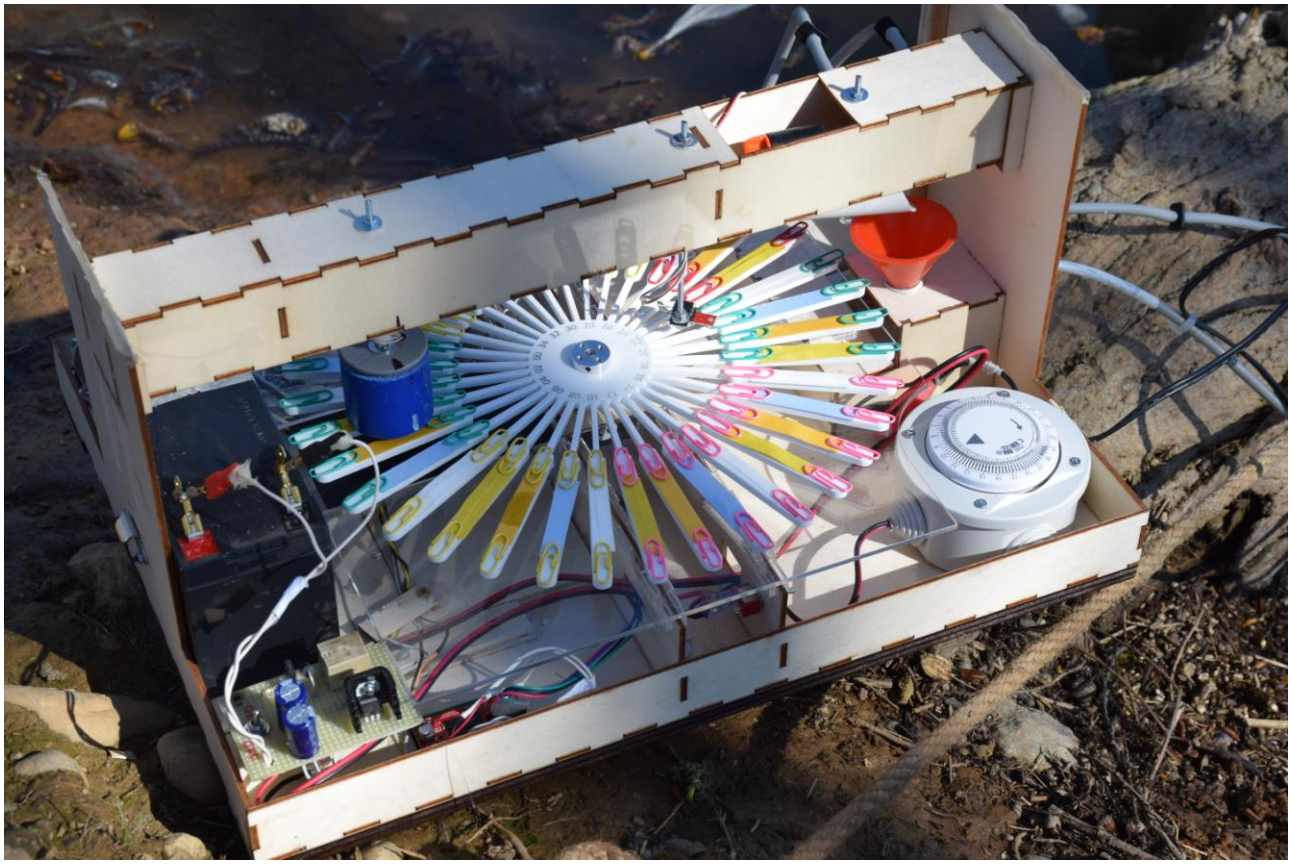
Acid-Carousel

Monitorare la qualità dell'acqua con strumenti automatici autocostruiti

Paolo Bonelli
paolob087@gmail.com
Il presente documento è distribuito con licenza **Creative Commons BY-NC-SA**
This document is distributed with licence Creative Commons BY-NC-SA
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/



