

# 1

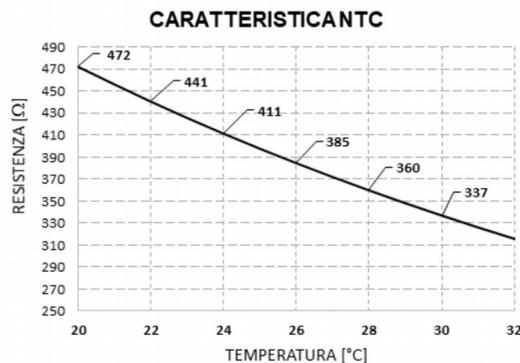
Un centro di fisioterapia è dotato di una vasca per la riabilitazione degli arti, finalizzata al recupero della capacità motoria, che si avvale anche della cromoterapia per un maggior comfort dei pazienti.

L'acqua della vasca deve garantire specifiche caratteristiche sanitarie, tra cui temperatura compresa tra 26°C e 28°C, PH tra 6,8 e 7,4 e una percentuale di cloro libero minima pari a 0,8 mg/l e non superiore a 1,3 mg/l.

Tali parametri vengono monitorati in tempo reale grazie a specifici sensori di seguito descritti e i valori rilevati vengono riportati su appositi display nella consolle dell'operatore addetto al controllo.

I dispositivi preposti alla rilevazione dei valori sono:

- otto termistori NTC disposti a coppie su ciascun lato della vasca, posizionati rispettivamente alla quota di 20 cm e 80 cm dal fondo vasca. Ogni sensore presenta la caratteristica IN/OUT in figura:



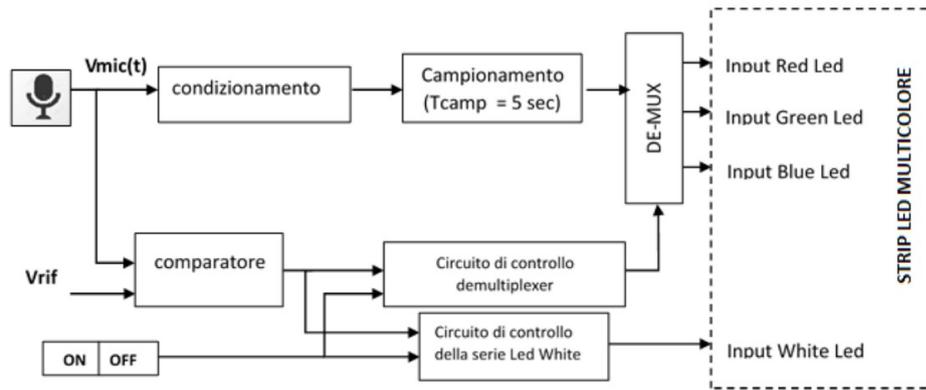
- un PH-metro con uscita digitale a 4 bit con capacità di rilevazione di valori compresi tra 6 e 9 e con precisione pari a 0,2. Al valore PH = 6 corrisponde la combinazione 0000 e le combinazioni successive sono ordinate secondo il codice binario naturale;

- un rilevatore di cloro libero che presenta in uscita una corrente direttamente proporzionale alla concentrazione di Cloro secondo la relazione:

$$I_{OUT} (\text{Cloro}) = (20 \cdot \text{Cloro} - 10) \cdot 10^{-3} \quad [\text{A}]$$

Sul fondo della vasca lungo tutto il perimetro è, inoltre, collocata una strip a tenuta stagna di led multicolore (Red-Green-Blue-White) impiegata nella cromoterapia. La strip presenta quattro ingressi di tensione, uno per ciascuna linea di colore. L'illuminazione viene gestita in modalità combinata durante l'utilizzazione della vasca come di seguito descritto:

- un interruttore, azionato dall'operatore, accende la sola linea White Led;
- l'eventuale diffusione di brani musicali nell'ambiente determina lo spegnimento della linea White Led e l'avvio della sequenza cromatica secondo l'ordine Red Led – Green Led – Blue Led ad intervalli di 1 minuto: l'intensità luminosa dei led colorati è regolata dalla musica diffusa nell'ambiente;
- riportando nella posizione OFF l'interruttore si spengono tutte le serie di led. La realizzazione dell'effetto si ottiene mediante lo schema di seguito riportato:



Le caratteristiche elettriche e le funzioni dei dispositivi presenti nello schema sono le seguenti:

- la capsula microfonica fornisce in uscita una tensione  $V_{mic}(t)$  con valori compresi tra 10 mV e 70 mV in modo proporzionale al volume e alle frequenze dei suoni diffusi nell'ambiente. Tale tensione, opportunamente trattata e campionata ad intervalli di 5 secondi, viene inviata al demultiplexer;
- il demultiplexer seleziona il singolo canale corrispondente alla serie colorata di led ad intervalli di 1 minuto: l'operazione avviene solo se il livello audio rilevato dal microfono fornisce una tensione superiore a 20 mV, corrispondente all'effettiva diffusione di suoni musicali;
- la luminosità delle linee di led colorati inserite nella strip dipende dalla tensione applicata come mostrato in tabella (la linea di White Led ha luminosità fissa).

