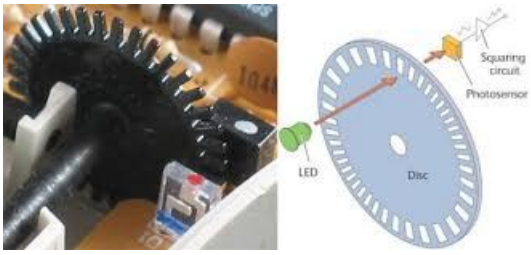
ENCODER INCREMENTALE

Un dispositivo molto utilizzato nel settore dell'automazione è l'ENCODER. Con questo termine vengono classificati anche altri dispositivi elettronici e per non fare confusione dobbiamo aggiungere alla parola ENCODER anche l'aggettivo INCREMENTALE.
Di fatto l'Encoder incrementale, è un trasduttore di posizione angolare, cioè un dispositivo in grado di rilevare un movimento rotativo, per questo motivo nella gran parte dei casi troviamo questo dispositivo collegato a dei motori per poter rilevare la posizione dell'albero del motore ma anche la sua velocità.

Ciò non toglie che questi dispositivi trovano applicazione anche in altri contesti, potendo rilevare una posizione angolare possono essere utilizzati anche per il controllo del Volume di un amplificatore ad esempio, o montati a bordo di tastatori (scanner) tridimensionali.
E' ovvio che in base al contesto le forme, le caratteristiche costruttive, i segnali elettrici ed anche i costi sono diversi, bisogna pertanto fare molta attenzione a scegliere il tipo di dispositivo corretto in base alla sua applicazione.

Encoder con flangiatura meccanica

Encoder per montaggio su circuito stampato



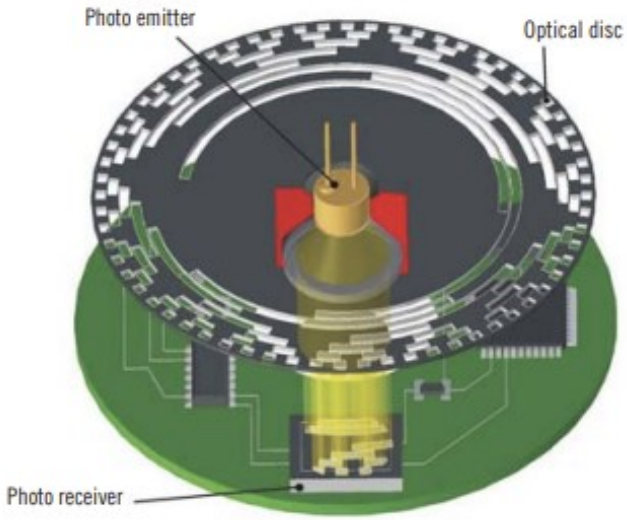
Encoder sulla rotellina del mouse

Encoder accoppiato ad un motore

Braccio per scanner 3D con un encoder per ogni snodo

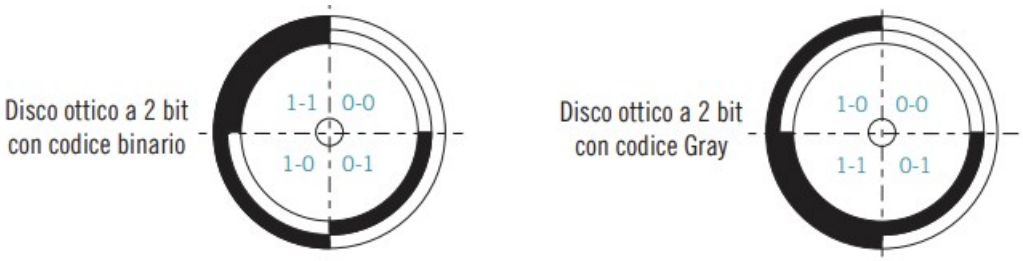
Ci sono diverse tipologie di encoder, con segnali di vario tipo, ad esempio una prima classificazione può essere fatta tra encoder INCREMENTALI ed ASSOLUTI. I primi forniscono una serie di impulsi dai quali con un'opportuna scheda elettronica si può stabilire la posizione angolare, i secondi invece forniscono direttamente un codice binario che rappresenta la posizione angolare dell'asse di rotazione.
In entrambi i casi internamente all'encoder, c'è un disco con delle tacche che vengono lette da una o più fotocellule interne.
Possiamo immaginare l'interno di un encoder assoluto come il disegno in figura:

in pratica il disco ottico risulta configurato con delle zone trasparenti ed opache che fanno passare la luce dal trasmettitore (emitter) ai ricevitori posti dalla parte opposta.
La conformazione del disco è tale che ad ogni posizione i ricevitori leggano la luce secondo un codice binario univoco.



Dal sito del costruttore di encoder www.eltra.it

Un estrema semplificazione la possiamo vedere nel seguente disegno dove il disco è codificato con codice binario e con codice gray a 4 bit.



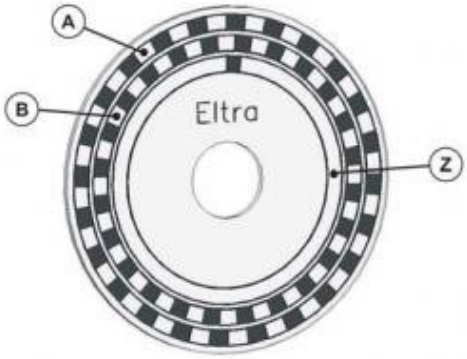
Dal sito del costruttore di encoder www.eltra.it

Questi encoder danno la possibilità di mantenere l'informazione sulla loro posizione anche senza alimentazione, ma di contro presentano una maggiore complessità costruttiva ed un maggior numero di segnali presenti sul connettore in caso di interfaccia parallela. Ad esempio un encoder assoluto funzionante a 12 bit (risoluzione 2^{12} un giro corrisponde a 4096 possibili codici binari, risoluzione pari a 0,088°, necessita di 12 segnali oltre all'alimentazione ed alla massa. Esistono comunque encoder assoluti con comunicazione seriale o con un segnale di uscita analogico, in tal caso ovviamente i segnali necessari sono minori, a fronte di un'ulteriore complessità dell'elettronica interna.

