

Shake Table

rev. 01

Si descrivono le fasi di costruzione di una tavola vibrante, in particolare un oggetto con un movimento monodirezionale di un piano nel suo sviluppo, secondo una forma d'onda assegnata e con spostamento o velocità costante.

I principali riferimenti sono:

<http://www.theremino.com/> (cercare Theremino WaveGenerator)

Si ringraziano gli sviluppatori di Theremino e di Dolfrang per i preziosi consigli durante la fase di costruzione e la messa a punto dei parametri software.

1 – MATERIALI



1 pannello di legno melaminico (anche detto nobilitato), 600mm x 300mm spessore 18mm
(si trovano in qualsiasi centro per bricolage anche in offerta speciale)



2 guide per cassette con movimento su sfere di acciaio, 300mm x 27mm x 1.5mm



12 viti per legno Ø3mm, a testa svasata, altezza 16mm



2 piastre piegate in acciaio, 30mm x 30mm x 2mm



1 fascetta in plastica



1 servo con accessori

(qui utilizzati sia il Turnigy TGY 1501 sia il D-MG16, per altri modelli vedere i riferimenti)



1 Theremino (qui utilizzata la precedente V3. La V4 è sicuramente idonea)



1 flacone in plastica

2 – MONTAGGIO

Si divida il pannello di legno in 2 parti uguali (di solito nei centri per bricolage il servizio di taglio è compreso nel prezzo del pannello, purché sia di dimensioni certe. In questo caso si chiedi un taglio a 300mm, in modo da lasciare nella parte residua gli eventuali millimetri di tolleranza nella dimensione maggiore del pannello).

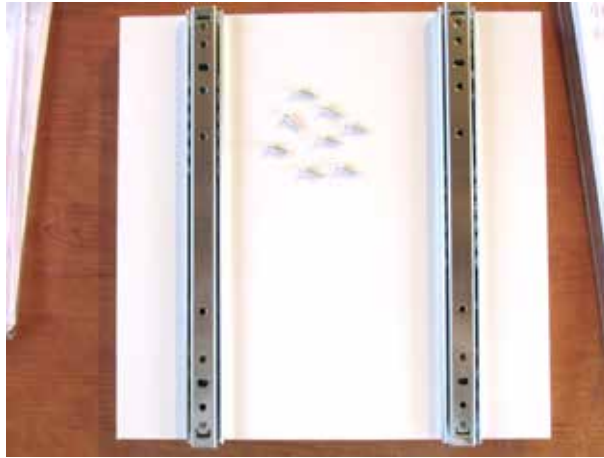
Quindi si hanno a disposizione 2 pannelli da 300mm x 300mm. Uno sarà il piano fisso, l'altro quello mobile. In fase di assemblaggio si abbia cura di lasciare la superficie di taglio di ciascun pannello dalla stessa parte, sulla quale verranno fissati alcuni componenti.



Su entrambi i pannelli si segni con una matita 2 righe a 50mm dal bordo. Le righe tracciate sono il riferimento per il montaggio delle guide di scorrimento.

Per inciso, al momento dell'acquisto si presti attenzione che entrambe le guide abbiano fluidità di moto, osservando il movimento della parte mobile solo facendo basculare il singolo pezzo.

Mediante 2+2 viti per legno si colleghino le parti fisse (quelle esterne più larghe) delle 2 guide ad un pannello legno, lasciando la riga a matita di riferimento sul lato esterno.



Quindi, posizionando il pannello appena composto sopra l'altro, facendo scorrere la guida e utilizzando come parallelismo di riferimento la linea a matita (che non potrà coincidere con la posizione della parte scorrevole da fissare, dato l'ingombro della parte fissa), si fissino con altre 2+2 viti per legno l'altro pannello.

La parte meccanica della Shake Table è terminata.

Passiamo alla parte correlata al movimento controllato.

Sul pannello fisso, con riferimento al centro della faccia con la superficie di taglio, fissare le 2 squadrette angolari mediante 1+1 viti per legno, lasciando uno spazio intermedio pari al lato minore del servo (nella immagine c'è il TGY 1501 montato in posizione centrale, le squadrette sono ai suoi lati). Quindi legare il servo alle squadrette con l'ausilio di una fascetta.



