

Esperimenti di elettronica con Lorenzo – Appunti – Febbraio-Maggio 2017

Nota bene: le definizioni fornite non sono sempre rigorose dal punto di vista tecnico-scientifico, perché sono un autodidatta e non ho mai frequentato un corso di elettronica serio. Alcuni modi di esprimermi che utilizzo potranno poi essere corretti se Lorenzo frequenterà un corso di studio in elettronica. (Cesare B.)

| | |
|--|----------|
| ESPERIMENTI DI ELETTRONICA CON LORENZO – APPUNTI – FEBBRAIO-MAGGIO 2017 | 1 |
| DEFINIZIONI RELATIVE ALLE BREADBOARD | 2 |
| Sistema di coordinate | 2 |
| Mezzeria longitudinale e mezzeria trasversale | 2 |
| ALIMENTAZIONE DELLE BREADBOARD | 2 |
| Con alimentatore generico | 2 |
| Con alimentatore per breadboard | 2 |
| REGOLE GENERALI PER GLI ASSEMBLAGGI SU BREADBOARD..... | 3 |
| Come posizionare e alimentare un DIP Switch (e un interruttore in generale) | 3 |
| Come posizionare e alimentare un LED | 4 |
| Come posizionare e alimentare un display LED a 7 segmenti | 4 |
| Come posizionare e alimentare un circuito integrato..... | 5 |
| PRIMO ESPERIMENTO – ALIMENTAZIONE DI LED..... | 6 |
| SECONDO ESPERIMENTO – IC CON PORTE LOGICHE..... | 7 |
| TERZO ESPERIMENTO – INTERRUTTORE CREPUSCOLARE CON FOTORESISTENZA | 8 |
| QUARTO ESPERIMENTO – CONVERTITORE BINARIO/DECIMALE A UNA CIFRA CON DISPLAY A 7 SEGMENTI | 9 |
| QUINTO ESPERIMENTO – COME IL PRECEDENTE, MA CON CONTATORE DI IMPULSI DECIMALE, RESETTABILE. | 10 |
| SESTO ESPERIMENTO – DISPLAY A 7 SEGMENTI CONTROLLATO DA TIMER CON TEMPORIZZAZIONE VARIABILE | 11 |
| SESTO ESPERIMENTO – AGGIUNTA DI BUZZER E DI LED CHE SI ACCENDE UNA VOLTA PER CICLO | 12 |
| RAFFRONTO TRA QUARTO, QUINTO E SESTO ESPERIMENTO..... | 14 |
| SETTIMO ESPERIMENTO – “DEBOUNCING” DI UN INTERRUTTORE A PULSANTE DI TIPO “A CONTATTO MOMENTANEO” | 14 |
| OTTAVO ESPERIMENTO – OSCILLATORE CON SEGNALE DI CLOCK CONTROLLATO DA QUARZO A 32768 Hz: DIVISIONE DI FREQUENZA CON INTEGRATI 4060 E 4024 | 16 |

Definizioni relative alle breadboard

Sistema di coordinate

- Chiamiamo "righe" gli allineamenti paralleli al lato lungo contrassegnati come segue:
 - **rosso**=fase dell'alimentazione (tensione variabile a seconda della impostazione dell'alimentatore)
 - **blu**=neutro dell'alimentazione (0 Volt)
 - **una lettera maiuscola** = le righe per il montaggio dei componenti.
- Chiamiamo "colonne" gli allineamenti paralleli al lato corto della breadboard e perpendicolari alle righe, contrassegnati da un numero.

Mezzeria longitudinale e mezzeria trasversale

- Tutte le breadboard hanno, nel senso della lunghezza, una divisione che chiameremo mezzeria longitudinale, perché parallela al lato più lungo della breadboard.
- Alcune breadboard hanno fase e neutro dell'alimentazione ininterrotti da colonna 1 all'ultima colonna; altre hanno una interruzione al centro, pensata per consentire di alimentare con voltaggi differenti le due metà della breadboard. A noi normalmente questa possibilità non interessa, per cui di norma queste interruzioni saranno ponticellate.

Alimentazione delle breadboard

Con alimentatore generico

L'alimentatore generico porta l'alimentazione in un solo angolo della breadboard.

Si può usare sempre, ma è indispensabile usarlo per esperimenti che richiedono un voltaggio diverso da 3V o 5V (in questi due casi si può anche usare l'alimentatore per breadboard).

Si imposta la tensione desiderata con il selettore posizionato sull'alimentatore.

Si connettono i terminali dell'alimentatore generico ad una delle coppie di linee fase (+, rosso) – neutro (-, blu) a uno degli angoli della breadboard.

Ovviamente, perché la alimentazione raggiunga tutta la breadboard, bisogna "ponticellare" (=mettere in connessione) i due lati della breadboard tra loro, connettendo + con + e - con -, utilizzando i cavetti Dupont maschio-maschio o ponticelli di altro tipo.

Anche l'interruzione sul lato lungo della breadboard (se presente) va ponticellata.

Con alimentatore per breadboard

L'alimentatore per breadboard richiede una corrente di alimentazione di almeno 6.5 V, e fino a un massimo di 12 V che deve essere fornita con il normale alimentatore. Tipicamente, si imposta il normale alimentatore generico a 7,5 volt e lo si connette con il connettore "barrel socket" (il cilindretto di adeguato diametro) all'alimentatore per breadboard.



L'alimentatore per breadboard, a prescindere dalla tensione con cui è alimentato, può generare su ciascun lato una tensione a scelta tra 3.3V e 5V.

ATTENZIONE! bisogna verificare il lato della breadboard su cui viene applicato! Bisogna verificare che il + e il - dell'alimentatore per breadboard coincidano con il + e il - delle linee sul lato lungo della breadboard.

E' consigliabile inserire nella breadboard tutti e quattro i pin su ciascun lato, in modo da ottenere un contatto più saldo.

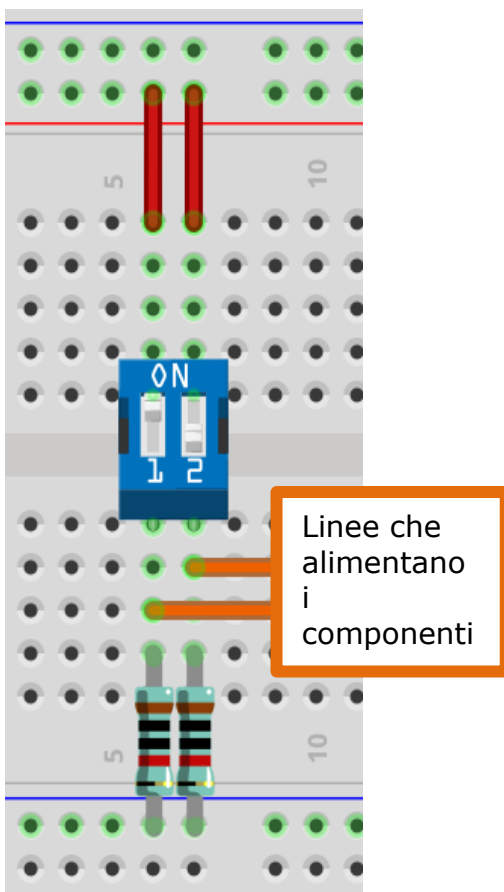
L'alimentatore per breadboard è dotato di un interruttore on/off. Quando acceso, un apposito LED verde indica che la breadboard è alimentata.

Regole generali per gli assemblaggi su breadboard

Come posizionare e alimentare un DIP Switch (e un interruttore in generale)

L'interruttore (switch), e in particolare il DIP switch (Dual Inline Package Switch), si posiziona a cavallo della mezzeria longitudinale della breadboard, in modo che l'interruttore chiuso metta in connessione i due pezzi della stessa colonna, di qua e di là dall'interruzione della mezzeria longitudinale.

L'alimentatore riversa un flusso di una certa tensione e di una certa intensità, normalmente ben maggiore di quella necessaria al circuito utilizzato nel corso dell'esperimento.



Per cui, in particolare se si utilizzano circuiti integrati, è necessario consentire all'eccesso di corrente di defluire dalla breadboard, in modo che il circuito possa assorbire solo la quantità di corrente necessaria al proprio funzionamento.

a questo scopo, distinguiamo l'allestimento tra i due lati dell'interruttore.