Chi vive in città è sensibile all'impatto ambientale delle attività umane. Fiumi, laghi, canali subiscono a volte gli effetti di scarichi accidentali o volontari di sostanze nocive per la fauna e la flora acquatiche, oltre che per l'uomo. Le autorità competenti, spesso non riescono ad effettuare una completa sorveglianza della qualità delle acque; infatti se si escludono quelle potabili destinate alle abitazioni, le altre sono soggette solo a sporadici analisi, spesso dopo che l'evento inquinante è accaduto. Ad esempio chi vive a Milano si ricorderà gli scarichi inquinanti nel fiume Lambro dovuti ad impianti industriali dai quali questo fiume è circondato. Chi, come l'autore, abita in prossimità del naviglio Martesana, ambiente ricco di fauna acquatica, sente la necessità di contribuire alla sorveglianza di questo ambiente dal punto di vista della qualità dell'acqua. Questo contributo non sempre può essere dato con l'osservazione visiva, ma certe volte occorrono strumenti in grado di misurare alcuni parametri sintomatici della qualità dell'acqua e, nel caso di superamento di livelli di guardia, emettere un messaggio di allerta. Uno di questi parametri è l'acidità/basicità, o meglio, la concentrazione di ioni idrogeno che è chiamata pH. Altre sostanze possono inquinare l'acqua, come il cloro, i nitrati, gli idrocarburi.

Per misurare l'acidità di una soluzione, ma anche altre sostanza contenute nell'acqua, esistono sia strumenti elettronici, sia metodi manuali come le cartine test che cambiano colore in funzione del valore di pH o di concentrazione di altre sostanze. Di solito la misura viene fatta in laboratorio su campioni di acqua prelevati da zone sospette di essere state inquinate. Se invece è necessario monitorare in continuo un corso d'acqua, difficilmente è possibile lasciare sul bordo di un fiume per giorni un costoso strumento o mandare una persona a intingere una cartina due volte al giorno nell'acqua. Inoltre tali strumenti sono delicati e necessitano di continue tarature con soluzioni campione.

Il metodo delle cartine test, economico e stabile nel tempo, è largamente usato, non solo per il pH, ma anche per la determinazione di altre sostanze presenti nell'acqua, come gli idrocarburi, il cloro, il solfuro d'idrogeno, i nitrati. Dal colore assunto della cartina, una volta immersa nell'acqua, è possibile risalire alla concentrazione di queste sostanze, mediante confronto con una tabella allegata alla confezione dal fabbricante.

Quindi se si volesse trasformare questo metodo di misura da manuale ad automatico, basterebbe usare un sensore in grado di "leggere" il colore della cartina e confrontarlo con una tabella digitale colore/valore. Questi sensori esistono e restituiscono per ogni colore che "vedono" tre valori numerici, direttamente legati all'intensità dei tre colori fondamentali di cui è composto il colore in esame: rosso, verde, blu (RGB).

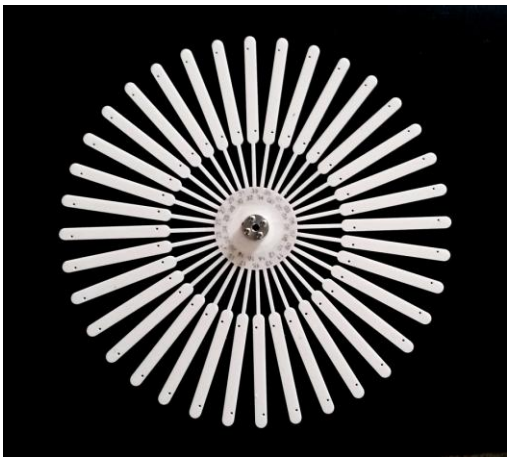
L'idea alla base di Acid-Carousel è quella di usare un sistema automatico di bagnatura della cartina test, assieme ad un sensore colorimetrico, per ottenere il valore corrispondente del parametro in esame. Questo direttamente in prossimità del fiume o del lago con una periodicità a scelta dell'utente e la possibilità di trasmettere il dato a distanza. Numerose sono le cartine test in commercio per svariati tipi di analisi. ACID-Carousel è in grado di gestirne diverse contemporaneamente.

Come è fatto Acid-Carousel?

Lo strumento è costituito da:

- il Carousel porta cartine;
- un sistema di prelievo dell'acqua e gocciolamento sulla cartina;
- un sistema di posizionamento delle cartine;
- il sensore di colore e posizione;
- il sistema di controllo costituito da un Arduino UNO, con il suo software, e una scheda relè.
- Un timer meccanico per l'attivazione dopo lunghi periodi di stand-by.

Il tutto è alimentato a 12 V DC con una batteria ricaricabile di capacità adeguata.



Il “Carousel” vero e proprio è costituito da una ruota di circa 30 cm di diametro, con 24 o 36 bracci, ognuno dei quali sostiene una striscia di carta test di circa 0,7 x 6 cm. La ruota è ricavata da una lastra di Plexiglass bianco opaco spessa 4 mm, tagliata al laser. Su ogni braccio sono sistemati due fermagli per tenere ferma la striscia di carta.

