

DANIELE SANTINI

**L'UTILIZZO
DELL'ELETTRONICA
PER IL
RISPARMIO ENERGETICO**

ITIS F. Alberghetti Imola – Classe 5LET

Esame di maturità - Anno scolastico 2013/2014

INDICE	pag
1 Premessa [<i>The industrial revolution, INGLESE</i>]	3
2 Introduzione	3
3 Applicazioni	4
3.1 Energy harvesting	4
3.2 Domotica	6
3.2.1 Un esempio pratico: Nest	8
3.3 Agricoltura di precisione	9
3.4 La virtualizzazione dei server	9
4 I benefici per aziende e società [<i>Gestione dei costi, DIRITTO</i>]	10
5 Progetto pratico	10
5.1 Finalità del progetto	10
5.2 Struttura [<i>Trasduttori, SISTEMI</i>]	11
5.3 Progetto [<i>I sistemi di acquisizione dati, ELETTRONICA</i>]	12
5.4 La programmazione [<i>Scheda microcontrollore Arduino, TDP</i>]	13
5.5 Risultato	18
5.6 Limiti e future evoluzioni	19
6 I pericoli [<i>Luigi Pirandello, LETTERE</i>]	20
7 Conclusione	21
8 Bibliografia e ringraziamenti	21

1) PREMESSA

La salute dell'ecosistema ambientale è un tema preso in considerazione dall'umanità solo di recente, a causa degli effetti disastrosi che l'inquinamento ambientale sta avendo su tutti noi, tuttavia questo problema fonda le sue radici molto più indietro, nella seconda parte del 18° secolo.

Fu infatti in questi anni che in Inghilterra ebbe inizio una rivoluzione industriale che avrebbe completamente rivoluzionato l'industria e la società.

In una prima fase, la scoperta della macchina a vapore portò un enorme incremento della produzione in tutti i maggiori settori industriali e in particolare quello tessile. Anche le reti stradali, canalizzate e ferroviarie si svilupparono enormemente, il ferro sostituì il legno come principale materiale di costruzione e le miniere di carbone del Lancashire e del Yorkshire divennero la principale risorsa strategica inglese.

La seconda fase sanò poi parte dei problemi che aveva creato il trasferimento di milioni di lavoratori in metropoli industriali impreparate, attraverso progressi nella pianificazione della città, nelle cure sanitarie e nell'educazione, ma anche grazie alla rivoluzionaria scoperta dell'elettricità.

Tutto ciò fondò le basi per quella che è la società e l'industria moderna, ma diede anche l'inizio ai fenomeni dell'emissione incontrollata di sostanze inquinanti e dello spreco indiscriminato di materie prime preziose come l'acqua, fenomeni che hanno portato in poco più di duecento anni il pianeta Terra in ginocchio.

Continuando di questo passo l'uomo finirà per autodistruggersi, e proprio per questo sta diventando sempre più importante che ogni settore dell'industria e della società si dia da fare per ridurre gli sprechi e i consumi energetici.

2) INTRODUZIONE

La riduzione dei consumi energetici è un tema di grande attualità anche per l'industria elettronica, un settore basato su tecnologie che normalmente contribuiscono ad aumentare la sete di energia, ma che possono essere altresì utilizzate per migliorare l'efficienza di macchine e impianti in una grande varietà di applicazioni.

Ogni sistema elettronico consuma energia, ma d'altra parte le tecnologie di elaborazione dell'informazione basate sull'elettronica possono essere utilizzate per ridurre il fabbisogno energetico in molte applicazioni.

Esso può avvenire attraverso varie implementazioni:

- Aumento dell'efficienza dei sistemi di trasformazione e conversione dell'energia, come veicoli, sistemi fotovoltaici o di illuminazione, alimentatori ecc. In tutte queste applicazioni

le tecnologie elettroniche possono essere utilizzate per migliorare l'efficienza tramite la realizzazione di meccanismi di controllo con l'obiettivo della riduzione degli sprechi.

- Sfruttamento dell'energia che normalmente andrebbe sprecata, come differenze di temperatura, movimento del corpo umano, ecc. Questo avviene per esempio attraverso le tecnologie di “energy harvesting”, che consentono di alimentare piccoli sistemi elettronici tramite lo sfruttamento di forme marginali di energia sempre presenti.
- Aumento della produttività: ogni aumento di produttività si traduce in un potenziale risparmio energetico, ed è proprio in tale campo rientra l'azione dei sistemi elettronici, i quali permettono un cospicuo incremento della produttività generale, tanto che da vari decenni in tutti i settori il principale strumento per l'aumento della produttività è costituito da applicazioni dell'elettronica, quali l'informatica e l'automazione. Basti pensare, ad esempio, allo scambio di documenti: poter scaricare in pochi secondi un file da Internet richiede certamente meno energia rispetto a quella necessaria per il funzionamento della “filiera dei documenti cartacei”: fabbricazione della carta, spedizione postale tramite camion, smaltimento dei rifiuti ecc.

Gli aspetti appena citati sono ampiamente applicati a vari aspetti pratici della realtà attraverso numerose applicazioni realizzate sia da start-up che da grandi aziende. Ne vedremo ora alcune.

3) APPLICAZIONI

3.1) ENERGY HARVESTING

Come accennato prima, una delle applicazioni più rivoluzionarie è l'energy harvesting, letteralmente 'Raccolta di energia', ovvero il processo che deriva energia da elementi sempre presenti ma in genere ignorati come fonti energetiche.

Tra queste troviamo tecnologie già ampiamente diffuse, come lo sfruttamento di fonti di energia solare, eolica o idroelettrica, ma a queste si stanno recentemente aggiungendo sempre più tecnologie mirate a alimentare piccoli circuiti elettronici sfruttando fonti di energia sempre più inaspettate, come l'energia contenuta nelle onde magnetiche o nel calore dissipato dal corpo o da altri dispositivi.

Queste sono le tecnologie attualmente più diffuse nell'ambito dell'energy harvesting:

- Fotovoltaico: l'utilizzo di semiconduttori per trasformare la luce in energia, sia in larga scala (per l'alimentazione della rete elettrica) che in piccola scala (per l'alimentazione di dispositivi quali orologi, telefoni o piccoli sistemi di controllo).
- Rectenna: l'utilizzo di speciali antenne (“rectifying antenna”) per convertire le onde radio

presenti nell'aria direttamente in corrente continua.

