

## USO DELLA PIATTAFORMA ARDUINO PER IL MONITORAGGIO DELLO STATO IDRICO DELLE COLTURE

Giambattista Toller<sup>1\*</sup>, Aldo Biasi<sup>1</sup>, Stefano Corradini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ENTE - Fondazione Edmund Mach, via E.Mach 1, 38010 San Michele all'Adige (TN)

\* giambattista.toller@iasma.it

### Riassunto

L'efficienza dell'irrigazione a goccia su frutteto nel clima subumido del Trentino è spesso ridotta, perché gli operatori tendono a sottovalutare l'apporto di acqua meteorica sull'interfila, dove le radici degli alberi regolarmente attingono.

Al fine di permettere un monitoraggio continuo di tutta la zona permeata dalle radici e limitare l'irrigazione al necessario, è stato progettato un sistema di telemisura basato sulla piattaforma informatica Arduino e connesso ad internet tramite un modem GPRS. Oltre a trasduttori di tipo capacitivo ed a tensiometri, possono essere connessi allo strumento anche degli elettrodi per la misura della resistenza elettrica quale proxy dell'umidità del suolo, disposti perpendicolarmente ai filari secondo una griglia regolare che interessa fila ed interfila a varie profondità.

**Parole chiave:** Arduino, umidità, suolo, telemisura.

### Introduzione

Anche in un ambiente subumido come quello del Trentino, l'irrigazione è necessaria per produrre frutta di buona qualità commerciale. L'uso di impianti a goccia in questo contesto climatico induce però a eccessi irrigui, se si sottovaluta il fatto che le radici sono ampiamente sviluppate anche al di fuori della fascia di suolo irrigato.

Ritenendo che conoscere l'umidità del terreno sia nella zona irrigata che sull'interfila possa essere di aiuto al gestore di un impianto irriguo, è stato sviluppato un appropriato rilevatore elettronico. Lo strumento, progettato con "filosofia" open hardware e open software, esegue la telemisura in continuo dell'umidità del terreno di un frutteto a varie distanze dalla fila ed a varie profondità del suolo.

Nella scia dell'agricoltura di precisione, che rileva la resistività elettrica del suolo quale proxy di umidità, salinità e granulometria con elettrodi a contatto col terreno (es. <http://www.veristech.com>) o con strumenti elettromagnetici fuori suolo (es. <http://www.geonics.com>), si è voluto inserire tale capacità nel sistema. Trattandosi di impianti di misura stabili, la scelta è caduta sul metodo ad elettrodi.

### Materiali e Metodi

I principali problemi da risolvere con questo progetto erano il consumo di potenza, l'archiviazione locale dei dati, le telecomunicazioni, la possibilità di eseguire un notevole numero di misure.

Il sistema di misura è stato sviluppato su Arduino (<http://www.arduino.cc>), piattaforma per prototipazione elettronica free open-source software e free hardware, creata dal Interaction Design Institute Ivrea (IDII) di Ivrea (To). Il microprocessore (abbreviato: micro) adottato è Atmega328P di Atmel Co (<http://www.atmel.com>); le comunicazioni tra i vari blocchi funzionali sono state affidate al bus I2C (<http://www.i2c-bus.org>).

Per la riduzione dei consumi si è scelto di alimentare le varie parti del sistema solo quando devono eseguire qualche operazione. L'unico componente sempre attivo è un orologio in tempo reale (RTC) RX8025 a bassissimo consumo (0.48  $\mu$ A a 3 V), che accende periodicamente il microprocessore all'orario stabilito per le misure. Il micro a sua volta, tramite un

I/O expander a 16 bit MCP23016, dà alimentazione solo ai componenti di cui ha necessità.

I dati rilevati dal sistema sono archiviati localmente su una memoria EEPROM da 1 Mib (mebibit) 24LC1025 e/o su una scheda microSD da 2 GiB (gibibyte).

La trasmissione dei dati via radio è stata affidata allo shield per Arduino TDG GSM\_900, commercializzato da Futura Elettronica s.r.l. Gallarate (VA) (<http://www.futurashop.it>) e dotato del modem GSM/GPRS SIM900 di SIMCom Wireless Solutions Co. Ltd (<http://wm.sim.com>).

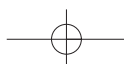
Per aumentare il numero di ingressi per sensori, un I/O expander a 8 bit PCF8574 è stato connesso a 2 multiplexer analogici a 16 canali CD4067. Data la modesta risoluzione (10 bit = 1024 livelli; errore di quantizzazione con 3 V = 3/1024 ~ 3 mV) dei convertitori analogico digitali (DAC) del micro Atmega328, si è aggiunto un DAC a 18 bit e 4 canali MCP3424.

Il software di gestione del sistema è stato scritto in linguaggio Wiring (derivato da C e C++; <http://wiring.org.co>), facendo uso dell'ambiente di sviluppo integrato (IDE) reperibile sul sito ufficiale di Arduino.

La comunicazione internet avviene via http; la periferica è un client che invia informazioni al server tramite un socket tcp/ip.

Pur mantenendo la possibilità di collegare al circuito dei tensiometri o dei trasduttori commerciali capacitivi, dalle cui curve di taratura si ricava l'umidità volume/volume (mm/m o m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), si è aggiunta la possibilità di stimare il contenuto idrico del suolo usando come proxy la sua resistenza al passaggio della corrente elettrica. Questa tecnica, non richiedendo costosi sensori, permette un intensivo campionamento ad un costo molto basso.

