

Progetti reali con ARDUINO

Introduzione alla scheda Arduino (parte 3^a)

gennaio 2015 – Giorgio Carpignano

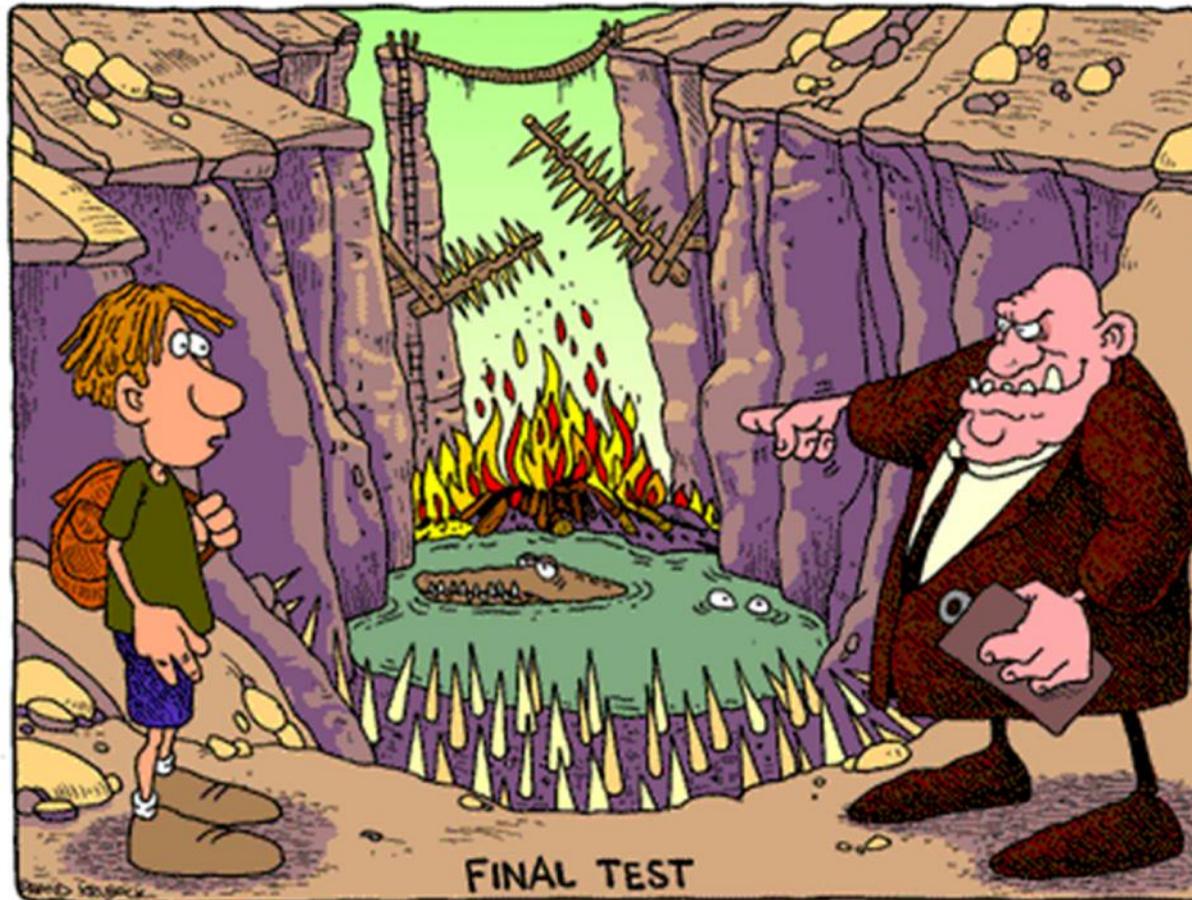
I.I.S. PRIMO LEVI

C.so Unione Sovietica 490 (TO)



Materiale didattico:
www.istitutoprimelevi.gov.it

Esercizio da svolgere subito!



Scrivere un programma in modo tale che venga inserito un numero intero nella variabile denominata "valore" e stabilisca se il numero e' **pari** o **dispari**.

Esercizio pari o dispari (1° metodo)

/* I.I.S. Primo LEVI - Torino Data: 03/12/2010

Esercizio N. 5 Progetto: pari_dispari_1 Autore: G. Carpignatelli

Descrizione: Scrivere un programma in modo tale che venga inserito

intero nella variabile denominata "valore" e stabilisca se il numero

byte valore = 10; // variabile a 8 bit con il numero da controllare

void setup()

{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud, 8 bit dati, nessuna parità e 1 bit di stop

Serial.begin(9600);

}

void loop() // programma principale

{ // la condizione viene verificata se e' uguale a 0, ma prima viene effettuata l'AND (&)

// con la variabile "valore", cioè si avrà 10 & 1 che vale in binario "00001010" & "00000001"

// diventa, effettuando la logica AND su ogni singolo bit "00000000" che corrisponde a 0.

if ((valore & 1) == 0) // se il confronto vale 0

{ // si e' in presenza di un numero PARI

Serial.print("Il numero ");

Serial.print(valore, DEC); // trasmissione sulla seriale del numero

Serial.print(" e' PARI.");

}

else

{ // altrimenti il numero e' DISPARI

Serial.print("Il numero ");

Serial.print(valore, DEC); // trasmissione sulla seriale del numero

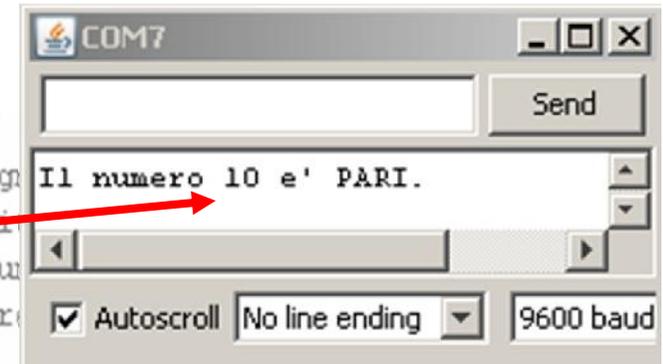
Serial.print(" e' DISPARI.");

}

while(1); // loop infinito (blocca il micro con questa istruzione)

}

pari_dispari_1.ino



Esercizio pari o dispari (2° metodo)

```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino    Data: 03/12/2010
   Esercizio N. 5    Progetto: pari_dispari_2    Autore: G. Carpignano
   Descrizione: Scrivere un programma in modo tale che venga inserito un numero
   intero nella variabile denominata "valore" e stabilisca se il numero e' pari o dispari.*/
byte valore = 10; // variabile con il numero da controllare se pari o dispari
void setup()
{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud, 8 bit di dati, 1 bit di stop
  Serial.begin(9600);
}

void loop() // programma principale
{
  if ((valore % 2) == 0) // se il resto della divisione per 2 vale 0
  { // si e' in presenza di un numero PARI
    Serial.print("Il numero ");
    Serial.print(valore, DEC); // trasmissione sulla seriale del numero
    Serial.print(" e' PARI.");
  }
  else
  { // altrimenti il numero e' DISPARI
    Serial.print("Il numero ");
    Serial.print(valore, DEC); // trasmissione sulla seriale del numero
    Serial.print(" e' DISPARI.");
  }
  while(1); // loop infinito (blocca il micro con questa istruzione)
}
```

Il carattere “%” permette di calcolare il modulo, ovvero il resto della divisione.

In questo esempio il **resto** della divisione per **2** può valere solo “**0**” oppure “**1**”.

pari_dispari_2.ino

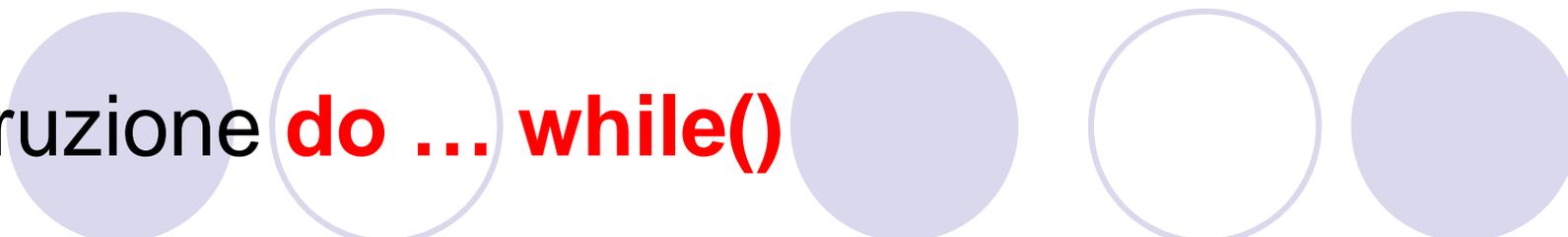
Istruzione **while()**

- L'espressione presente all'interno della parentesi tonda (**condizione di ripetizione**) viene valutata all'inizio di ogni ciclo.
- Se la condizione risulta **VERA** si eseguono tutte le istruzioni presenti tra le parentesi graffe.
- Se la condizione risulta **FALSA** (cioè se è uguale a **zero**) il programma salta all'esecuzione della prima istruzione dopo la parentesi graffa chiusa.
- Se inizialmente la condizione ha valore **zero**, il corpo del ciclo non viene mai eseguito.
- In generale, *non è noto* **quante volte** l'istruzione sarà ripetuta.
- (**Attenzione!** che qualsiasi valore memorizzato in una variabile purché sia diverso da zero è VERO).

Istruzione **while()** con esempio

while_1.ino

```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino    Data: 03/12/2010
   Esercizio N. 7    Progetto: while_1    Autore: G. Carpignano
   Descrizione: Controllare se un input digitale (pulsante collegato al pin 7)
   e' premuto, e per tutto il tempo che rimane tale accendere un led
   (collegato al pin 13), mentre se il pulsante viene rilasciato spegnere il led.*/
int led = 13; // definizione della variabile "led" utilizzata per scrivere sul pin 13
int pulsante = 7; // definizione della variabile "pulsante" utilizzata per leggere sul pin 7
void setup() // funzione di inizializzazione dei INPUT/OUTPUT
{
  pinMode(led, OUTPUT); // inizializza il pin 13 come OUTPUT collegato al led
  pinMode(pulsante, INPUT); // inizializza il pin 7 come INPUT collegato al pulsante n.a.
  digitalWrite(pulsante, HIGH); // utilizza la R=10K di pull-up interna al microcontrollore
}
void loop() // programma principale (main) --> ciclo infinito (loop)
{
  while(digitalRead(pulsante) == 1) // acquisisci il valore del pulsante pin 7 se il pulsante
  { // NON E' PREMUTO si avra' un livello ALTO quindi si deve spegnere il led
    digitalWrite(led, LOW); // spegni il LED collegato al pin 13 della scheda Arduino
  }
  digitalWrite(led, HIGH); // accendi il LED collegato al pin 13 della scheda Arduino
}
```