Per collegare il servo al pannello mobile si utilizzi una delle crocette a corredo del servo stesso. Qui si è utilizzato il disco.

Si prenda un flacone di plastica, avendo cura di scegliere un contenitore, magari di recupero, utilizzato per contenere sostanze detergenti e manualmente "premuto" durante il suo utilizzo.



In altri termini, una bottiglia di plastica per acqua non è molto idonea, mentre un contenitore per detergente o per shampoo è meglio indicato. Ossia un oggetto che abbia la caratteristica di recuperare la forma al termine di una fase di carico localizzato di entità non elevata. Qui è stato utilizzato un contenitore per anticalcare liquido.

Sciacquare bene il contenitore e lo si adoperi asciutto.

Si tagli una striscia rettangolare 60mm x 10mm e la si fissi mediante 1+1 viti al pannello mobile e al disco del servo, facendo ruotare la striscia di almeno 90° a un massimo di 180° a seconda della modalità di fissaggio sul pannello di legno: se dal pannello la striscia parte in orizzontale occorre una rotazione di 180° per arrivare sul disco sempre in orizzontale, se parte in verticale la rotazione è di 90° per l'attacco ad un piano orizzontale.





La striscia di plastica ha il compito di trasferire la spinta per il moto della parte mobile. La ridotta dimensione in lunghezza e la rigidezza per forma di montaggio rendono possibile il trasferimento delle forze con attenuati giochi di tipo elastico.

La striscia è la biella del cinematismo in costruzione. Il fissaggio sul disco consente la rotazione con poco attrito. Lato pannello la rotazione è consentita dal puntale appoggio per forma che si genera durante il movimento nella striscia in materiale plastico.

E la biella è facilmente sostituibile in caso logorio del centro di rotazione.

Quando si collega il disco al servo, mediante la piccola vite di fissaggio in dotazione, si abbia cura di posizionare l'asse dal centro di rotazione della biella sul disco al centro di rotazione del servo a circa 90° rispetto all'asse dal centro del piano mobile al centro di rotazione del servo.



Nella immagine successiva si vedono il servo D-MG16 (meno potente del TGY 1501, ma più preciso), le diverse prove di regolazione della lunghezza libera della striscia di plastica e il disco già forato per posizionare l'attacco della biella ad una distanza più o meno vicina all'asse di rotazione del servo.

