

REALIZZAZIONE DI UN DIGITALIZZATORE 3D

Di Marcello Garbagnati

Per l'esame di maturità (tecnica informatica) ho progettato e costruito un digitalizzatore 3D potenziometrico e relativo software di digitalizzazione.

Quello che volevo ottenere era uno strumento economico, di semplice realizzazione, ed interfacciabile (con lievi modifiche) a qualsiasi personal computer sia PC che AMIGA o Mac.

Il primo passo è stato quello di scegliere la tecnologia meccanica che avrebbe permesso la digitalizzazione di un punto nello spazio. Avevo tre possibilità : sistema di rilevazione ad ultrasuoni (tipo ecoscandaglio), sistema di rilevazione a trasduttori di posizione digitali (Encoder ; quelli presenti nel mouse) o sistema di rilevazione a trasduttori di posizione analogici (Potenziometri).

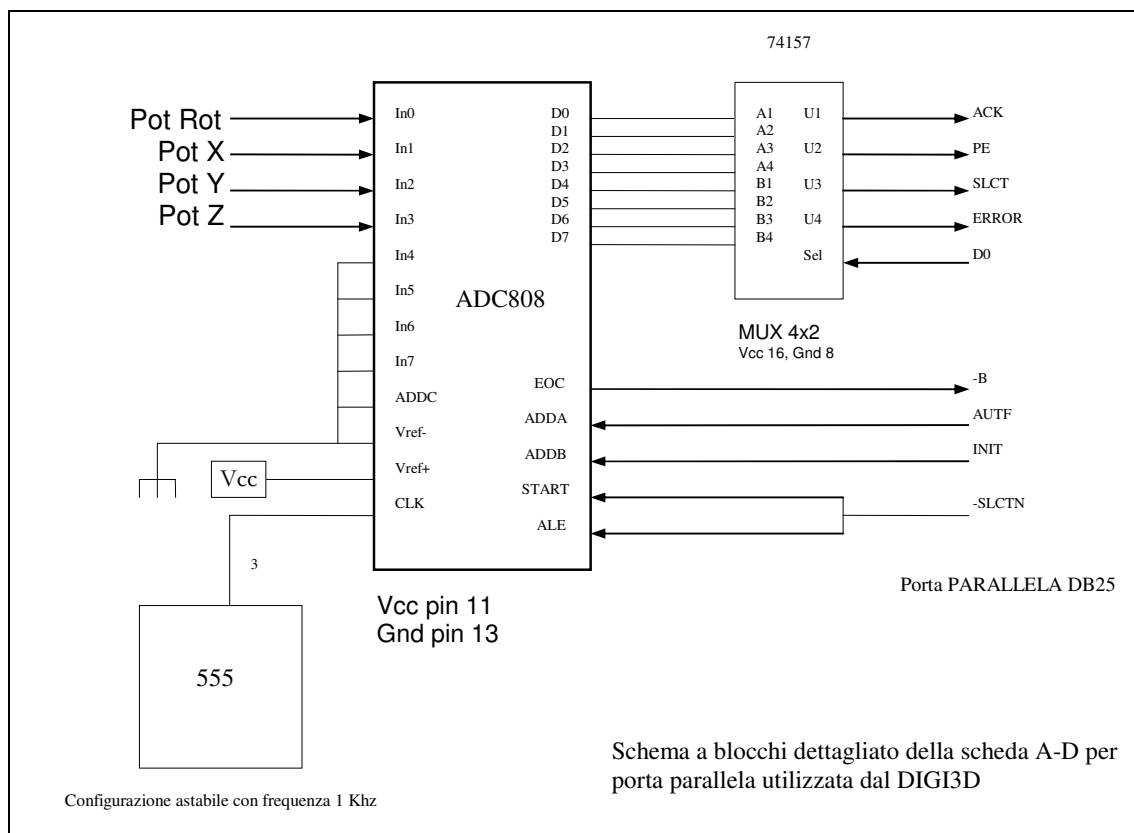
La prima possibilità è stata esclusa per motivi economici, benché presentasse un'estrema facilità di realizzazione per quanto riguarda la parte meccanica.