- Eolico: la conversione dell'energia del vento in energia elettrica, grazie all'utilizzo di aerogeneratori che producono energia elettrica, in larga scala per l'alimentazione della rete elettrica o in piccola scala per l'alimentazione di piccoli sistemi elettronici (come centraline meteorologiche posizionate in postazioni non raggiungibili dalle classiche fonti di alimentazione).
- Termoelettrico: lo sfruttamento di leggi fisiche come l'effetto Peltier per trasformare la temperatura in energia elettrica.
- Sfruttamento della energia cinetica: in moltissimi campi i sistemi meccanici esistenti (ma anche nel movimento del nostro corpo) si creano dei surplus di energia cinetica normalmente sprecate (ne è un esempio la forza creata dall'inerzia in una macchina che sta frenando). Questa energia viene in genere derivata attraverso due tecnologie.

La prima è la piezoelettricità, ovvero l'utilizzo di particolari cristalli o fibre che sottoposti a sforzi da deformazione meccanica, generano piccoli potenziali elettrici permettendo la trasformazione dell'energia meccanica in energia elettrica.

Un ottimo esempio delle potenzialità della tecnologia piezoelettrica è quello di Instep Nanopower (immagine a destra), una tecnologia creata dalla omonima società americana, che permette lo sfruttamento della energia meccanica creata camminando per produrre una quantità di energia elettrica (fino a 20 W secondo la società produttrice) sufficiente per alimentare piccoli circuiti integrati (per esempio un dispositivo per il fitness o un hotspot Wi-fi integrato nella scarpa).

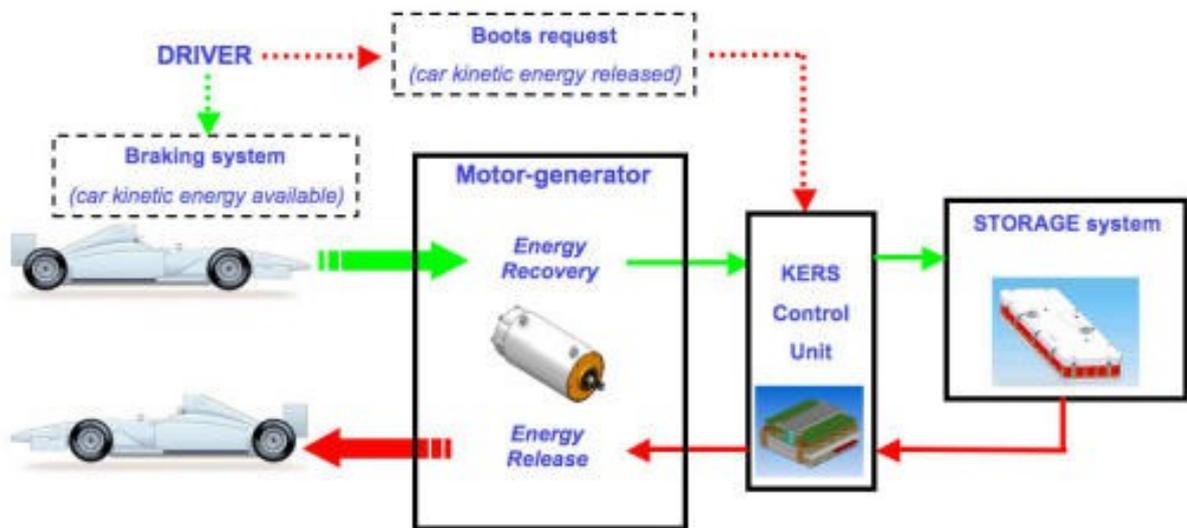


Un altro ottimo esempio è il telecomando senza batterie recentemente sviluppato in collaborazione da Philips e Arveni, una start-up francese specializzata nell'energy harvesting (immagine a sinistra). Esso ha come caratteristica principale l'abilità di auto-alimentarsi attraverso lo sfruttamento dell'energia elettrica che esso raccoglie con la tecnologia piezoelettrica alla pressione dei tasti (circa 3.5 milliJoule a pressione), sufficiente per la trasmissione ai dispositivi esterni delle informazioni.



La seconda tecnologia utilizzata per il recupero dell'energia cinetica è quella basata sull'utilizzo di bobine per la trasformazione di lavoro meccanico in energia elettrica. L'esempio più diffuso di questo tipo di trasformazione è la classica dinamo da bicicletta, che sfrutta una piccola parte dello sforzo umano della pedalata per alimentare i fari della bici stessa. Tuttavia queste tecnologie non hanno permesso solo di creare prodotti di nicchia ma anche grosse rivoluzioni tecnologiche, come la trasformazione ibrida che ha riguardato negli ultimi anni la Formula 1.

Essa ha infatti sfruttato fin dal 2009 un sistema di recupero dell'energia sprecata normalmente nelle frenate attraverso il KERS (Kinetic Energy Recovery System) (immagine sotto), il cui scopo è quello di raccogliere, attraverso una bobina collegata al volano, l'energia cinetica nelle fasi di frenata e riutilizzarla in accelerazione utilizzando la stessa bobina di prima come motore elettrico recuperando fino a 400 kJ e garantendo una potenza di circa 80 cavalli. L'obiettivo è il miglioramento delle prestazioni energetiche delle monoposto da gara, ma crea un duplice beneficio, prestazionale e ambientale.