Un’altra classificazione che può esser fatta è tra encoder ottici e magnetici, i primi sono quelli che sfruttano un disco con zone con opacità differente lette da una fotocellula (foto-emettitore e foto-ricevitore) i secondi utilizzano dei sensori che rilevano il campo magnetico come ad esempio i sensori ad effetto Hall.
Volendo approfondire le tecnologie costruttive ed il funzionamento dei vari tipo di encoder, si può ad esempio consultare “l’ENCODER-PEDIA” disponibile sul sito del costruttore di Encoder ELTRA al seguente link:
https://eltra.it/encoderpedia-glossario-tecnico/

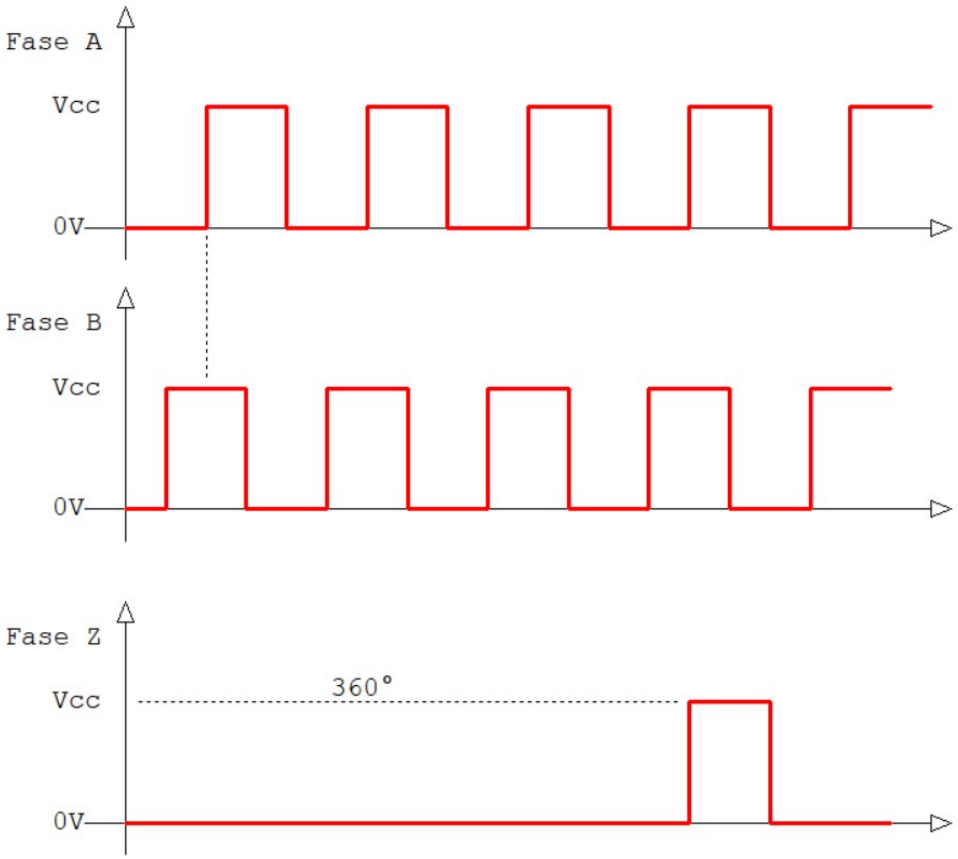
Approfondiamo il discorso sugli Encoder incrementali, che ad oggi sono probabilmente i più utilizzati.
In questo caso il disco interno presenta 3 sezioni, due relative alle due uscite principali che vengono chiamate in genere Fase A e Fase B e la terza è relativa al segnale di zero, che chiameremo Fase Z.

Il segnale di zero prevede una tacca con ogni giro, mentre invece le due fasi A e B prevedono la presenza di diverse tacche spostate tra di loro in modo da fornire due segnali sfasati di 90°.



Dal sito del costruttore di encoder www.eltra.it

Nella figura di lato, vediamo rappresentati i 3 segnali nel caso di un encoder incrementale con una risoluzione di 4 impulsi giro, risoluzione questa insesitente in commercio, bisogna considerare che in genere la risoluzione può andare da 50-100 impulsi fino ad arrivare anche a 10.000 impulsi giro.

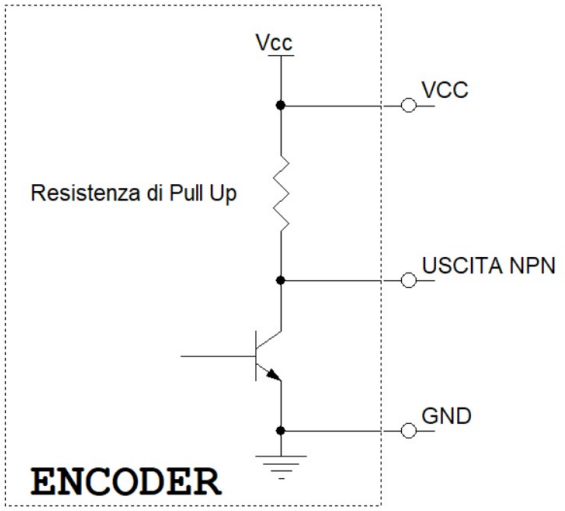


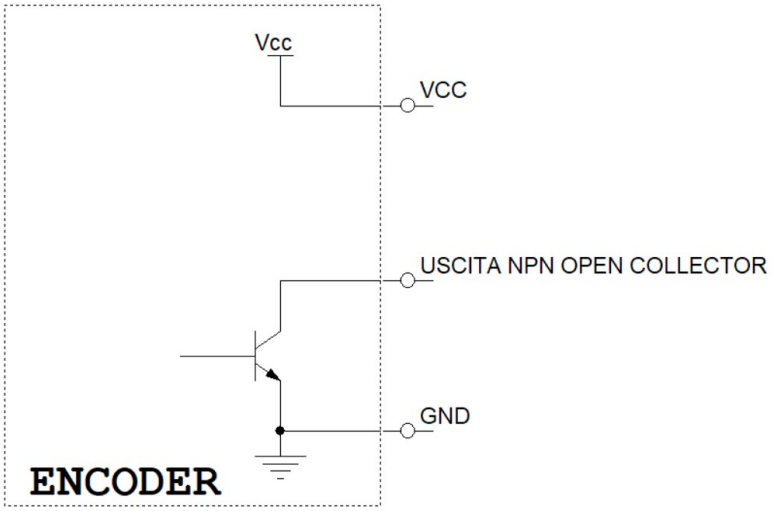
Il segnale di zero viene dato dopo un giro, mentre le fasi A e B, sono sempre presenti durante la rotazione con uno sfasamento di 90°.

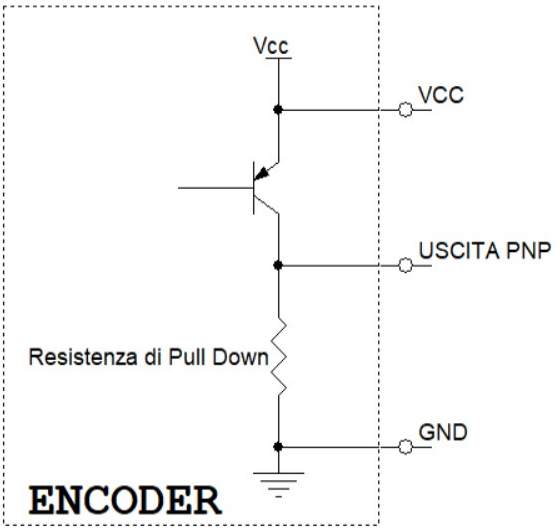
Andiamo ora ad analizzare la tipologia dei segnali presenti sulle 3 fasi.

