

Termometro digitale

Ivancich Stefano

11 Gennaio 2015



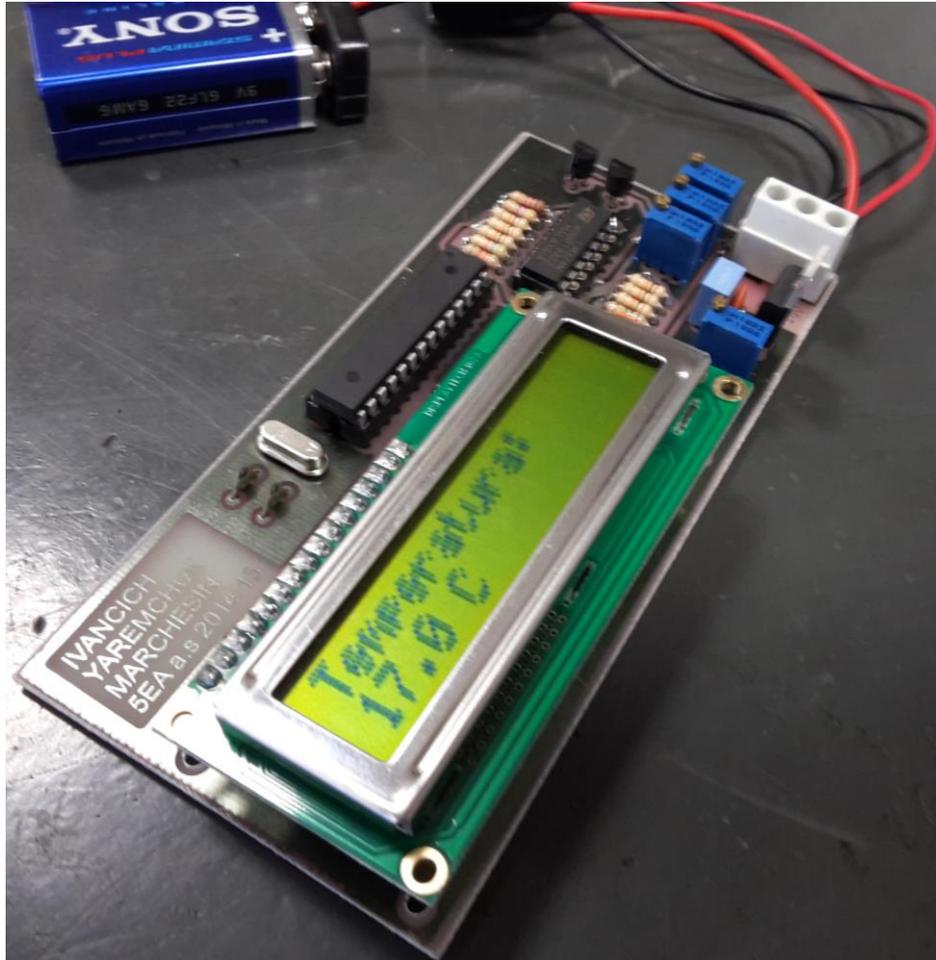
SOMMARIO

Di seguito si illustra il progetto di un termometro digitale.

Il progetto è molto utile per capire il funzionamento delle dinamiche interne di un circuito di acquisizione dati gestito da un microcontrollore, il che diventa utilissimo per moltissime applicazioni dove è necessario acquisire valori analogici da sensori e manipolarne il segnale al fine di ottenere una misura più precisa.

Questo sistema integra al suo interno il microcontrollore ATmega328p.

Pur essendo un progetto artigianale e scolastico, il termometro non è molto ingombrante (6 cm di larghezza x 12.7cm di lunghezza).