Gli encoder parevano inizialmente i migliori candidati in quanto gli stessi e parte dell'elettronica per pilotarli potevano essere recuperati cannibalizzando un paio di mouse. In questo caso il digitalizzatore si sarebbe interfacciato alla porta seriale. Purtroppo però una porta seriale non era sufficiente in quanto bisognava pilotare 4 encoder (X, Y, Z, e Rotazione : vedremo meglio inseguito) : quindi o si usavano due seriali o si usava un multiplexer. Usare due seriali limitava troppo la possibile utenza, mentre l'utilizzo di normali multiplexer TTL o CMOS dava numerosi problemi di carattere elettronico (che non verranno spiegati in questa sede) dovuti anche alla scarsa efficienza degli economici integrati montati sui mouse. Un altro problema era rappresentato dalle delicate rotelline dei mouse che risultavano troppo scomode durante la realizzazione pratica (avrei dovuto farle fare su misura rendendo improponibili i costi).

L'ultima possibilità (quella effettivamente scelta) era quella di usare un sistema di rilevazione potenziometrico. In questo caso il digitalizzatore si interfaccia alla porta parallela. I potenziometri che forniscono i dati posizionali sono pilotati da un convertitore Analogico/Digitale.

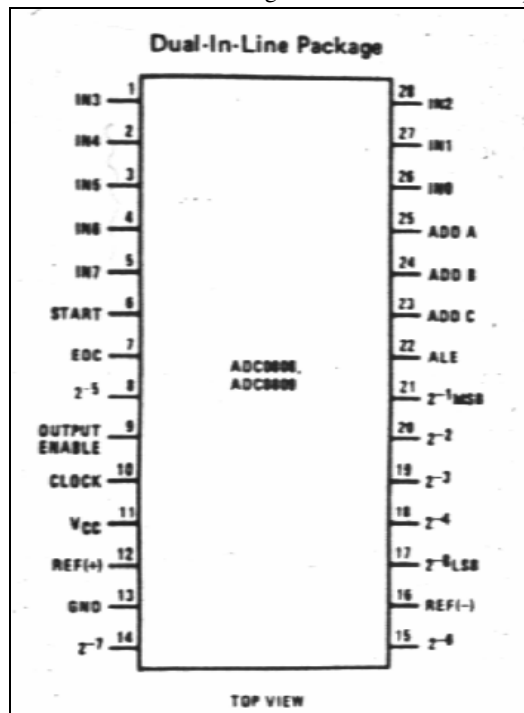
Vediamo ora in dettaglio la tecnologia di funzionamento delle varie parti che compongono il digitalizzatore :

ELETTRONICA



La parte elettronica del digitalizzatore è sostanzialmente una scheda di conversione Analogico/Digitale interfacciata alla porta parallela. Per evitare tutti i problemi derivanti dalle inefficienze di tali porte quando lavorano in modo bidirezionale (inefficienze riscontrate solo su cloni PC-IBM e mai su AMIGA) ho preferito usare le linee di Input/Output così come previste nello standard originario Centronix.

La scheda deve essere in grado di convertire i dati provenienti da 4 sorgenti che corrispondono ai potenziometri relativi alla X, alla Y, alla Z e alla rotazione del corpo dell'oggetto.



Per questo motivo è stato scelto un convertitore dotato di multiplexer analogico : l'ADC808 dotato di otto ingressi analogici selezionabili.

Vediamo quali sono le caratteristiche che ne hanno determinato la scelta .

L'ADC808 (attenzione alla sigla ADC, infatti esiste anche il DAC che svolge la funzione contraria) viene prodotto anche in versione economica ADC809 (pin-to-pin compatibile) con un prezzo al dettaglio di circa L. 20.000.

Possiede linee di controllo che si adattano bene all'interfacciamento con la porta parallela (a 25 pin) e quindi non necessita di una complicata rete di controllo.

Ha una frequenza di clock compresa tra 10hz e 1250Khz, quindi può essere tranquillamente pilotato da un 555 in configurazione astabile e tarato a 1 Khz.

La risoluzione dell'ADC808 è di 8 bit quindi è in grado di generare una scala di 256 valori. Se il campo di movimento su di un asse è di 30 cm, in questa misura il digitalizzatore può digitalizzare al massimo 256 punti ; il che si traduce in una sensibilità di circa 0.1 cm . Sensibilità che ho ritenuto sufficiente per la costruzione del prototipo ; è comunque possibile aumentare la risoluzione e quindi la sensibilità o il campo di movimento (o entrambi) usando un ADC a 12 o più bit (ottimi quelli prodotti da Maxim). Il funzionamento e l'interfacciamento degli ADC

varia poco da un modello all'altro ed è quindi semplicissimo modificare la scheda per ospitarne uno piuttosto che un altro. Si tenga però presente che i modelli a 12, 16, 24 o addirittura 32 bit hanno prezzi che possono arrivare a L. 2-300.000 è quindi opportuno informarsi sui costi degli integrati prima di progettare la scheda.