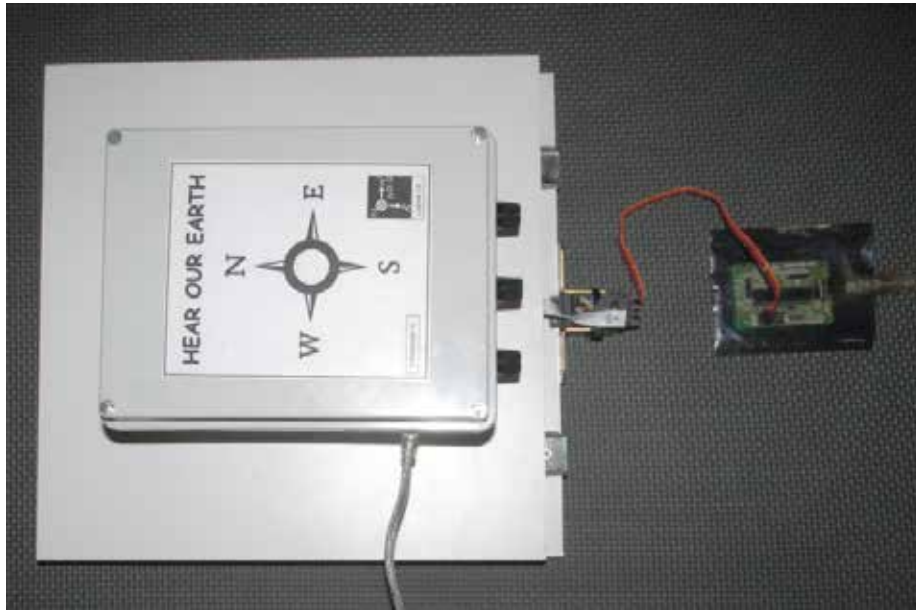


Occorre avvicinare il più possibile il punto di attacco della biella sull'accessorio al centro di rotazione del servo, in modo da poter sviluppare una maggiore rotazione del motore a parità di movimento della tavola, ma risulta anche necessario che il sistema abbia una maggiore energia. Questo bilanciamento di situazioni influenza il lavoro che deve compiere il motore e la riduzione dell'effetto della "dead band" del servo su un moto alternato (ossia il tempo neutro di movimento della meccanica degli ingranaggi del servo, dell'ordine di millesimi di secondo). E la variazione di frequenza del moto alternato da pilotare nella tavola richiama il concetto di potenza (il lavoro da compiere nell'unità di tempo).

Ritornando al montaggio, si colleghi il cavo del servo ad un pin di Theremino, con la seguente associazione di colori per il cavo del servo: marrone --> GND, rosso --> 5V, arancione --> SGN.



La Shake Table è completa.



Quindi il sistema illustrato è una connessione tra una tavola su slitta (che deve avere ridotti attriti) e un servo (che bisogna scegliere bilanciando precisione e potenza), realizzata con una modellata striscia in plastica robusta, attaccata alle estremità con ridotto gioco. E la gestione del movimento avviene per via numerica mediante l'elettronica di interfaccia al computer.

3 – SOFTWARE DI CONTROLLO

Per controllare il movimento della Shake Table sono necessari 2 software:

- **HAL**, giunto alla versione 6.8
- **WaveGenerator**, giunto alla versione 1.3

entrambi disponibili liberamente sul sito di Theremino.

In **HAL** occorre impostare i parametri seguendo le indicazioni del sito di Theremino, qui riassunte:

- al pin cui è stato collegato il cavo del servo impostare l'uscita come Servo16 con Max = 1000 e Min = 0. Per quanto riguarda i tempi impostare Tempo max = 2000 e Tempo min = 1000 e procedere con alcune prove per regolare l'escursione del servo (che è la parte più laboriosa, che varia a seconda del modello utilizzato).

Nel presente testo è stato utilizzato il PIN 1 di Theremino. Per quanto riguarda l'associazione PIN – SLOT si potrebbe associare al PIN 1 lo SLOT 10, in modo da lasciare gli SLOT da 1 a 6 a disposizione per i canali di geofoni e/o accelerometri e gli SLOT 7, 8 e 9 a disposizione per l'ADC24.

In **WaveGenerator** occorre impostare:

Waveform: scelta della forma d'onda (Manual e variazione con il cursore sottostante, Sinusoidal, Semi_Sinusoidal, Triangular, Sawtooth, Square);

Output Slot: quello definito in HAL correlato al PIN di connessione al servo;

Constant speed: flag per definire l'escursione di uscita dipendente dalla frequenza in modo da ottenere una velocità costante. Disabilitandolo si ottiene una escursione costante.

Min. Freq.: usato insieme a *Constant speed* per stabilire la frequenza minima, la quale corrisponde alla massima escursione

Frequency: la frequenza di ripetizione del segnale di uscita

4 – ESEMPI DI PROVA

Come strumento da provare si è utilizzato l'acquisitore dati Hear Our Earth con 3 canali con geofoni e 3 commutatori. Le acquisizioni sono svolte impostando il valore massimo della resistenza aggiuntiva, il che corrisponde ad un gain di circa 300.