INDICE

| | |
|----------------------------------------------|---|
| SOMMARIO | 2 |
| INTRODUZIONE | 1 |
| SCHEMA A BLOCCHI | 1 |
| ALIMENTAZIONE DUALE | 3 |
| REGOLATORE DI TENSIONE LM7805 | 3 |
| SENSORE LM335 | 3 |
| CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO | 4 |
| LM336 | 4 |
| AMPLIFICATORE DA STRUMENTAZIONE | 4 |
| FILTRO LPF | 4 |
| ATMEGA328P | 5 |
| LCD 16x2 | 6 |
| PCB | 6 |
| SOFTWARE | 7 |
| LISTA COMPONENTI | 8 |
| CONCLUSIONI | 8 |

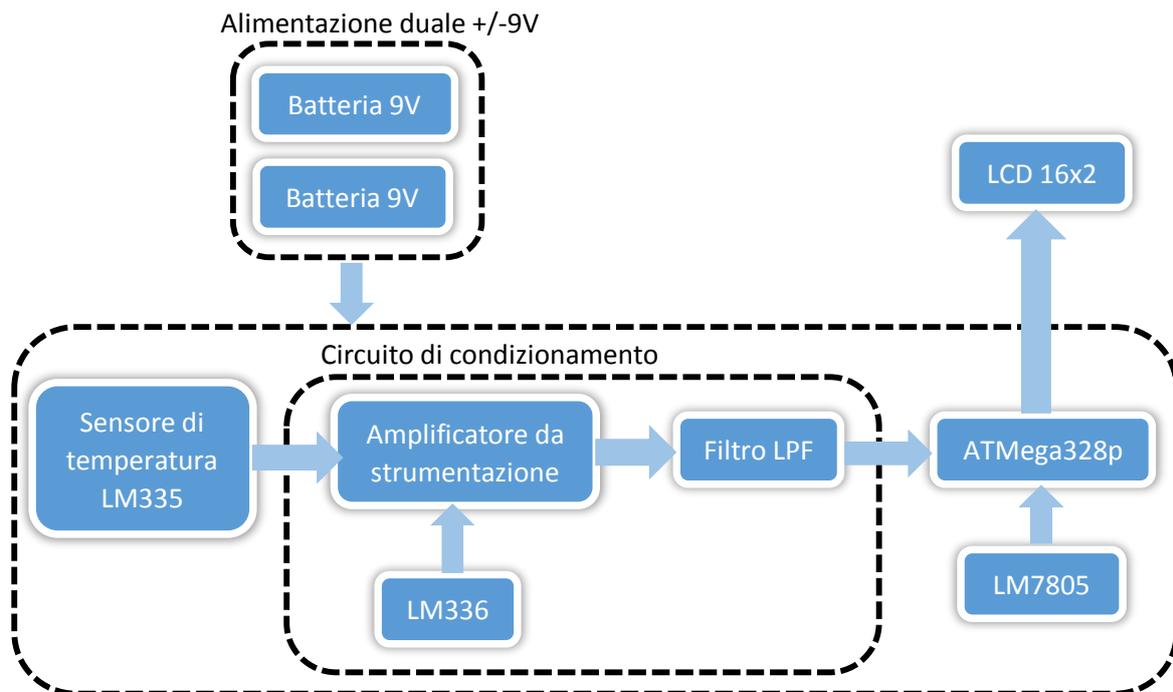
INTRODUZIONE

Lo scopo del progetto è di realizzare un circuito in grado di acquisire la temperatura dell'ambiente tramite un sensore di mostrarla su in display LCD. Questo progetto non è quindi solo un puro e semplice esercizio, ma si tratta di un progetto con un'applicazione pratica e funzionale.

