAY2CH) a Euro 8,00.
 - Modulo 1 relè 5 Vdc 10A (cod. RELAY1CH) a Euro 5,00.
- Tutti i prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:
Futura Elettronica, Via Adige 11,
21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775 - Fax: 0331-792287
<http://www.futurashop.it>