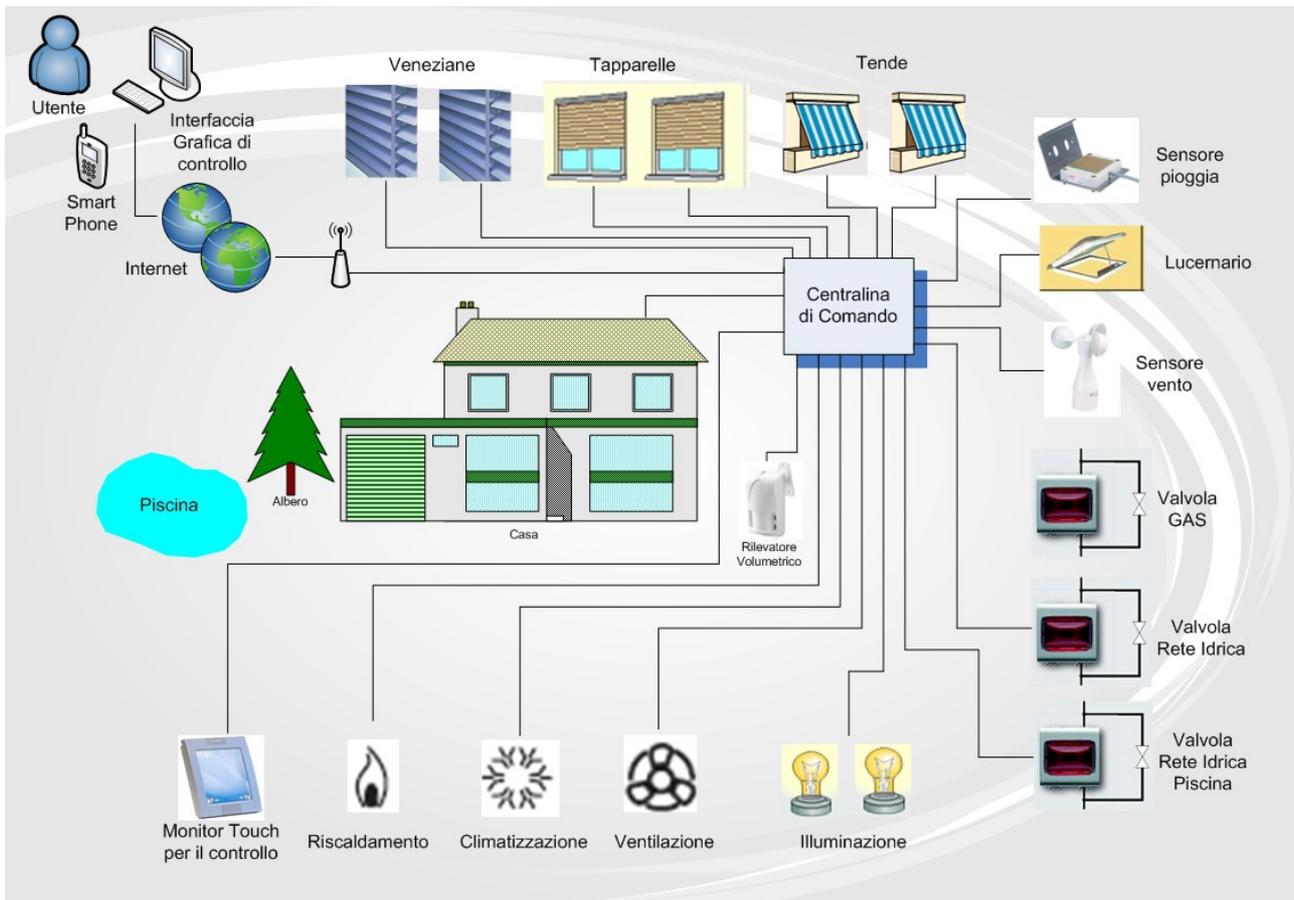


3.2) LA DOMOTICA

Un altro campo applicativo dell'elettronica è la domotica, cioè la scienza che si occupa dello studio delle tecnologie nella casa atte a migliorare la qualità della vita, la sicurezza e la riduzione dei costi di gestione.

Questi obiettivi vengono raggiunti integrando in modo intelligente apparecchiature e impianti di un'abitazione: con un unico sistema diventa infatti possibile gestire comodamente illuminazione, climatizzazione, motorizzazioni, prese elettriche, elettrodomestici, controllo dei carichi, allarmi, comunicazione e multimedialità, irrigazione, un sistema grazie al quale apparecchiature ed impianti

sono in grado di funzionare parzialmente (nei sistemi più evoluti anche totalmente) in maniera autonoma oppure in base alla programmazione stabilita dall'utenza.



In realtà l'aggiunta di “intelligenza” all'impianto elettrico può servire anche per ridurre gli sprechi di energia e quindi per ottenere risparmi energetici economici significativi. Grazie alla analisi delle abitudini dell'utenza e alla conseguente adeguazione di elementi come illuminazione o elettrodomestici e alla possibilità di analizzare costantemente i consumi, la domotica permette infatti di ottenere una cospicua riduzione degli sprechi.

Il ruolo della domotica nel risparmio energetico è stato per esempio oggetto di uno studio condotto recentemente dall'Agenzia per l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile di Modena che ha preso in considerazione il caso degli edifici scolastici, dove gli sprechi abbondano: in molte scuole le luci rimangono sempre accese, anche in pieno giorno, semplicemente perché nessuno si prende il disturbo di spegnerle.

Lo studio ha individuato tre possibili soluzioni per risolvere il problema:

- Un unico programmatore orario per le lampade di tutte le aule, affiancato a dispositivi di spegnimento automatico per i corridoi e i bagni;
- Controllo delle lampade per ogni singola aula, con misura della luce naturale e spegnimento ad aula vuota. In caso di necessità è possibile gestire manualmente le lampade;

- Controllo di ogni singola aula per le lampade e per il riscaldamento, tramite la rete domotica, al fine di programmare diverse temperature nel corso della giornata tenendo conto degli orari delle lezioni.

I risparmi energetici così ottenuti consentirebbero di ammortizzare il costo dei dispositivi di controllo in pochi anni.

A questo si aggiunge inoltre la capacità del sistema di integrare eventualmente anche proposte alternative di produzione energetica quali pannelli fotovoltaici, impianti solari termici ecc.

3.2.1) UN ESEMPIO PRATICO DI DOMOTICA: NEST

Un esempio pratico di come la domotica possa contribuire al risparmio energetico e contemporaneamente alla comodità e al risparmio economico nella gestione della casa.



Nest Labs è una start-up creata nel 2010 da due ex-ingegneri di Apple (e acquistata da Google a inizio 2014 per oltre 3 miliardi di dollari). Fin dal 2011 il suo prodotto di punta è stato Nest, un termostato che ha rivoluzionato il panorama: esso, infatti, non svolge passivamente l'attività di attivare o disabilitare il riscaldamento in orari

prefissati. La sua vera natura è infatti di una centralina casalinga intelligente, in grado di rilevare la presenza di persone, imparare le abitudini degli abitanti e adattarsi di conseguenza, di collegarsi alla rete wi-fi e permettere il controllo via remoto tramite un qualsiasi computer, smartphone, tablet.