Colore	Range di intensità luminosa (Lm/m)	Range di differenza di potenziale applicato (V)
<b>RED</b>	25 – 90	1,8 – 3,4
<b>GREEN</b>	40 – 120	
<b>BLUE</b>	15 – 60	
<b>WHITE</b>	60	2,4

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive che ritiene opportune, deve:

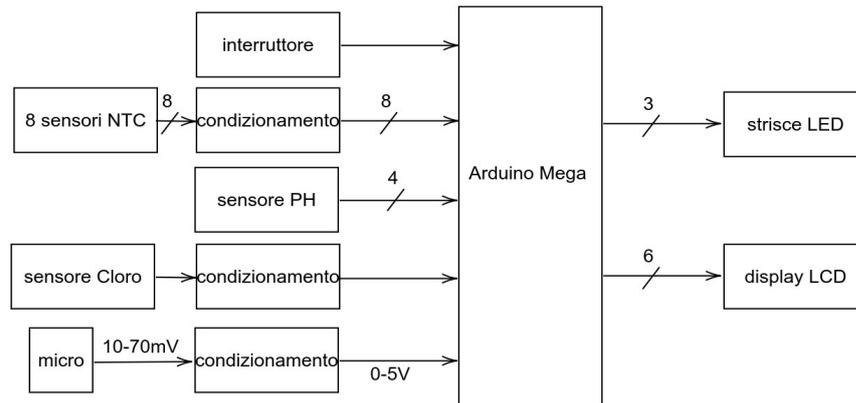
1. fornire uno schema del sistema di rilevazione e visualizzazione delle caratteristiche sanitarie dell'acqua utilizzando un microcontrollore o altro sistema programmabile di sua conoscenza;
2. dimensionare le interfacce necessarie all'adattamento dei segnali provenienti dai sensori e descrivere una possibile modalità di visualizzazione dei dati acquisiti;
3. sviluppare un algoritmo di gestione delle acquisizioni e della visualizzazione di tali valori che per la temperatura fornisca la differenza tra le medie delle temperature rilevate dai sensori posti alle due diverse quote;
4. implementare i blocchi di controllo del demultiplexer e dell'Input White Led presenti nello schema e descrivere una possibile soluzione per la realizzazione delle temporizzazioni richieste.

## SVOLGIMENTO

### QUESTIONE 1.

Poichè ci sono 8 sensori analogici NTC di temperatura e 1 sensore analogico di clo-ro, si ipotizza di utilizzare la scheda a microcontrollore Arduino Mega che dispone di 16 ingressi analogici, 54 pin digitali (programmabili come ingressi o uscite) di cui 15

uscite PWM. Utilizzando una scheda che dispone di un sistema di acquisizione dei segnali analogici, si implementa il segnale di riferimento e il comparatore a livello software. Lo schema del sistema è il seguente:



I pin analogici impegnati per i segnali analogici sono 11: un segnale del sensore del Cloro, un segnale proveniente dal microfono, 8 segnali dei sensori di temperatura.

## QUESTIONE 2.

### Sensori NTC

Per i sensori NTC si ipotizza che la caratteristica sia sufficientemente lineare. La relazione tra la resistenza e la temperatura sia la seguente. Si osserva che ogni 10°C c'è un aumento di temperatura di 472-337=135 ohm. Pertanto a 0°C corrisponderebbe una resistenza di 472+135\*2=742 ohm.

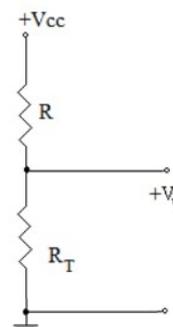
$$R = k * T + 742$$

dove k si ricava dalla relazione del punto a 28°C

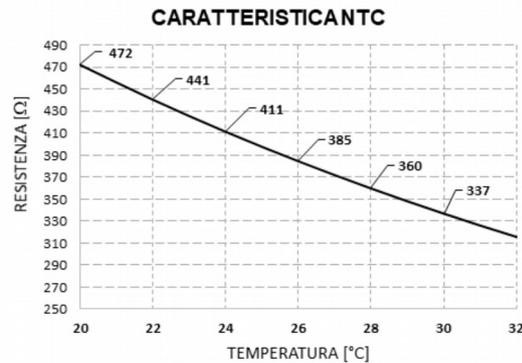
$$360 = k * 28 + 742$$

$$k = (360-742)/28 = - 13,64$$

L'intervallo di interesse è di soli 10 gradi e può essere risolto l'interfacciamento con un semplice partitore di tensione, come il seguente:



Si impone il valore della resistenza R uguale al valore massimo del sensore, quindi  $R = 470$  ohm.