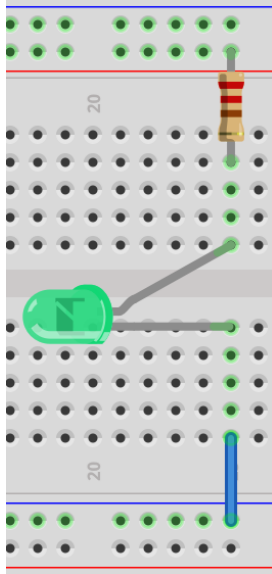
- "a monte" (ovvero, dal lato dell'alimentazione), le colonne sono semplicemente connesse con un ponticello alla fase (riga rossa),

- "a valle" (ovvero, nella porzione in cui la corrente passa solo quando l'interruttore è chiuso), la colonna è collegata al neutro (riga blu) con una resistenza da 10 KΩ, che tratterrà sulla breadboard tutta la corrente necessaria per fare funzionare il circuito, ma lascerà defluire attraverso di sé il rimanente flusso di corrente. Chiameremo questa resistenza "resistenza di protezione in uscita" per capirci tra di noi - non credo che questa sia una definizione tecnica rigorosa.

Di conseguenza, i componenti saranno alimentati prelevando corrente dal pezzo di colonna "a valle" dell'interruttore, in cui è presente la resistenza.

Componenti necessari: Breadboard, DIP Switch, una resistenza da 10 KΩ e un ponticello o cavetto Dupont maschio/maschio per ciascun interruttore.

Come posizionare e alimentare un LED



Il LED è un diodo emettitore di luce (Light Emitting Diode) – come definizione generale, un diodo è un componente elettronico in cui si distinguono un polo positivo (Anodo) e un polo negativo (Càtodo).

L'anodo è facile da distinguere perché ha il reoforo (sinonimo di "pin" o "piedino") più lungo, perché è più piccolo del catodo, perché in trasparenza ha tipicamente la forma di un triangolo rettangolo.

L'anodo non può essere alimentato direttamente: deve essere interposta una resistenza che abbatta la tensione di alimentazione. Esistono precisi calcoli per determinare il valore di questa resistenza. Noi utilizzeremo indifferentemente resistenze da 220Ω o di altri valori simili (ad esempio, 330Ω).

Componenti necessari: Breadboard, un LED, una resistenza da 220Ω e un ponticello o cavetto Dupont maschio/maschio.

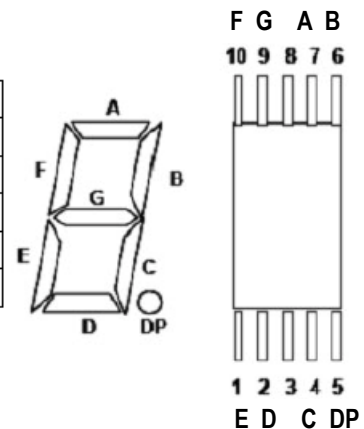
Come posizionare e alimentare un display LED a 7 segmenti

I display LED a 7 segmenti in realtà contengono 8 LED, incluso quello del punto decimale che non utilizzeremo nei nostri esperimenti.

Quelli che utilizzeremo sono del tipo "a catodo comune", ovvero, su ciascun lato del componente, esiste un catodo unico per tutti gli anodi dei quattro LED. Ciò porta a un totale di 10 pin, cinque per lato. Questa è un'importante semplificazione, se si considera che in caso contrario avrebbero dovuto esserci 8 anodi + 8 catodi, totale 16 pin.

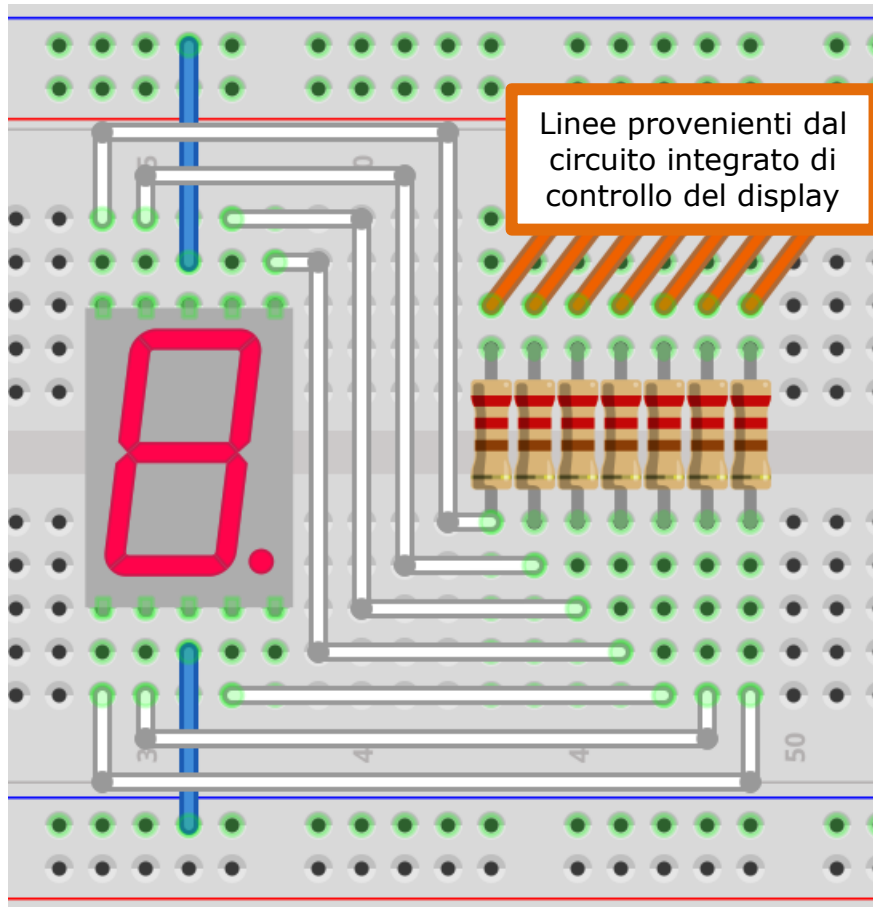
DEVICE DIAGRAM

| PIN NO. | | | |
|---------|-----------------------|----|-----------------------|
| 1 | Anode E | 6 | Anode B |
| 2 | Anode D | 7 | Anode A |
| 3 | Common Cathode DIG. 1 | 8 | Common Cathode DIG. 2 |
| 4 | Anode C | 9 | Anode F |
| 5 | Anode DP | 10 | Anode G |



Anche per il LED contenuti all'interno di un display a 7 segmenti valgono le stesse precauzioni descritti per i singoli LED. In particolare, è opportuno predisporre nella breadboard un gruppo di 7 resistenze che, nel circuito, si troveranno a monte (=verso l'alimentazione) rispetto a questo componente.

Per consentire un'agevole predisposizione del circuito, è il caso di connettere queste resistenze, da sinistra a destra, ai segmenti da A a G del display: questa semplice regola semplificherà molto l'identificazione delle linee di alimentazione destinate a ciascun segmento, e quindi renderà più agevole la successiva installazione del circuito integrato di controllo.

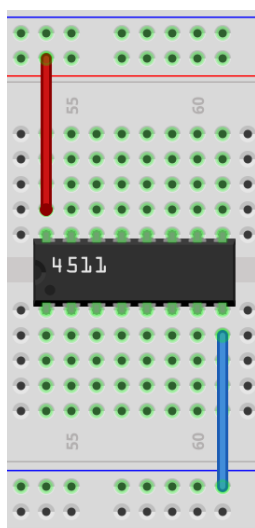


Componenti necessari: Breadboard, display a 7 segmenti, 7 resistenze da 220Ω, due ponticelli e 7 cavetti Dupont maschio/maschio (M/M).

Come posizionare e alimentare un circuito integrato

Per ciascun circuito integrato, bisogna consultare la relativa scheda tecnica per comprendere come alimentarlo correttamente.

I circuiti integrati si posizionano sempre a cavallo della mezzeria longitudinale, in modo da consentire la separata alimentazione di ciascun piedino tramite le separate mezze colonne di breadboard.