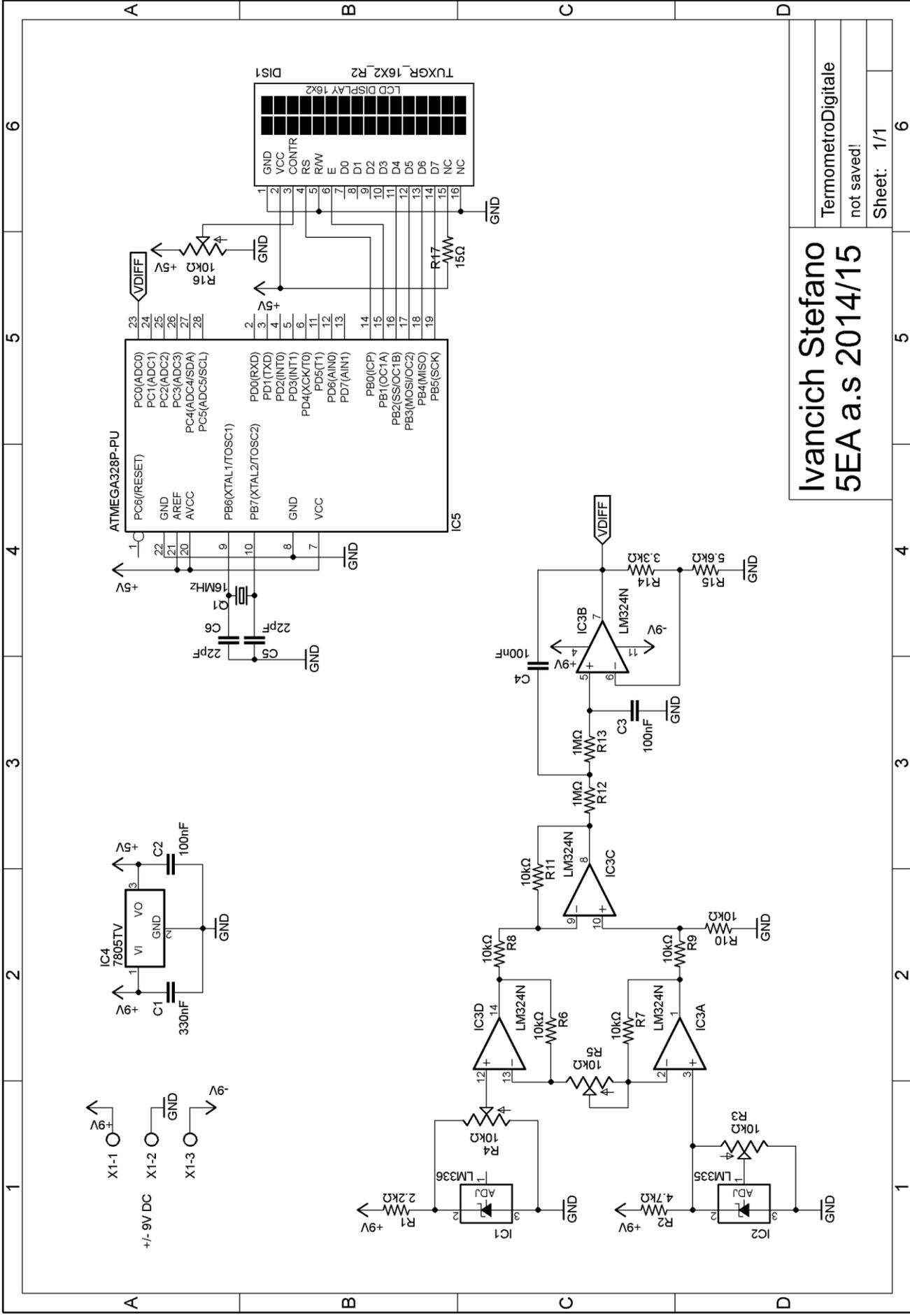
Il termometro ha le seguenti specifiche:

1. Deve misurare un range di temperature di $0\div 70^{\circ}\text{C}$
2. Deve essere gestito da un microcontrollore
3. Deve possedere un appropriato circuito di condizionamento

SCHEMA A BLOCCHI



SCHEMA ELETTRICO



Ivancich Stefano
5EA a.s 2014/15

| | |
|--------------------|---|
| TermometroDigitale | 6 |
| not saved! | |
| Sheet: 1/1 | |

