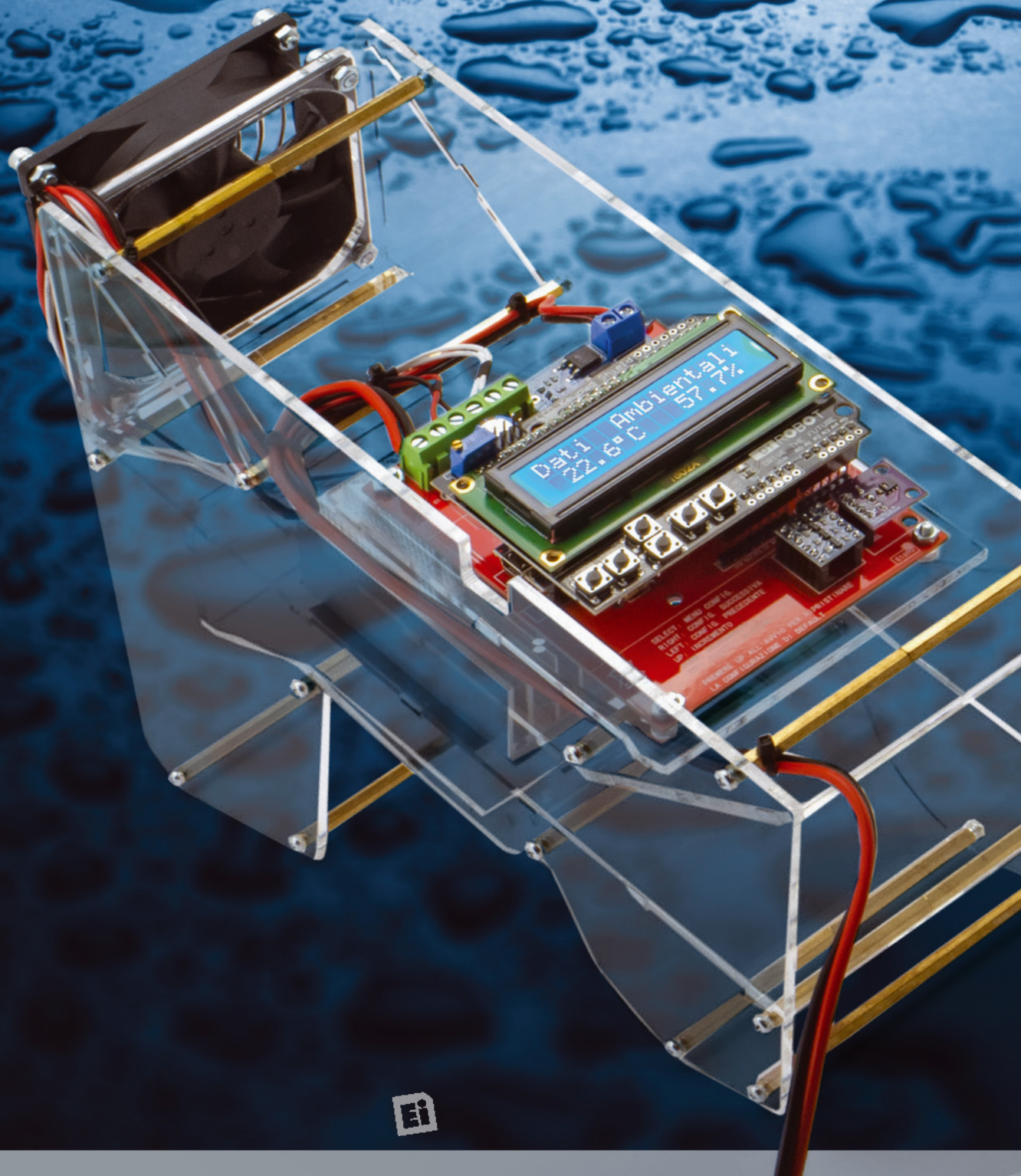



CREIAMO L'ACQUA CON L'ARIA



di **GABRIELE DAGHETTA**



Condensa l'aria che passa sul suo dissipatore raffreddato da una cella di Peltier ricavando acqua dall'umidità; è una sorta di deumidificatore che può funzionare alimentato da fotovoltaico per avere acqua dove non c'è.

Da alcuni anni quando arriva l'estate ci si pone il problema della siccità, che non è ormai più un problema solo del Sud Italia o delle Isole Maggiori, perché tocca, per non dire pervade, anche le regioni del Centro Nord: bacini e corsi d'acqua quasi in secca e restrizioni al consumo dell'acqua potabile e viene da chiedersi dove finisce quella immensa quantità del prezioso liquido di cui il mondo sarebbe ricco.