Questo porta grossi benefici, perché attraverso il termostato si controlla oltre la metà dei consumi energetici di casa, e fattori come la possibilità di rilevare tramite un sensore se la casa è vuota permettendo di spegnere automaticamente il riscaldamento o l'abilità di conoscere via internet il meteo esterno e adattarsi di conseguenza portano a risparmi notevoli. Complessi algoritmi si occupano inoltre di imparare le abitudini degli abitanti come le ore di risveglio e di uscita permettendo di ridurre l'utilizzo di energia allo stretto necessario eliminando ogni spreco.

Questo spiega il successo commerciale che sta avendo a livello internazionale (nel 2012, in solo due anni, era già arrivata a oltre 100 dipendenti) e spiega l'esorbitante prezzo pagato da Google per il suo acquisto.

3.3) L'AGRICOLTURA DI PRECISIONE

La cosiddetta “agricoltura di precisione” (precision farming), consiste in un insieme di tecniche nate per aumentare la precisione di guida delle macchine agricole attraverso sistemi elettronici di conduzione automatica o di ausilio alla conduzione manuale. Il risparmio in questo caso deriva principalmente dalla riduzione delle sovrapposizioni tra due “passate” adiacenti.

Nel caso delle mietitrebbie, ad esempio, generalmente la guida manuale porta a un margine di sovrapposizione di almeno quaranta centimetri. Evitando alle macchine di passare due volte su una stessa zona del campo, diviene possibile completare il lavoro percorrendo una distanza inferiore e quindi risparmiando tempo e gasolio (fino a tre litri per ettaro, secondo i calcoli di alcune società impegnate nel settore).



L'aumento della precisione di guida si basa sul calcolo della posizione in cui si trova la macchina, istante per istante. Questo può essere ottenuto tramite sistemi laser o segnali generati da satelliti simili ai quelli GPS utilizzati per gli scopi più vari, ma con satelliti diversi, al fine di ottenere migliore precisione.

3.4) LA VIRTUALIZZAZIONE DEI SERVER

Con l'enorme espansione che la rete Internet sta subendo, è sempre maggiore il bisogno di Server che sorreggano la rete Internet, portando a una sempre maggiore richiesta energetica.

Proprio in questo aspetto arriva in soccorso la virtualizzazione dei server, che mira a un migliore sfruttamento della potenza di calcolo del microprocessore, che nelle applicazioni convenzionali è utilizzata solo in piccola parte (dal 5 al 15%, secondo alcune stime).

La virtualizzazione può essere definita come la creazione di vari computer virtuali che sfruttano le risorse di un singolo computer “in carne e ossa”, permettendo benefici sia dal punto di vista energetico che organizzativo.

Tramite un dispositivo denominato “hypervisor”, un unico server “fisico” può infatti essere trasformato in più server virtuali, ciascuno dotato di un diverso sistema operativo. I server virtuali si

comportano a tutti gli effetti come veri computer e possono essere utilizzati come tali dai clienti e da tutti gli altri elementi dell'infrastruttura.

Questa tecnologia porta grossi vantaggi sul piano dei costi, degli ingombri e dei consumi energetici. La minore dissipazione di calore consente anche di risparmiare sulla climatizzazione dei locali.

4) I BENEFICI PER AZIENDE E SOCIETÀ

Ogni azienda viene gestita secondo il principio di economicità per l'ottenimento di un utile, e per questo necessita di portare al massimo possibile l'efficienza, e le applicazioni dell'elettronica dedicate al risparmio energetico che abbiamo appena osservato possono portare grossi benefici nel raggiungimento di questa migliorando più aspetti:

- Efficienza interna del processo produttivo: L'implementazione di applicazioni come l'energy harvesting o l'agricoltura di precisione comporta un investimento che andrà ammortato col tempo, ma a lungo termine porta a una notevole riduzione dei costi variabili e semi-variabili (ovvero i costi che variano al variare delle quantità prodotti trasformati), garantendo un miglioramento nella efficienza interna.
- Efficienza esterna nel mercato: Lo sviluppo e la realizzazione di prodotti sfruttanti le tecnologie descritte sopra garantiscono una capacità di collocare sul mercato i propri prodotti poiché si tratta di tecnologie relativamente nuove e con poca concorrenza già specializzata, che assicurano di porre sul mercato un prodotto la cui richiesta non potrà che aumentare nel futuro.

Tutte queste tecnologie assicurerebbero quindi all'azienda utilizzatrice un incremento della efficienza interna e esterna, aumentando quindi i profitti, preparando inoltre l'azienda alle necessità del futuro in cui sembra sempre più vicino il momento in cui ogni settore della società dovrà “tirare la cinghia” energetica per evitare di raggiungere il punto critico nell'equilibrio ambientale.

5) PROGETTO PRATICO

5.1) FINALITÀ DEL PROGETTO

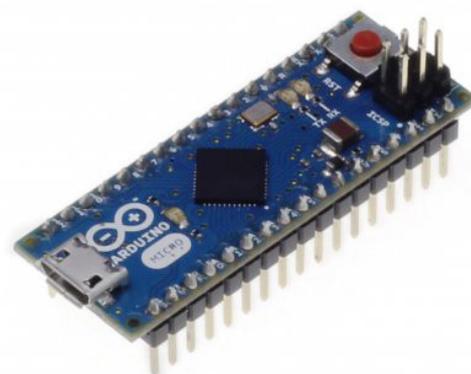
Nell'ottica di realizzare un progetto che permettesse di ottenere un risparmio energetico, ho pensato ad un campo indispensabile per la sopravvivenza di tutta l'umanità, ma che porta anche un grosso consumo di energia e in particolare di acqua, ovvero l'agricoltura.

Sta infatti diventando sempre più importante per tutti ridurre gli sprechi idrici in qualsiasi campo e ridurre e riuscire a eliminarli in questo campo porterebbe a un risparmio non trascurabile, sia economico che energetico.

Quindi ho ideato un sistema di irrigazione automatica che attraverso una sonda nel terreno misuri l'umidità di questo e quindi analizzi questo dato: nel caso esso sia inferiore alla soglia scelta dal cliente e l'orario sia compreso in una fascia oraria, anche questa impostabile dall'utilizzatore, il sistema provvederà ad irrigare attraverso una elettrovalvola che svolgerà il ruolo di rubinetto.

5.2) STRUTTURA

Per realizzare il sistema ho subito deciso di utilizzare la scheda μ C Arduino, ed in particolare un Arduino Micro, grazie alla sua compattezza. Esso ha 20 pin digitali di input/output (di cui 7 possono essere usati come uscita analogica (ottenuta tramite il PWM) e 12 possono essere usati come ingresso analogico) e un collegamento micro-USB integrato. Esso include inoltre un chip di alimentazione che può ricevere tensioni in ingresso da 6 a 12 V.