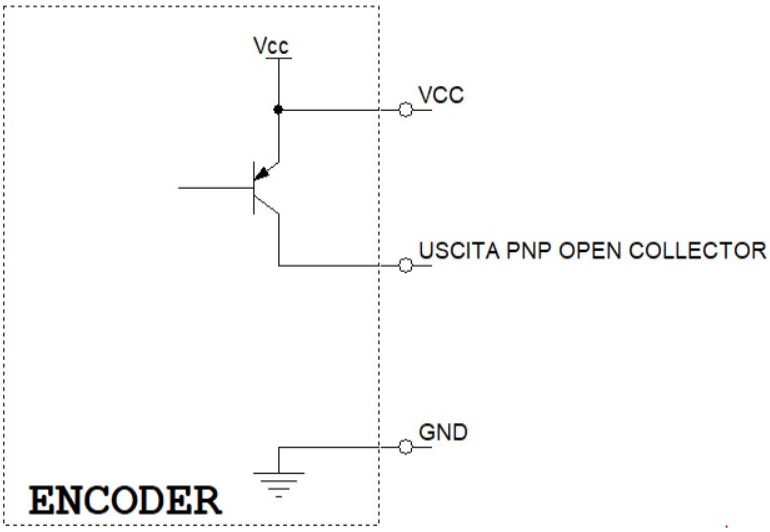
TIPOLOGIA DI SEGNALI

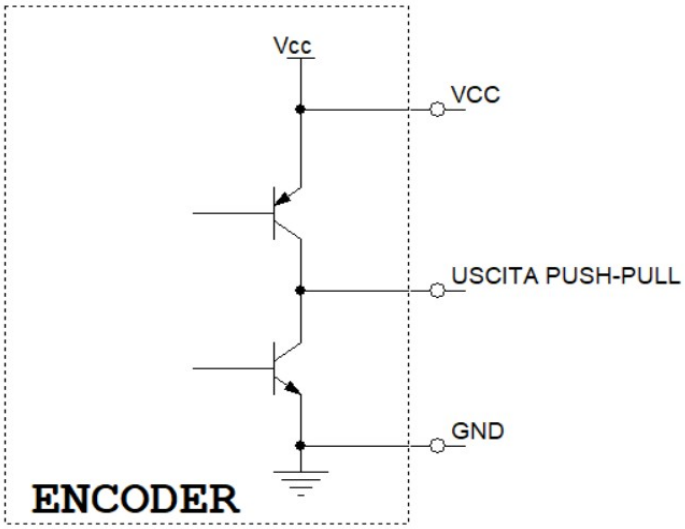
Di seguito le varie possibilità che si possono trovare, il segnale indicato è quello di una singola fase.