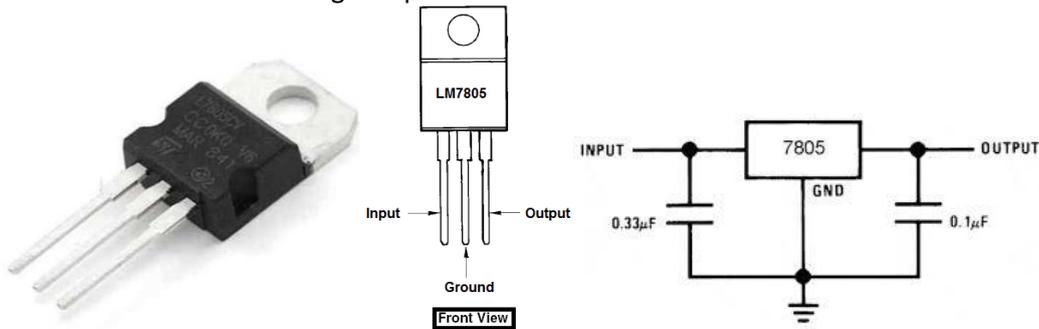
ALIMENTAZIONE DUALE

L'alimentazione viene fornita da due batterie da 9V, necessaria per l'alimentazione degli operazionali.



REGOLATORE DI TENSIONE LM7805

Il regolatore di tensione LM7805 prende in ingresso la tensione di 9V della batteria e in uscita fornisce 5V necessari all'alimentazione dell'ATMega328p.



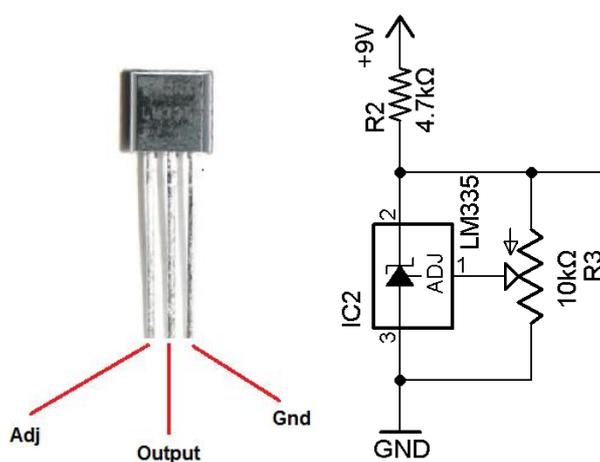
SENSORE LM335

Questo integrato è un trasduttore di temperatura cioè in uscita fornisce una tensione proporzionale alla temperatura percepita. Questo componente è equivalente ad un diodo zener e il comportamento è regolato secondo la seguente formula:

$$V_{OUT} = 10mV * K$$

Dove con V_o si intende la tensione in uscita dall'LM335 e K la temperatura espressa in gradi Kelvin. Può misurare temperature che hanno un range compreso tra $-223^{\circ}K$ ($-50^{\circ}C$) e $423^{\circ}K$ ($150^{\circ}C$). Il trasduttore presenta 3 piedini: il potenziale negativo, il potenziale positivo e l'adjustment (regolazione). Quest'ultimo, infatti, serve per la taratura della V_o . Esso va collegato ad un trimmer utilizzato per calibrare la temperatura manualmente.

In questo progetto si presume che il sensore **fornisce una tensione** compresa tra **2.7315V(0°C)** e **3.4315V(70°C)**.