Per aumentare ancora il risparmio energetico ho implementato la modalità sleep (un 'sonno profondo', con il processore centrale Atmega32u4 e tutte le periferiche spente, che porta la scheda a consumare pochi μ A) fra una rilevazione e l'altra.

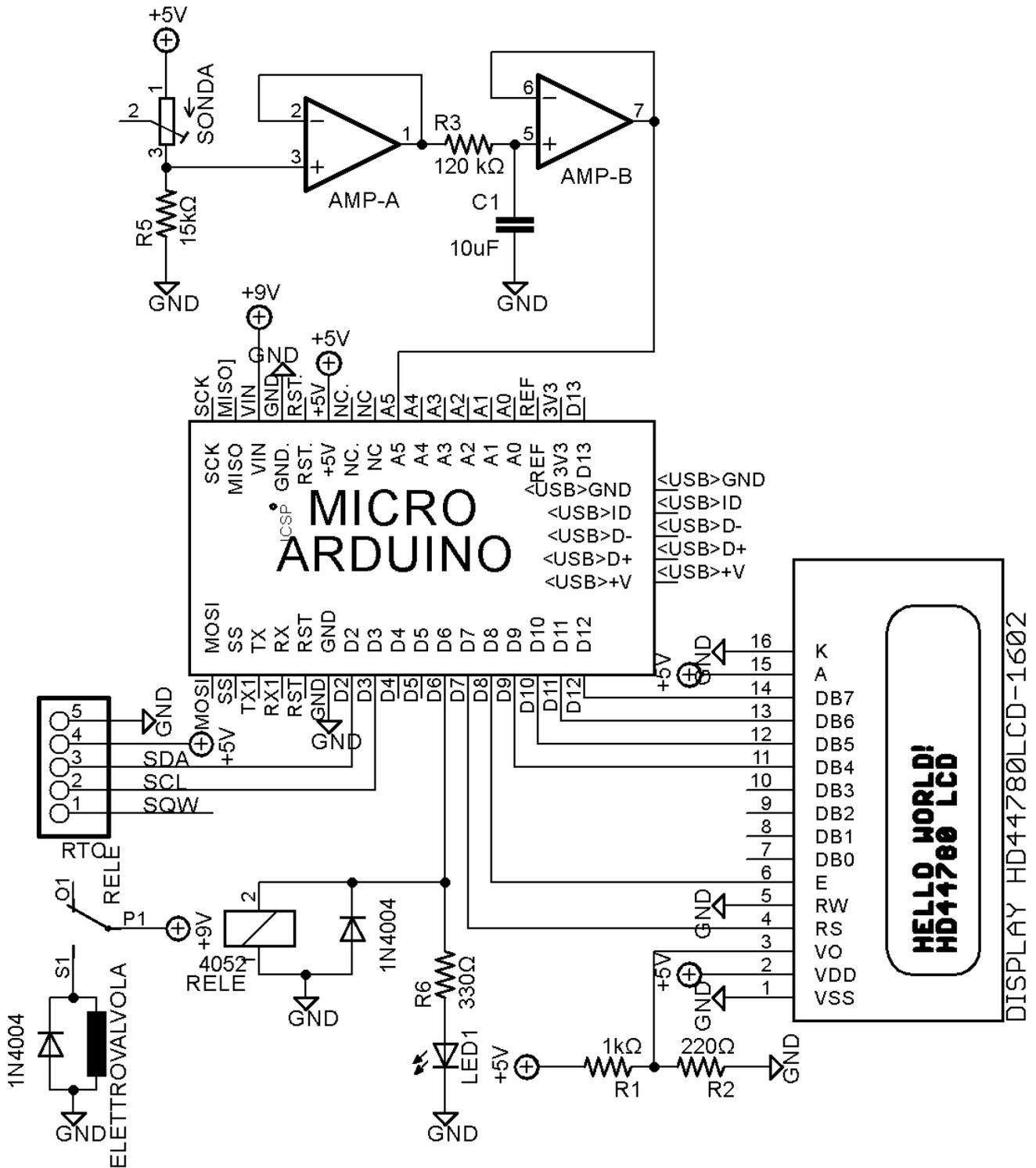
Per avere sempre l'orario e la data corretti collego all'Arduino un modulo Real Time Clock (in grado di mantenere l'orario in registro anche durante la modalità sleep e in assenza di alimentazione grazie alla batteria interna) con chip DS1307 e collegamento I²C.

Includerò al circuito un display LCD con chip HD44780 per visualizzare l'orario, i dati rilevati e informazioni varie.

In ingresso avrò come trasduttore di umidità una sonda composta da due elettrodi che dovrò conficcare nel terreno. Questa mi permetterà di misurare l'umidità nel terreno sotto forma di una resistenza variabile, in quanto il terreno fra gli elettrodi si comporterà come un carico resistivo inversamente proporzionale al valore dell'umidità. Come circuito di condizionamento ho quindi utilizzato un partitore di tensione composto dalla sonda e da una resistenza da 15 k Ω .

In uscita invece dovrò pilotare una elettrovalvola, ovvero un rubinetto la cui apertura e chiusura dipende dalla presenza o no di corrente sul suo avvolgimento interno. Questa corrente, tuttavia, è troppo alta per l'uscita dei pin digitali di Arduino, al massimo 40mA. Dovremo quindi realizzare un circuito di pilotaggio composto da un relè che provvederà a collegare l'elettrovalvola all'alimentazione quando imposto da Arduino.

5.3) PROGETTO



L'elettrovalvola va alimentata a 9V, per cui userò una alimentazione da 9V che sfrutterò anche per la scheda Arduino e, attraverso il suo chip di alimentazione, tutti gli altri componenti, collegati all'uscita 5V della scheda.

Il circuito di condizionamento per la sonda a partitore di tensione ha bisogno di un adattamento di impedenza in uscita per evitare disturbi, per cui pongo in cascata un inseguitore di tensione. Metterò

quindi un filtro passa-basso per eliminare l'eventuale rumore, e infine metto un altro inseguitore per adattare l'impedenza d'uscita del filtro.