Analizziamo ora l'interfacciamento del'808 con la porta parallela. L'ADC fornisce in uscita un numero a 8 bit corrispondente al valore in entrata fornito dal potenziometro ; sono quindi presenti 8 linee di dati (D0-D7) .

La porta parallela mette a disposizione 5 linee di ingresso (-B, ACK, PE, SLCT, ERROR). Ho utilizzato la prima linea , -B, per testare il segnale di fine conversione (EOC) in uscita dal ADC (funzione non strettamente necessaria in questa applicazione). Quindi per leggere il dato convertito rimangono 4 linee (ACK, PE, SLCT, ERROR) ; è perciò necessario utilizzare un multiplexer (MUX) 4*2 come il TTL 74AS157. Questo integrato permette di leggere il dato a 8 bit uscente dal ADC in due scaglioni di 4 bit sulle stesse linee.

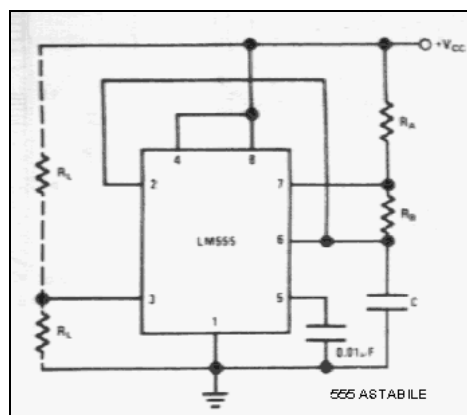
L'integrato viene pilotato attraverso un segnale (SEL) che permette di selezionare il primo banco di 4 bit o il secondo. Questo segnale è stato collegato a D0 della porta parallela (da non confondersi con D0 del ADC). In questo modo, quando D0 è posto a 0, il MUX fa passare i primi 4 bit del ADC, mentre se viene posto a 1 passano gli altri 4 bit.

Tramite la porta parallela si pilotano i segnali di controllo del ADC.

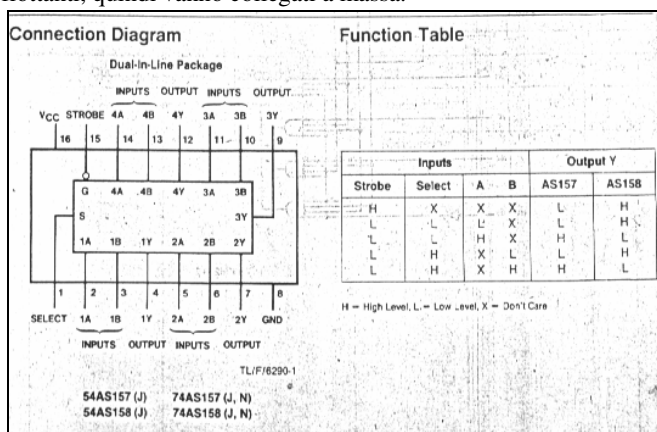
ADDA e ADDB (collegati a AUT e INIT della parallela) permettono di selezionare uno dei 4 canali del multiplexer analogico contenuto nel ADC, in questo modo potranno essere letti in sequenza i valori provenienti dai 4 potenziometri. Esiste anche una linea ADDC che permette di lavorare con tutti gli 8 canali : in questo caso verrà collegata a massa in quanto ne servono solo 4 (In0-In3).

L'ADC può convertire quando le linee START e ALE sono abilitate, quindi queste linee possono essere pilotate dallo stesso segnale : SLCT (della porta parallela).

Il convertitore necessita di due tensioni di riferimento, Vref- e Vref+, che dovranno essere uguali alle tensioni usate per alimentare i potenziometri. Queste tensioni sono 0V o GND (Vref-) e 5V o Vcc (Vref+) ; corrispondenti alle tensioni di alimentazione della scheda.



Come detto in precedenza l'808 possiede 8 ingressi analogici : quelli non usati (In4-In7) è opportuno che non rimangano flottanti, quindi vanno collegati a massa.