Nella figura in prima pagina è visibile l’intero prototipo nel suo contenitore di legno verniciato. Lo stepper che muove la ruota, il sistema di gocciolamento, composto dal gocciolatore da giardino e la grondaia, mossa dal servo. Il sensore di colore (cilindro blu) è posto sulla destra, sopra la ruota. Sotto la ruota è visibile la scheda con l’elettronica e la batteria ricaricabile al piombo.

Come si muove il Carousel

La ruota in Plexiglass è montata sull’asse di un motore a *stepper*, capace di compiere un giro in 1600 micro-step secondo gli impulsi emessi dalla scheda driver a sua volta comandata dalla scheda Arduino.
Il motore è uno Stepper bipolare NEMA-14 guidato da una scheda EasyDriver Versione 4.3 della Sparkfun.
Il software caricato su ARDUINO UNO muove il Carousel in modo che il braccio voluto si trovi esattamente sotto il sistema di gocciolamento, prima, e sotto il sensore di colore poi. Questo viene ottenuto in una modalità rapida, in base al numero di step esistenti tra un braccio e l’altro, e successivamente in una modalità fine, basata ottimizzando la risposta del sensore per piccoli movimenti avanti e indietro del Carousel.
Dopo che la cartina è stata letta dal sensore di colore, lo stepper fa ruotare il Carousel in modo che il braccio successivo a quello appena misurato, si porti sotto il gocciolatore per il prossimo campionamento.

I sensori

Il sensore di posizione QTR-1RC è costituito da una coppia LED/fototransistor a infrarossi della Pololu .Il sensore di colore RGB, TCS34725, della Adafruit è costituito da un LED bianco che ha la funzione di sorgente luminosa e 4 fotodiodi che misurano la luce riflessa. Tre di questi con risposta nei tre colori base e il quarto sensibile a tutto lo spettro luminoso.

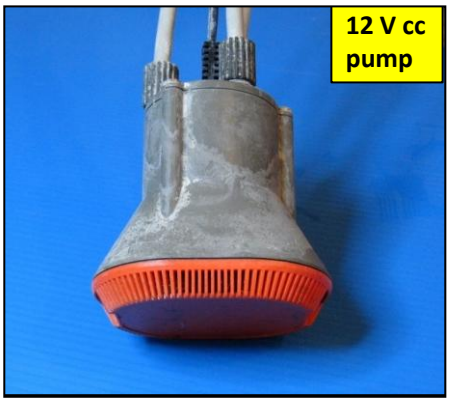
QTR-1RC Reflectance Sensor (Pololu)

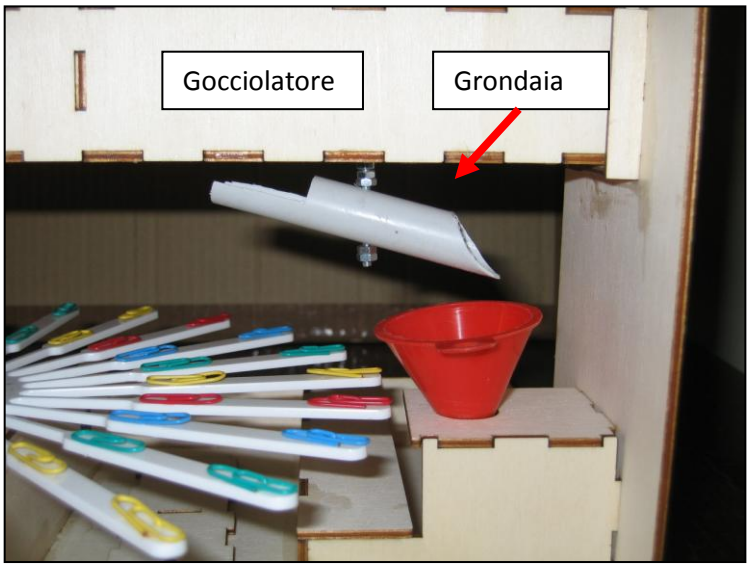
RGB Color Sensor with IR filter (Adafruit)

I segnali in uscita sono già numerici e rappresentano queste grandezze:

- Color Temperature - measured in Kelvin (calcolato)
- Lux - or Lumens per Square Meter (calcolato)
- Red, Green and Blue (filtered) values
- Clear (unfiltered) value