Le misure di resistività nel campo della geologia sono effettuate con disposizioni elettrodiche di cui quella di Wenner, quella di Schlumberger e la dipolo-dipolo sono le più note (Loke, 2010). Per il prototipo si è adottata una procedura semplificata: si ricava la resistenza  $R_s$  del suolo tra coppie di elettrodi (ferro, lunghezza 20 cm), misurando la caduta di tensione  $V_1$  su una resistenza fissa in serie  $R_1$  e alimentando il circuito a tensione costante  $V_0$ . La resistenza del suolo è data da  $R_s = R_1 * (V_0 - V_1) / V_1$ .



Una ulteriore semplificazione circuitale si è ottenuta usando corrente continua ed effettuando una misura molto rapida per limitare i fenomeni di polarizzazione.

Poiché questa tecnica non permette un facile calcolo della resistività del suolo, ci si è limitati a seguire direttamente l'andamento della resistenza tra elettrodi posti secondo una griglia regolare.

### Risultati e Discussione

La messa a punto del sistema elettronico è stata fatta verificando in laboratorio il comportamento di un prototipo montato su breadboard. Un successivo prototipo in tecnica tradizionale (through hole technology, THT), è stato posto in campo per compiere misure di umidità del suolo. Raggiunto uno schema con prestazioni soddisfacenti, è stato progettato un circuito stampato a doppia faccia per componenti a montaggio superficiale (surface mount technology, SMT). La realizzazione pratica del circuito stampato è stata affidata ad una ditta specializzata mentre il montaggio dei componenti è stato effettuato manualmente, poiché l'uso di robot diviene conveniente solo sopra circa i 100 pezzi.

I dati di misura, rilevati ogni 15 minuti, sono trasmessi ogni ora ad un server, che li visualizza in forma grafica e tabellare su WEB.

Mettendo elettrodi verticali da 20 cm di lunghezza a 0-20, 20-40, 40-60 cm di profondità, secondo una griglia regolare con passo di 70 cm perpendicolare alla fila, si è verificata la possibilità di discriminare sufficientemente l'umidità nelle tre fasce di profondità.

È opportuno, in funzione del tipo di suolo, scegliere con prove preliminari la resistenza in serie  $R_i$  in modo da produrre tensioni compatibili con l'intervallo di misura del DAC.

L'influenza della temperatura sulla resistenza (nel suolo la conduzione è di tipo elettrolitico; la conduttività cresce con la temperatura circa del 2% per ogni °C) si manifesta con periodicità giornaliera sugli elettrodi superficiali (Fig.1) e con periodicità annuale a tutte le profondità testate. Ciò non impedisce però di trarre dalle misure utili informazioni gestionali.

Due elettrodi dello stesso metallo immersi nel suolo formano dei semi-elementi galvanici con uguale potenziale standard che però, con salinità e/o temperature diverse, possono tra loro generare una differenza di potenziale. In un sistema a corrente continua queste tensioni si sommano algebricamente a quelle applicate per la misura ed alterano il risultato finale. Nelle prove in campo in Trentino non si sono rilevati sensibili disturbi di tale origine. In zone con terreni salini sarebbe probabilmente consigliabile una lettura in corrente alternata.

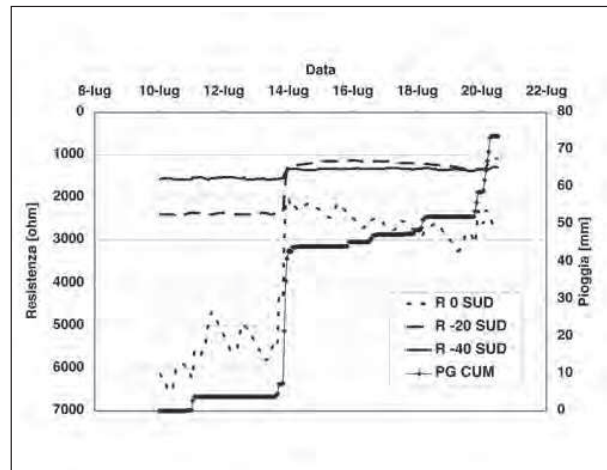


Fig. 1 - Variazione della resistenza rilevata in meleto a Ton (TN) nel 2011 in occasione di alcuni eventi piovosi.  $R_0=0-20$  cm,  $R_{-20}=20-40$ ,  $R_{-40}=40-60$ . PG\_CUM=pioggia cumulata. Risulta evidente l'influenza delle variazioni diurne di temperatura sul sensore più superficiale.

### Conclusioni

Il lavoro eseguito ha confermato la possibilità di mettere a punto validi strumenti hardware-software per telemisura anche partendo da una piattaforma di sviluppo di classe non professionale, quale è Arduino.

È risultato inoltre che la misura della resistenza come proxy permette una economica e facile individuazione della distribuzione sia verticale che orizzontale dell'umidità nel suolo fornendo utili indicazioni per la gestione dell'irrigazione a goccia in frutteto.

### Bibliografia

Loke M.H., 2010, Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys., *www.umd.edu*, 148 pp.

### Riferimenti WEB

<http://www.arduino.cc>  
<http://www.atmel.com>  
<http://www.futurashop.it>  
<http://www.geonics.com>  
<http://www.i2c-bus.org>  
<http://wiring.org.co>  
<http://wm.sim.com>  
<http://www.veristech.com>