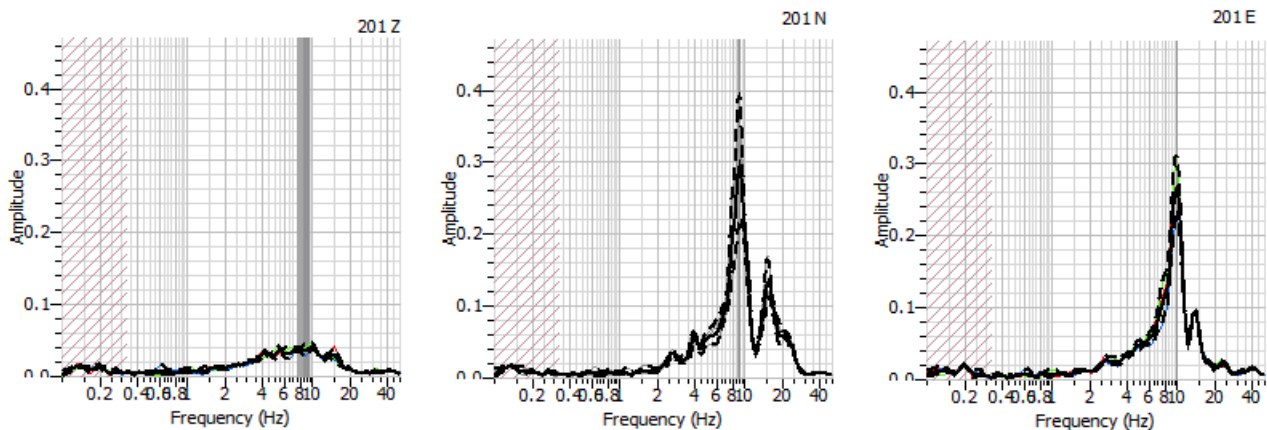
La Shake Table è posta a pavimento vicino un nodo trave-pilastro della struttura dell'edificio.

Anzitutto, posizionato lo strumento sulla tavola mobile, si è messa in funzione la Shake Table staccando il disco del servo, in modo da registrare la vibrazione proveniente dal servo (a contatto con la tavola fissa e il pavimento) e il rumore ambientale.

I parametri impostati su **WaveGenerator** sono: Waveform Sinusoidal, Constant speed ON, Min. Freq. 0.5, Frequency 1.0. L'escursione della tavola mobile è di 2 millimetri circa.

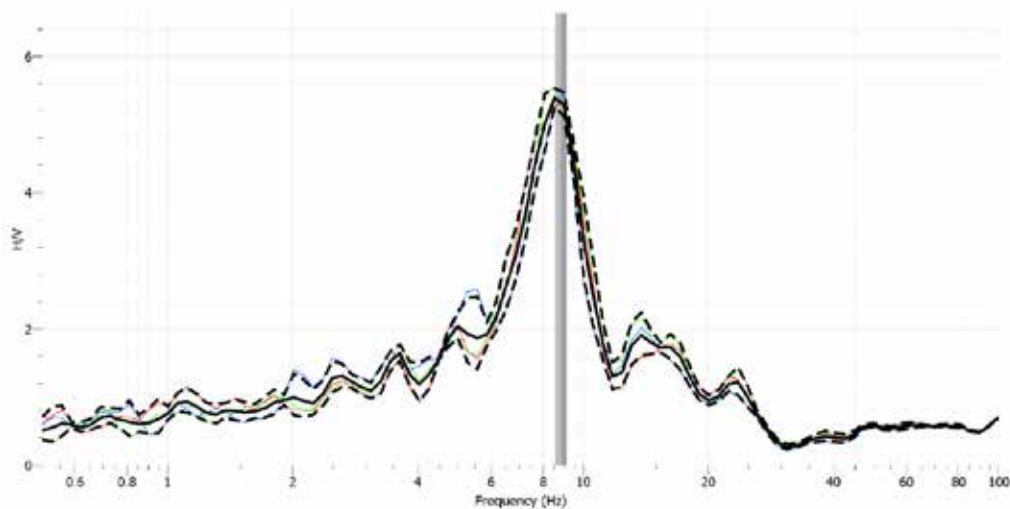
L'acquisizione viene svolta con l'ausilio del software **Dolfrang** ver. 4.9 (anch'esso disponibile liberamente sul sito di Theremino) con 60 secondi di taratura e 2 minuti di acquisizione.

L'analisi armonica (FFT) dei 3 canali è la seguente (svolta utilizzando **Geopsy** ver. 2.9.1):