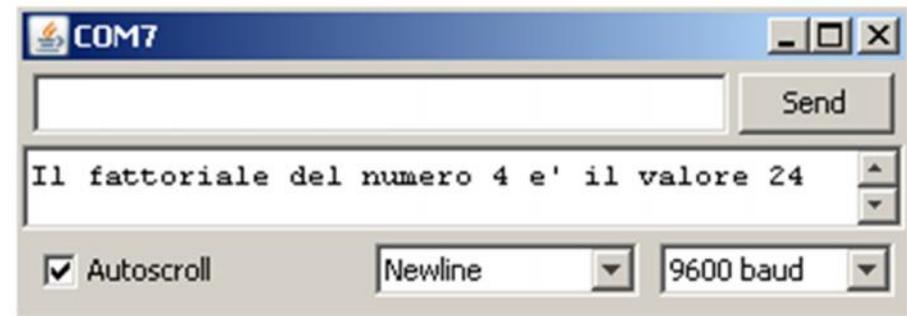
Istruzione **do ... while()**

- Il controllo della condizione di ripetizione viene verificata
 - **alla fine di ogni ciclo**
- Le istruzioni presenti tra le parentesi graffe **vengono sempre eseguite almeno una volta.**

Istruzione **do ... while()** con esempio

```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino
   Esercizio N. 9           Data: 03/02/2012
   Progetto: fattoriale_do_while   Autore: G. carpignano
   Descrizione: calcola e stampa il fattoriale con l'istruzione do .... while */
void setup() // funzione di inizializzazione della seriale RS232
{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud, 8 bit dati, nessuna parità e 1 bit di stop
  Serial.begin(9600);
}
void loop() // programma principale (main) --> ciclo infinito (loop)
{
  int fattoriale = 1; /* inizializzazione del fattoriale*/
  int numero = 4; // valore massimo del fattoriale da calcolare
  int i=0; /* inizializzazione del contatore*/
  do
  { // calcolo del numero fattoriale (ad esempio per il num. 4 si avra' 1*2*3*4 = 24
    fattoriale = (i + 1) * fattoriale;
    i = i + 1;
  } while (i < numero);
  Serial.print("Il fattoriale del numero ");
  Serial.print(numero, DEC);
  Serial.print(" e' il valore ");
  Serial.print(fattoriale, DEC);
  while (1); // blocca il programma (loop infinito)
}
```

fattoriale_do_while.ino



Esempio

```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino    Data: 03/12/2010
   Esercizio N. 8    Progetto: anno_bisestile_1    Autore: G. Carpignan
   Descrizione: Scrivere un programma in modo tale che venga inserito un anno
   nella variabile denominata "anno" e stabilisca se e' bisestile.*/
int anno = 2013; // variabile a 16 bit con l'anno da controllare se bisestile
void setup()
{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud, 8 bit dati, nessuna parità e 1 bit di stop
  Serial.begin(9600);
}
void loop() // programma principale
{ // la condizione viene verificata se e' uguale a 0, ma prima viene effettuata l'AND (&)
  // con la variabile "anno", cioè si avrà 2012 & 3 che vale in binario
  // "11111011101" & "00000000011" diventa, effettuando la logica AND su ogni singolo bit
  // "00000000001" che corrisponde a 1. Si ricorda che solo gli anni divisibili per 4, cioè
  // solo quegli anni che divisi per 4 danno come resto 0 sono anni bisestili.
  if ((anno & 0x03) == 0) // se il confronto vale 0
  { // si e' in presenza di un ANNO BISESTILE
    Serial.print("Il numero "); Serial.print(anno, DEC); // trasmissione sulla seriale dell'anno
    Serial.print(" E' BISESTILE.");
  }
  else
  { // altrimenti di un ANNO NON BISESTILE
    Serial.print("L'anno "); Serial.print(anno, DEC); // trasmissione sulla seriale dell'anno
    Serial.print(" NON E' BISESTILE.");
  }
  while(1); // loop infinito (blocca il micro con questa istruzione)
}
```

anno_bisestile_1.ino



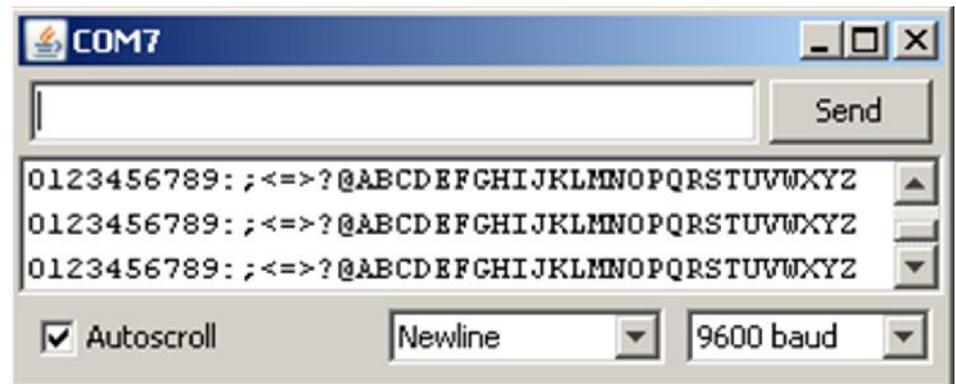
Istruzione **for**

```
for (x = 0; x < 10; x++)  
{  
    Serial.print(x, HEX);  
}
```

- È una istruzione di ripetizione particolarmente adatta per realizzare un numero predefinito di *cicli tramite un contatore*.
- La prima espressione è di inizializzazione (**x=0;**) viene eseguita una volta sola, prima di entrare nel ciclo.
- La seconda espressione (**x<10;**) rappresenta la condizione di permanenza nel ciclo (viene valutata all'inizio di ogni iterazione).
- La terza espressione (**x++**) rappresenta l'incremento o il decremento (**x--**) unitario per il passaggio al ciclo successivo (valutata alla fine di ogni iterazione).
- Per forzare l'uscita da un ciclo "**for**" si utilizza l'istruzione "**break**".

Istruzione for con esempio

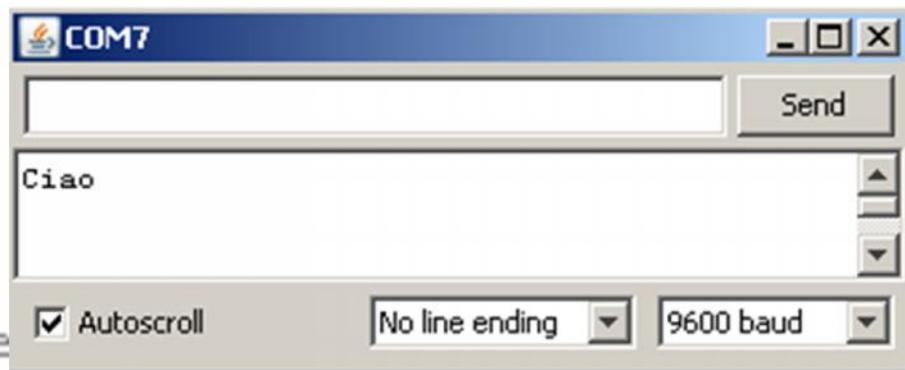
Alfabeto.ino



```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino Esercizio N. 4 Progetto: Alfabeto Autore: G. Carpignano
   Descrizione: effettuare la trasmissione dei caratteri ASCII compresi tra lo "0" (zero)
               e il carattere "Z" sull'interfaccia seriale RS232. */
char carattere; // variabile per memorizzare un carattere ASCII
long i; // variabile per memorizzare loop di ritardo di circa 2 secondi
void setup() // funzione di inizializzazione della seriale RS232
{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud, 8 bit dati, nessuna parità e 1 bit di stop
  Serial.begin(9600);
}
void loop() // programma principale (main) --> ciclo infinito (loop)
{
  // ciclo con inizio dal valore 30 Hex (coincidente con il carattere "0" zero)
  // al valore 5A Hex = 5B Hex - 1 (coincidente con il carattere "Z")
  for (carattere = 0x30; carattere < 0x5B; carattere++)
  {
    Serial.print(carattere, BYTE); // trasmissione sulla seriale del carattere in codice ASCII
  }
  delay(1000); // ciclo di ritardo di 1 secondo
  Serial.print("\n"); // trasmissione sulla seriale del carattere "new line" (nuova linea)
}
```

Esempio con le stringhe

```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino
Esercizio N. 11 Progetto: stringhe
Descrizione: Stampa la stringa "Ciao" sulla seriale.
Il carattere "\0" e' corrispondente alla fine della stringa.
Data: 03/02/2012 */
byte stringa_1[] = { 'C', 'i', 'a', 'o', '\0'};
void setup() // funzione di configurazione dei Input/Output
{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud
  Serial.begin(9600);
}
void loop() // programma principale (main) --> ciclo infinito (loop)
{
  for(int x=0; x<5; x++) // ciclo con il numero di caratteri da stampare
  {
    // Serial.print(stringa_1[x], BYTE); // vecchia stampa della stringa
    Serial.write(stringa_1[x]); // stampa della stringa
  }
  while (1); // loop infinito (blocca il micro)
}
```

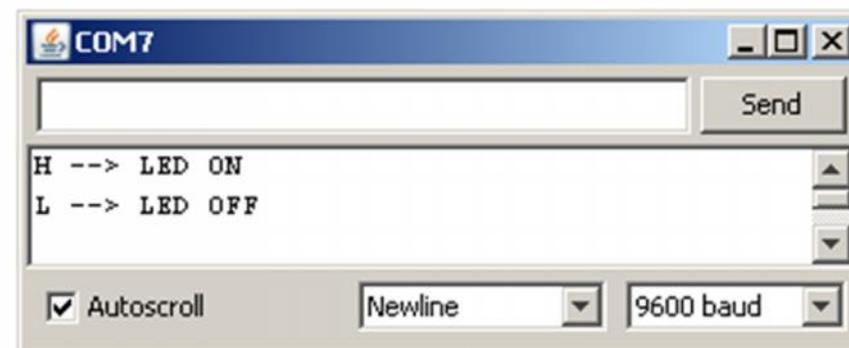


stringhe_1.ino

Inserimento dati da tastiera del Computer alla scheda Arduino. Come fare?

Nel software se si digita "H" il led si **accende**, mentre se si digita "L" si **spegne**. Qualsiasi altro carattere viene ignorato.

```
int led = 13; // il led e' collegato con l'Anodo sul pin 13 e il Catodo a GND.
int leggi_byte;
void setup()
{
  pinMode(led, OUTPUT); // configura il pin 13 come output
  Serial.begin(9600); // inizializza la seriale a 9600 baud
}
void loop()
{
  if (Serial.available() > 0) // se e' presente sul buffer della seriale un carattere ASCII
  {
    leggi_byte = Serial.read(); // acquisisci il carattere dalla seriale e memorizzalo
    if ((leggi_byte == 'H') || (leggi_byte == 'l'))
    { // se il byte letto dalla seriale e' coincidente con il carattere maiuscolo "H" (0x48)
      // oppure con "l" (0x31) accendi il led
      digitalWrite(led, HIGH); // accendi il led
      Serial.write(leggi_byte); // ritrasmetti il carattere sulla seriale
      Serial.println(" --> LED ON");
    }
    if ((leggi_byte == 'L') || (leggi_byte == '0'))
    { // se il byte letto dalla seriale e' coincidente con il carattere maiuscolo "L" (0x4C)
      // oppure con "0" (0x30) spegni il led
      digitalWrite(led, LOW); // spegni il led
      Serial.write(leggi_byte); // ritrasmetti il carattere sulla seriale
      Serial.println(" --> LED OFF");
    }
  }
}
```