Il sistema idraulico





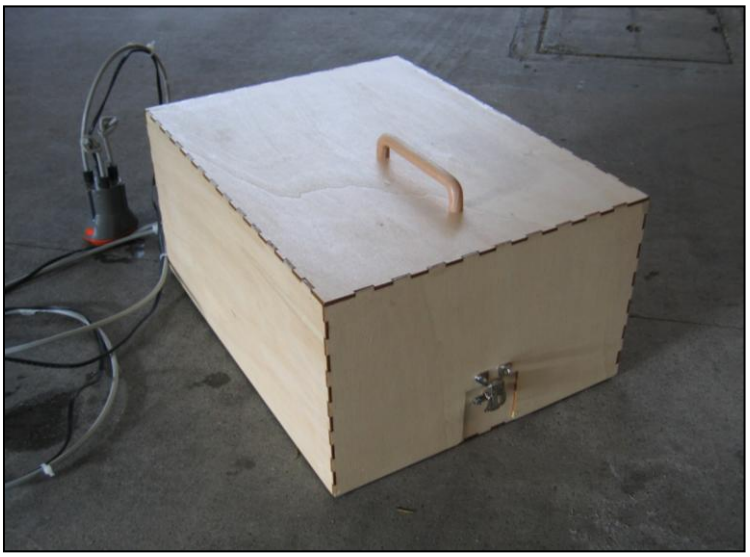
Il sistema ha lo scopo di prelevare l'acqua direttamente dal fiume o lago, farla scorrere per un tempo adeguato nei tubi e nel gocciolatore, al fine di rimuovere ogni traccia del campionamento precedente e infine far cadere qualche goccia sulla cartina test.
Una piccola pompa in corrente continua, di quelle usate per irrigare le piante di casa, è immersa nel corpo d'acqua da esaminare e immette l'acqua in un tubo che la porta al gocciolatore. Anche quest'ultimo è di quelli usati per l'irrigazione automatica dei nostri giardini. Le gocce, per un tempo predefinito, cadono su una "grondaia", ottenuta da un tubo in PVC per impianti elettrici opportunamente sagomato, che le scarica via attraverso un imbuto. In questo modo il goccio latore viene "pulito" dall'acqua pre-esistente. Successivamente un motore servo ruota la grondaia, in modo da far cadere qualche goccia sulla carta test. Pompa e servo sono pilotati da Arduino secondo una tempistica impostabile nel software

La misura

Ognuno dei tre valori RGB generati dal sensore è rapportato al valore "clear", in modo da minimizzare errori dovuti a variazioni di luminosità del LED o a luce esterna. I tre rapporti così ottenuti sono poi confrontati dal software con una tabella 3 x n valori di riferimento ottenuti da una calibrazione fatta con le cartine test usate. N è il numero di valori della grandezza che la cartina consente di misurare. Il risultato dell'analisi sarà il valore corrispondente alla terna di valori RGB che si avvicina di più a quella misurata. Tale valore può essere memorizzato su una scheda SD, oppure trasmesso con un sistema GSM o altro.