Quando la resistenza del sensore vale 470 ohm si ottiene una tensione di 2.5V, mentre quando la resistenza è i 337 ohm si ottiene un valore di circa 2V. La variazione di 0.5V si traduce in una variazione della lettura su un ingresso analogico di  $(2.5-2)*1023/5$  che corrisponde a circa 102.

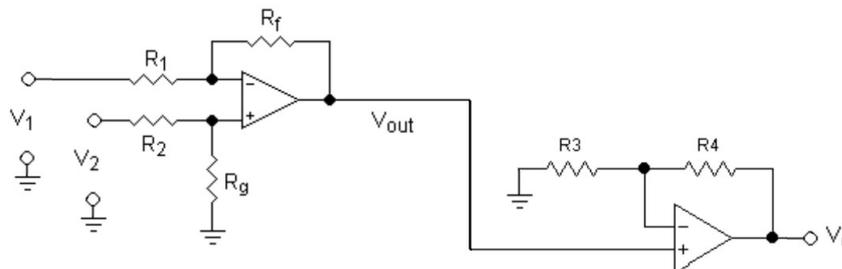
Si ritiene questa variazione sia sufficiente al compito individuato dal quesito. Nell'algoritmo occorre usare l'istruzione

```
max=2.5*1023/5;
min= 2*1023/5;
temperatura = map(analogRead(NTC),max,min,20,30);
```

### Microfono

Si può usare un circuito di condizionamento del segnale costituito da un amplificatore operazionale LM358 in configurazione differenziale seguito da un amplificatore LM358 in configurazione non invertente che trasforma la variazione 10-70mV in 0-5V.

Dove  $V_1=10\text{mV}$  e  $V_2$  è la tensione in uscita dal microfono.



I valori delle resistenze si possono calcolare sapendo che la tensione  $V_{out}$  è data dalla differenza tra i due termini  $(R_1+R_f)/R_1 * R_g/(R_g+R_2)*V_2$  e  $-(R_f/R_1)*V_1$ . Imponendo  $R_1=R_f=R_g=R_2$  il secondo termine diventa  $-10\text{mV}$ . Il termine  $(R_1+R_f)/R_1=2$ , pertanto il segnale di uscita diventa  $2 * 1/2 * V_2 - 0,01$ . Quando  $V_2=70\text{mV}$  l'uscita  $V_{out}$  va a  $60\text{mV}$  e l'uscita finale  $V_o$  deve andare a  $5\text{V}$  e questo si ottiene individuando il valore dell'amplificazione

$$1 + R_4/R_3 = 5/0,06 = 83,3$$

Da cui si ricava

$$R_4/R_3 = 82,3$$

$$R_4 = 82,3 * R_3$$

## 5

Pertanto si può fissare  $R_3=330$  ohm e ne risulta che  $R_4=27000$  ohm.  
Nell'algoritmo occorre usare l'istruzione

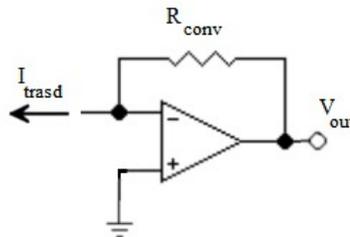
```
suono = map(analogRead(MICROFONO),0,1023,10,70);
```

### Sensore PH

Essendo un sensore digitale si collega direttamente ad Arduino.

### Sensore Cloro

Si utilizza un convertitore corrente tensione con LM358



In base alla relazione  $I_{OUT}(\text{Cloro}) = (20 \cdot \text{Cloro} - 10) \cdot 10^{-3}$  si nota che per un valore di 0,5 mg/l della concentrazione di Cloro si ha un'uscita  $V_{out} = 0V$ . Si stabilisce che la tensione di uscita arriva a 5V quando la concentrazione di Cloro arriva a 1,5 mg/l. Il valore della resistenza  $R_{conv}$  si ricava dalla relazione

$$R_{conv} = V_{out}/I_{trasd} = 5/((20 \cdot 1,5 - 10) \cdot 10^{-3}) = 5/((30 - 10) \cdot 10^{-3}) = 5/20 \cdot 10^3 = 250 \text{ ohm}$$

Nell'algoritmo occorre usare l'istruzione

```
cloro = map(analogRead(SENSORE_CLORO),0,1023,5,15);
```

### Display LCD

Per quanto riguarda il display LCD si può usare un comune display 2 righe 16 colonne, collegabile ad Arduino e gestito dalla libreria LiquidCrystal.