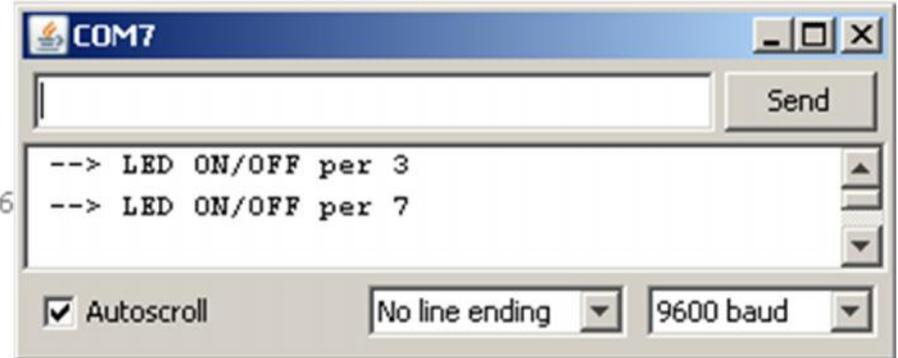


Led_controllato_da_tastiera_PC.ino

Inserimento dati da tastiera del Computer

Digitare un numero da **1** a **9** e il LED deve lampeggiare per il numero di volte digitato sulla tastiera del Personal Computer

```
int led = 13; // il led e' collegato con l'Anodo sul pin 13 e il Catodo a GND.
int leggi_byte;
void setup()
{
  pinMode(led, OUTPUT); // configura il pin 13 come
  Serial.begin(9600); // inizializza la seriale a 9600
}
void loop()
{
  if (Serial.available() > 0) // se e' presente sul buffer della seriale un carattere ASCII
  {
    leggi_byte = Serial.read(); // acquisisci il carattere dalla seriale e memorizzalo
    if ((leggi_byte > '0') && (leggi_byte <= '9')) // se il valore letto e' > 0 e <= 9
    {
      leggi_byte = leggi_byte - '0'; // converti valore da ASCII a valore numerico
      Serial.print(" --> LED ON/OFF per ");
      Serial.println(leggi_byte, DEC); // ritrasmetti il numero sulla seriale
      // ripeti la sequenza di accensione/spegnimento per il numero inserito da tastiera del PC
      for (int i = 0; i < leggi_byte; i++)
      {
        digitalWrite(led, HIGH); // accendi il led
        delay (100); // ritardo di 0,1 secondi
        digitalWrite(led, LOW); // spegni il led
        delay (100); // ritardo di 0,1 secondi
      }
    }
  }
}
```



Led_con_n_flash_controllato_da_tastiera_PC.ino

Istruzione **switch** **case**

Consente di selezionare l'esecuzione tra gli **N blocchi** di istruzioni componenti, in base al valore di una espressione (solo con **variabili intere**, cioè senza virgola).

Per terminare ogni "**case**" si utilizza l'istruzione "**break**" (che provoca l'uscita forzata dallo switch).

È possibile specificare un'etichetta "**default**". Essa viene eseguita per qualunque valore diverso dai valori specificati in precedenza nei vari "case".

Istruzione **switch** **case** con esempio

Digitare un numero da **1** a **4** e il LED deve lampeggiare per il numero di volte digitato sulla tastiera del Personal Computer

```
int led = 13; // il led e' collegato con l'Anodo sul pin 13 e il Catodo a GND.  
int leggi_byte, num_flash;  
void setup()
```

```
{  
  pinMode(led, OUTPUT); // configura il pin 13 come output  
  Serial.begin(9600); // inizializza la seriale a 9600 baud  
  Serial.flush(); // azzera buffer seriale  
}
```

Led_con_n_flash_controllato_da_tastiera_PC_con_switch.ino

```
void loop()
```

```
{ // controlla se e' presente nel buffer della seriale un carattere ASCII
```

```
while (!Serial.available());
```

```
leggi_byte = Serial.read(); // acquisisci il carattere e memorizzalo
```

```
switch (leggi_byte) // confronto con i possibili valori
```

```
{
```

```
  case '1': // caso relativo alla ricezione
```

```
    num_flash = 1; // numero di volte che deve lampeggiare
```

```
  break;
```

```
  case '2': // caso relativo alla ricezione
```

```
    num_flash = 2; // numero di volte che deve lampeggiare
```

```
  break;
```

```
  case '3': // caso relativo alla ricezione
```

```
    num_flash = 3; // numero di volte che deve lampeggiare
```

```
  break;
```

```
  case '4': // caso relativo alla ricezione
```

```
    num_flash = 4; // numero di volte che deve lampeggiare
```

```
  break;
```

```
  default: // caso relativo alla ricezione diverso da un numero valido
```

```
    num_flash = 0; // numero di volte che deve lampeggiare
```

```
    break;
```

```
  } // fine switch
```

```
  Serial.print(" --> LED ON/OFF per ");
```

```
  Serial.println(num_flash, DEC); // ritrasmetti il numero
```

```
  // ripeti la sequenza di accensione/spegnimento per il numero
```

```
  for (int i = 0; i < num_flash; i++)
```

```
  {
```

```
    digitalWrite(led, HIGH); // accendi il led
```

```
    delay (1000); // ritardo di 1 secondo
```

```
    digitalWrite(led, LOW); // spegni il led
```

```
    delay (1000); // ritardo di 1 secondo
```

```
  }
```

```
}
```

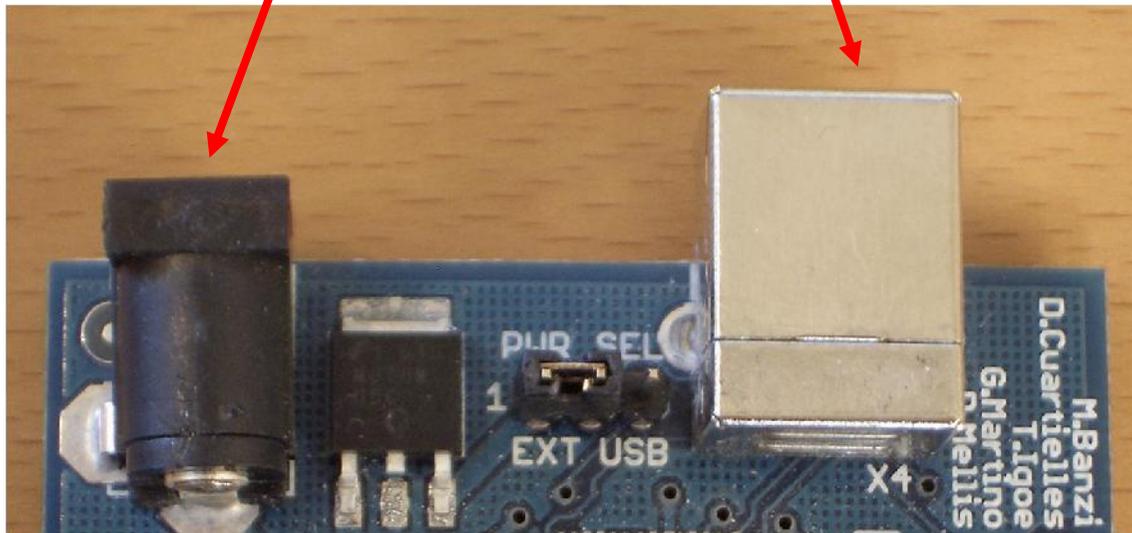
Scheda Arduino in modalità “Stand-alone”

- **Stand-alone** è un termine inglese che può essere tradotto letteralmente come "**a sé stante**", in elettronica significa quindi "**indipendente**".
- In informatica, indica un software che è capace di funzionare da solo o in maniera indipendente da altri oggetti o software, con cui potrebbe altrimenti interagire.
- È ovvio che la completa indipendenza si ottiene solo con una alimentazione esterna di tipo trasportabile.

Alimentazione della scheda Arduino

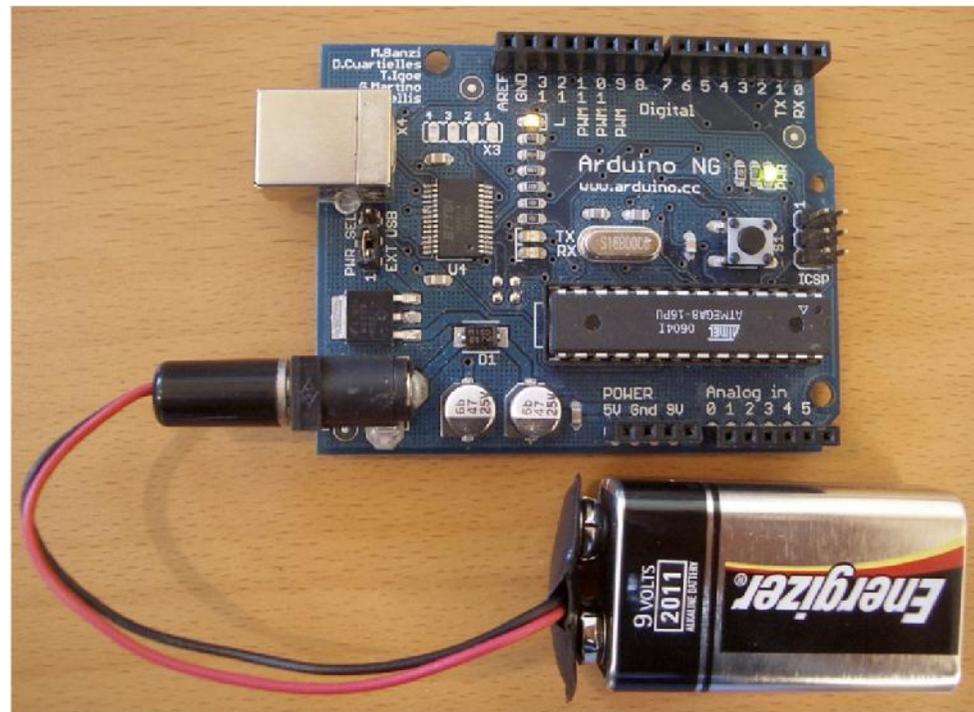
Arduino può essere alimentato tramite:

- Interfaccia USB (+5V)
- Alimentatore esterno (tra **9** e **15V** con **contatto centrale collegato al positivo** e corrente **> 300 mA**)



Alimentazione esterna da batteria

- Un metodo veloce e semplice per alimentare la scheda Arduino
- L'ingresso è protetto contro la polarità invertita da un diodo



Durata della batteria?

- La sola scheda Arduino richiede una corrente di circa 40 mA
- Ogni led aggiunto assorbe circa 20 mA quando viene acceso
- Ogni servo motore richiede una corrente media di circa 100÷150 mA
- le resistenze di pull-up dei pulsanti, interruttori e dei potenziometri assorbono una corrente quasi nulla
- La batteria da 9V, perfettamente carica, possiede una capacità media espressa in milliampere all'ora (mA/h) di **250 mA/h**
- Quindi alimentando la sola scheda Arduino si avrà:
 $250 \text{ mA/h} / 40 \text{ mA} = 6,25 \text{ ore di ininterrotto funzionamento.}$
- Ovviamente dovendo alimentare altri circuiti il tempo si riduce ulteriormente in funzione del loro assorbimento medio richiesto.
- Nel caso si richieda un tempo maggiore di corretto funzionamento si hanno a disposizione due tecniche di funzionamento:
 - 1) disporre il microcontrollore in modalità “**sleep**” (max assorbimento di pochi μA).
 - 2) disporre di una batteria di capacità superiore magari collegando due o più batterie in parallelo.