Ebbene, la risposta l'abbiamo intorno e addosso a noi quando ci sentiamo appiccaticci nelle giornate di caldo afoso: nell'aria umida, che è tale a causa dell'elevato tasso di umidità che contiene. Già, perché l'umidità non è altro che vapor d'acqua sospeso nell'aria.

Proprio il fatto che l'aria d'estate è spesso molto umida, in special modo nelle zone pianeggianti, vicino ai laghi e al mare, con qualche artificio possiamo chiederle di darci un po' di quell'acqua che contiene e naturalmente possiamo farlo non con una parola gentile, ma con l'aiuto dell'elettronica: come dimostra il progetto proposto in queste pagine, è possibile forzare la condensa dell'umidità per poi raccoglierla in un contenitore e utilizzarla, per esempio, per annaffiare le piante. Il relativo processo è uguale a quello su cui si basano i deumidificatori di ambienti, solo che qui ci baseremo su un sistema refrigerante allo stato solido, dove al posto dell'evaporatore e della pompa di calore c'è una cella di Peltier.

Ma vediamo subito di cosa si tratta: per condensare l'umidità concentrata nell'aria dobbiamo disporre di un corpo freddo, in modo che quando l'aria stessa entra in contatto con esso non solo gli cede calore, ma se la temperatura della zona di contatto è pari o inferiore al cosiddetto "punto di rugiada" il vapore acqueo di cui l'aria è "intrisa" in varia misura condensa diventando acqua.

Il punto di rugiada (altrimenti noto nel linguaggio tecnico internazionale come Dew Point) è la temperatura alla quale il vapore acqueo in sospensione che determina l'umidità dell'aria condensa e, contrariamente a quanto verrebbe intuitivo pensare, non è costante ma dipende sia dalla temperatura dell'aria (e quindi da quella del vapore) sia dall'umidità relativa dell'aria stessa (ossia dalla concentrazione di acqua in sospensione).

Per averne un'idea potete guardare la **Tabella 1**, che indica la temperatura alla quale avviene la condensa del vapore

La cella di Peltier è un componente elettronico che presenta una differenza di temperatura tra le sue due superfici quando viene attraversato da una corrente elettrica: alimentando i suoi due terminali la cella scalda una delle sue facce (che perciò prende il nome di lato caldo) e raffredda l'altra (che prende così il nome di lato freddo).

Si presenta come un wafer di forma rettangolare o quadrata delimitato da due lamine che racchiudono un reticolo di colonnine quadrate; le lamine sono composte entrambe di allumina, un materiale ceramico sintetico ad alta conducibilità termica, solo che mentre quella del lato freddo è naturale l'altra (lato caldo) è sovente rivestita da uno strato di rame.

Nella sua forma elementare, la cella è composta dalla giunzione fra due differenti metalli, saldati insieme; la struttura è fatta in modo da lasciare esposta la giunzione, che appoggia su una lamina di materiale termicamente conduttivo.

Per comprendere il funzionamento delle celle bisogna considerare che i metalli hanno gli elettroni periferici che "ballano sulla superficie" e tale movimento diviene tanto più evidente quanto più li si scalda. Unendo due elementi metallici di diversa

natura, la differenza nella loro struttura atomica determina, ai capi della giunzione che ne deriva, una piccolissima differenza di potenziale.

Nel caso dei metalli, se hanno differente valenza la loro giunzione registra uno scompenso, dovuto al fatto che quello con maggiore valenza assume carica leggermente positiva.

La differenza è debolissima e cresce all'aumentare della temperatura, perché più si scaldano i metalli, più energia viene fornita agli elettroni, già debolmente legati ai rispettivi atomi.

La giunzione siffatta presenta un'altra caratteristica: riscaldandola, la differenza di potenziale ai suoi capi non solo aumenta, ma lo fa in base a quale dei due lati viene scaldato. Ciò avviene per quello che si chiama effetto Seebeck, così chiamato dal fisico T.J. Seebeck, che lo scoprì nel 1821. L'effetto Seebeck è reversibile, perché facendo attraversare la struttura dalla corrente, a seconda del verso un lato si scalda e l'altro si raffredda.