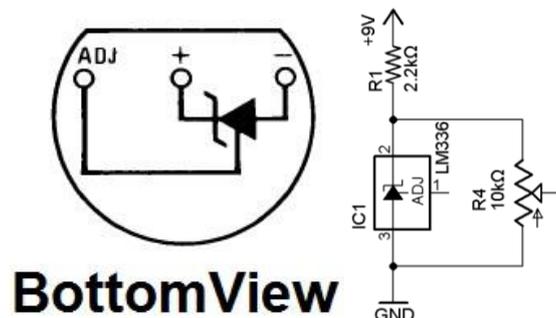
CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO

Il circuito di condizionamento prende in ingresso il segnale fornito dal sensore di temperatura LM335, lo manipola adattandolo al range dell'ADC dell'ATMega328(0-5V).

È formato da un amplificatore da strumentazione, un filtro LPF e un riferimento di tensione di 2.7315V.

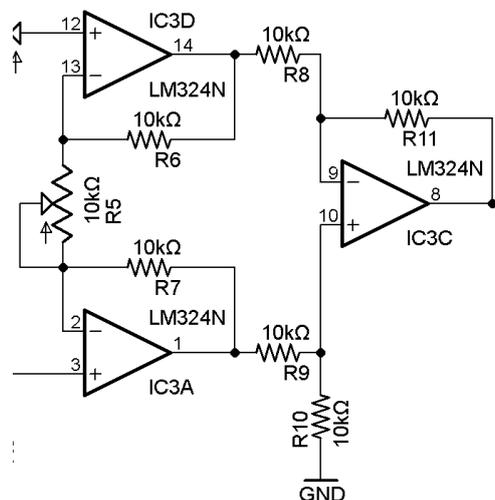
LM336

È un integrato che fornisce un'uscita stabile di 5V, in questo caso ridotti a **2.7315V** mediante un partitore di tensione regolato da un trimmer.



AMPLIFICATORE DA STRUMENTAZIONE

Non è stato utilizzato un amplificatore da strumentazione integrato, ma ne è stata ricreata la struttura con 3 operazionali LM324N.

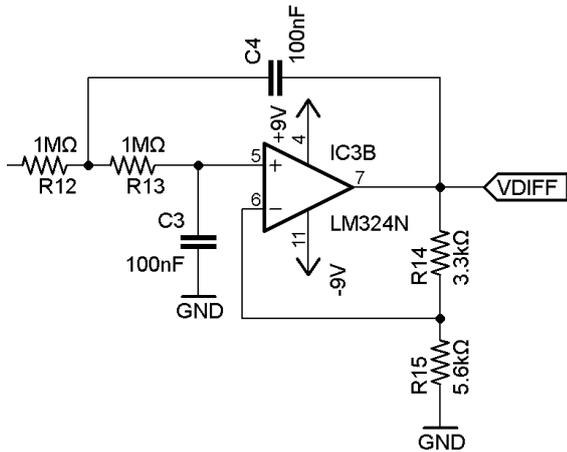


L'uscita è regolata dalla seguente espressione:

$$V_O = (V_{LM335} - V_{LM336}) * \left(1 + \frac{2R}{R_G}\right)$$

FILTRO LPF

Il filtro passa basso del secondo ordine posto in uscita dell'amplificatore da strumentazione elimina i disturbi in bassa frequenza.



$T=RC=80s$ (da datasheet LM335)

$$W_0 = \frac{1}{T} = 12.5kRad/s$$

Si sceglie $W_0=10kRad/s$.

$$W_0 = \frac{1}{RC} = 10kRad/s$$

Prendo $C=C_3=C_4$ e $R=R_{12}=R_{13}$.

Quindi si sceglie $C_3=C_4=100nF$ e $R_{12}=R_{13}=1M\Omega$.