Rilevamento di tempi con traguardi meccanici o ottici (microswitches o sensori IR)

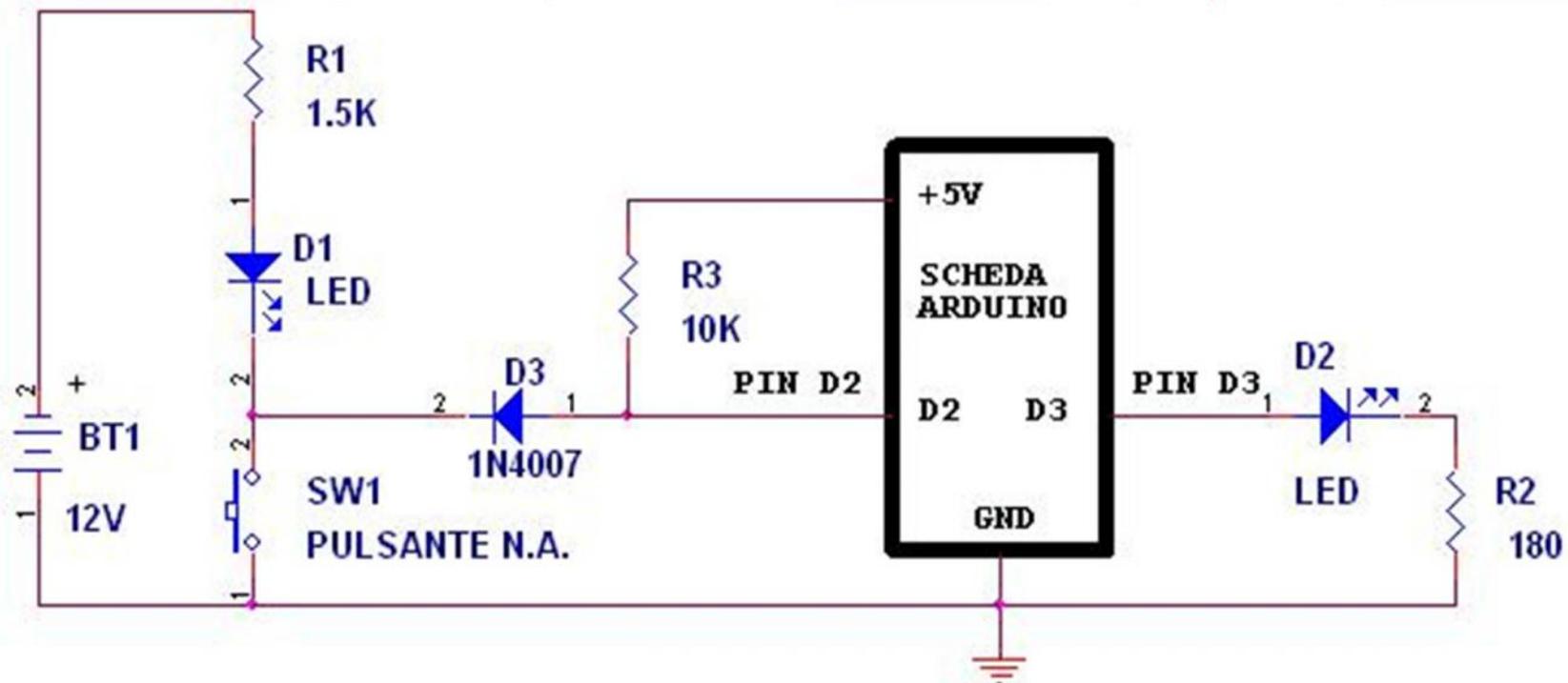
I microswitches

- Richiedono un circuito hardware o software di antirimbalo dei contatti
- Sono più costosi dei sensori ottici
- Hanno una sensibilità limitata
- Richiedono un contatto “fisico” con l’oggetto in movimento
- Funzionano anche in presenza di forte illuminazione

I sensori ottici

- Non ci sono rimbalzi in fase di commutazione
- Il prezzo è di tipo “low cost”
- Hanno un basso campo di copertura (fino a 10÷20 cm di distanza)
- Non richiedono un contatto “fisico” con l’oggetto in movimento
- Vengono facilmente “accecati” da una sorgente luminosa

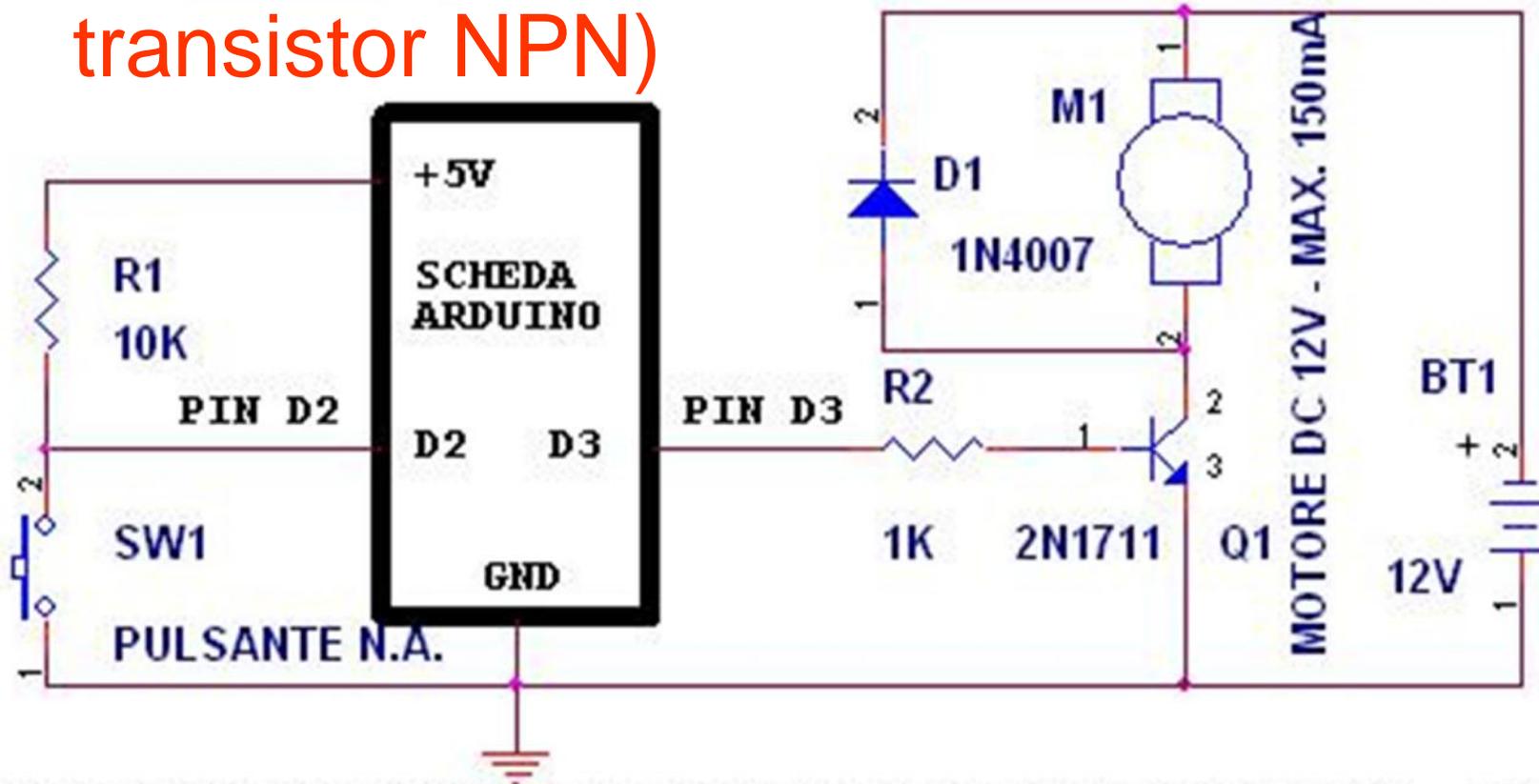
Interfaccia per input digitale collegato a circuito alimentato fino a 12Vc.c. (con diodo)



INTERFACCIA DIGITALE INPUT CON TENSIONE CONTINUA > 5V

- pulsante **SW1** premuto $\rightarrow V_{pinD2} = \sim 0,6V = \mathbf{LOW}$
- pulsante **SW1** non premuto $\rightarrow V_{pinD2} = 5V = \mathbf{HIGH}$

Interfaccia per output digitale collegato a circuito alimentato fino a 12Vc.c. (con transistor NPN)

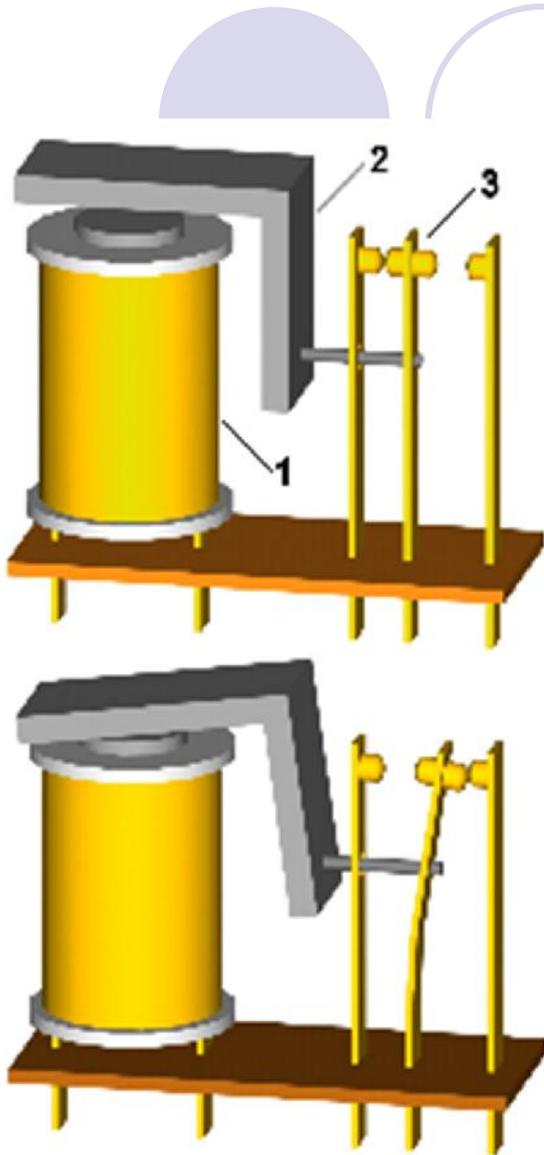


INTERFACCIA DIGITALE OUTPUT CON TENSIONE CONTINUA 12V - 150mA

- $V_{pinD3} = \text{LOW} = 0V \rightarrow Q1$ interdetto ($V_{be}=0V$; $V_{ce}=12V$) \rightarrow relè diseccitato \rightarrow **motore off**
- $V_{pinD3} = \text{HIGH} = 5V \rightarrow Q1$ saturazione ($V_{be}=0,6V$; $V_{ce}=0,2V$) \rightarrow relè eccitato \rightarrow **motore on**

Relè

- Il relè è un dispositivo elettrico (bobina) comandato dalle variazioni di corrente per influenzare le condizioni di un altro circuito. In sostanza il relè è un interruttore che non viene azionato a mano ma da un elettromagnete.