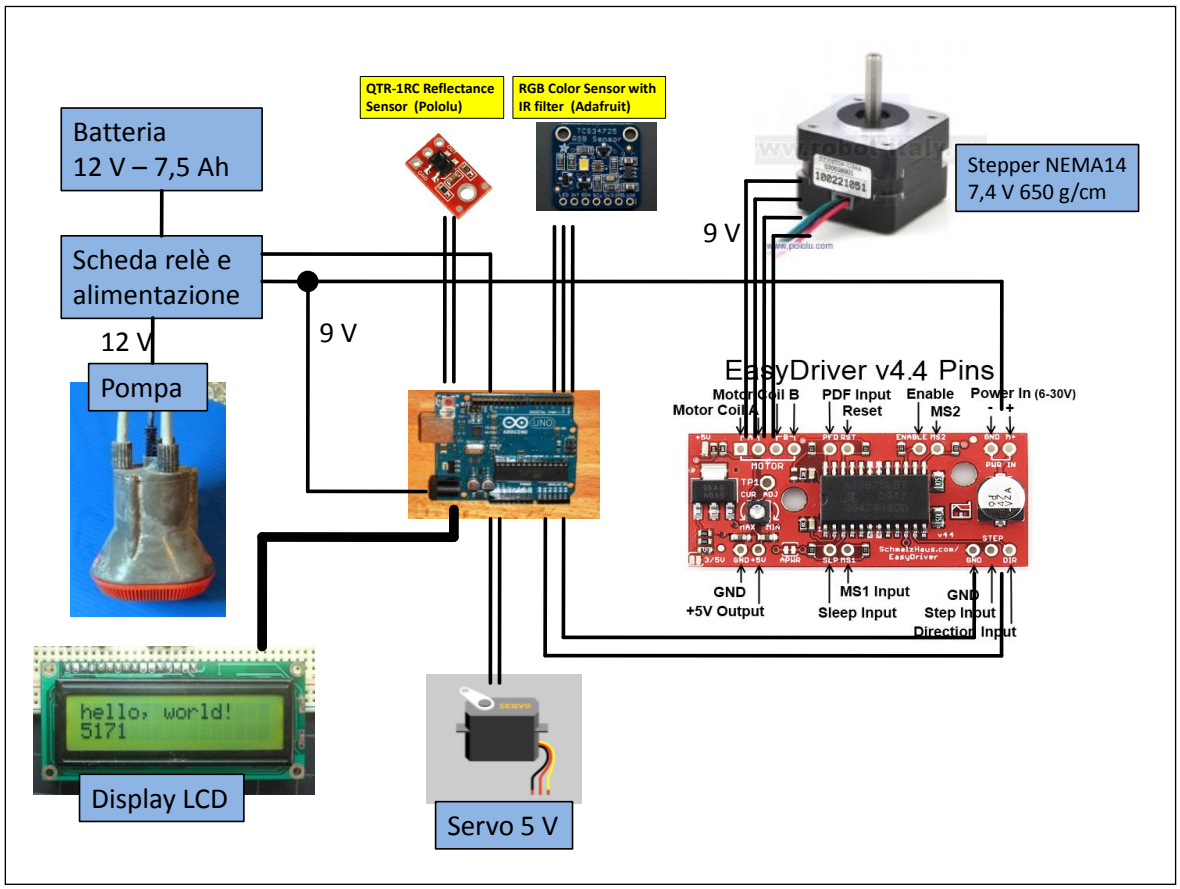
Per la costruzione della tabella di riferimento, relativa ad esempio alle cartine per il pH, è necessario usare soluzioni a pH diverso e rilevare la risposta del sensore di colore. Non è necessario disporre di soluzioni con tutti e 14 i livelli di pH, in quanto essendo i colori di pH vicini anch'essi simili, alcuni valori possono essere ricavati per interpolazione.

Contenitore



Il contenitore di ACID-Carousel è costruito in compensato di pioppo da 3 mm. Verniciato con impregnante ceroso. E' composto dalla base, sulla quale sono montati tutti i componenti, e un coperchio con manico. Dalla base escono i due tubi di ingresso e uscita dell'acqua e lo scarico del gocciolatoio. Tutto il contenitore è stato costruito a partire da pezzi tagliati con una laser-cut. Lo stesso contenitore può essere realizzato in metacrilato (Plexiglass), utilizzando gli stessi disegni di quello in legno.

Collegamenti elettrici tra le varie parti



Software

Sono disponibili diversi programmi software per il funzionamento di ACID Carousel. Alcuni adatti all'uso in laboratorio per la calibrazione e manutenzione, altri per il funzionamento automatico in campo.
Il programma per il funzionamento in automatico svolge le seguenti funzioni:

1. All'avvio, il motore stepper allinea la stecca più vicina a destra del sensore di posizione sotto il gocciolatoio. La posizione della "grondaia" è "dritta" sull'imbuto di scarico.
2. Parte la pompa dopo il tempo prestabilito tra due cicli di misura e rimane accesa per un periodo sufficiente ad eliminare le tracce di acqua del campionamento precedente da tutto il circuito idraulico. Le gocce cadono nella grondaia che le scarica nell'imbuto.
3. Il servo gira la grondaia in posizione "storta" lasciando che una o due gocce d'acqua cadano sulla cartina test. Dopo un tempo prestabilito la grondaia ritorna nella posizione del punto 2.
4. Il motore stepper muove il Carousel portando la stecca "bagnata" sotto il sensore di colore.
5. Il sensore di colore illumina la cartina e legge i tre valori RGB + C, sono calcolati i rapporti R/C, G/C e B/C.
6. I tre valori ottenuti sono confrontati con la tabella di riferimento per quel tipo di cartina test.
7. Il motore stepper ruota il carousel portando la stecca successiva a quella analizzata sotto il gocciolatoio per la prossima analisi.

Pompa galleggiante

Nel caso di un uso di ACID-Carousel per rilevare la presenza di idrocarburi, che notoriamente galleggiano sulla superficie dell'acqua, la pompa di ACID-Carousel può essere fornita di galleggiante, come ad esempio quello in polistirolo espanso in figura.

Cernusco s/n 18/07/2015