La differenza di temperatura tra i due lati è tanto più consistente quanto più elevata è la corrente che attraversa la giunzione. Tale fenomeno prende il nome di effetto Peltier, in omaggio a Jean Charles Peltier che lo scoprì nel 1834.

Purtroppo le giunzioni di metallo non permettono di ottenere sostanziali differenze di temperatura tra il lato caldo e quello freddo; la svolta si è verificata con i semiconduttori, che presentano una minore conducibilità termica e un maggior salto di potenziale, tanto da consentire quelle che oggi conosciamo come celle di Peltier, nelle quali una cella elementare, ossia un singolo elemento del reticolo che costituisce quella che usualmente si definisce cella di Peltier, è composto da una giunzione PN non rettificante.

La cella elementare di Peltier a semiconduttore è una saldatura fra pezzi di silicio, ossia una sorta di doppia giunzione PN composta da un blocchetto drogato con impurezze trivalenti e due a drogaggio N (impurezze pentavalenti); la superficie della giunzione è appoggiata a un placca termicamente conduttiva (di metallo) che realizza la connessione elettrica tra i blocchetti P e N adiacenti. Le giunzioni non sono come quelle dei diodi o dei transistor, quindi non si crea la regione di svuotamento. Applicando agli estremi liberi di questo diodo una differenza di potenziale che sia positiva sulla regione drogata P e negativa sulla N, la superficie esterna (cioè quella libera) della P prima diventa fredda e quella della N anche; si scalda, invece,

l'elettrodo metallico che unisce i due pezzi di semiconduttore. Invertendo la polarità, la parte metallica si raffredda e le zone P ed N esterne si riscaldano. Il semiconduttore a drogaggio P (quindi povero di elettroni liberi) si scalda dal lato dal quale esce la corrente e si raffredda da quello nel quale, invece, la corrente entra; il semiconduttore drogato N (ricco di elettroni liberi) si scalda dalla parte dalla quale la corrente entra e si raffredda da quella da cui la corrente esce.

La cella di Peltier a semiconduttore è l'insieme di tre blocchi, di polarità alternata: P/N/P o N/P/N, i cui estremi ricevono la tensione di alimentazione e le cui giunzioni sono girate una in alto e l'altra in basso. Il comportamento termico della cella di Peltier a semiconduttore si spiega considerando che in una struttura composta da due tipi di semiconduttore una maggiore densità di elettroni da una parte rispetto all'altra provoca una differenza di temperatura; per l'esattezza, dove ci sono più elettroni si produce più calore, dovuto all'energia posseduta da ciascuno, mentre dal lato dal quale gli elettroni vengono sottratti, la temperatura cala. Quindi, alimentando la struttura P/N/P mostrata nella Fig. A in modo che la regione a sinistra

acquiesce in base a vari valori di umidità relativa e temperatura dell'aria.

Nel nostro sistema avviene proprio la condensa, ad opera di un dissipatore di alluminio di forma alettata, accoppiato termicamente al lato freddo di una cella di Peltier da 51W alimentata a 12Vcc e introdotta di un blocco dissipatore per cella di peltier 40x40 mm commercializzato dalla Futura Elettronica (codice prodotto 2846-DISSIPELTIER) composto da un radiatore di calore in alluminio (80x80x30 mm) per il lato freddo e un secondo radiatore in alluminio (60x45x16 mm) per quello caldo. Il modulo consente il montaggio a sandwich

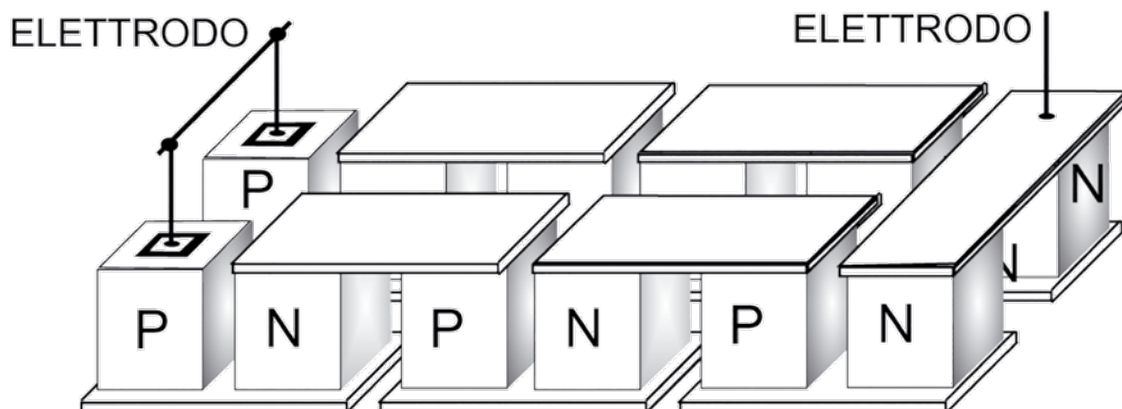
con in mezzo la cella di Peltier fissata mediante un foglio adesivo ad alto potere di scambio termico. Per aumentare l'efficienza di condensazione, il modulo a celle di Peltier è alimentato da un circuito in grado di regolarne la potenza e quindi la temperatura del lato freddo; inoltre creiamo un flusso d'aria lungo le alette del dissipatore sul lato freddo, così da aumentare la massa di umidità che entra in contatto con la zona fredda e che può condensare. Tutto questo viene realizzato grazie a una scheda elettronica di controllo che ora descriveremo, la quale pilota, oltre alla cella di Peltier, un'elettroventola.