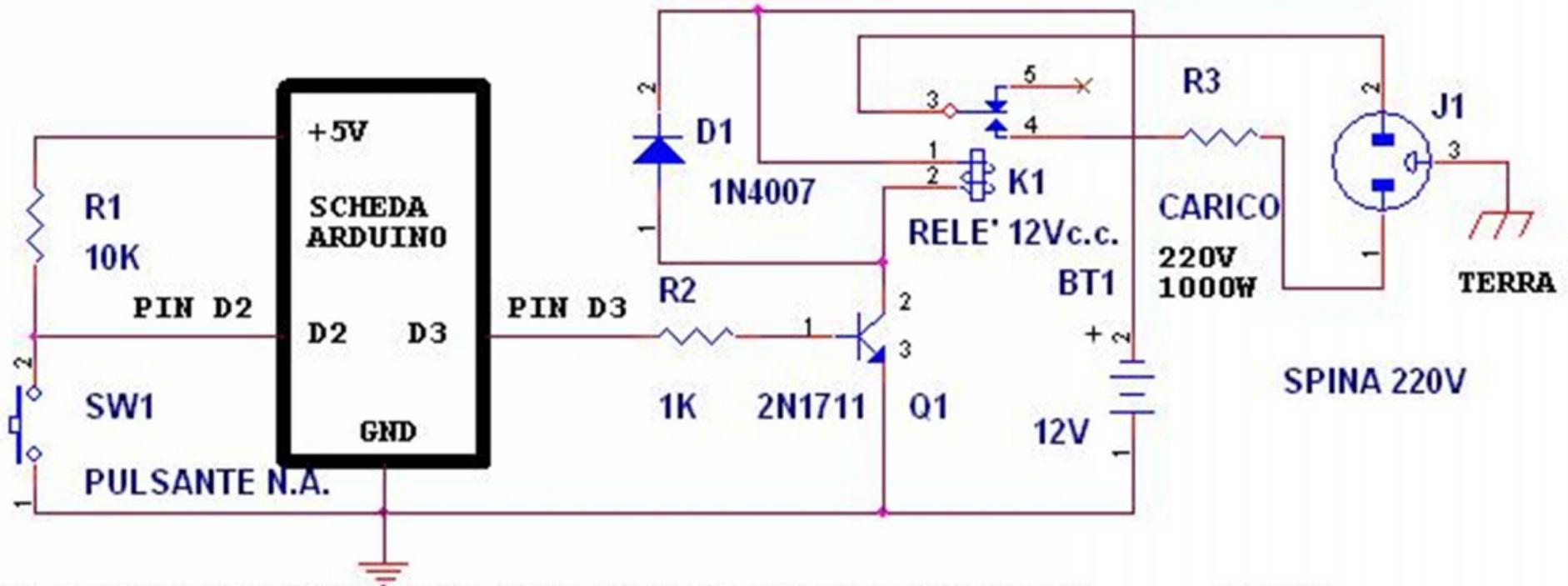
Legenda:

1. Bobina
2. Ancora
3. Contatto mobile

In alto relè disattivato (a riposo) in basso eccitato (attivato)



Interfaccia con transistor che pilota un relè a 12Vc.c. con carico in alternata 220V.

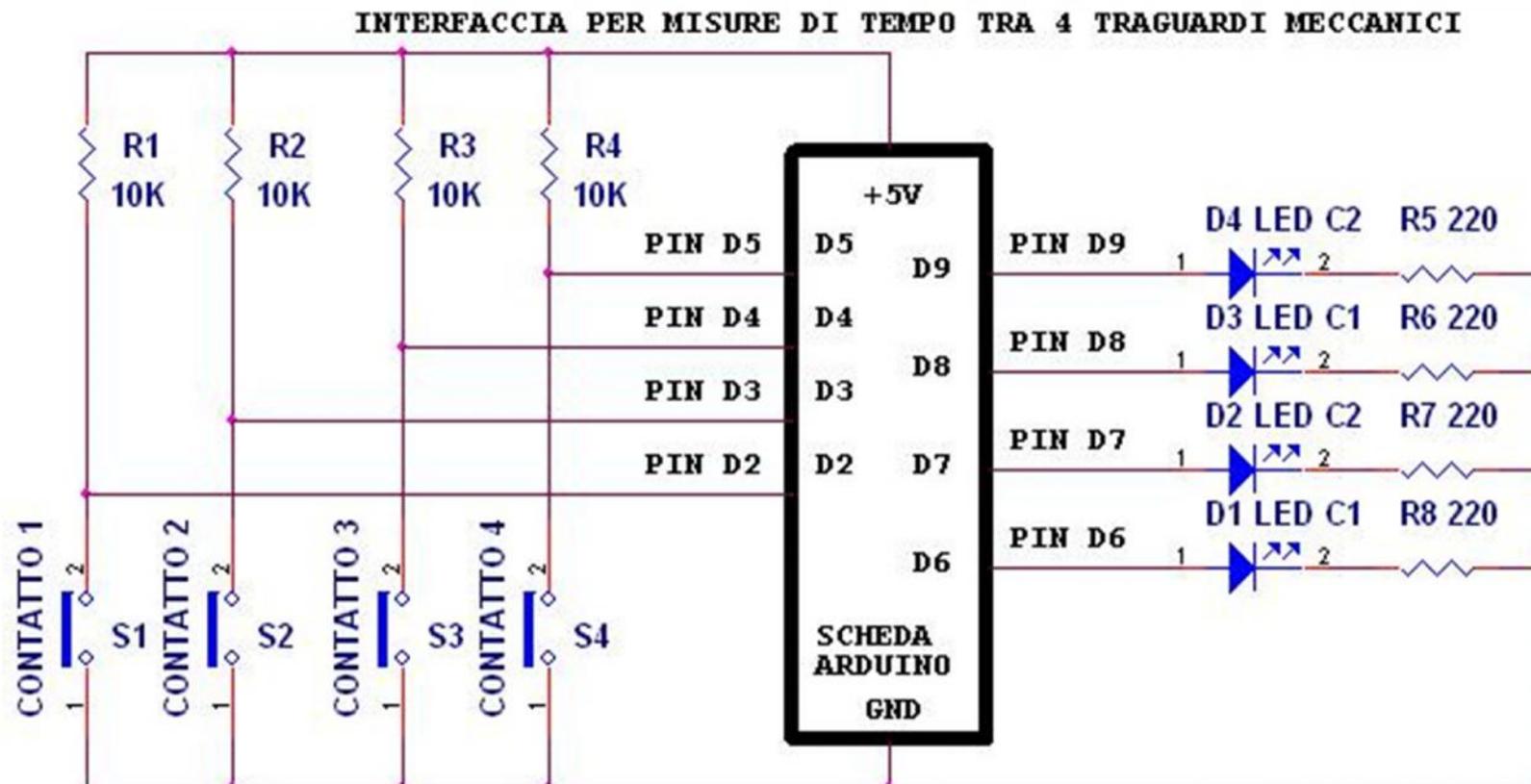


INTERFACCIA DIGITALE OUTPUT CON TENSIONE ALTERNATA 220Vc.a. - 1000W

- $V_{pinD3} = \text{LOW} \rightarrow$ relè diseccitato \rightarrow carico off
- $V_{pinD3} = \text{HIGH} \rightarrow$ relè eccitato \rightarrow carico on

ATTENZIONE! Tensioni pericolose per le persone

Rilevamento di tempi con traguardi meccanici o ottici (microswitches o sensori IR)



Nessun oggetto presente sul microswitch o sensore → Contatto a riposo (aperto) → +5V → $V_{pin} = \text{HIGH}$

Oggetto presente sul microswitch o sensore → Contatto attivato (chiuso) → GND → $V_{pin} = \text{LOW}$

ATTENZIONE! il SW proposto funziona **solo se** la sequenza di attivazione dei sensori è:

- 1) attivazione del CONTATTO 1 (pin 2)
- 2) attivazione del CONTATTO 2 (pin 3)
- 3) attivazione del CONTATTO 3 (pin 4)
- 4) attivazione del CONTATTO 4 (pin 5)

Rilevamento di tempi con traguardi meccanici o ottici (microswitches o sensori IR)

```
/* Software per un "Rilevamento di tempi con traguardi meccanici o ottici (microswitches o sensori IR)".
   Data: 25/04/2013 by Giorgio Carpignano */
int pin_led_c1 = 6; // led colore ROSSO collegato al pin 6
int pin_led_c2 = 7; // led colore ROSSO collegato al pin 7
int pin_led_c3 = 8; // led colore ROSSO collegato al pin 8
int pin_led_c4 = 9; // led colore ROSSO collegato al pin 9
int pin_c1 = 2; // microswitch o sensore collegato al pin 2 come INPUT
int pin_c2 = 3; // microswitch o sensore collegato al pin 3 come INPUT
int pin_c3 = 4; // microswitch o sensore collegato al pin 4 come INPUT
int pin_c4 = 5; // microswitch o sensore collegato al pin 5 come INPUT
long valore_iniziale = 0;
long tempo_c1_c2, tempo_c2_c3, tempo_c3_c4;
void setup() // funzione di inizializzazione dei INPUT/OUTPUT
{
  pinMode(pin_c1, INPUT); // inizializza il pin 2 come INPUT collegato al microswitch n.a. o sensore 1
  pinMode(pin_c2, INPUT); // inizializza il pin 3 come INPUT collegato al microswitch n.a. o sensore 2
  pinMode(pin_c3, INPUT); // inizializza il pin 4 come INPUT collegato al microswitch n.a. o sensore 3
  pinMode(pin_c4, INPUT); // inizializza il pin 5 come INPUT collegato al microswitch n.a. o sensore 4
  pinMode(pin_led_c1, OUTPUT); // inizializza il pin 6 come OUTPUT collegato al led CONTATTO 1
  pinMode(pin_led_c2, OUTPUT); // inizializza il pin 7 come OUTPUT collegato al led CONTATTO 2
  pinMode(pin_led_c3, OUTPUT); // inizializza il pin 8 come OUTPUT collegato al led CONTATTO 3
  pinMode(pin_led_c4, OUTPUT); // inizializza il pin 9 come OUTPUT collegato al led CONTATTO 4
  digitalWrite(pin_led_c1, LOW); // spegni led contatto 1
  digitalWrite(pin_led_c2, LOW); // spegni led contatto 2
  digitalWrite(pin_led_c3, LOW); // spegni led contatto 3
  digitalWrite(pin_led_c4, LOW); // spegni led contatto 4
  Serial.begin(115200); // inizializza la seriale RS232 con 115200 baud, 8 bit dati, nessuna parità e 1 bit di stop
}
```

misura_tempo_4_traguardi.ino

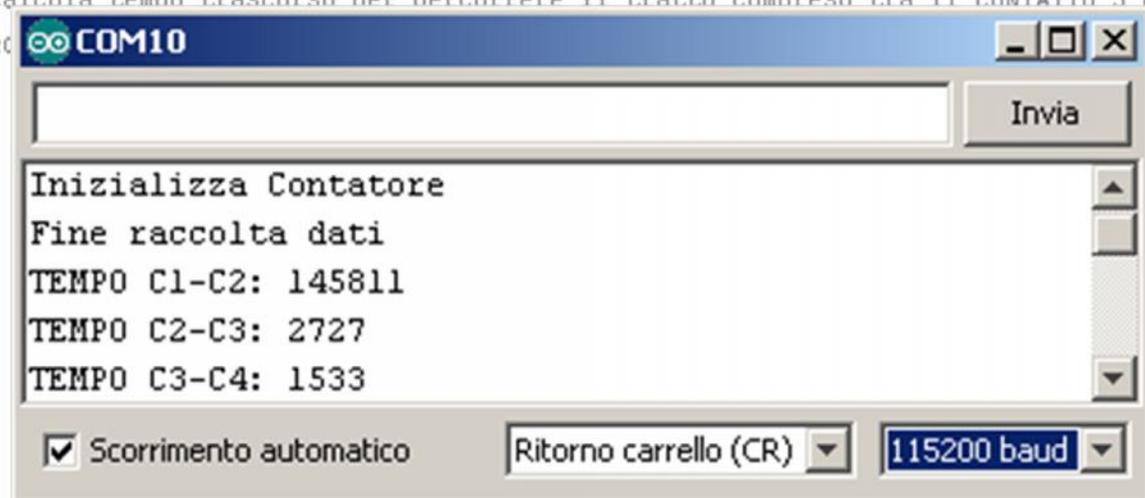
Parte 1^a

Rilevamento di tempi con traguardi meccanici o ottici (microswitches o sensori IR)