Distinguiamo due tipi di alimentazione:

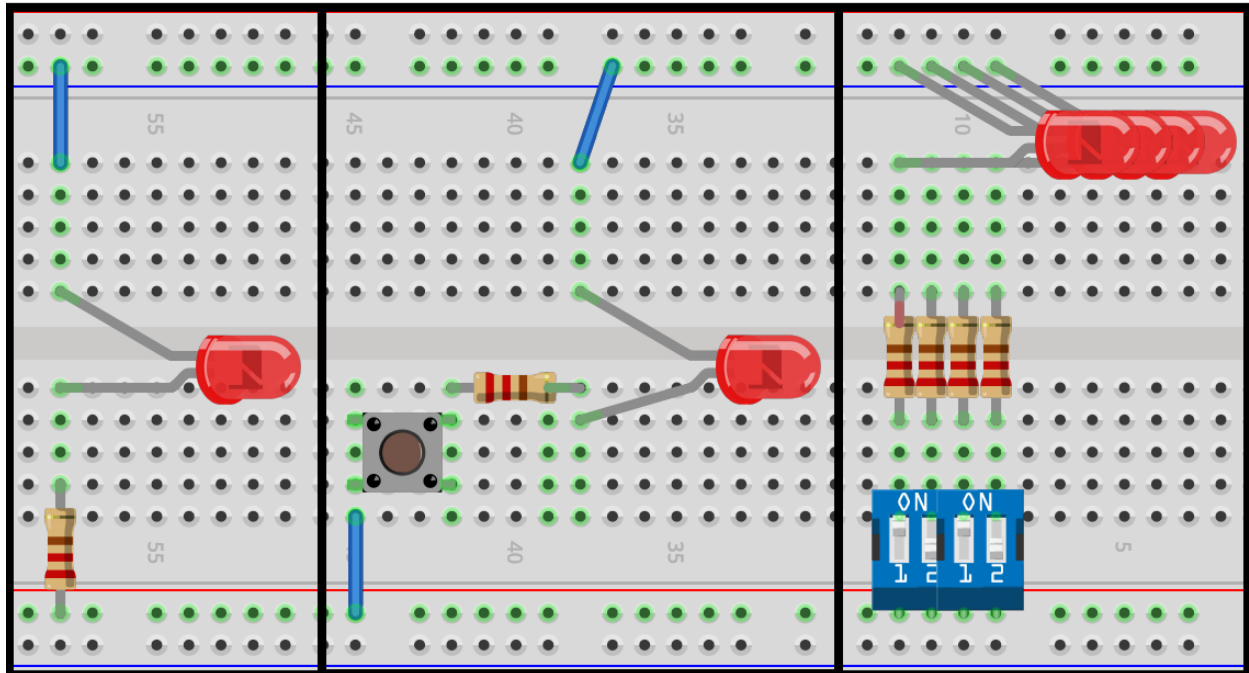
- la alimentazione del circuito integrato, che tipicamente è in un unico pin e serve a garantire il funzionamento dei circuiti fondamentali in esso contenuti (ad esempio, le porte logiche, o un contatore): i circuiti integrati possono essere alimentati direttamente dall'alimentatore nel loro pin di alimentazione. Allo stesso modo il circuito integrato avrà un'uscita tipicamente marcata "0 Volt" che è da connettere al neutro direttamente.

- i "segnali" destinati alle "porte" (singoli connettori) debbono invece ricevere corrente attraverso una linea dotata di "resistenza di protezione" (vedi sopra).

L'illustrazione rappresenta solamente l'alimentazione del circuito integrato tipico.

Componenti necessari: circuito integrato, due ponticelli.

Primo esperimento – alimentazione di LED



Da sinistra a destra:

- Semplice alimentazione di LED
- Led alimentato da un interruttore a impulso
- Gruppo di quattro LED alimentati con quattro dip switch (interpretabile anche come "rappresentazione in binario dei numeri da 0 a 15")

Questo circuito va alimentato a 3 Volt di tensione.

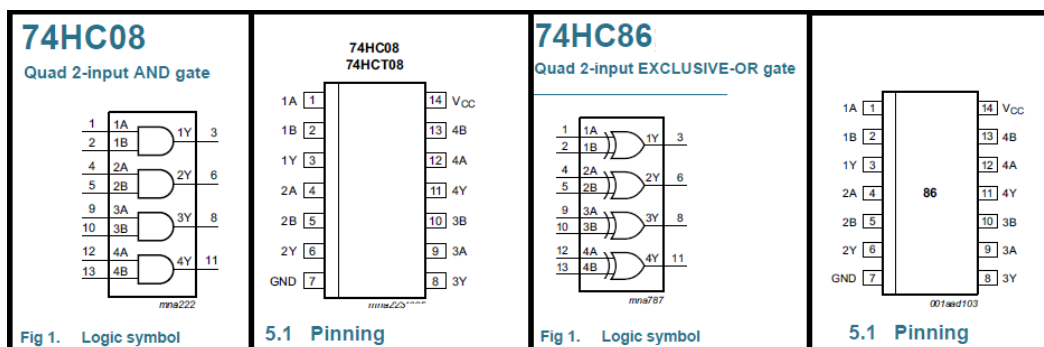
Componenti necessari: Breadboard, uno o più LED, altrettante resistenze da 220Ω, un interruttore a pulsante a contatto momentaneo normalmente aperto, ponticelli o cavetti Dupont maschio/maschio (M/M) come necessario.

Secondo esperimento – IC con porte logiche

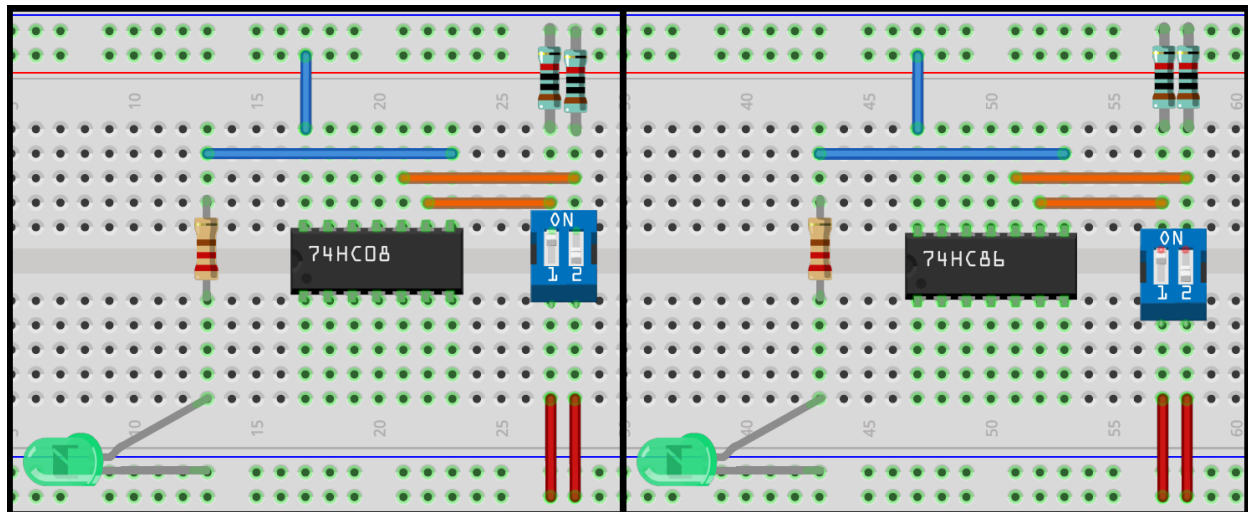
L'accensione dei LED è condizionata da due gruppi di due interruttori che applicano rispettivamente due delle possibili operazioni della logica booleana:

- **AND** – i LED si accendono esclusivamente se sono chiusi entrambi gli interruttori
- **XOR (OR esclusivo)** – i LED si accendono solo se uno dei due interruttori è attivato, ma se sono attivati entrambi rimangono spenti.

Per rendere possibile questo esperimento, sono utilizzati dei circuiti integrati che, al loro interno, contengono delle "porte logiche" di tipo AND o di tipo XOR. Questo tipo di circuiti è fondamentale per le operazioni dell'aritmetica binaria ed è usato estensivamente nell'elaborazione elettronica. Ogni integrato contiene quattro porte del rispettivo tipo, ed ognuna di esse, ovviamente, accetta due segnali in entrata da confrontare, e un segnale in uscita che è quello che alimenterà il LED.



Per l'esperimento, si può utilizzare indifferentemente una qualsiasi delle quattro porte di cui ciascun circuito è dotato.



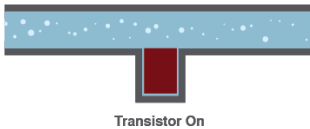
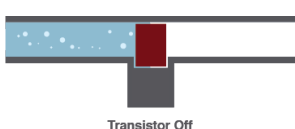
Da sinistra a destra: il LED connesso all'integrato 74HC08 si accenderà solo se entrambi gli interruttori sono chiusi; il LED connesso all'integrato 74HC86 si accenderà solo se uno dei due interruttori sono chiusi, ma non se entrambi sono chiusi. Questo circuito va alimentato a 3 Volt di tensione.

NOTA BENE: il piedino 7 del circuito integrato andrebbe connesso al neutro, ma empiricamente si è constatato che funziona anche come illustrato.

Componenti necessari: Breadboard, integrato 74HC08 o 74HC86, 2 resistenze da 10K Ω , DIP switch (saranno usati due interruttori), un LED, una resistenza da 220 Ω , ponticelli o cavetti Dupont maschio/maschio come da illustrazione.

Terzo esperimento – Interruttore crepuscolare con fotoresistenza

Introduciamo in questo esperimento un componente fondamentale, il **Transistor**, che, nel flusso della corrente, si comporta come una “valvola” che può chiudere o aprire il flusso di corrente a seconda dell’alimentazione ad uno specifico piedino (detto “base”) dei tre di cui è dotato. E’ stata fornita a Lorenzo separata documentazione sui transistor. I piedini del transistor sono: collettore e emettitore, tra i quali è interposto il piedino “base” che, per fare scorrere corrente, deve avere una tensione (voltaggio) più alto del collettore.