sia positiva rispetto a quella di destra, le zone in basso divengono calde e quella in alto fredda; viceversa, polarizzando la cella di Peltier in modo che la corrente entri dal blocco di semiconduttore drogato P di destra ed esca da quello a sinistra, la parte metallica in alto diventa calda e quelle in basso fredde. Il discorso sulla corrente sembrerebbe contraddittorio, in quanto, come appena spiegato, il semiconduttore drogato N scalda dalla parte in cui riceve corrente e quello P lo fa dalla parte opposta. Il comportamento si spiega considerando che il verso convenzionale della corrente va dal polo positivo al

negativo del generatore, ma gli elettroni scorrono in senso opposto. Dunque, il verso reale della corrente è l'opposto di quello convenzionale e va dal negativo al positivo. Per quanto riguarda le regioni a drogaggio N, il comportamento è speculare: se ricevono elettroni dal negativo del generatore o da una regione P, tendono a scaldarsi, tanto più quanto minore è la distanza dal negativo o dalla predetta zona P. Invece, se cedono elettroni per effetto della vicinanza del positivo del generatore o della zona P verso cui la polarizzazione spinge le cariche negative vanno raffreddandosi, proprio a causa della perdita

di attività e del fatto che esse, non ricombinandosi, non cedono l'energia che posseggono e quindi non liberano calore; anzi, ne assorbono. Nella pratica una struttura P/N/P da sola non serve a molto, perché la differenza di potenziale ottenibile da una sola cella è irrisoria, come lo sono la quantità di calore e il salto termico (differenza di temperatura tra il lato caldo e quello freddo) ottenibili. Per ovviare a tali limitazioni si realizzano strutture composte, realizzate ponendo in serie tante celle elementari; ecco perché quei componenti che si trovano in commercio sotto il nome di celle Peltier sono in realtà composte da tante piccole celle collegate tra loro in serie e parallelo.

Fig. A
I moduli Peltier reperibili in commercio sono formati da celle elementari NPN disposte in modo che le saldature tra semiconduttori a diverso drogaggio siano disposte alternativamente.



SCHEMA ELETTRICO

Il circuito che controlla il funzionamento del sistema di estrazione dell'acqua dall'aria è meglio descritto dallo schema elettrico che vedete in queste pagine ed è basato sull'utilizzo di una scheda Arduino Nano o compatibile, montata su un PCB che supporta essa, uno shield con display LCD 16x2 caratteri alfanumerico e pulsanti, oltre ai due moduli che utilizziamo per il controllo della cella di Peltier (montata sul modulo dissipatore suaccennato) siglato MOSDRIVER (Futura Elettronica) e basato su MOSFET, per rilevare temperatura e umidità (sensore cod. GY213V della Futura

Elettronica) interfacciato ad Arduino Nano tramite una breakout board (cod. LLCONBI) che adatta i livelli da 3,3 volt con cui essa funziona a quelli TTL (pertanto 0/5V) caratteristici di Arduino. Analizziamo dunque lo schema elettrico, dove identifichiamo Arduino Nano con la sigla U1, i cui pin sono portati su degli header standard Arduino UNO in modo da poter montare degli shield; nel caso specifico, sulla scheda e relativi header montiamo uno shield LCD keypad reperibile presso Futura Elettronica (anche on-line su www.futuranet.it) con il codice prodotto SHIELD-LCD che farà da interfaccia utente consentendoci sia di visualizzare

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

Elettronica In

www.elettronica.in.it

oltre l'elettronica