In fine bisogna fornire al ADC un clock. Per generare questo segnale ho utilizzato un 555 in configurazione astabile (ma non è l'unica soluzione). La frequenza da generare è compresa tra i 10hz e i 1250Khz (1Khz va benissimo) e la formula per determinare il valore dei componenti è :

$$f = 1.44 / ((Ra + 2Rb) * C)$$

Per quanto riguarda la parte elettronica è tutto. Per una maggiore sicurezza è consigliabile inserire un condensatore da 100nF tra Vcc e Gnd e proteggere le polarità con un diodo inversamente polarizzato sempre tra Vcc e Gnd e un fusibile su Vcc. La scheda è di facile montaggio e dovrebbe funzionare al primo colpo. Se si dovesse riscontrare un surriscaldamento dell'808, dopo aver collegato i

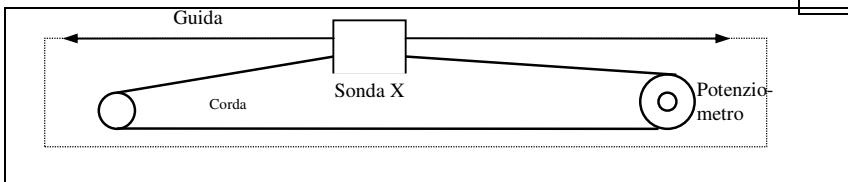
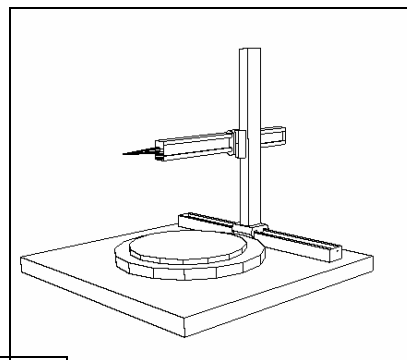
potenziometri, bisogna aggiungere delle resistenze da 100K agli ingressi analogici .

MECCANICA

Per quanto riguarda la parte meccanica potevo procedere in due modi. Collegare la sonda ad un braccio in grado di generare coordinate polari o in grado di generare direttamente coordinate lineari (X, Y, Z). Avendo a disposizione delle guide per tendoni ho optato per quest'ultima soluzione.

Ho collegato le guide (opportunamente tagliate) in modo da poter muovere una "sonda" con tre gradi di libertà : X, Y, Z.

Ad ogni braccio ho collegato un potenziometro multigiro (15 giri) da 50Kohm. Con un sistema di corde ho fatto in modo che ad ogni spostamento della sonda corrispondesse una rotazione dei potenziometri interessati .



Così ho ottenuto un sistema meccanico che permette di muovere una sonda in uno spazio di circa 30cm³.

Alla base di questo spazio ho collegato un vecchio piatto di

giradischi anch'esso collegato ad un potenziometro. Su questo piatto è possibile fissare l'oggetto da digitalizzare tramite una vite senza fine che lo blocca dall'alto. Tale vite è fissata ad un telaio di alluminio.

Una volta fissato l'oggetto è possibile ruotarlo e a tale rotazione fisica corrisponde una rotazione dei punti precedentemente scannerizzati. In questo modo è possibile scannerizzare tutti i lati di un oggetto. E' evidente che il centro di rotazione dell'oggetto virtuale corrisponde nella realtà con il centro del piatto.

SOFTWARE

Il software è stato realizzato in linguaggio Pascal, ma le tecniche descritte sono applicabili con qualunque linguaggio.

Il discorso si riferisce in particolar modo ai PC-IBM compatibili, è comunque possibile adattare il tutto ad altri sistemi.

Ad ogni pin della porta parallela corrisponde un bit contenuto in uno dei tre registri che ne controllano il funzionamento.

Questi registri si trovano agli indirizzi 0378, 0379 e 037A (Hex) :

0378 :

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----

0379 :

-B	ACK	PE	SLCT	ERROR	XX	XX	XX
----	-----	----	------	-------	----	----	----

037A :

XX	XX	XX	XX	-SLCN	INIT	-AUTFD	-STROBE
----	----	----	----	-------	------	--------	---------

MSB

LSB

Variando i valori nei registri di output (0378 e 037A) si comanda la scheda e leggendo i valori nel registro di input (0379) di acquisiscono i dati provenienti dal ADC.