$Z=0.707$ (Tipico per i filtri VCVS)

$$A_{FILTRO} = 3 - 2 * Z = 1.586 = 1 + \frac{R_{14}}{R_{15}}$$

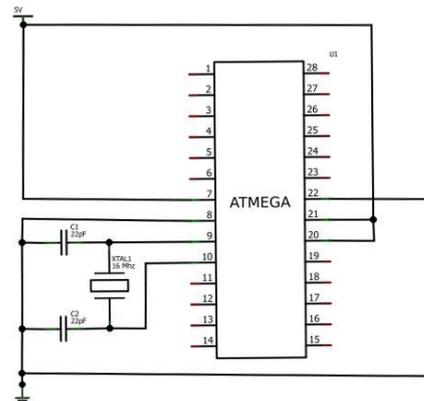
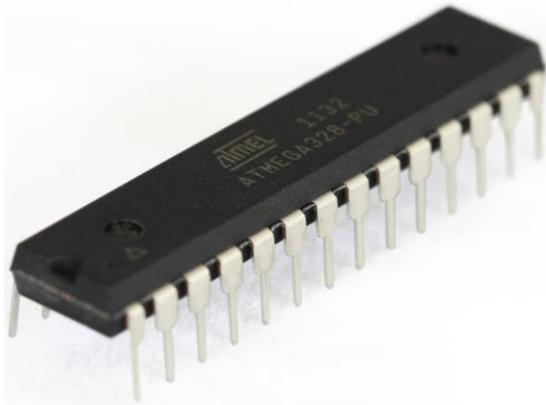
Quindi si sceglie $R_{14}=3.3k\Omega$ e $R_{15}=5.6k\Omega$.

ATMEGA328P

L'ATMega328p è il microcontrollore utilizzato dall'Arduino UNO, questo permette di usare codice Arduino in un progetto senza avere una intera e ingombrante scheda.

Per utilizzare l'ATMega328p sono necessari un oscillatore al quarzo da 16Mhz, una tensione di alimentazione di 5V e una connessione seriale.

L'ATMega328p prende in ingresso il segnale proveniente dal circuito di condizionamento, e lo mostra sul display LCD.