Dimensiono il filtro passa-basso: il segnale che ho in entrata non varia molto velocemente, per cui la frequenza di taglio sarà abbastanza bassa, più precisamente:

$$f_T = \frac{1}{t_{CAMP}} = \frac{1}{8\text{ s}} = 125\text{ mHz}$$

Scelgo un condensatore da 10 μF , quindi trovo il valore appropriato della resistenza:

$$R = \frac{1}{2\pi f_t C} = \frac{1}{2 * \pi * (125 * 10^{-3}) * 10^{-5}} = \frac{1}{\pi * 250 * 10^{-8}} = 127\text{ k}\Omega$$

La resistenza in commercio con valore più vicino a questo valore è 120 $\text{k}\Omega$, per cui sceglierò questa.

Inserirò un LED sul canale in uscita verso il relè di pilotaggio della elettrovalvola per monitorare l'apertura di quest'ultima. Userò un LED con questi parametri:

$$I_{LED} = 10\text{ mA}$$

$$V_{LED} = 2\text{ V}$$

Ora dovrò dimensionare la resistenza da applicare al LED:

$$R_{LED} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{3}{10^{-2}} = 300\Omega$$

La resistenza in commercio con valore più vicino a questo valore è 330 Ω , per cui sceglierò questa.

Sia il relè utilizzato che la elettrovalvola contengono carichi induttivi che creano correnti di ritorno, per cui porrò un diodo in configurazione inversa su entrambi.

5.4) LA PROGRAMMAZIONE

Il programma fa sì che l'Arduino fra una lettura e l'altra (che include il controllo della necessità di irrigare) e la successiva vada in modalità sleep per 8 secondi (il tempo massimo in cui può stare

in sleep, dopo il quale viene risvegliato dal timer WatchDog). Per questo ho utilizzato la libreria “LowPower”.

Per interfacciarmi con il modulo Real Time Clock ho usato le librerie “Wire” e “RTCLib”.

Ho realizzato il software con in mente l'idea di creare un programma che desse la possibilità di comunicare via seriale con un qualsiasi PC via collegamento USB (per permettere di settare orario, soglia di umidità e orari di irrigazione ma anche per effettuare il debug o semplicemente per leggere i dati letti dal Arduino sullo schermo del PC).

Tramite un monitor seriale sul PC si possono inviare i seguenti comandi:

- q = Resetta il tempo al tempo nel momento in cui abbiamo caricato il programma dal PC
- w (seguito da un numero da 1 a 100) = Reimposta la soglia di umidità al valore inviato
- e = Abilita/Disabilita la modalità risparmio energia
- r (seguito da un numero da 0 a 23) = Reimposta l'ora iniziale della fascia di tempo in cui irrigare all'ora inviata
- t (seguito da un numero da 0 a 23) = Reimposta l'ora finale della fascia di tempo in cui irrigare all'ora inviata

La comunicazione seriale non è tuttavia possibile utilizzando lo sleep nel programma (in quanto questo fa terminare il collegamento seriale, mandando in crash il monitor seriale sul PC). Per questa ragione ho creato una variabile booleana chiamata 'rispEn' che deve essere posta alla condizione *true* perché l'Arduino attivi la sleep mode, altrimenti la sostituisce con un semplice delay. La variabile parte all'avvio (o al reset) come *false* in modo da fare avviare la scheda con la modalità sleep disabilitata per permettere di modificare le variabili desiderate all'inizio, quindi per attivare la modalità sleep sarà sufficiente inviare il carattere “e” via seriale.

Questo è il software completo:

```
/** Richiamo le librerie necessarie **/  
#include <Wire.h> //Includo la libreria per il collegamento seriale I2C (necessario per il modulo Real Time Clock)  
#include "RTCLib.h" //Liberia per gestire il Real Time Clock  
#include <LiquidCrystal.h> //Libreria per gestire lo schermo LCD  
#include "LowPower.h" //Libreria per gestire la modalità sleep (risparmio energia)  
  
/** Creo le variabili di funzionamento **/  
#define sensoreUmidita A5 //Pin del sensore di umidità del terreno  
#define elettrovalvola 6 //Pin di collegamento verso la valvola  
LiquidCrystal lcd(7,8,9,10,11,12); //Pin di collegamento del LCD  
RTC_DS1307 RTC;  
  
/** Creo le variabili globali per il programma **/  
int giorno, mese, anno, ore, minuti, secondi;  
int umidita=0, primaRiga, sogliaUmidita=50, oraInizio, oraFine;
```

```

boolean rispEn=false, fasciaOraria;

void setup () {
  /** Avvio la seriale, il collegamento I2C con il modulo Real Time Clock e l'LCD **/
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  RTC.begin();
  controlloRTC();
  RTC.sqw(0);
  lcd.begin(16,2);
  pinMode(elettrovalvola,OUTPUT);

  tempo();
  if(4<=mese<=9){ //In primavera e estate dovrà innaffiare di notte
    oraInizio=0;
    oraFine=6;
  }
  else{ //In autunno e inverno dovrà innaffiare di pomeriggio
    oraInizio=12;
    oraFine=18;
  }

  stampaLCD();
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("CALIBRAZIONE...");
  dormi();
}

void loop () {
  controlloRTC();
  if(! rispEn) controlloSeriale();
  tempo();
  stampaLCD();
  umidita=map(analogRead(sensoreUmidita),0,1023,0,100);
  if(! rispEn) stampaSeriale();
  lcd.setCursor(0,1);
  if(umidita<sogliaUmidita && fasciaOraria){
    digitalWrite(elettrovalvola,HIGH);
    lcd.print("IRRIGANDO (");
    lcd.print(umidita);
    lcd.print("%) ");
  }
  else{
    digitalWrite(elettrovalvola,LOW);
    lcd.print("UMIDITA': ");
    lcd.print(umidita);
    lcd.print("% ");
  }
  dormi();
}

/** Creo la funzione che controlla se il modulo Real Time Clock funziona correttamente **/
void controlloRTC(){
  while (! RTC.isrunning()) {
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("RTC NON FUNZIONA");
    delay(2000);
    if(! rispEn) controlloSeriale();
  }
}