### QUESTIONE 3 e 4.

Ipotizzando di descrivere attraverso uno sketch per Arduino:

- l'algoritmo di gestione delle acquisizioni e della visualizzazione di tali valori che per la temperatura fornisca la differenza tra le medie delle temperature rilevate dai sensori posti alle due diverse quote,
- l'implementazione software del demultiplexer, dell'Input White Led e delle temporizzazioni richieste,

si ottiene il seguente codice:

```
void loop()
{
  delay(1);

  if (!digitalRead(INTERRUTTORE) && luci_white == 1)
    analogWrite(WHITELED, 2.4 * 255 / 5); // input logica negativa
  else
    analogWrite(WHITELED, 0);
```

```

switch (stato_suono) // gestione microfono, campionamento e comparatore
{
  case 0:
    countMic++;
    if (countMic == 5000) // ogni 5 secondi viene letto il microfono
    {
      countMic = 0;
      stato_suono = 1;
    }
    break;
  case 1:
    suono = map(analogRead(MICROFONO), 0, 1023, 10, 70);
    if (suono > 20) ok_demux = 1;
    else ok_demux = 0;
    stato_suono = 0;
    break;
}

switch (stato_demux) // gestione strip LED RGB con demultiplexer
{
  case 0:
    countDemux++;
    if (countDemux == 60 * 1000) // ogni minuto attiva demux
    {
      countDemux = 0;
      stato_demux = 1;
    }
    break;
  case 1:
    suono = map(analogRead(MICROFONO), 0, 1023, 10, 70);
    if (suono > 20) stato_suono = 2;
    else
    {
      stato_suono = 0;
      luci_white = 1;
    }
    break;
  case 2: // gestione cromoterapia
    luci_white = 0;
    indice_luce++;
    if (indice_luce == 3) indice_luce = 0;
    for (int i = 0; i < 4; i++)
      if (i == indice_luce) analogWrite(RGB[i], 2 * 255 / 5);
      else analogWrite(RGB[i], 0);
    stato_suono = 0;
    break;
}
switch (stato)
{

```

```

case 0: // per 2 secondi vengono visualizzati la temperatura
  Tmedia1 = 0; // e i relativi messaggi
  Tmedia2 = 0;
  for (int i = 0; i < 4; i++)
    Tmedia1 = Tmedia1 + map(analogRead(i), 0, 1023, 20, 30);
  Tmedia1 = Tmedia1 / 4;
  for (int i = 4; i < 8; i++)
    Tmedia2 = Tmedia2 + map(analogRead(i), 0, 1023, 20, 30);
  Tmedia2 = Tmedia2 / 8;
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("ΔT media: ");
  lcd.print(Tmedia2 - Tmedia1);
  if (Tmedia2 + Tmedia1 / 2 < 26)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Temperatura bassa ");
  }
  else if (Tmedia2 + Tmedia1 / 2 > 28)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Temperatura alta ");
  }
  else
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Temperatura ok ");
  }
  count++;
  if (count == 2000)
  {
    lcd.clear();
    count = 0;
    stato = 1;
  }
  break;
case 1: // per 2 secondi vengono visualizzati il PH e i messaggi
  for (int i = 0; i < 4; i++)
    ph = ph + digitalRead(SENSOREPH[i]) * i ^ 2;
  ph = map(ph, 0, 16, 60, 90);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("PH: ");
  lcd.print(ph);
  if (ph < 68)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("PH basso");
  }
  else if (ph > 74)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);

```

```

    lcd.print("PH alto");
  }
  else
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("PH ok");
  }
  count++;
  if (count == 2000)
  {
    lcd.clear();
    count = 0;
    stato = 2;
  }
  break;
case 2: // per 2 secondi vengono visualizzati il Cloro e i messaggi
  cloro = map(analogRead(SENSORE_CLORO), 0, 1023, 5, 15);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Cloro: ");
  lcd.print(cloro);
  if (cloro < 8)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Cloro basso");
  }
  else if (cloro > 13)
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" Cloro alto");
  }
  else
  {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Cloro ok");
  }
  count++;
  if (count == 2000)
  {
    lcd.clear();
    count = 0;
    stato = 0;
  }
  break;
}
}

```