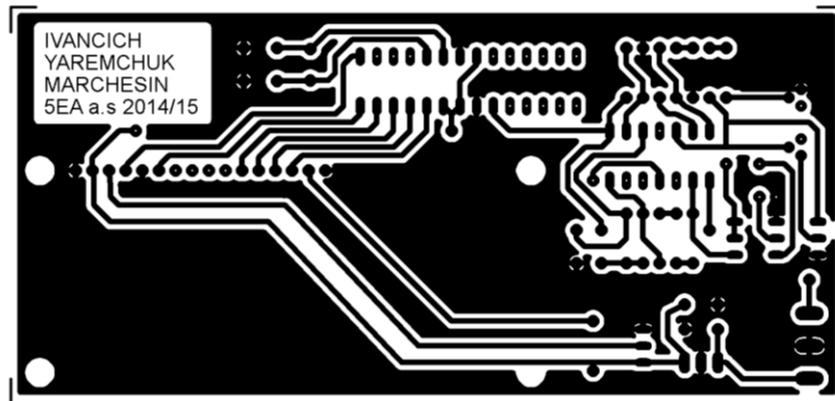


ATmega328 Pin Mapping

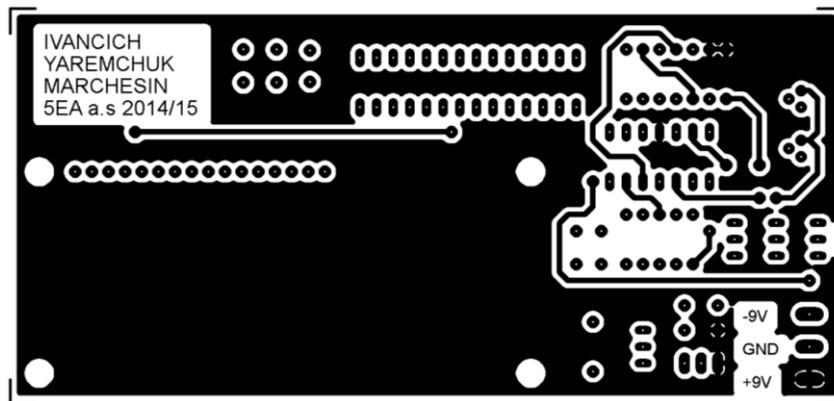
| Arduino function | ATmega328P Pin | ATmega328P Pin | ATmega328P Pin | Arduino function |
|---------------------|--------------------------|----------------|----------------|------------------------|
| reset | (PCINT14/RESET) PC6 | 1 | 28 | PC5 (ADC5/SCL/PCINT13) |
| digital pin 0 (RX) | (PCINT16/RXD) PD0 | 2 | 27 | PC4 (ADC4/SDA/PCINT12) |
| digital pin 1 (TX) | (PCINT17/TXD) PD1 | 3 | 26 | PC3 (ADC3/PCINT11) |
| digital pin 2 | (PCINT18/INT0) PD2 | 4 | 25 | PC2 (ADC2/PCINT10) |
| digital pin 3 (PWM) | (PCINT19/OC2B/INT1) PD3 | 5 | 24 | PC1 (ADC1/PCINT9) |
| digital pin 4 | (PCINT20/XCK/T0) PD4 | 6 | 23 | PC0 (ADC0/PCINT8) |
| VCC | VCC | 7 | 22 | GND |
| GND | GND | 8 | 21 | AREF |
| crystal | (PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6 | 9 | 20 | AVCC |
| crystal | (PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7 | 10 | 19 | PB5 (SCK/PCINT5) |
| digital pin 5 (PWM) | (PCINT21/OC0B/T1) PD5 | 11 | 18 | PB4 (MISO/PCINT4) |
| digital pin 6 (PWM) | (PCINT22/OC0A/AIN0) PD6 | 12 | 17 | PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3) |
| digital pin 7 | (PCINT23/AIN1) PD7 | 13 | 16 | PB2 (SS/OC1B/PCINT2) |
| digital pin 8 | (PCINT0/CLKO/CP1) PB0 | 14 | 15 | PB1 (OC1A/PCINT1) |
| | | | | digital pin 13 |
| | | | | digital pin 12 |
| | | | | digital pin 11 (PWM) |
| | | | | digital pin 10 (PWM) |
| | | | | digital pin 9 (PWM) |

Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MISO, MOSI, SCK connections (Atmega 168 pins 17, 18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

BOTTOM



TOP



SOFTWARE

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13);
float temperatura=0;

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float analogica=analogRead(0);
  temperatura=(analogica*70)/1023;
  Serial.print("Temperatura= ");
  Serial.println(temperatura,4);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temperatura:");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(temperatura,1);
  lcd.print(" C");
  delay(2000);
}
```

LISTA COMPONENTI

| COMPONENTE | Q/TA |
|-----------------------------|------|
| Batteria 9V | 2 |
| Connettore 3 poli | 1 |
| LM7805 | 1 |
| Condensatore plastico 330nF | 1 |
| Condensatore ceramico 100nF | 2 |
| Sensore LM335 | 1 |
| LM336 | 1 |
| LM324N | 1 |
| Strip tulipano | 58 |
| Trimmer 10k Ω | 4 |
| Resistore 2.2k Ω | 1 |
| Resistore 3.3k Ω | 1 |
| Resistore 4.7k Ω | 1 |
| Resistore 5.6k Ω | 1 |
| Resistore 10k Ω | 6 |
| Resistore 1M Ω | 2 |
| Resistore 15 Ω | 1 |
| Condensatore ceramico 22pF | 2 |
| Quarzo 16MHz | 1 |
| ATMega328p | 1 |
| LCD 16x2 | 1 |

CONCLUSIONI

Il progetto è stato concluso con successo, anche se non si era partiti nel modo migliore, visto la scarsità di componenti reperibili nel magazzino del laboratorio OEN2 dell'istituto.

Per diminuire le dimensioni del PCB si potevano utilizzare componenti SMD, non presenti però nel magazzino della scuola, utilizzare un amplificatore da strumentazione integrato anziché ricrearne la struttura e sostituire i trimmer con dei resistori.