```

```

/** Creo la funzione che controlla se è arrivato qualcosa via Seriale; in caso affermativo, esegue l'azione
corrispondente al comando inviato */
void controlloSeriale(){
  if(Serial.available()>0){
    int y=Serial.read(), buf=Serial.available(), a[buf];
    for(int x=0; x<buf; x++) a[x]=Serial.read();
    switch(y){
      /* COMANDI INVIABILI VIA SERIALE:
      * q = Resetta il tempo nel momento in cui abbiamo caricato il programma dal PC l'ultima volta
      * w (seguito da un numero da 1 a 100) = Reimposta la percentuale di umidità sotto cui si apre la valvola al valore
inviato
      * e = Abilita/Disabilita la modalità risparmio energia
      * r (seguito da un numero da 0 a 23) = Reimposta l'ora di inizio della fascia di tempo in cui irrigare
      * t (seguito da un numero da 0 a 23) = Reimposta l'ora finale della fascia di tempo in cui irrigare
      */
      case(113): //113 ASCII = q
        RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
        Serial.println("ORARIO REIMPOSTATO");
        break;

      case(119): //119 ASCII = w
        if(buf==1) sogliaUmidita=a[0]-48; //48 ASCII = 0
        if(buf==2) sogliaUmidita=(a[0]-48)*10 + a[1]-48;
        if(buf>=3) sogliaUmidita=100;
        Serial.print("NUOVA SOGLIA UMIDITA': ");
        Serial.print(sogliaUmidita);
        Serial.println("%");
        break;

      case(101): //101 ASCII = e
        rispEn=!rispEn;
        if(rispEn){
          Serial.println("SLEEP ABILITATO");
          delay(100);
          Serial.end();
        }
        else Serial.println("SLEEP DISABILITATO");
        break;

      case(114): //114 ASCII = r
        if(buf==0) Serial.print("ERRORE, DEVI INSERIRE UN VALORE DA 0 A 23");
        if(buf==1) oraInizio=a[0]-48;
        if(buf>=2) oraInizio=(a[0]-48)*10 + a[1]-48;
        Serial.println("ORA DI INIZIO IRRIGAZIONE REIMPOSTATA");
        break;

      case(116): //116 ASCII = t
        if(buf==0) Serial.print("ERRORE, DEVI INSERIRE UN VALORE DA 0 A 23");
        if(buf==1) oraFine=a[0]-48;
        if(buf>=2) oraFine=(a[0]-48)*10 + a[1]-48;
        Serial.println("ORA DI FINE IRRIGAZIONE REIMPOSTATA");
        break;

      default:
        Serial.print("COMANDO SCONOSCIUTO (ASCII ");
        Serial.print(y);
        Serial.println(")");
    }
  }
}

```

```

}

/** Creo la funzione che stampa via seriale data e ora ottenute con la funzione 'tempo' e umidità */
void stampaSeriale(){
  Serial.print(giorno);
  Serial.print("/");
  Serial.print(mese);
  Serial.print("/");
  Serial.print(anno);
  Serial.print(" - ");
  Serial.print(ore);
  Serial.print(":");
  Serial.print(minuti);
  Serial.print(":");
  Serial.print(secondi);
  Serial.print(" - ");
  Serial.print(umidita);
  Serial.print("% [Ore ");
  Serial.print(oraInizio);
  Serial.print("-");
  Serial.print(oraFine);
  Serial.print(", Soglia ");
  Serial.print(sogliaUmidita);
  Serial.println("%]");
}

/** Creo la funzione che ricava data e ora dal modulo Real Time Clock */
void tempo(){
  DateTime now = RTC.now();
  giorno=now.day();
  mese=now.month();
  anno=now.year();
  ore=now.hour();
  minuti=now.minute();
  secondi=now.second();
  if(oraInizio==oraFine || (oraInizio<oraFine && ore>=oraInizio && ore<=oraFine) || (oraInizio>oraFine &&
(ore>=oraInizio || ore<=oraFine))) fasciaOraria=true;
  else fasciaOraria=false;
}

/** Creo la funzione che stampa la prima riga sul display LCD */
void stampaLCD(){
  lcd.setCursor(0,0);
  //Alterneremo l'orario attuale, l'orario di irrigazione e soglia di umidità
  if(primaRiga<3) primaRiga++;
  else primaRiga=1;
  if(primaRiga==1){
    lcd.print(giorno);
    lcd.print("/");
    lcd.print(mese);
    lcd.print("/");
    lcd.print(anno);
    lcd.print(" ");
    if(ore<10) lcd.print("0");
    lcd.print(ore);
    lcd.print(":");
    if(minuti<10) lcd.print("0");
    lcd.print(minuti);
  }
  if(primaRiga==2){

```

```

lcd.print("SOGLIA: ");
lcd.print(sogliaUmidita);
lcd.print("%  ");
}
if(primaRiga==3){
  lcd.print("NELLE ORE ");
  if(oraInizio<10) lcd.print("0");
  lcd.print(oraInizio);
  lcd.print("-");
  if(oraFine<10) lcd.print("0");
  lcd.print(oraFine);
}
}
}

/** Creo la funzione che porta l'Arduino in modalit  sleep o in delay ogni volta che viene richiamata **/
void dormi(){
  if(rispEn) LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF);
  else delay(8000); //Se la mod. risparmio energia   disabilitata crea solo un delay
}

```

5.5) RISULTATO



Il circuito elettronico funziona correttamente con alimentazione a 9V tramite trasformatore e il ruolo del sistema viene svolto correttamente. La scheda Arduino processa correttamente i dati e attiva l'irrigazione al momento giusto. L'elettrovalvola funziona correttamente.

La scheda Real Time Clock rileva e comunica l'orario correttamente. L'LCD visualizza correttamente le informazioni.

Comunicando dal PC alla scheda tramite seriale questa riceve correttamente le istruzioni e le applica correttamente. La scheda funziona correttamente anche in modalità risparmio energetico.

Gli unici problemi rilevati sono marginali, più precisamente:

- In caso la sonda venga estratta dal terreno il circuito di condizionamento interpreta erroneamente il dato in entrata e fornisce alla scheda l'indicazione dell'umidità massima. Questa è però una situazione tecnicamente rara da verificarsi, il problema è quindi marginale; questo problema può anzi diventare un punto di forza, in quanto evita che l'irrigazione si accenda erroneamente mentre non stiamo sondando il terreno.
- La fonte di acqua in entrata deve essere in pressione (l'unica situazione in cui crea problemi è se la fonte è una bottiglia o un contenitore, mentre il sistema è progettato per essere fisso)

5.6) LIMITI E FUTURE EVOLUZIONI

Questo progetto presenta essenzialmente solo due limiti:

- Il sistema richiede un collegamento ad una rete idrica (o più in generale ad una fonte di acqua in pressione) in quanto la pressione di una bottiglia non è sufficiente a creare un flusso di acqua regolare.
- L'elettrovalvola durante il funzionamento (ovvero quando fa passare l'acqua) consuma una corrente troppo alta per una batteria classica, per cui la fonte di alimentazione deve essere una batteria sovradimensionata o, preferibilmente, la rete elettrica (chiaramente attraverso un trasformatore da 9V).