misura_tempo_4_traguardi.ino

Parte 2^a

```
void loop()  
{  
  Serial.println("Inizializza Contatore");  
  while(digitalRead(pin_c1)); // aspetta finche' avviene attivazione del microswitch CONTATTO 1 a livello LOW  
  valore_iniziale = millis(); // funzione per leggere i millisecondi di accensione della scheda  
  digitalWrite(pin_led_c1, HIGH); // accendi led relativo al contatto 1  
  while(digitalRead(pin_c2)); // aspetta finche' avviene attivazione del microswitch CONTATTO 2 a livello LOW  
  tempo_c1_c2 = millis() - valore_iniziale; // calcola tempo trascorso per percorrere il tratto compreso tra il CONTATTO 1 e 2  
  valore_iniziale = millis(); // funzione per leggere i millisecondi di accensione della scheda  
  digitalWrite(pin_led_c2, HIGH); // accendi led relativo al contatto 2  
  while(digitalRead(pin_c3)); // aspetta finche' avviene attivazione del microswitch CONTATTO 3 a livello LOW  
  tempo_c2_c3 = millis() - valore_iniziale; // calcola tempo trascorso per percorrere il tratto compreso tra il CONTATTO 2 e 3  
  valore_iniziale = millis(); // funzione per leggere i millisecondi di accensione della scheda  
  digitalWrite(pin_led_c3, HIGH); // accendi led relativo al contatto 3  
  while(digitalRead(pin_c4)); // aspetta finche' avviene attivazione del microswitch CONTATTO 4 a livello LOW  
  tempo_c3_c4 = millis() - valore_iniziale; // calcola tempo trascorso per percorrere il tratto compreso tra il CONTATTO 3 e 4  
  digitalWrite(pin_led_c4, HIGH); // accendi led  
  Serial.println("Fine raccolta dati");  
  Serial.print("TEMPO C1-C2: ");  
  Serial.println(tempo_c1_c2);  
  Serial.print("TEMPO C2-C3: ");  
  Serial.println(tempo_c2_c3);  
  Serial.print("TEMPO C3-C4: ");  
  Serial.println(tempo_c3_c4);  
}
```



**Rilevamento di tempi con 2 traguardi ottici senza conoscere la sequenza di attivazione con indicazione della direzione del movimento.
(esempio: misura del tempo, velocità e direzione delle auto, persone, oggetti)**

- Nel precedente esempio la sequenza di attivazione dei sensori è nota.
- Cosa succede se non lo è?
- La risposta è che il software non funziona correttamente e quindi come si può rimediare?
- Gestendo l'**interrupt** del microcontrollore.

Interrupt

- Un microcontrollore normalmente esegue le istruzioni nella sequenza definita in fase di programmazione. Comunque, il microcontrollore può essere programmato per trattare eventi non schedulati, ovvero eventi che non si verificano con scadenze fisse di temporizzazione, e che necessitano di un livello di priorità differente a seconda delle esigenze.
- La risposta da parte del microcontrollore a questi eventi deve essere **pianificata a priori** dal programmatore, anche se non si conosce quando gli stessi eventi si verificheranno.
- Quando un **interrupt** (interruzione) viene generato da una periferica, il microcontrollore completa l'istruzione in corso (il tempo di risposta è inferiore al microsecondo) e poi salta al programma specifico della gestione dell'interrupt (**ISR = Interrupt Service Routine**) associato alla periferica che ha richiesto l'attenzione del microcontrollore. Ogni differente interrupt viene gestito da un programma specifico dove è possibile avere differenti risposte alla stessa periferica.
- Quando il software di gestione dell'interrupt è terminato il microcontrollore **riprende ad eseguire il normale programma** da dove era stato interrotto prima del verificarsi dell'evento generato dalla periferica.

Interrupt

- Il microcontrollore della scheda **Arduino UNO** (con il microcontrollore **ATMEGA328P**) possiede una potente e flessibile gestione di 26 differenti sorgenti dell'interrupt.
- **Solo 2 interrupt sono generati da un segnale hardware esterno** mentre i rimanenti 24 interrupt supportano in modo efficiente le periferiche disponibili all'interno del chip del microcontrollore.
- Nel compilatore **Arduino 1.0.5** esistono **4** funzioni predefinite per supportare gli interrupt esterni alla scheda:
 - la funzione denominata "**interrupts();**" serve per abilitare l'interrupt globale.
 - la funzione denominata "**noInterrupts();**" serve per disabilitare l'interrupt globale.
 - la funzione denominata "**attachInterrupt(interrupt, function, mode);**" serve per collegare l'interrupt alla tabella dei vettori dell'interrupt.
 - la funzione denominata "**detachInterrupt(interrupt);**" serve per disabilitare l'interrupt specificato

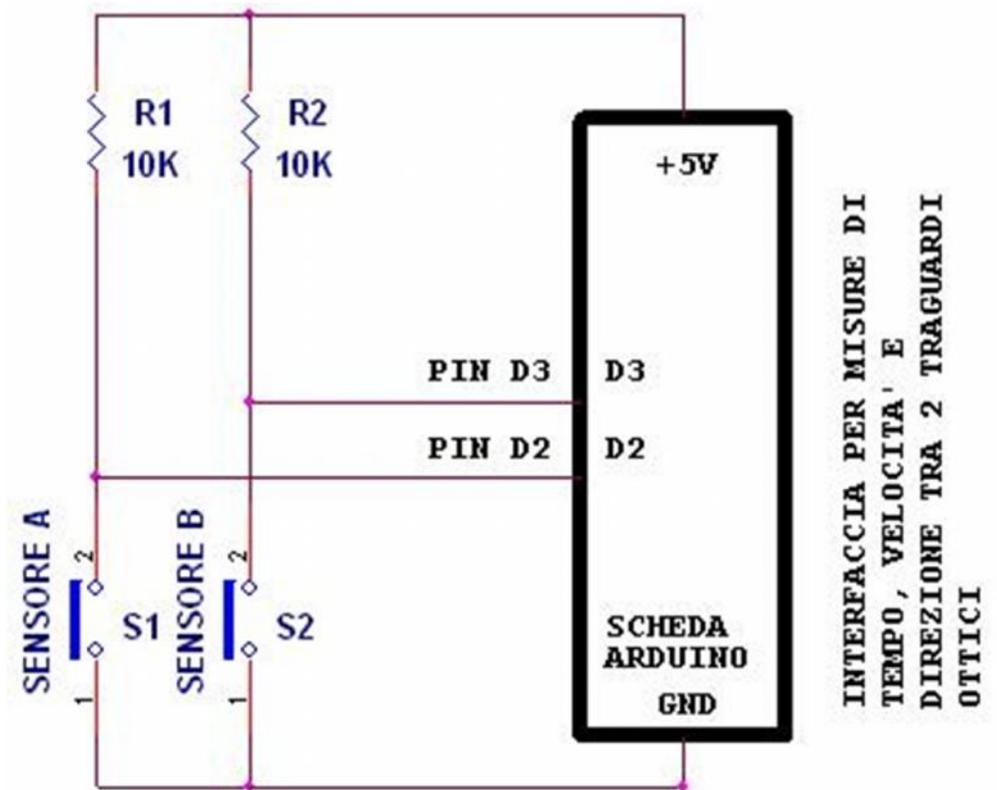
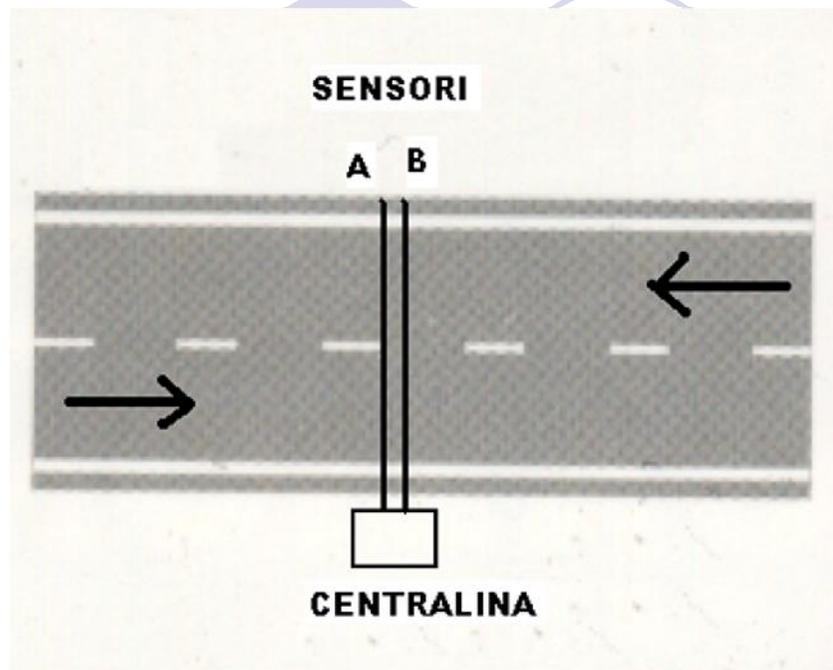
Interrupt

- La funzione «**attachInterrupt(interrupt, function, mode)**» è utilizzata per collegare il pin hardware all'appropriata gestione del software di interrupt. I tre argomenti della funzione devono essere configurati nel seguente modo:
- **interrupt.** specifica il numero dell'interrupt. Valori possibili sono **0** oppure **1**.
- **function.** specifica il nome della routine di gestione dell'interrupt.
- **mode.** specifica quale tipo di attività deve essere valutata quando si verifica l'evento che genera l'interrupt.
 - Nella modalità denominata "**LOW**" si genera un interrupt quando il pin è a livello basso (**LOW**).
 - Nella modalità denominata "**CHANGE**" si genera un interrupt quando il pin passa da un livello all'altro, cioè quando si passa da **HIGH** a **LOW** e **viceversa**.
 - Nella modalità denominata "**RISING**" si genera un interrupt solo quando il pin passa dal livello **LOW** al livello **HIGH**.
 - Nella modalità denominata "**FALLING**" si genera un interrupt solo quando il pin passa dal livello **HIGH** al livello **LOW**.