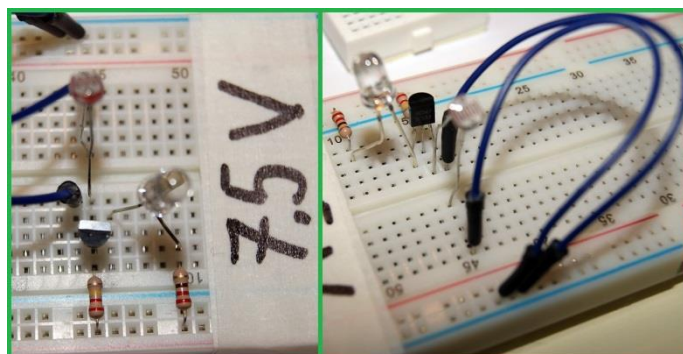
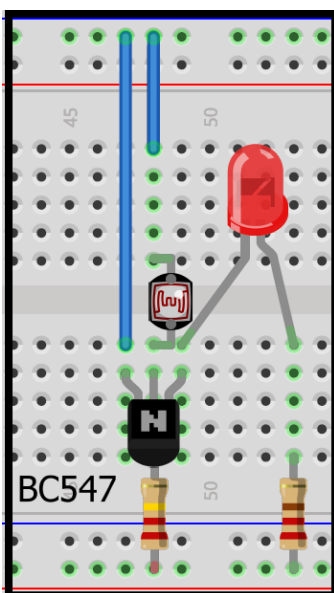
| 1) On – circuito non interrotto | 2) Off – circuito interrotto |
|---|--|
|  <p>Una valvola può essere completamente aperta, lasciando passare liberamente l’acqua, come se la valvola non esistesse.</p> <p>Valvola aperta, l’acqua scorre, elettronicamente: circuito non interrotto (continuo). Allo stesso modo, nelle giuste circostanze, un transistor può operare come una connessione diretta tra il piedino collettore e il piedino emettitore. La corrente è libera di fluire attraverso il collettore, e fuori dall’emettitore.</p> |  <p>Quando è chiusa, una valvola può completamente fermare il flusso d’acqua.</p> <p>Valvola chiusa, acqua ferma, elettronicamente: circuito interrotto. Allo stesso modo, un transistor può essere usato per creare un’interruzione del circuito tra il pin collettore e il pin emettitore.</p> |

Introduciamo nel circuito anche un ulteriore componente elettronico, la **fotoresistenza**, la cui resistenza è inversamente proporzionale alla quantità di luce che lo colpisce: il suo valore in ohm diminuisce all’aumento dell’intensità della luce che l’investe. Cioè la sua resistenza, minima sotto la luce, nel buio è molto elevata. Nel circuito di prova, il transistor è attraversato, da destra verso sinistra, da un flusso di corrente che attraversa il LED, entra nel collettore del transistor, esce dall’emettitore del transistor.

All’interno del transistor, il piedino base, la “valvola”, è alimentato da un altro flusso di corrente che però attraversa anche la fotoresistenza.

Finché c’è luce, la fotoresistenza ha una resistenza bassa, e per così dire “porta via tensione” al piedino base, che quindi non è in grado di far passare la corrente tra collettore e emettitore.

Quando l’illuminazione cessa, la resistenza aumenta al punto che la tensione sul piedino base può salire quanto basta per consentire il flusso di corrente tra collettore e emettitore: allora, il circuito che li attraversa si chiude, e il LED si accende. Questo circuito va alimentato a 7,5 volt di tensione.

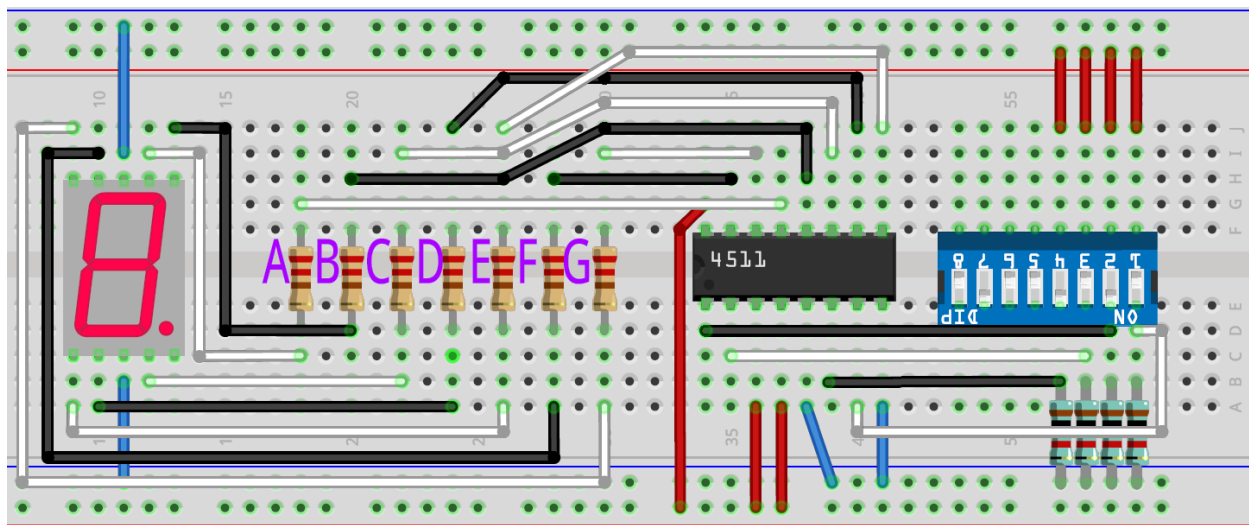


Fotografia del Terzo Esperimento

Componenti necessari: Breadboard, un transistor BC547, 1 fotoresistenza 50 Ω - 100KΩ o similare, 1 resistenza da 220KΩ, un LED, una resistenza da 220Ω, ponticelli o cavetti Dupont maschio/maschio come da illustrazione.

Quarto esperimento – convertitore binario/decimale a una cifra con display a 7 segmenti

Questo circuito va alimentato a 3 Volt di tensione.

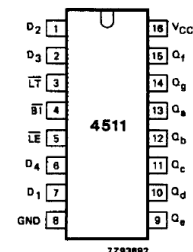


L'integrato di tipo 74HC4511 serve per convertire un numero binario tra zero e nove in un gruppo di sette segnali idonei ad alimentare i segmenti da A a G di un display a 7 segmenti. Il circuito si compone di

- un gruppo di 4 interruttori dip switch (per montaggio, vedi "regole generali")
- un integrato 74HC4511
- un display a 7 segmenti a catodo comune (il cui assemblaggio è illustrato nelle regole generali più sopra)

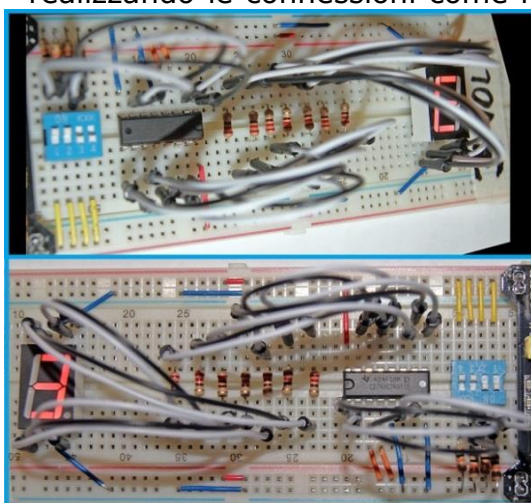
PIN DESCRIPTION

| PIN NO. | SYMBOL | NAME AND FUNCTION |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 3 | \overline{LT} | lamp test input (active LOW) |
| 4 | \overline{BI} | ripple blanking input (active LOW) |
| 5 | \overline{LE} | latch enable input (active LOW) |
| 7, 1, 2, 6 | D ₁ to D ₄ | BCD address inputs |
| 8 | GND | ground (0 V) |
| 13, 12, 11, 10, 9, 15, 14 | Q _a to Q _g | segments outputs |
| 16 | V _{cc} | positive supply voltage |



Considerata l'assegnazione dei pin risultante dallo schema sopra, è evidente che, realizzando le connessioni come nell'illustrazione più sopra, e utilizzando le chiusure degli interruttori 4, 3, 2, 1 come altrettante cifre binarie (rispettivamente da sinistra a destra per le ottine, le quattre, le duine e le unità), qualsiasi cifra binaria corrispondente ai decimali da 1 a 9 potrà essere riprodotta. Numeri binari superiori al decimale 9 non avranno alcun risultato (display nero). I quattro interruttori aperti, che corrispondono al binario 0000, comporteranno la visualizzazione del numero 0 sul display a 7 segmenti.