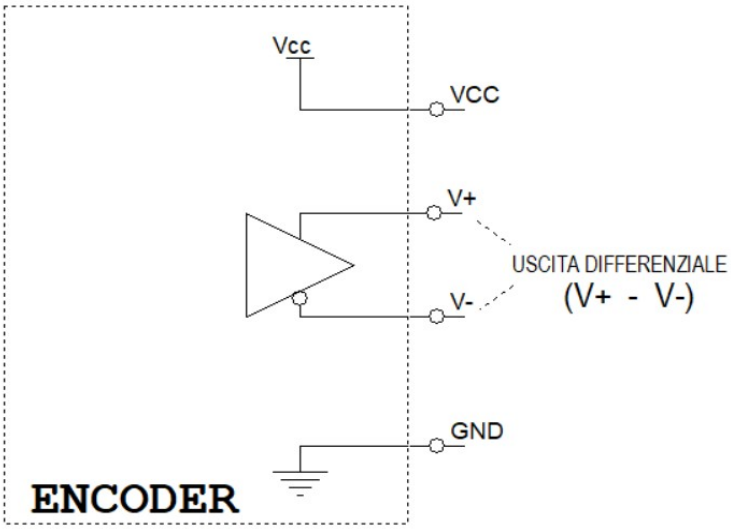






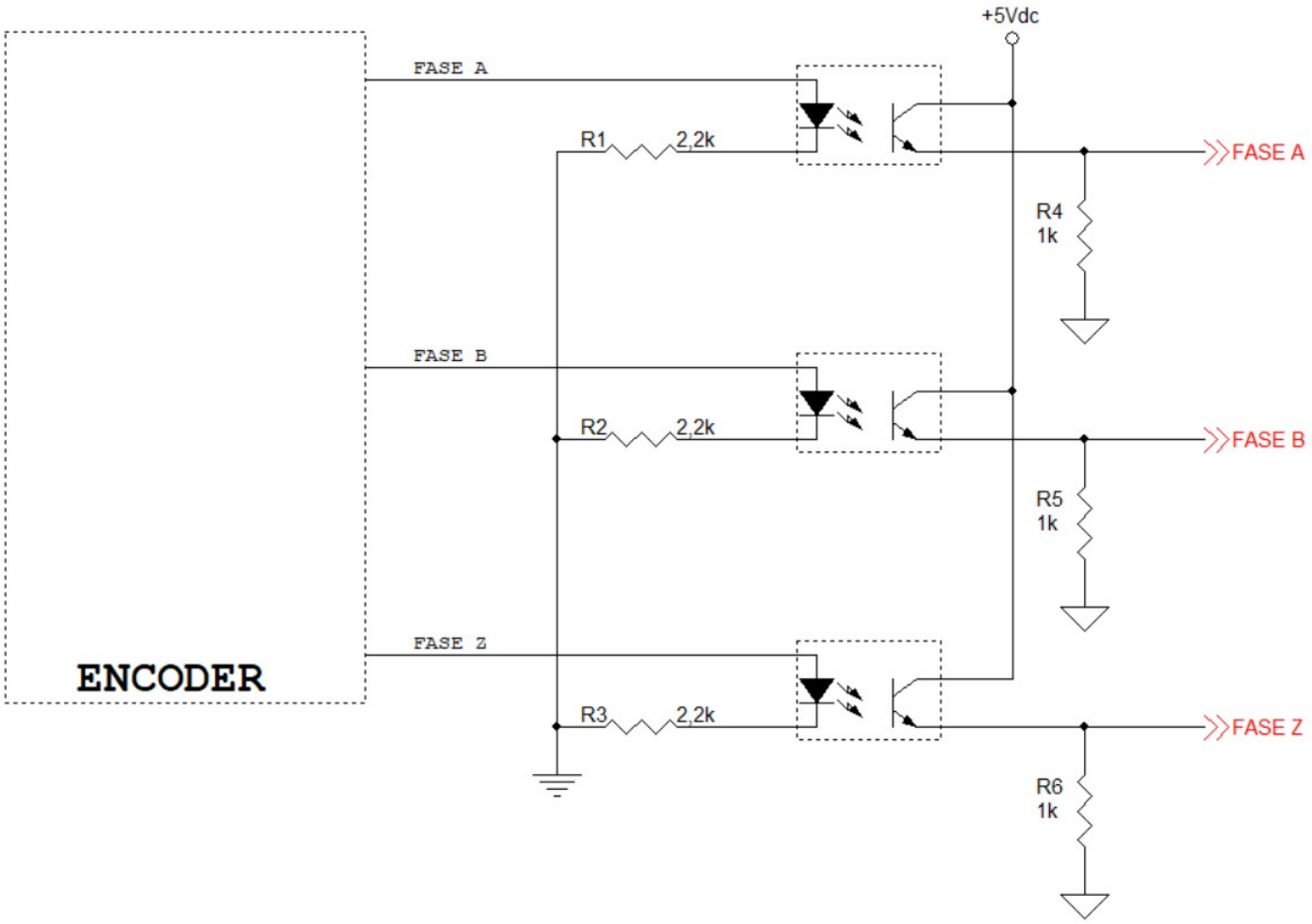






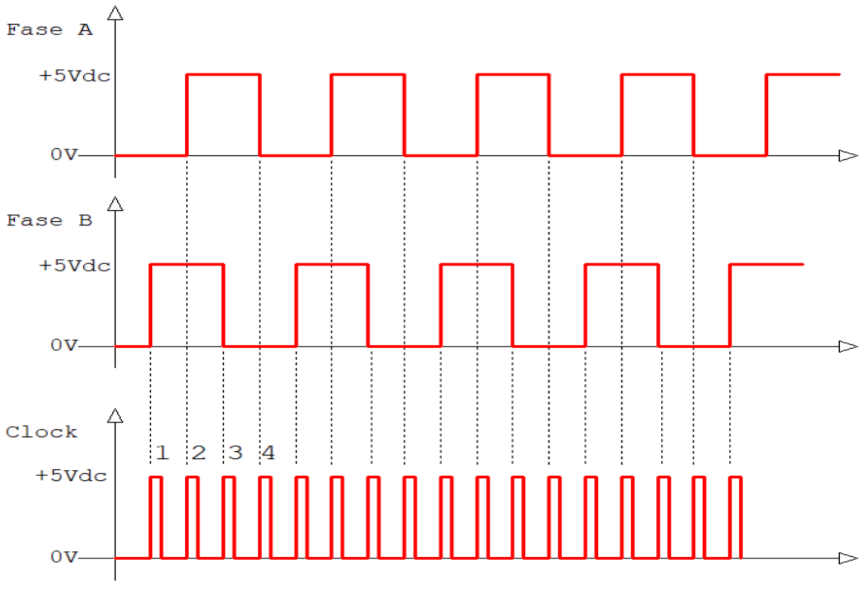
Per ogni tipo di uscita occorre predisporre un opportuno schema elettronico, che nella maggior parte dei casi può prevedere la presenza di un optoisolatore per separare la tensione di alimentazione dell'encoder che in genere può variare dai 10 ai 30 Volt, con la tensione di alimentazione della scheda logica di lettura impulsi.

Nel seguente schema, un esempio del circuito di interfaccia tra l'elettronica di conteggio degli impulsi ed un encoder con uscite PNP open collector o anche PUSH-PULL.

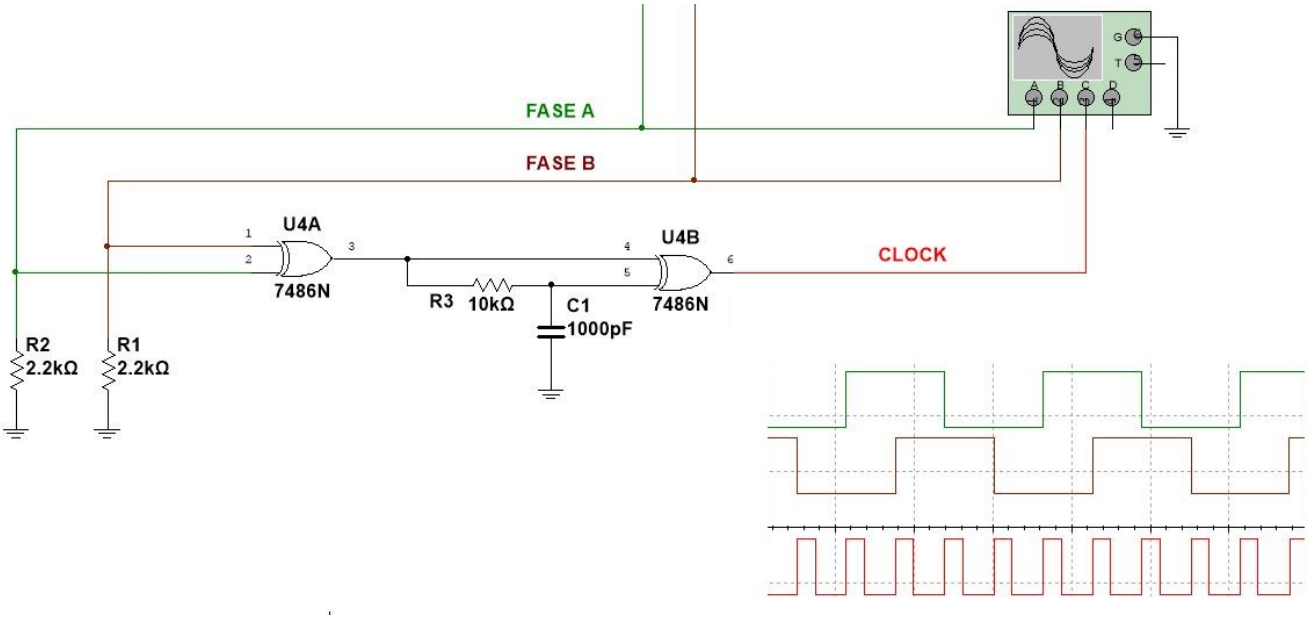


I segnali sulle 3 fasi a destra in rosso, sono segnali riferiti alla massa logica del circuito di conteggio, che assumono un valore di 0-5Vdc, mentre invece le fasi dell'encoder hanno una tensione pari all'alimentazione dell'encoder, ad esempio +24Vdc.