Il progetto presenta invece molte possibili evoluzioni:

- La scheda Arduino ha cinque ingressi analogici ancora inutilizzati (pin A0-A5) a cui è quindi possibile collegare altri cinque sensori, permettendo semplicemente modificando poche righe di codice di implementare il controllo di 6 porzioni di terreno.
- Multiplexando sugli ingressi analogici più sensori, sarebbe addirittura possibile ottenere molte più fonti, idealmente infinite.
- La scheda Arduino ha altre cinque uscite digitali ancora inutilizzate (pin 1,2,4,5,13) a cui è quindi possibile collegare altri circuiti di controllo per altre elettrovalvole, permettendo di controllare separatamente fino a 6 circuiti di irrigazione contemporaneamente.
- Ogni circuito di irrigazione può nativamente supportare due elettrovalvole (grazie ai due

interruttori forniti dal Relè), e idealmente sarebbe possibile pilotare infinite elettrovalvole (semplicemente aggiungendo più BJT e Relè di controllo), fornendo una flessibilità enorme nella realizzazione del sistema di irrigazione.

- Essendo Arduino una scheda programmabile, chiunque possieda le minime conoscenze di programmazione C++ potrà modificare il codice completamente a proprio piacimento, permettendogli di realizzare la migliore soluzione per i propri bisogni senza bisogno di acquistare un altro sistema proprietario.

6) I PERICOLI

Ormai è sempre più evidente che, anche grazie a queste tecnologie per il risparmio energetico, l'umanità sta per entrare in un futuro in cui le branche dell'elettronica interverranno sempre più pesantemente nella società ad ogni livello attraverso sistemi di ogni genere.

Nella realizzazione di questo futuro bisognerà però prestare attenzione ad un importante fattore, ovvero quello umano. Lo sviluppo di sistemi che sostituiscano l'azione umana nella amministrazione diretta di aspetti del proprio modo di vivere rischia infatti di portare alla alienazione dell'uomo dalla gestione della sua stessa vita, riducendolo a un automa il cui unico scopo è 'alimentare' i sistemi nati per essergli d'aiuto. Questo è lo stesso pericolo da cui Luigi Pirandello ci aveva messo in guardia già nel lontano 1915 con '*Quaderni di Serafino Gubbio operatore*'.

Luigi Pirandello è stato un drammaturgo, scrittore e poeta italiano, nato nel 1867 ad Agrigento da una famiglia borghese; compì gli studi, si sposò e quindi si trasferì a Roma dove iniziò a lavorare e iniziò a pubblicare romanzi come '*Il fu Mattia Pascal*', '*Quaderni di Serafino Gubbio operatore*' e '*Uno, nessuno, centomila*', opere teatrali come '*Enrico IV*' e '*Sei personaggi in cerca di autore*' e una raccolta di novelle, '*Novelle per un anno*'. I principali temi da lui trattati erano temi riguardanti la psiche umana, tra cui il più importante è la contrapposizione tra la vera vita e le maschere che la società impone, trattato soprattutto in '*Il fu Mattia Pascal*' e in novelle come '*La carriola*'.

Il romanzo '*Quaderni di Serafino Gubbio operatore*' registra come un diario le riflessioni e le vicende del protagonista, che lavora come operatore della macchina da presa, diventando uno sfogo della sua alienante subordinazione alla macchina. Dopo varie vicende il romanzo termina con un colpo di scena: un attore che dovrebbe uccidere una tigre in una scena di caccia spara invece su un'attrice con cui ha avuto una tormentata storia d'amore, la tigre quindi lo attacca e lo sbrana. Serafino Gubbio rimane shockato di fronte alla scena e perde la parola: vivrà "solo, muto e impassibile", spettatore passivo della vita.

Questo romanzo tratta quindi due temi: il primo è il più classico di Pirandello, il contrasto tra la vita che scorre e le forme in cui la si ingabbia (con il ruolo di costrizione svolto in questo caso dall'arte cinematografica). Il secondo, tema principale, è la polemica con l'industria che subordina l'uomo alla macchina e lo concepisce solo come parte di un meccanismo, svuotandolo della valenza umana. Questo è proprio il pericolo che bisogna evitare nello sviluppo di sistemi di controllo che stiamo osservando.

7) CONCLUSIONE

Come abbiamo osservato, l'elettronica non è capace solo di consumare energia ma è invece in grado di creare un risparmio energetico attraverso sistemi di controllo mirati alla riduzione degli sprechi o al recupero di forme di energia prima irrecuperabili.

L'adozione di queste tecnologie non porta solo a un beneficio per l'ambiente del nostro pianeta, ma anche un risparmio economico e lo sviluppo di prodotti basati su di esse dà la garanzia di creare prodotti con nuovi pronti per il futuro.

Tutto questo risulterà inoltre indispensabile nel prossimo futuro, quando le risorse energetiche saranno sempre più preziose e rare.

7) BIBLIOGRAFIA E RINGRAZIAMENTI

Sono state usate informazioni provenienti dai seguenti libri:

- PROBLEM SOLVING - ECONOMIA INDUSTRIALE ED ELEMENTI DI DIRITTO (ZAGREBELSKY/BIOZZI/PAOLETTI, LE MONNIER)
- MANUALE DI ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI PER GLI IST. TECNICI (BIONDO/SACCHI, HOEPLI)
- SISTEMA LETTERARIO 2000 (GUGLIELMINO/GROSSER, PRINCIPATO)

Sono state utilizzate informazioni provenienti dai seguenti siti:

- www.emcelettronica.com
- www.elettronicanews.it
- www.tuttogreen.it
- www.economist.com
- www.deere.com
- www.arveni.com
- www.wired.it
- www.nest.com
- www.instepnanopower.com
- www.energyharvestingjournal.com
- www.aess-modena.it

Le librerie per il software di Arduino provengono da:

- www.rocketsscream.com
- www.adafruit.com

Si ringraziano i seguenti professori per il sostegno nella realizzazione del progetto:

- Gubellini Maurizio
- Amaducci Massimo
- Principato Raffaele