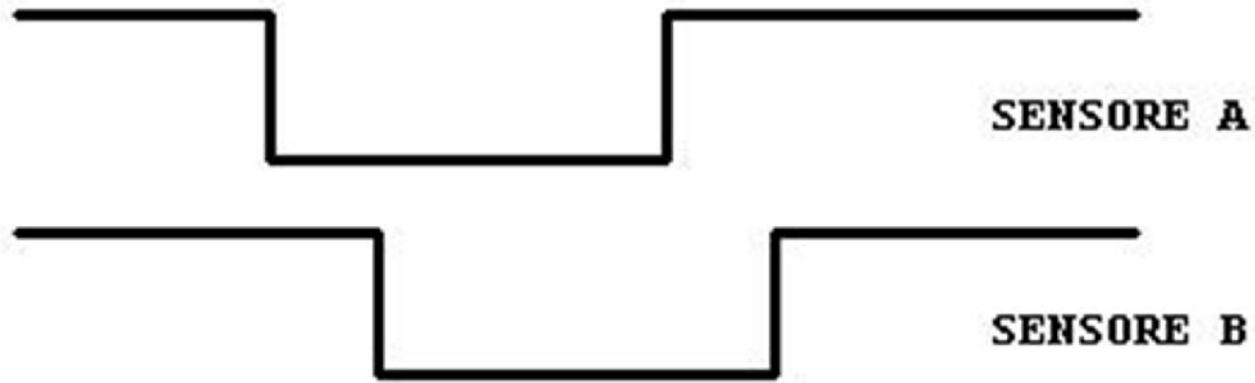
AUTOVELOX (esempio con interrupt)

- Per semplicità si consideri la possibilità di utilizzare due fotocellule per cui il programma deve calcolare la velocità di una auto che passi davanti ai due sensori (fotocellule) posti parallelamente alla distanza di **100 cm**. La velocità viene visualizzata in **Km/h** oppure in **m/s**.
- Le due fotocellule con circuito antirimbalzo sono collegate al pin 2 e al pin 3 della scheda Arduino.
- Quando l'auto **NON VIENE RILEVATA** davanti alle fotocellule il segnale in uscita è a livello logico **ALTO**, e diviene **BASSO quando l'auto è in transito**.
- Si presuppone che la distanza tra le due fotocellule sia esattamente di **100 cm** tra il loro centro.
- La formula della **velocità = spazio / tempo**

AUTOVELOX



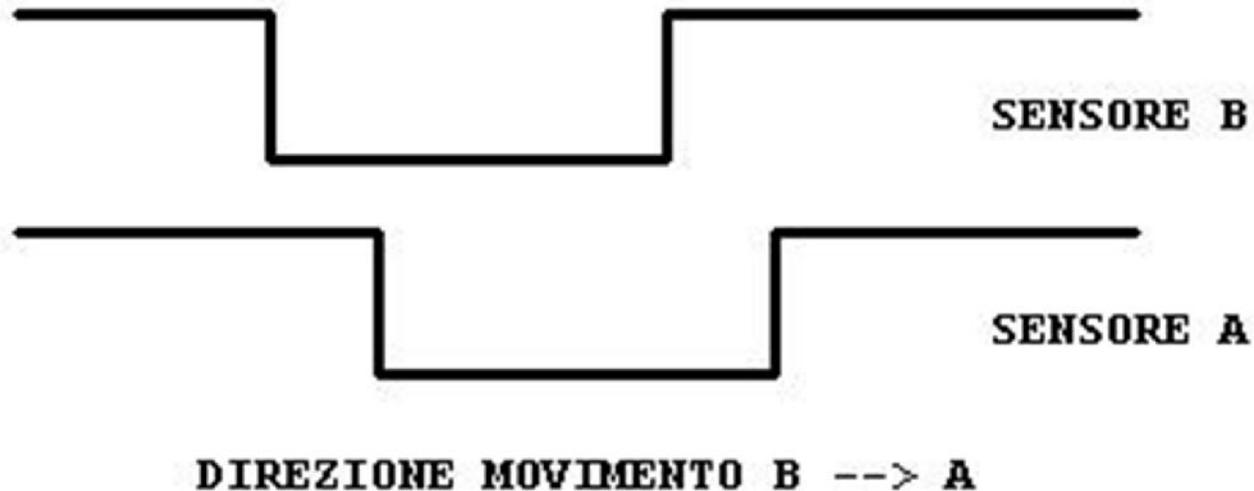
Se l'AUTO transita attivando prima il **SENSORE_A** e poi il **SENSORE_B** (**DIREZIONE_A_B**) si ottiene il seguente diagramma temporale:



DIREZIONE MOVIMENTO A --> B

AUTOVELOX

Se l'AUTO transita attivando prima il **SENSORE_B** e poi il **SENSORE_A** (**DIREZIONE_B_A**) si ottiene il seguente diagramma temporale:



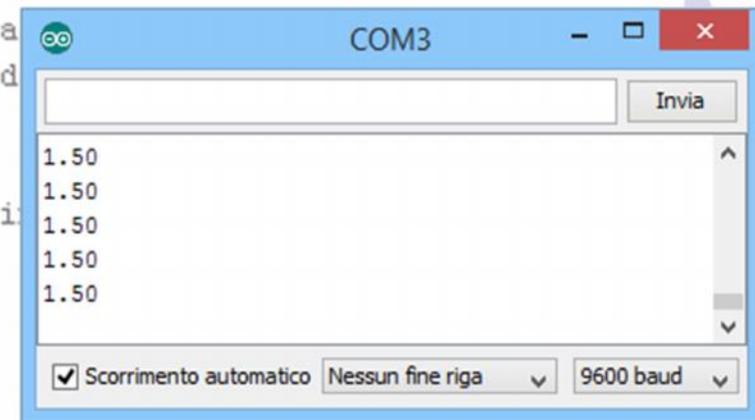
- Si utilizzi per il calcolo del tempo trascorso la funzione "**millis()**" che restituisce in una variabile di tipo "**unsigned long**" il numero di millisecondi di tempo trascorsi dall'esecuzione del software stesso. Il numero restituito si azzerà ogni 50 giorni di ininterrotto funzionamento del software con una risoluzione di un millisecondo.
- Il software è denominato: **Autovelox.ino**

```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino Progetto: funzione_divisione Autore: G. Carpignano
Descrizione: Utilizzo di una funzione che effettua la divisione di due valori con
parametri in ingresso e in uscita. Data: 28/01/2012 */
```

```
void setup() // funzione di inizializzazione della seriale
{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud, 8 bit di
  Serial.begin(9600);
}

void loop() // programma principale (main) --> ciclo infinito
{
  float i = 3; // prima variabile con virgola
  float j = 2; // seconda variabile con virgola
  float k; // variabile che contiene il risultato
  k = divisione(i, j); // la variabile k contiene il risultato 1,5
  Serial.println(k); // stampa il risultato della divisione
  delay(1000); // tempo di ritardo 1000 msec. = 1 sec.
}

// funzione che effettua la divisione e restituisce il risultato.
// Il primo parametro passato alla funzione con la variabile --> "float x".
// Il secondo parametro passato alla funzione con la variabile --> "float y".
// Il terzo parametro (risultato della divisione) viene restituito dalla
// funzione stessa tramite la variabile "risultato" (anch'essa un float).
// Il "float" posto all'inizio serve per definire il tipo di variabile,
// denominata "risultato", che verra' restituita alla chiamata della stessa.
float divisione(float x, float y)
{
  float risultato; // variabile che contiene il valore calcolato
  risultato = x / y; // calcolo della divisione e memorizzazione del risultato
  return risultato; // restituisce il risultato
}
```



Funzione_divisione.ino

Esempio di funzione per effettuare la divisione

Gestione delle variabili

- Le variabili nel linguaggio di programmazione C con Arduino hanno una proprietà di visibilità denominata «**scope**».
- Una **variabile globale** è visibile in ogni funzione del programma.
- Le **variabili locali** sono visibili soltanto all'interno della funzione nella quale esse sono dichiarate.
- Qualsiasi variabile dichiarata fuori di una funzione (per es. **setup()**, **loop()**, etc.) è una **variabile globale**.
- Le variabili locali sono un modo utile per assicurare che soltanto all'interno di quella funzione si ha accesso alle proprie variabili. Questo previene errori di programmazione quando una funzione inavvertitamente modifica variabili usate da un'altra funzione.
- È anche possibile dichiarare e inizializzare una variabile all'interno di un ciclo. Questo crea una variabile accessibile solo all'interno del ciclo. Esempio: **for** (**int** k=0; k<10; k++) { }

Gestione delle variabili - esempio

```
/* I.I.S. Primo LEVI - Torino
   Progetto: variabile_locale_globale
   Descrizione: utilizzo delle variabili locali e globali con le funzioni
   Data: 24/07/2014 */
int x = 3; /* x --> VARIABILE GLOBALE --> viene vista e modificata
           all'interno di qualsiasi funzione presente nel software
           il valore iniziale 3 è assegnato alla variabile x */
int y = 7; /* y --> VARIABILE GLOBALE --> viene vista e modificata
           all'interno di qualsiasi funzione presente nel software
           il valore iniziale 7 è assegnato alla variabile y */

void setup() // funzione di inizializzazione della seriale RS232
{ // inizializza la seriale RS232 con 9600 baud, 8 bit dati, nessuna parità e 1 bit stop
  Serial.begin(9600);
}

/* funzione che permette lo scambio dei dati tra due variabili
   utilizzando il valore */
void scambio_valore()
{
  int temp; // temp --> VARIABILE LOCALE --> viene vista e considerata solo
            // all'interno della funzione denominata scambio_valore();
  temp = x; // poni il primo valore nella memoria di una terza variabile locale
  x = y;    // memorizza il secondo valore nella prima variabile
  y = temp; // memorizza la variabile temporanea nel secondo valore
}
```

Variable_locale_globale.ino

Gestione delle variabili - esempio

```
/* La funzione scambia i due valori utilizzando i puntatori
   (ovvero solo per riferimento alla locazione di memoria delle variabili)
   deve essere utilizza nel seguente modo: scambio_puntatore(x,y);  */
void scambio_puntatore(int &valore1, int &valore2)
{
    int temp; // temp --> VARIABILE LOCALE --> viene vista e considerata solo
              // all'interno della funzione denominata scambio_valore();
    temp = valore1; // poni il primo valore nella memoria di una terza variabile locale
    valore1 = valore2; // memorizza il secondo valore nella prima variabile
    valore2 = temp; // memorizza la variabile temporanea nel secondo valore
}

/* Funzione di moltiplicazione per valore delle variabili
   deve essere utilizza nel seguente modo: moltiplica(x,y);  */
int moltiplica(int a, int b)
{
    return a * b; // restituisci al programma la moltiplicazione delle due variabili
}

void loop() // programma principale (main) --> ciclo infinito (loop)
{
    Serial.print("Valore prima dello scambio della variabile GLOBALE denominata X: ");
    Serial.println(x, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x
    Serial.print("Valore prima dello scambio della variabile GLOBALE denominata Y: ");
    Serial.println(y, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x
    scambio_valore(); // funzione che effettua lo scambio delle variabili x con y
    Serial.print("Valore dopo lo scambio della variabile GLOBALE denominata X: ");
    Serial.println(x, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x
}
```