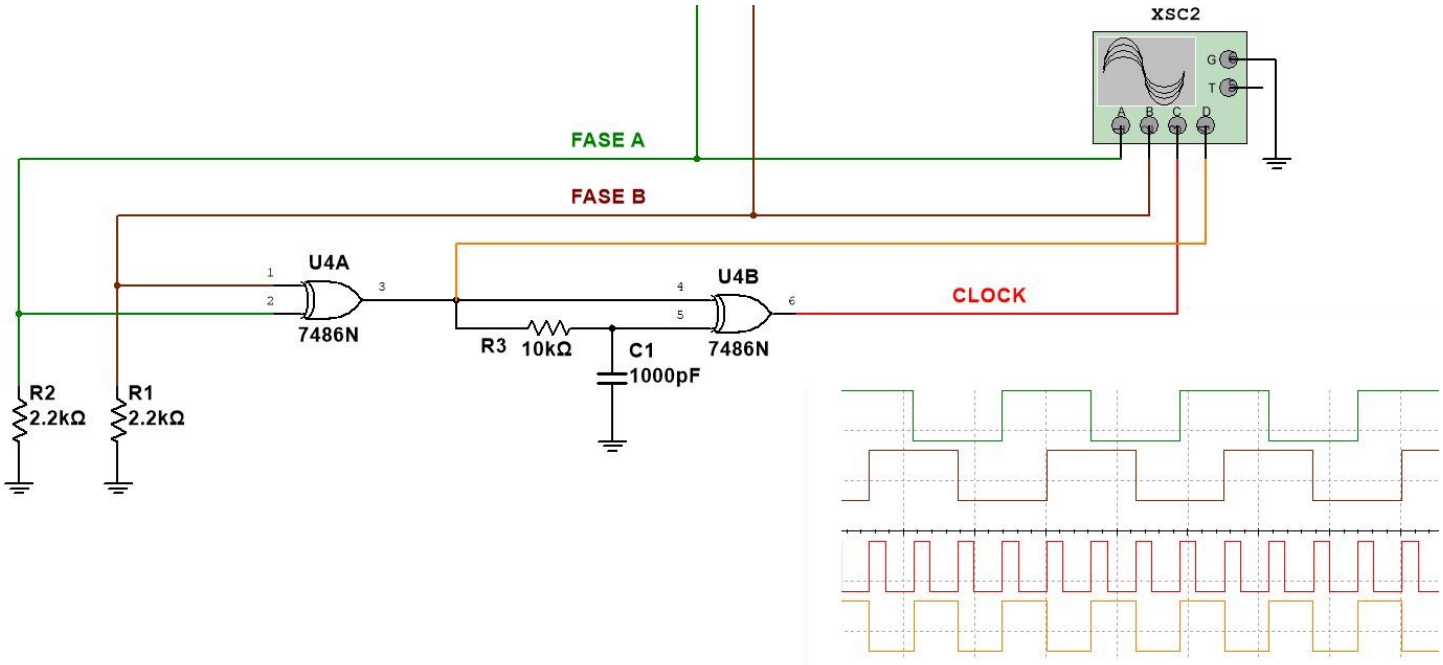
Il circuito che seguirà dovrà contare gli impulsi tenendo conto della direzione oraria o antioraria, e per aumentare la risoluzione in genere si utilizza un circuito in grado di moltiplicare per 4 la risoluzione dell'encoder, lavorando di fatto sui fronti delle fasi A e B.



Premettendo che ci sono svariate maniere di ottenere questa moltiplicazione, andiamo ad analizzare un possibile circuito.



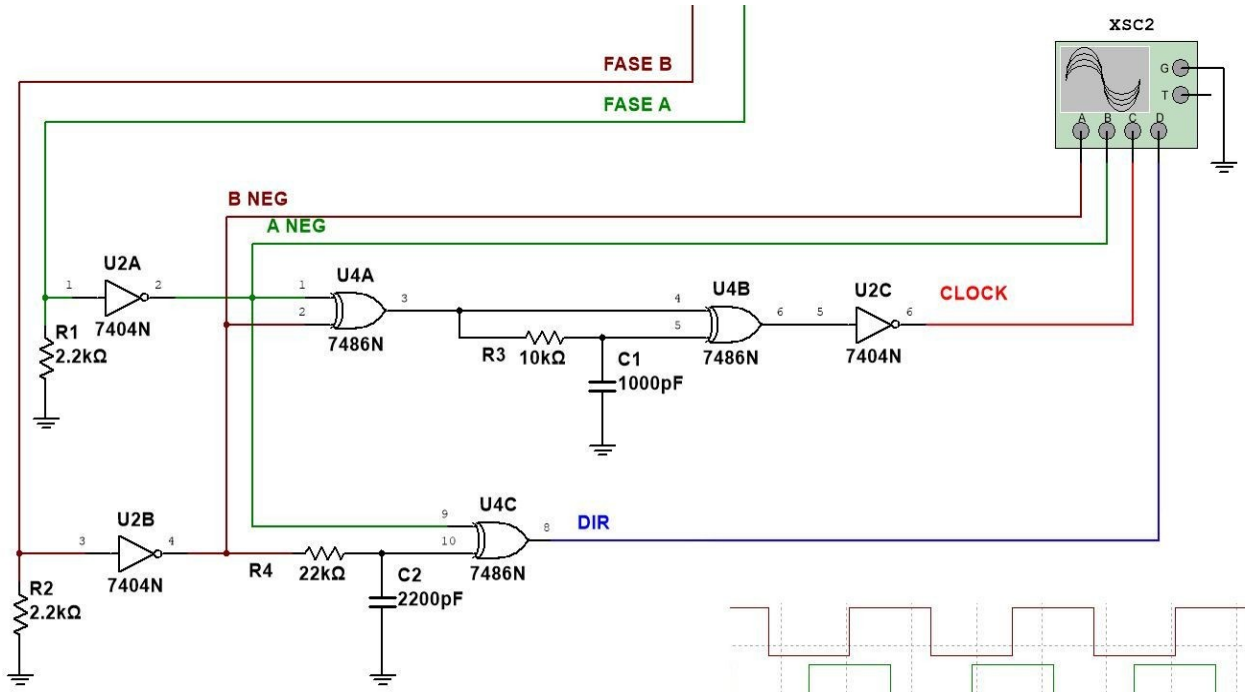
All'uscita della prima porta XOR troviamo un segnale di frequenza doppia di una delle fasi, questo perché la porta XOR ha un'uscita pari a 1 quando i segnali di ingresso sono diversi tra loro, inserendo una rete RC su un ingresso della seconda porta XOR, si ritarda il momento in cui questo ingresso viene considerato alto o basso rispetto all'alto ingresso, in corrispondenza di questo ritardo la seconda porta XOR darà un segnale alto.