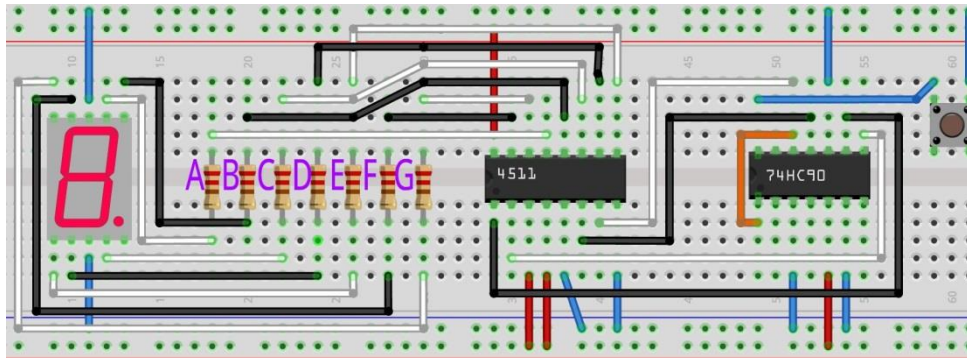
Componenti necessari: Breadboard, display a 7 segmenti, 7 res. da 220Ω, 1 integrato 4511, 4 res. da 10 K Ω, un DIP switch a 4 posizioni, ponticelli e cavetti Dupont M/M come necessario.



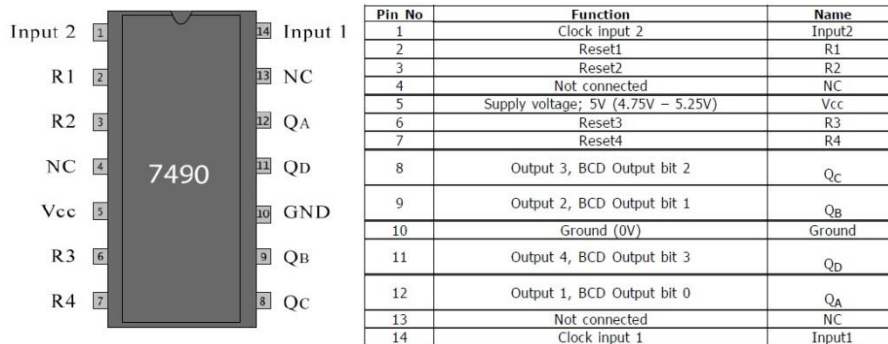
Fotografia del Quarto Esperimento

Quinto esperimento – come il precedente, ma con contatore di impulsi decimale, resettabile.

Questo circuito va alimentato a 3 Volt di tensione.



Rispetto all’esperimento precedente, il set di 4 dip switch per l’impostazione delle quattro cifre binarie è sostituito da un nuovo componente estremamente versatile, il contatore BCD 7490, un integrato a 14 piedini, di cui questo è lo schema:



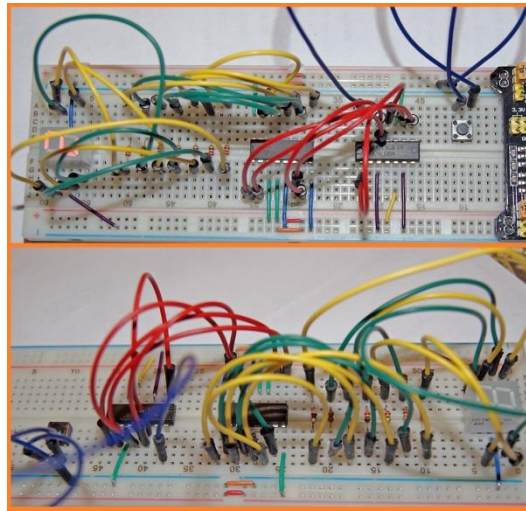
utilizzando un pulsante per collegare il pin 14 (input 1) al neutro ad ogni pressione del pulsante. Infatti, il conteggio dell’impulso avviene quando il segnale “scende” a zero volt. Il 7490 è un componente versatile perché può essere configurato in diverse maniere: conteggio ascendente o discendente, contatore di singoli impulsi o di gruppi di 5 impulsi. Connettendo il pin 12 di uscita (sigla Qa), corrispondente al bit di valore più basso, con il pin 1 “Clock input 2”, si configura il circuito per il conteggio progressivo BCD (Binary Coded Decimal – Decimale Codificato in Binario), nel cui ambito il conteggio sale progressivamente fino a 9 e con l’impulso successivo riprende da zero.

Studiando attentamente la scheda descrittiva di questo componente, è possibile imparare tante altre possibili configurazioni, anche come eseguire un conteggio progressivo su due cifre (il che ovviamente richiederebbe due display a 7 segmenti) e un’impostazione molto più complessa del circuito).

Grazie a questa configurazione del 7490, lo scomodo esperimento di visualizzazione delle cifre decimali in sequenza attraverso l’impostazione del DIP switch quadruplo usato nell’esperimento precedente, diventa più facile: per comporre le varie cifre binarie bastano le successive pressioni del pulsante.

Attenzione però: il pulsante a contatto usato per l’esperimento risente di un fenomeno detto “bouncing” (letteralmente: “saltellamento”) che sarà affrontato nel settimo esperimento. A causa del “bouncing”, è frequente che una singola pressione del tasto, anche a causa del fissaggio a pressione senza saldatura, che non è molto stabile, si traduca in contatti multipli. Questo non è un difetto di concezione del circuito, ma solo uno dei tanti piccoli problemi contingenti delle sperimentazioni su breadboard. Vedremo il rimedio nel settimo esperimento.

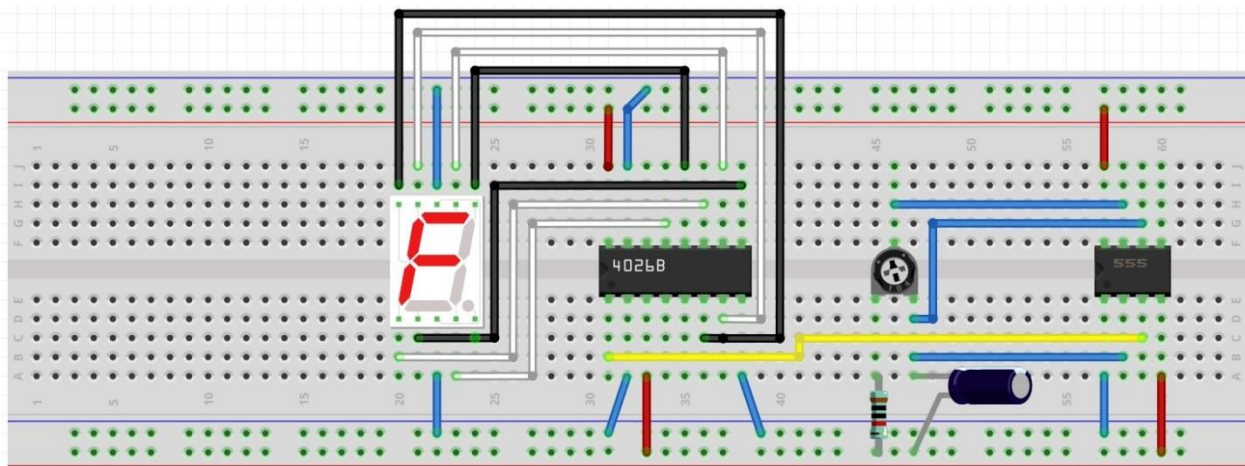
Componenti necessari: Breadboard, display a 7 segmenti, 7 res. da 220Ω, 1 integrato 4511, 1 integrato 7490, un interruttore a pulsante a contatto momentaneo normalmente aperto, ponticelli e cavetti Dupont M/M come necessario.



Fotografia del quinto esperimento

Sesto esperimento - display a 7 segmenti controllato da timer con temporizzazione variabile

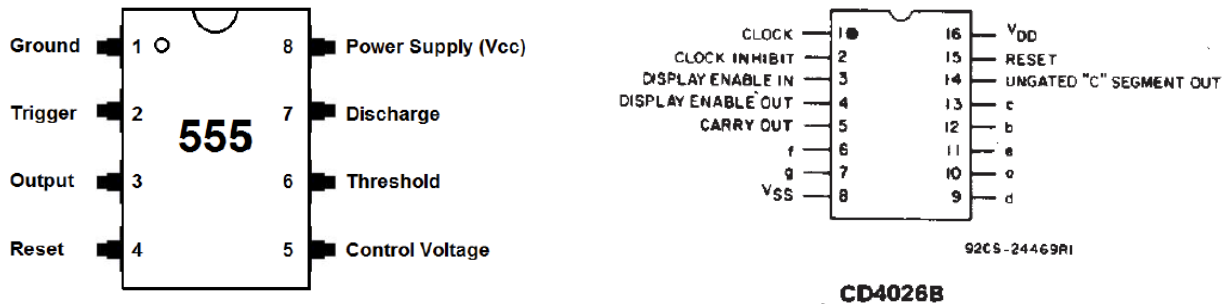
Questo circuito va alimentato a 5 Volt di tensione.