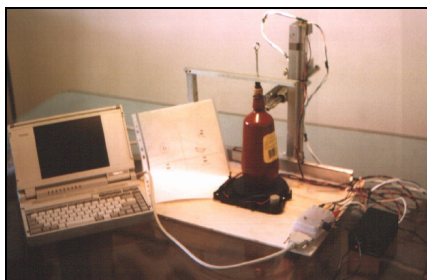
Dopo aver posizionato la sonda sul punto da scannerizzare la prima cosa da fare è “dire” alla scheda che può iniziare la conversione dei valori provenienti dai potenziometri. Per far questo bisogna generare un impulso sulle linee START e ALE del ADC ; bisogna quindi agire sul bit che pilota il pin -SLCN della parallela. In poche parole bisogna agire sul registro 037A facendolo variare in modo che generi il suddetto impulso. Contemporaneamente conviene selezionare il canale desiderato agendo sugli appositi bit.

Ecco un listato di esempio :

```
function scan: real ;
var
  b,c,c2,cr,i: integer;
begin
  ***** Scelta dei primi 4 bit del Mux digitale
  port[ $0378] :=0;
  ***** Generazione dell'impulso di Inizio Conversione e scelta del canale analogico
  b :=05;
  port[ $037a] := b;
  delay (10);
  b := 13;
  port[ $037a] := b;
  delay(10);
  port [ $037a] := 12;
  delay(10);
  ***** Lettura dei primi 4 bit del valore convertito
  b := port[ $0379] ;
  ***** Mascheramento dei bit non significativi
  c := (b and $78) div 8 ;
  ***** Scelta degli altri 4 bit del Mux digitale
  port[ $0378] :=1;
  ***** Generazione dell'impulso di Inizio Conversione e scelta del canale analogico
  b :=05;
  port[ $037a] := b;
  delay (10);
  b := 13;
  port[ $037a] := b;
  delay(10);
  port [ $037a] := 12;
  delay(10);
  ***** Lettura degli altri 4 bit del valore convertito
  b := port[ $0379] ;
  ***** Mascheramento dei bit non significativi
  c2 := (b and $78) div 8 ;
  ***** Shiftamento dei 4 bit letti per ricomporre il byte
  C:= c shl 4;
  ***** Ricomposizione del byte
  Cr:= C2 or C;
  scan:=cr;
end;
```

Naturalmente i valori da inserire nel registro 037A variano a seconda del canale analogico da selezionare. A questo proposito conviene inserire nel programma una procedura per ogni potenziometro collegato e richiamarle tutte, dopo aver posizionato la sonda sul punto da scannerizzare.

Questo è il minimo per far funzionare il digitalizzatore, ovviamente bisogna realizzare procedure in grado di rappresentare graficamente i punti digitalizzati e le forme degli oggetti ed organizzare il tutto in una struttura dati possibilmente compatibile con i principali programmi di modellazione 3D.



Per un primo approccio a questo discorso sono disponibili (sul dischetto allegato) il listato in pascal della prima versione del programma di digitalizzazione che ho realizzato. Tale listato non è ottimizzato e ha solo scopo didattico per cui è a completa disposizione dell'utente che può modificarlo a piacere. La versione definitiva scritta in C è in fase di ottimizzazione e permette il controllo delle operazioni via mouse, le più semplici operazioni di modellazione (estrusione, rotazione ecc.), la visualizzazione solida con texture mapping e il salvataggio dei file in formato TDDD.

CONCLUSIONI

Un digitalizzatore così costruito viene a costare circa L.200.000 : L.50.000 ca. per l'elettronica, L.50.000 ca. per i potenziometri multigiro, L.20.000 ca. per l'alimentatore, L.60.000 ca. per le guide in alluminio dotate di cuscinetti a sfera (se non si riesce a recuperare gratis cose del genere, magari in qualche deposito) e ancora L.20.000 ca. per cavi di collegamento e Jack (utili per poter staccare la parte elettronica da quella meccanica, non bisogna infatti dimenticare che la scheda ADC può servire a mille altri scopi).

Ovviamente la precisione, sia della parte meccanica che della parte elettronica, limitata a 8 bit, non consente la digitalizzazione di particolari minuti. Lo strumento, così realizzato risulta utile soprattutto per digitalizzate forme proporzionate su cui aggiungere particolari tramite programmi di modellazione 3D.