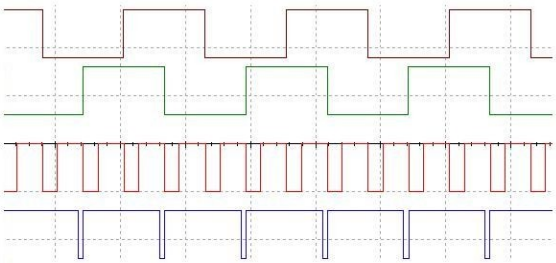


In questo modo riusciamo ad avere 4 fronti di clock per ogni periodo della fase di ingresso, ovviamente il ritardo causato dalla rete RC va dimensionato in base alla frequenza di ingresso, con i valori sopra indicati, il circuito può operare tranquillamente fino alla frequenza di 200kHz, che nel caso di un encoder da 10.000 impulsi giro corrisponde ad una velocità dell'albero di 20 giri al secondo, o 1200 RPM.

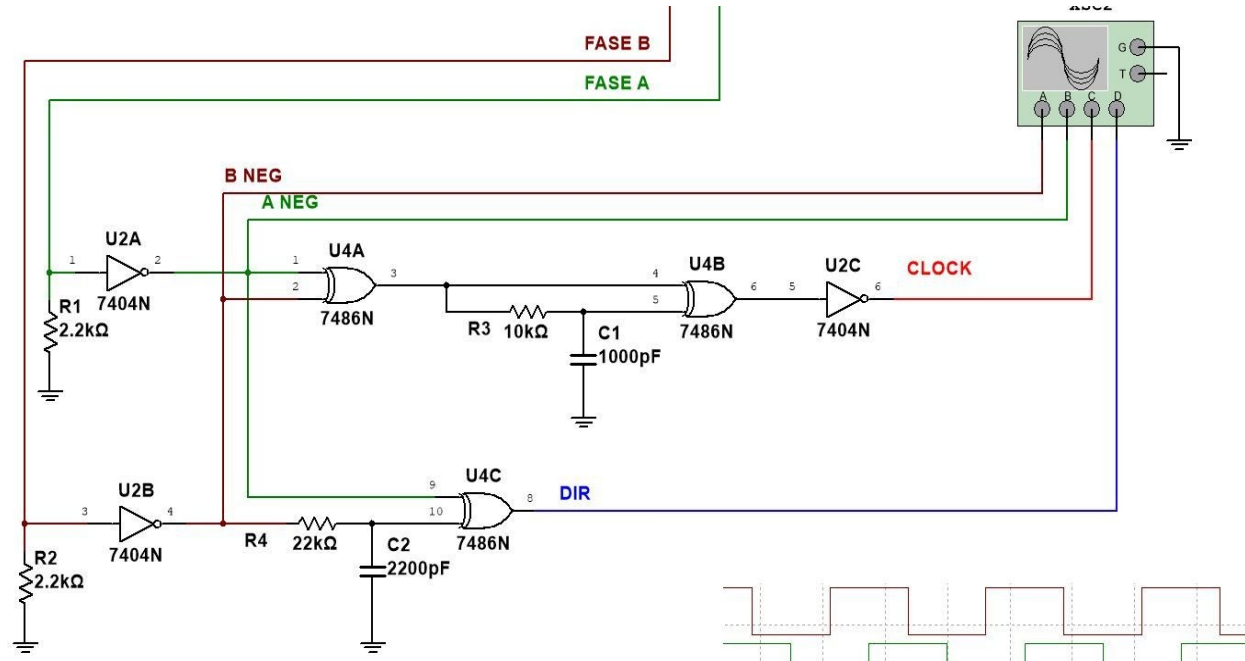
La seconda parte, invece è quella di rilevare la direzione di rotazione, in base alla fase che da per prima un fronte di salita. Volendo contare gli impulsi con un circuito contatore, il solo clock non sarebbe necessario, ma servirebbe un secondo segnale che indichi al contatore se aumentare o diminuire il conteggio.

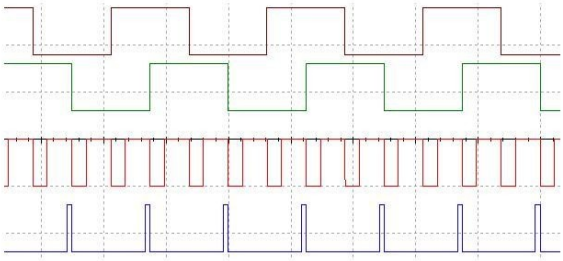
Andiamo ad analizzare ora il circuito completo della parte relativa alla direzione, nel seguente caso il fronte di salita della fase A arriva prima di quello della fase B (B NEG prima di A NEG) ed il fronte di salita del segnale di clock avviene sempre quando la direzione assume un valore pari a 5 volt. Rispetto al precedente schema il clock è stato invertito da una porta NOT.





In questo caso invece il fronte di salita della fase B arriva prima di quello della fase A, ed il fronte di salita del segnale di clock avviene sempre quando la direzione assume un valore pari a 0 volt.