Gestione delle variabili - esempio

```
scambio_valore(); // funzione che effettua lo scambio delle variabili x con y
Serial.print("Valore dopo lo scambio della variabile GLOBALE denominata X: ");
Serial.println(x, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x
Serial.print("Valore dopo lo scambio della variabile GLOBALE denominata Y: ");
Serial.println(y, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x

x = 3; /* riporta al valore originale la variabile x */
y = 7; /* riporta al valore originale la variabile y */

Serial.print("\n\nValore prima dello scambio della variabile GLOBALE denominata X: ");
Serial.println(x, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x
Serial.print("Valore prima dello scambio della variabile GLOBALE denominata Y: ");
Serial.println(y, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x
scambio_puntatore(x,y); // funzione che effettua lo scambio delle variabili x con y
Serial.print("Valore dopo lo scambio della variabile GLOBALE denominata X: ");
Serial.println(x, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x
Serial.print("Valore dopo lo scambio della variabile GLOBALE denominata Y: ");
Serial.println(y, DEC); // stampa sulla seriale la variabile x

int risultato = moltiplica(x,y); /* effettua la funzione di moltiplicazione con le
due variabili in ingresso denominate x e y e poni il risultato in una nuova variabile
locale denominata "risultato" */
Serial.print("\n\nValore della moltiplicazione: ");
Serial.println(risultato, DEC); // stampa sulla seriale la variabile risultato
while(1); // esegui una sola volta il programma loop()
}
```

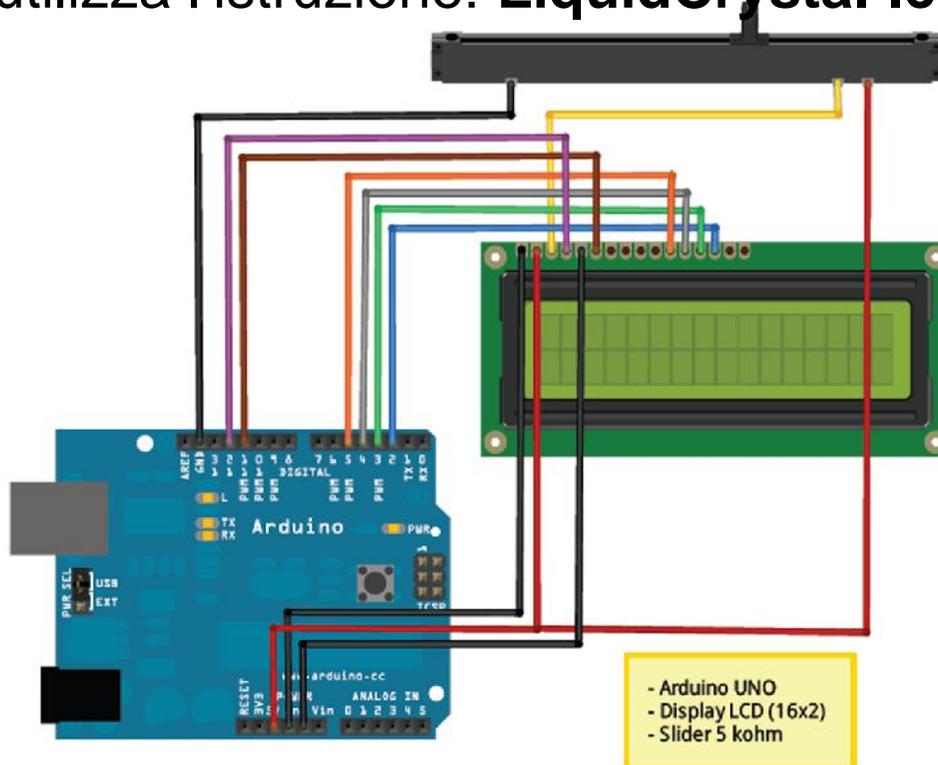
Assegnazione dei segnali sul connettore

Pin-N.	Segnali	Funzione
1	BL+	Terminale di alimentazione LED (+)
2	BL-	Terminale di alimentazione LED (-)
3	GND	Alimentazione (0V)
4	V _{cc}	Alimentazione (5V)
5	V _o	Drive LCD (0V rispetto V _{cc})
6	RS	(Alto) ingresso codici di istruzione (Basso) ingresso dati
7	R/W	(Alto) lettura dati (Basso) scrittura dati
8	E	Segnale di abilitazione
9	DB ₀	Linea di bus dati
10	DB ₁	
11	DB ₂	
12	DB ₃	
13	DB ₄	
14	DB ₅	
15	DB ₆	
16	DB ₇	

**Pilotaggio di un display LCD
con 2 x 16 caratteri**



- **VDD** e **GND** sono collegati rispettivamente a **+5V** (rosso) e a massa (**GND** = nero)
- **R/W** è collegato a massa
- **Vo** è collegato ad un potenziometro da 10 K per il contrasto
- **RS** è collegato al PIN2 della scheda Arduino
- **E** è collegato al PIN3 della scheda Arduino
- i 4 bit dato **DB4**, **DB5**, **DB6**, **DB7** sono collegati rispettivamente ai PIN 5, 6, 7, 8
- utilizza l'istruzione: **LiquidCrystal lcd(RS, E, DB4, DB5, DB6, DB7);**



Pilotaggio di un display LCD con 16 x 2 caratteri

- Arduino UNO
- Display LCD (16x2)
- Slider 5 kohm

Pilotaggio di un display LCD con 16 x 2 caratteri

```
/*      nome progetto:  LCD.ino
Visualizzazione a display dei secondi passati dall'accensione. Regolazione
contrasto con slider o trimmer da 10Kohm.
creato da: G. Carpignano  data: 27/01/2011  compilatore: Arduino 1.0.4 */
#include <LiquidCrystal.h>
//Inizializza i PIN per il controllo del display
  LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup() // funzione di inizializzazione dei INPUT/OUTPUT
{ // Definisce il tipo di display, ovvero 16 caratteri per 2 righe
  lcd.begin(16, 2);
  //Scrittura messaggio di avvio
  lcd.print("HELLO WORD!");
}

void loop() // programma principale (main) --> ciclo infinito (loop)
{ // Imposta colonna 0 e riga 1 (0: Prima riga - 1: Seconda riga)
  lcd.setCursor(0, 1);
  // Visualizza il numero di secondi trascorsi dall'accensione della scheda
  lcd.print(millis()/1000);
  lcd.print(" sec.");
}
```

LCD.ino

Comportamento di una bobina e un condensatore ad una repentina variazione di tensione

Un **condensatore** è in grado di assorbire inizialmente la corrente continua fino a quando non è completamente carico, in seguito blocca il flusso di corrente.

Esiste un altro fenomeno che è l'esatto opposto della capacità ed è conosciuto come **autoinduttanza**, e lo si trova in qualsiasi spira di conduttore. Inizialmente la **bobina** blocca la corrente continua (reagisce opponendosi contro il passaggio di corrente in continua), ma poi gradualmente riduce questa opposizione fino ad annullarla.

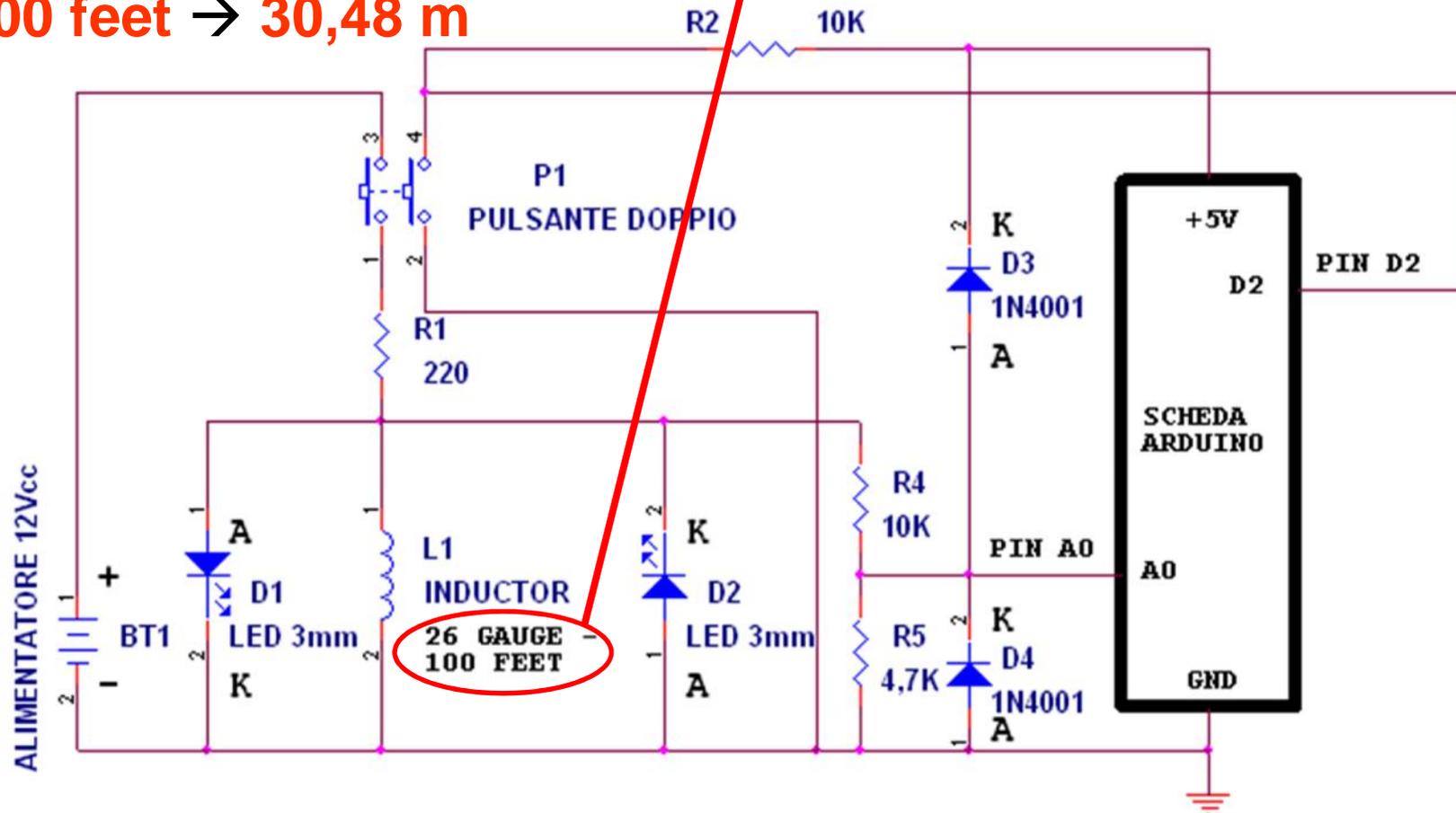
Procedura

Collegare i componenti seguendo lo schema in Figura anche se può sembrare che alcuni collegamenti non abbiano molto senso. Così apparentemente il passaggio di corrente avviene attraverso la resistenza di 220 Ω , e poi attraverso la bobina, ignorando i due LED perché la bobina ha ovviamente una resistenza molto più bassa di quella offerta dai diodi led che richiedono una tensione di almeno 1,8V per accenderli.

Comportamento di una bobina

ATTENZIONE → i diodi led devono essere ad **alta luminosità** e del diametro di 3 mm, altrimenti non sarà visibile nulla!

American Wire Gauge (AWG): **26** → Diametro: **0,0159 inches** →
Diametro: **0,40 mm** → Sezione: **0,13 mm²**
100 feet → **30,48 m**



Comportamento di una bobina

Modificare il circuito sostituendo la bobina con un condensatore molto grande del valore di **4700 ~F** (prestando la massima attenzione al rispetto delle polarità perché è un condensatore elettrolitico quindi collegando il terminale “-” alla **massa** (GND) ed il terminale “+” alla resistenza **R1**).

A quale fenomeno potrete assistere?

Ricordate: il comportamento della capacità è l'opposto dell'induttanza!

Bobina_autocostruita.ino