Rispetto all'esperimento precedente, ci sono importanti evoluzioni:

- viene adottato un nuovo componente: il circuito integrato CD4026B, contatore decimale e driver per display 7 segmenti, che raduna in sé le funzioni dei due circuiti integrati visti nell'esperimento precedente, 4511 e 7490;
- il numero di impulsi da conteggiare viene fornito da un altro integrato, il timer 555, altro componente molto versatile;
- l'intervallo di conteggio è governato da una resistenza variabile (trimmer), e può essere regolato da 10 kΩ a 100 kΩ tramite un'apposita vite che sporge dal trimmer.

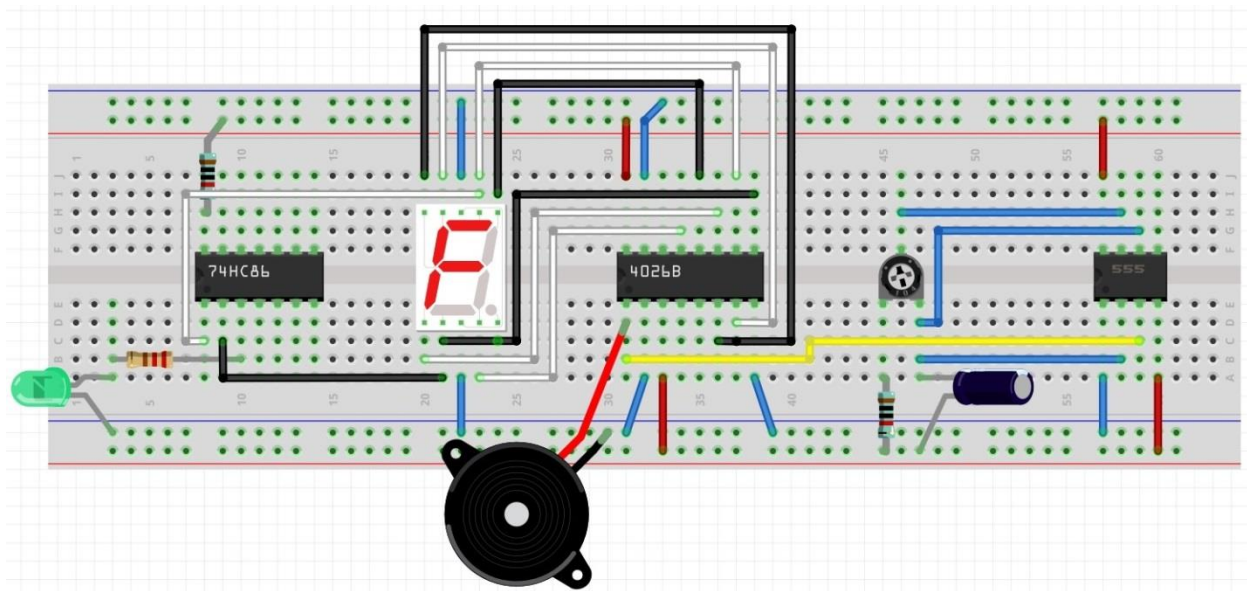
Considerata l'assegnazione dei pin qui sotto riportata, il circuito connesso come da illustrazione più sopra conteggia automaticamente i numeri in modo progressivo da zero a nove, poi riparte da zero, generando quindi dei cicli completi di tutte le cifre.



Il condensatore necessario per garantire il funzionamento è di tipo elettrolitico con polarità (quindi ha un polo positivo e uno negativo) e ha la capacità di 10 picofarad. Il timer 555, collegato come nella illustrazione, genera impulsi sul piedino 3. Il ritmo degli impulsi è calibrato regolando il trimmer. L'integrato 4026B riceve gli impulsi sul piedino 1 e attiva opportunamente le uscite verso i sette segmenti, che in questo caso possono essere alimentati direttamente senza interporre le classiche resistenze.

Componenti necessari: Breadboard, display a 7 segmenti, 1 integrato CD4026B, 1 integrato 555, 1 trimmer 10KΩ - 100KΩ, 1 res. da 10KΩ, un condensatore elettrolitico da 10μF, ponticelli e cavetti Dupont M/M come necessario.

Sesto esperimento – aggiunta di buzzer e di LED che si accende una volta per ciclo



Collegando all'uscita 3 del timer 555, ovvero alla 1 del 4026, il pin positivo di un buzzer, verrà emesso un suono ad ogni progressione del conteggio.

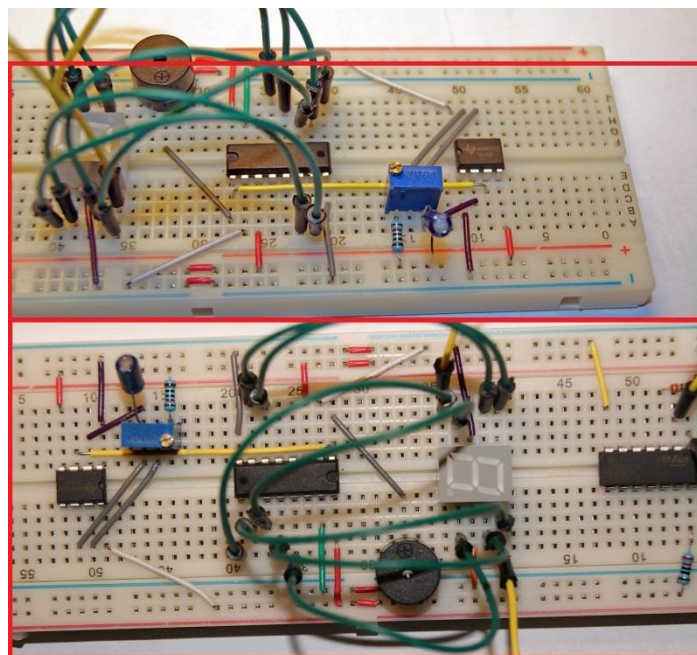
L'osservazione del rapporto tra i diversi segmenti nelle varie fasi del conteggio ci consente di riprendere un concetto già esaminato nel secondo esperimento. Se

rappresentiamo lo stato di attivazione dei segmenti al progredire del conteggio, notiamo che esiste un numero che si distingue per una combinazione unica dello stato di due dei segmenti. Il numero 7 è l'unico in cui, contemporaneamente, il segmento A è attivo mentre il segmento D è inattivo.

| | a | b | c | d | e | f | g | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | – condizione unica tra tutte le sette cifre: d = 0 e a = 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | |

Si potrebbe approfittare di questa situazione per fare accadere qualcosa una sola volta ogni ciclo completo! Ricordiamo dal secondo esperimento il concetto di "exclusive or". Se lo stato di attivazione dei segmenti A e D fosse trasferito agli ingressi di una porta XOR, tale porta si attiverebbe un'unica volta per ciclo, nel momento in cui il display a sette segmenti mostra la cifra "7".

Per realizzare questo esperimento, basta utilizzare un integrato 7486, collegato come nell'illustrazione, con l'alimentazione (pin 14) alimentato attraverso una resistenza da 10 k Ω .



Fotografie del Sesto Esperimento

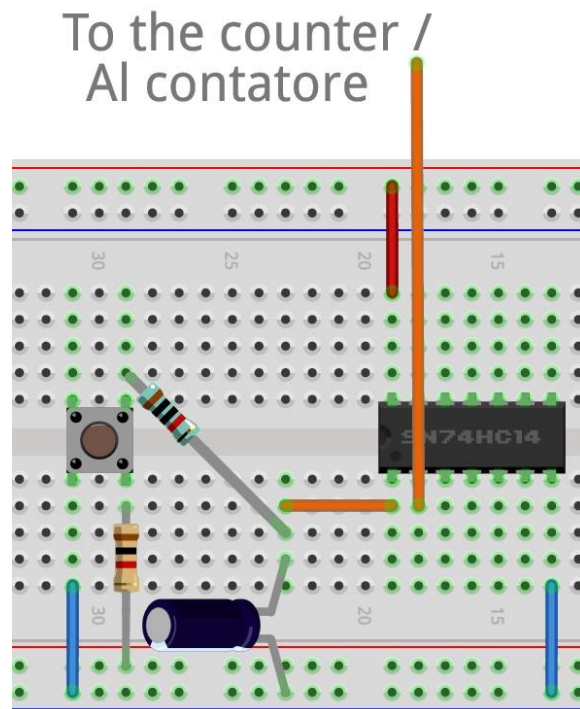
Componenti necessari: Breadboard, display a 7 segmenti, 1 integrato CD4026B, 1 integrato 555, 1 trimmer 10K Ω - 100K Ω , 1 res. da 10K Ω , un condensatore elettrolitico da 10 μ F, 1 buzzer, 1 LED, 1 resistenza da 220 Ω , ponticelli e cavetti Dupont M/M come necessario.