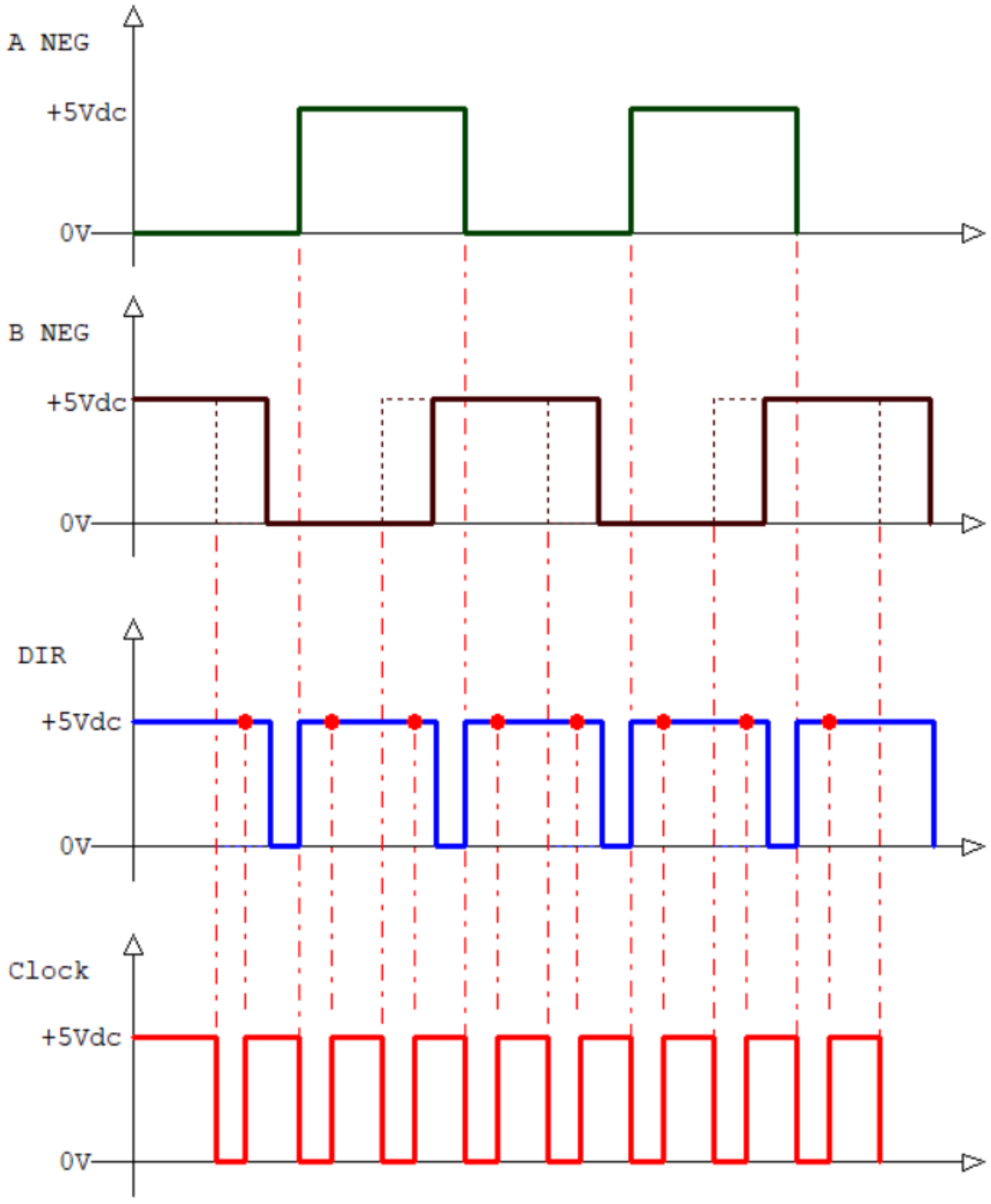
Cerchiamo di comprendere il funzionamento della seconda parte del circuito, quella che identifica il senso di rotazione.

La parte di circuito è quella composta dalla porta XOR U4C insieme alla rete RC composta da R4 e C2.

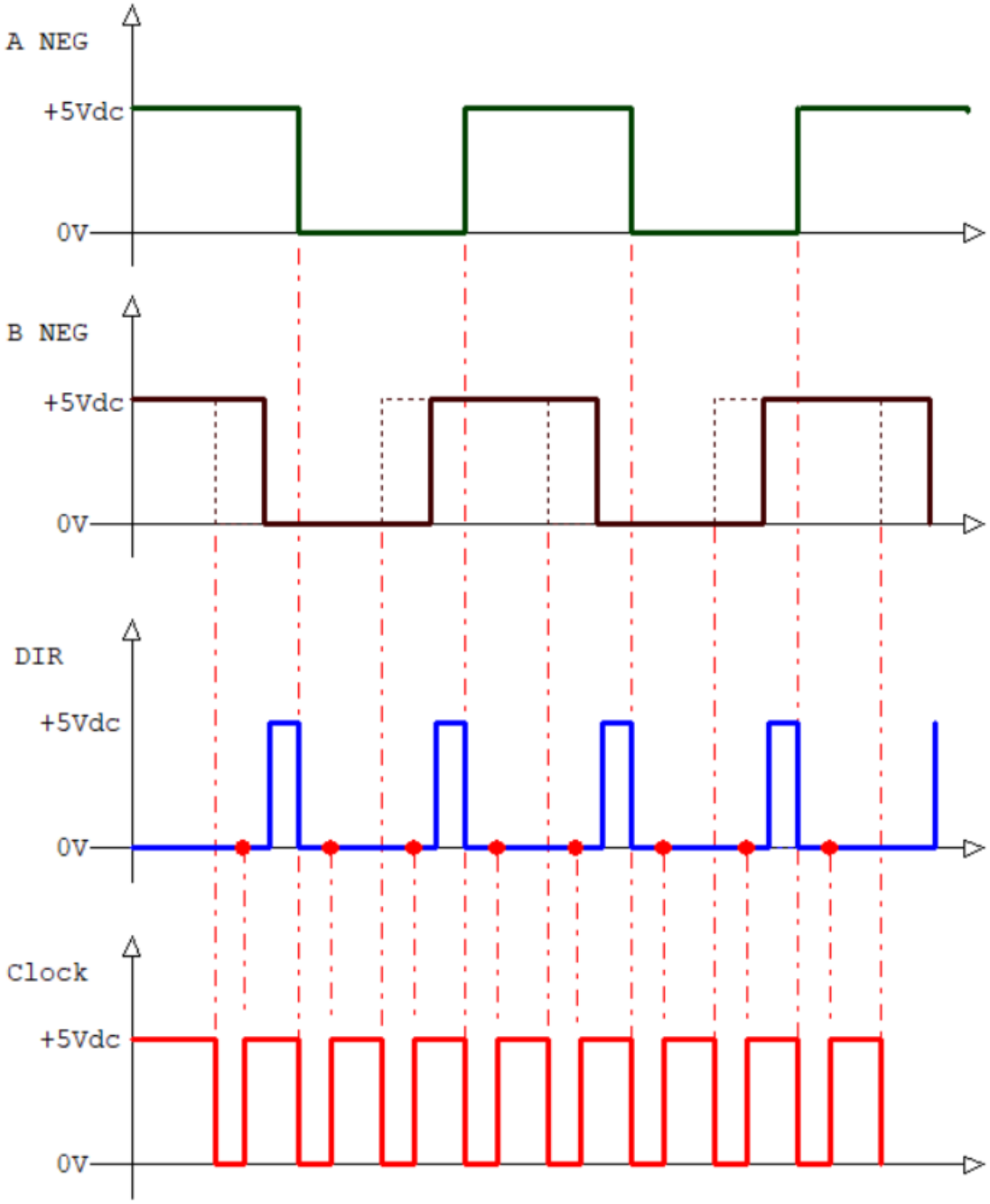
Innanzitutto motiviamo la presenza delle due porte NOT, U2A e U2B, le quali servono solo a separare le due resistenze di pull-down R1 ed R2 dalla rete resistiva RC.

Agli ingressi della porta XOR U4C, arrivano comunque le due fasi A e B, ma la fase B viene shiftata in ritardo dalla rete RC. Questo ritardo della fase B, fa si che la porta XOR abbia un livello alto con una durata maggiore, in modo da far coincidere il fronte di salita del Clock sempre sul livello alto del segnale della direzione.

Sulla figura sotto possiamo vedere la fase B ritardata con la linea piena, e con la linea tratteggiata la fase B se non ci fosse il ritardo.