Raffronto tra Quarto, Quinto e Sesto Esperimento

| Caratteristica | Quarto esperimento | Quinto esperimento | Sesto esperimento |
|--|----------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Display | 7 segmenti a catodo comune | | |
| Modalità di impostazione del valore da rappresentare | Statica | Dinamica | |
| Dispositivo di impostazione del valore da rappresentare | Set di DIP Switch | Pulsante a pressione momentanea | Timer 555 |
| Sistema numerico di impostazione del numero da rappresentare | BCD (Binary Coded Decimal) | | |
| Conteggio impulsi | Nessuno | 7490 | CD4026B |
| Attivazione selettiva dei 7 segmenti | 74HC4511 | 74HC4511 | |
| Funzione contatore | NO | SI | SI |
| Caratteristica | Quarto esperimento | Quinto esperimento | Sesto esperimento |

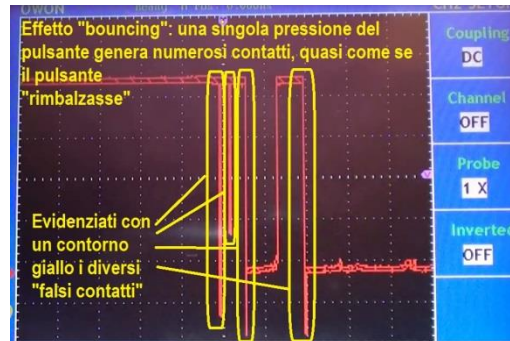
Settimo esperimento – “debouncing” di un interruttore a pulsante di tipo “a contatto momentaneo”

Questo circuito va alimentato a 5 Volt di tensione.

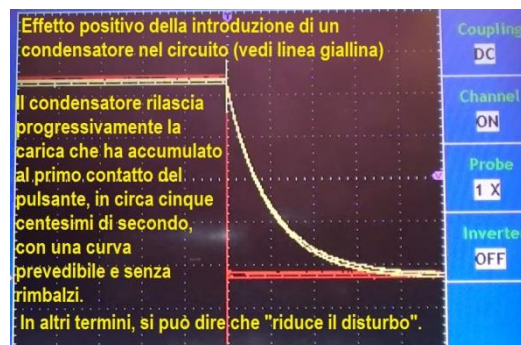


Abbiamo già avuto occasione di constatare che un pulsante a contatto momentaneo, come quello usato in esperimenti di conteggio di impulsi, risente del fenomeno del “bouncing”. Per quanto rapido e accurato sia il movimento del nostro dito, la corrente inizia a fluire in brevi scariche negli ultimi millisecondi prima che il contatto fisico tra i conduttori interni al pulsante sia avvenuto, e lo stesso fenomeno può

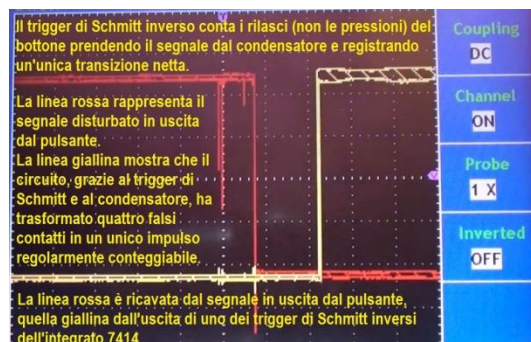
verificarsi nei primi millisecondi dopo che il pulsante viene rilasciato. L'immagine seguente, ottenuta con un oscilloscopio, mostra che il contatto (rappresentato dal "gradino" nella linea rossa) può essere disturbato da diversi falsi contatti, un po' come se il pulsante "rimbalzasse" mentre lo stiamo premendo.



L'intervento necessario per eliminare l'inconveniente si definisce "debouncing" (eliminazione del "rimbalzo"), e il circuito elettronico capace di garantire questo risultato si basa sull'utilizzo di un condensatore e di un integrato contenente particolari circuiti, chiamati "trigger di Schmitt inversi". L'effetto positivo dato dalla presenza del condensatore è desumibile dalla seguente immagine: il condensatore (che accumula corrente e la rilascia nel giro di alcuni centesimi di secondo) consente di fornire una corrente che si mantiene a un certo valore nel corso dei disturbi e poi decresce regolarmente.

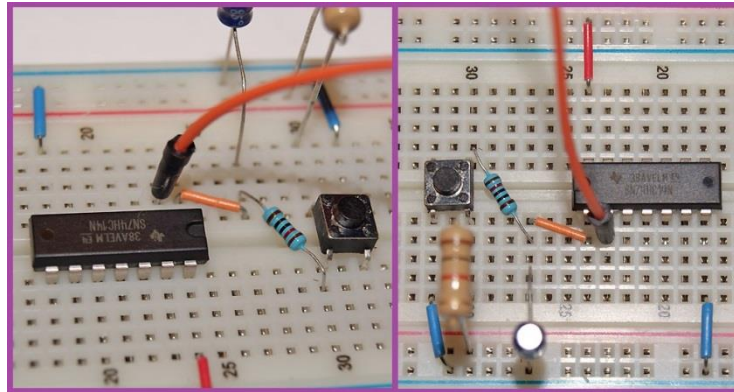


Da parte sua, i Trigger di Schmitt (contenuti nell'integrato 7414) inseriscono un comportamento (definito "isteresi") che consiste nella chiusura del circuito solamente a fronte di un certo sbalzo, di dimensione predefinita, della corrente. Anziché reagire alla minima scarica momentanea, il Trigger di Schmitt si attiva solamente quando rileva uno sbalzo di tensione di una certa intensità e durata. La seguente illustrazione mostra con la linea gialla il comportamento del circuito qui realizzato a fronte della corrente in uscita dal pulsante.



Viene generato un unico impulso quando lo sbalzo di tensione misurato in uscita dal condensatore supera la soglia di attivazione del Trigger di Schmitt, che quindi genera un unico netto segnale in uscita a fronte ai diversi "rimbalzi" in fase di contatto e rilascio del pulsante nel corso di alcuni centesimi di secondo.

Questo circuito è quindi adattissimo ad alimentare contatori di diversa natura come quelli usati nel quinto esperimento.

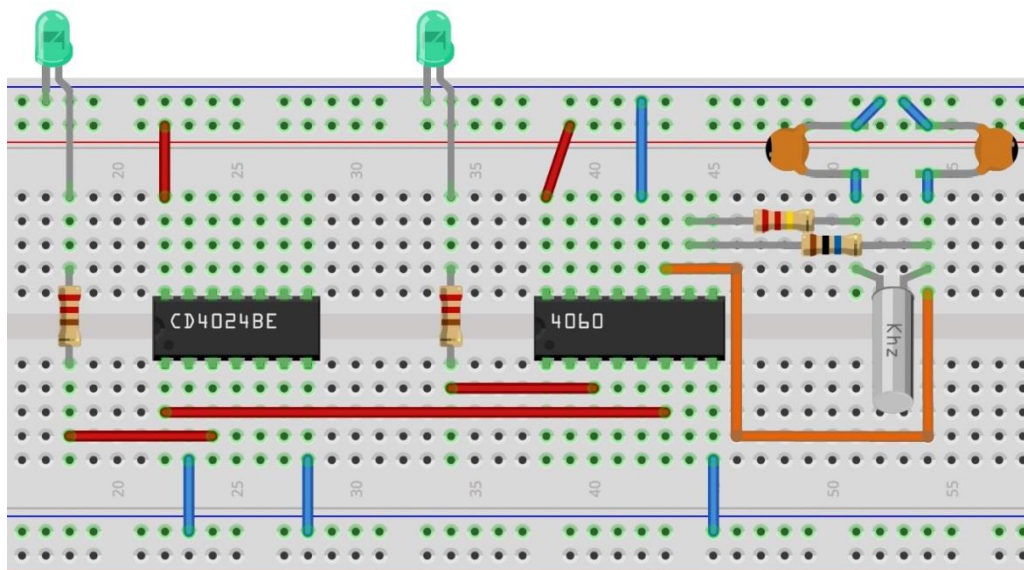


Fotografie del Settimo Esperimento

Componenti necessari: Breadboard, 1 integrato 74HC14, un interruttore a pulsante a contatto momentaneo normalmente aperto, 1 res. da 1K Ω , 1 res. da 10K Ω , un condensatore elettrolitico da 10 μ F, ponticelli e cavetti Dupont M/M come necessario.