Nel caso in cui l'encoder ruotasse nel senso opposto avremmo sempre la fase B in ritardo sull'ingresso della porta XOR U4C, e la situazione sarebbe la seguente:

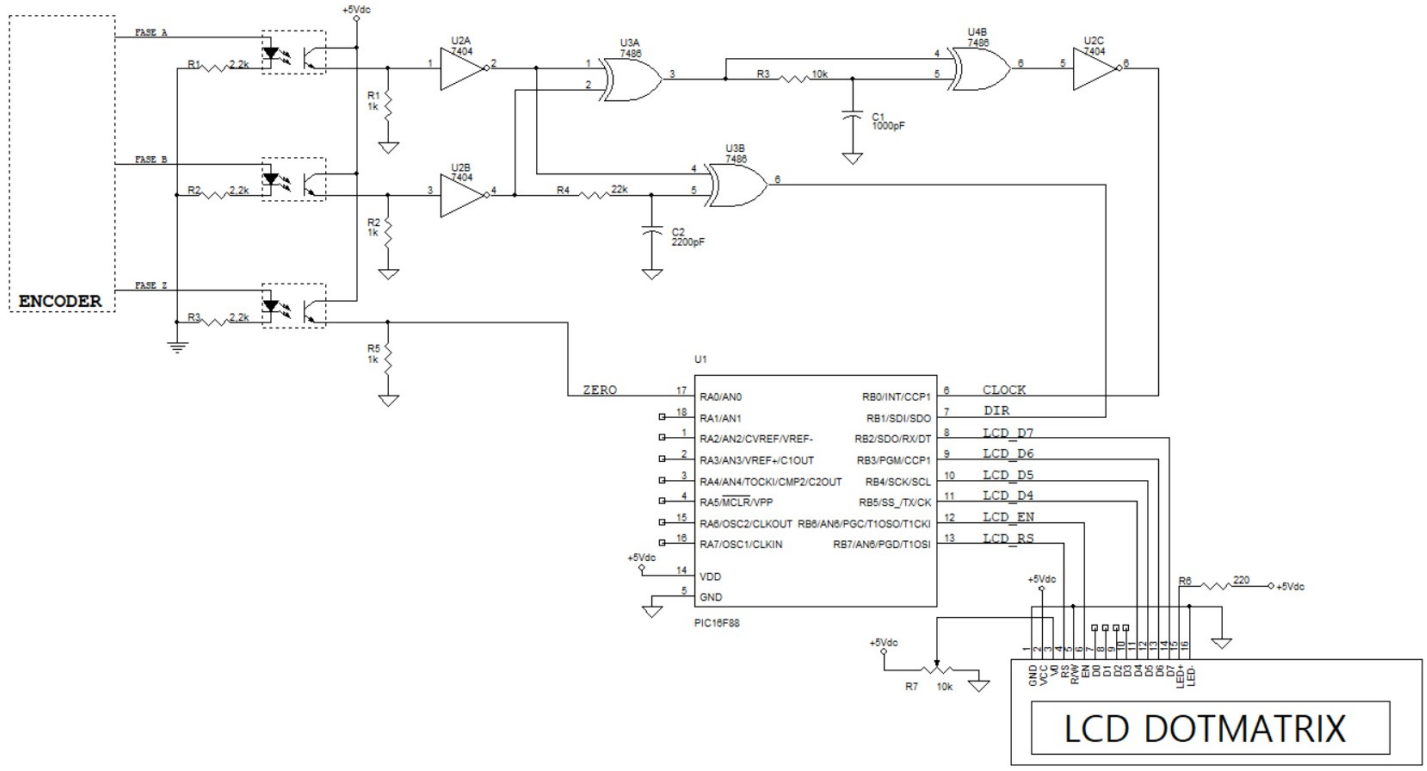


In questo caso il fronte di salita del clock, corrisponderebbe sempre ad un valore basso sul segnale della direzione.

Successivamente a questo circuito, si può a questo punto realizzare un contatore che conta sul fronte di salita del clock (o sul fronte di discesa togliendo la porta NOT U2C).

Se invece il contatore risultasse una soluzione complessa dal punto di vista circuitale, è possibile portare i due segnali CLOCK e DIR sui pin di ingresso di un microcontrollore, più esattamente il segnale di CLOCK potrebbe essere collegato alla porta RB0 di un PIC16F88, facendo in modo che ad ogni fronte di salita sul pin, venga chiamata la routine di interrupt dove leggendo la direzione si decide se incrementare o decrementare un contatore.

Un possibile schema di test potrebbe essere il seguente:



Un esempio di codice potrebbe essere il seguente:

```
sbit LCD_RS at RB7_bit;
sbit LCD_EN at RB6_bit;
sbit LCD_D4 at RB5_bit;
sbit LCD_D5 at RB4_bit;
sbit LCD_D6 at RB3_bit;
sbit LCD_D7 at RB2_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISB7_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB6_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB2_bit;

sbit CLOCK   at RB0_bit;
sbit DIR     at RB1_bit;
sbit ZERO    at RA0_bit;

long conteggio=0;
char flag_visu=0;
char txt_cont[12];
```

```
void interrupt(){          //ROUTINE DI INTERRUPT
  if(INTCON.INTF == 1 ){   //controllo se l'interrupt viene da RB0
    if(DIR==0) conteggio++;
    else       conteggio--;
    flag_visu=1;
    INTCON.INTF = 0;    //spengo il flat di interrupt
  }
  INTCON.INTE=1;
}
```

```
void main() {
  ANSEL  = 0;         //disabilito i convertitori
  CMCON=0x07;         //disabilito i comparatori
  OSCCON=0xFC;        //imposto il clock interno ad 8Mhz
  INTEDG_bit=0;       //attivo il fronte di discesa
  INT0IE_bit=1;       //attivazione dell'interrupt su RB0
  GIE_bit=1;          //attivare l'interrupt generale
  TRISB.B0=1;
  TRISB.B1=1;
  TRISA.B0=1;
  Lcd_Init();
  Lcd_Out(1,1,"Conteggio");
  LongToStr(conteggio,txt_cont);
  Lcd_Out(2,1,txt_cont);

  while(1){             //loop continuo
    if(flag_visu==1){
      LongToStr(conteggio,txt_cont);
      Lcd_Out(2,1,txt_cont);
      flag_visu=0;
    }//if
  }//while
}//main
```

La variabile **flag_visu** viene modificata ogni volta che arriva un interrupt sull'ingresso CLOCK. Sulla routine di interrupt avviene il conteggio secondo la direzione, ed al ritorno al programma principale, con la variabile **flag_visu** ad 1, si effettua la conversione della variabile **conteggio** in stringa e si visualizza sul display.