Ottavo esperimento – oscillatore con segnale di clock controllato da quarzo a 32768 Hz: divisione di frequenza con integrati 4060 e 4024

Questo circuito va alimentato a 5 Volt di tensione.



In molte situazioni (ad esempio, all'interno dei computer) è necessario far operare un circuito ad una specifica frequenza, ovvero secondo una certa frequenza (detta anche "frequenza di clock"), cioè a un certo numero di "cicli al secondo" (o Hz - Hertz, dall'omonima unità di misura). Questo esperimento ci consente di attivare un

oscillatore esterno, ovvero un cristallo di quarzo calibrato per vibrare a 32768 Hertz: la vibrazione avviene grazie all'effetto piezoelettrico, che è la capacità di certi cristalli di vibrare se attraversati da una corrente elettrica.

La frequenza del cristallo scelto per l'esperimento non è casuale: corrisponde infatti al valore di 2^{15} . Usando un circuito che opera a una frequenza pari a un multiplo intero di due, attraverso dimezzamenti in cascata, garantiti da appositi circuiti integrati, potremo ricavare frequenze come ad esempio quattro, due o un ciclo al secondo.

La prima necessità è far funzionare il cristallo (oscillatore) a 32 kHz, alimentandolo nel modo corretto. Sono necessari due condensatori ceramici da 39 pF, una resistenza da 10 MΩ e una da 220 KΩ. Il cristallo è collegato come oscillatore esterno all'integrato 4060.

14-stage binary ripple counter with oscillator

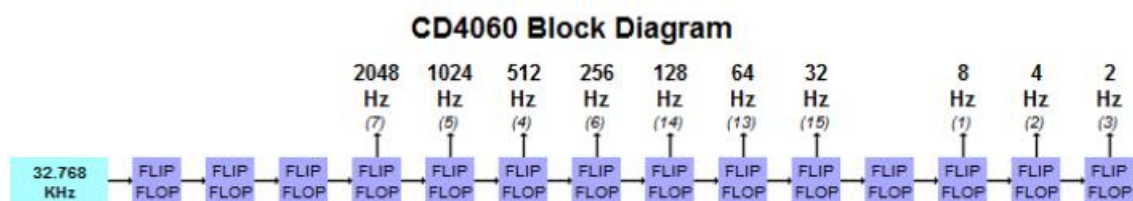
74HC/HCT4060

PIN DESCRIPTION

| PIN NO. | SYMBOL | NAME AND FUNCTION |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1, 2, 3 | Q ₁₁ to Q ₁₃ | counter outputs |
| 7, 5, 4, 6, 14, 13, 15 | Q ₃ to Q ₉ | counter outputs |
| 8 | GND | ground (0 V) |
| 9 | C _{TC} | external capacitor connection |
| 10 | R _{TC} | external resistor connection |
| 11 | RS | clock input/oscillator pin |
| 12 | MR | master reset |
| 16 | V _{CC} | positive supply voltage |

Tale integrato, pur essendo dotato di un proprio oscillatore interno, può ricevere una frequenza di clock da oscillatori esterni di diversa frequenza. Essi vengono alimentati attraverso resistenze connesse al piedino 10 "External Resistor Connection", ed il segnale generato dall'oscillatore esterno entra nell'integrato dal piedino 11 "Clock input/oscillator pin". Ricordiamo che, per consentire al cristallo di vibrare, tra i due piedini dello stesso deve esistere una precisa tensione, che viene creata applicando agli stessi due condensatori di identica capacità. Essi garantiranno una costante presenza di corrente tra un ciclo e l'altro, e le due differenti resistenze determineranno lo sbalzo di tensione grazie al quale la corrente attraverserà il cristallo facendolo vibrare.

I diversi piedini in uscita del 4060, che è un "contatore binario a 14 stadi" si attivano con differente frequenza, con divisori della frequenza in ingresso compresi tra 2^3 a 2^{14} (ovvero tra 8 e 16384). Il numero che segue la Q nella denominazione dei piedini in uscita, indica la potenza di 2 usata come divisore. Nell'immagine "Block Diagram", le frequenze in uscita sulla base di una frequenza in ingresso di 32768 Hz (tra parentesi, il numero del piedino interessato). Da ricordare che l'attivazione dei vari stadi non è immediata ma progressiva: quindi esiste un tempo di innesco perché le varie porte si attivino. Una volta che il segnale si è propagato a tutti i piedini, il funzionamento prosegue con continuità.



Il 4060 attiva e disattiva i piedini in uscita secondo la rispettiva frequenza. Ad esempio, il LED connesso al piedino 3 lampeggerà due volte al secondo. La frequenza più elevata disponibile, corrispondente alla quarta divisione per due del segnale in ingresso, ovvero a 2048 Hz, è disponibile al piedino 7. L'occhio umano non può percepire un elevato numero di lampeggiamenti al secondo, e già i 32 Hz risulteranno difficili da visualizzare.

Per consentire ulteriori divisioni di frequenza e quindi dimostrare un circuito con frequenza di clock molto lenta, il circuito include anche un secondo integrato, il contatore a sette stadi di tipo 4024, che riceve il clock (ovvero, il numero di impulsi da conteggiare) sul piedino 1¹.

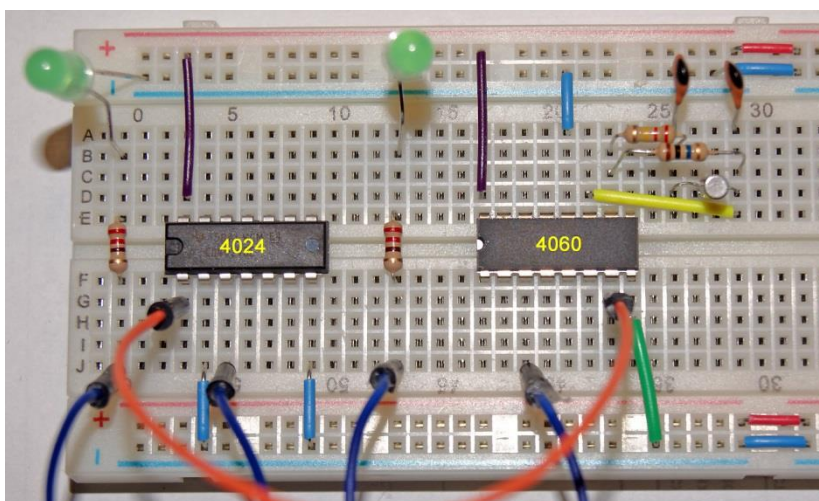
74HC4024

7-stage binary ripple counter

| 74HC4024 | | Symbol | Pin | Description |
|----------|---|----------------------------|-----------------------|---|
| CP | 1 | CP | 1 | clock input (HIGH-to-LOW, edge-triggered) |
| MR | 2 | MR | 2 | master reset input (active HIGH) |
| Q6 | 3 | Q6, Q5, Q4, Q3, Q2, Q1, Q0 | 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12 | parallel output |
| Q5 | 4 | GND | 7 | ground (0 V) |
| Q4 | 5 | n.c. | 8, 10, 13 | not connected |
| Q3 | 6 | Vcc | 14 | positive supply voltage |
| GND | 7 | | | |

Come presumibile dalla sigla Q6 sul terzo piedino, questo contatore dividerà il numero di impulsi in ingresso fino a 2^6 (=64). Ad esempio, il piedino 3 si attiverà una volta ogni 64 impulsi entrati nel piedino 1. Contrariamente al 4060 che genera tanti separati lampeggi secondo la frequenza generata dal piedino, il 4024 è un contatore statico di tipo "flip-flop", ovvero il piedino rimane all'ultimo stato (acceso o spento) fino a che non si raggiunge il numero di impulsi che provoca un cambiamento di stato. Ad esempio, il piedino rimarrà acceso per 64 impulsi, e poi spento per 64 impulsi.

Utilizzando il cavetto Dupont per connettere tra loro il piedino 1 del 4024 ad uno dei piedini d'uscita del 4060, e/o spostando il cavetto Dupont che alimenta il LED su altri piedini dei due integrati, si manifesteranno lampeggi di durata più o meno lunga.



Componenti necessari:

Breadboard, 1 integrato CD4024BE, 1 integrato 4060, un cristallo da 32760Hz, 1 res. da 10MΩ, 1 res. da 220KΩ, 2 condensatori ceramici da 39pF, 2 LED, 2 resistenze da 220 Ω, ponticelli e cavetti Dupont M/M come necessario.

Fotografia dell'ottavo Esperimento

¹ **Nota bene:** se il pin 1 del 4024 è disconnesso quindi non riceve alcun segnale, questo integrato si avvia in uno stato di conteggio casuale, dato che non è predisposto un circuito per operare il "reset". Visto che lo useremo solo accoppiato al 4060, questo non è un problema.