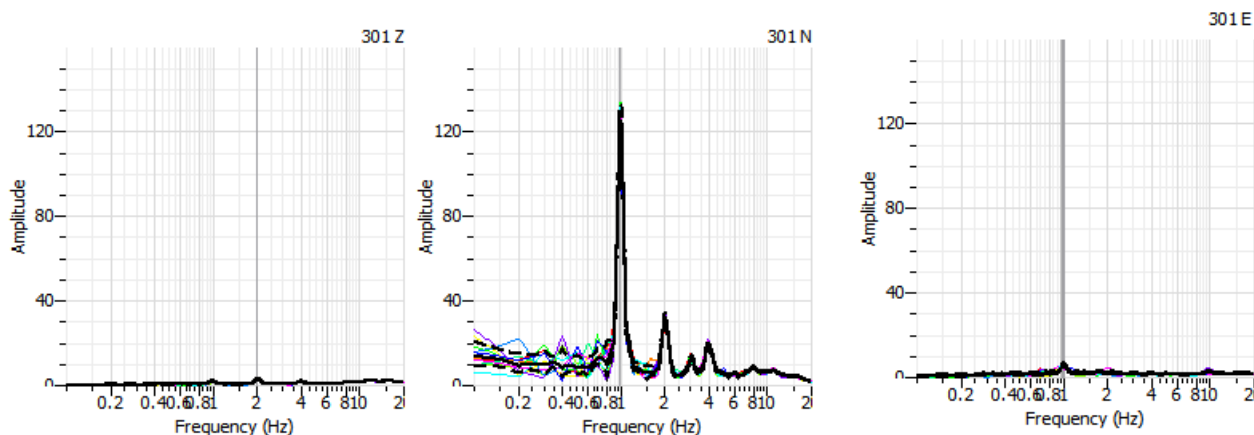
e il servo è posto parallelo al canale orizzontale Nord.

Occorre fare attenzione nell'interpretare tali grafici. Il rumore proveniente dallo strumento è molto basso in confronto al rumore ambientale. Infatti questa è l'elaborazione H/V correlata all'edificio in cui si stanno facendo le prove



lasciando al lettore una riflessione sul picco, fonte di fervido scambio di idee con gli sviluppatori di Dolfrang.

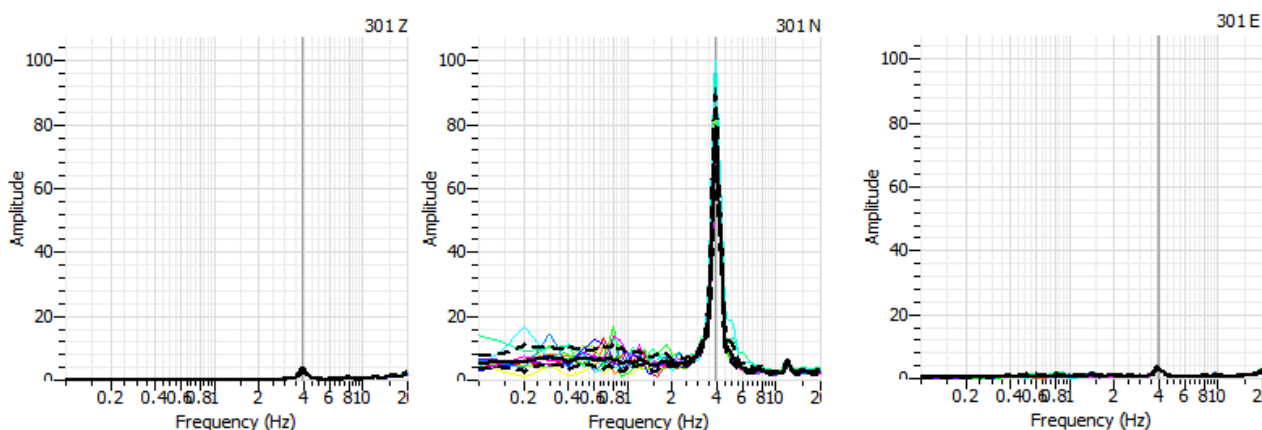
Ricollegando il disco al servo e azionando nuovamente la tavola vibrante con moto dello strumento parallelo all'asse Nord dell'acquisitore, si ottiene la seguente analisi armonica



ove è evidente il picco sull'asse Nord correlato alla forma d'onda sinusoidale con frequenza imposta (1.0 Hz). Negli altri 2 canali il segnale non è rilevante. Gli altri picchi sul canale Nord sono correlati al sistema meccanico del servo (controllato da un microprocessore interno) che deve compiere un lavoro maggiore per trascinare la tavola mobile e l'acquisitore. Si osservino i valori di ampiezza della FFT e li si confrontino con l'analisi precedente.

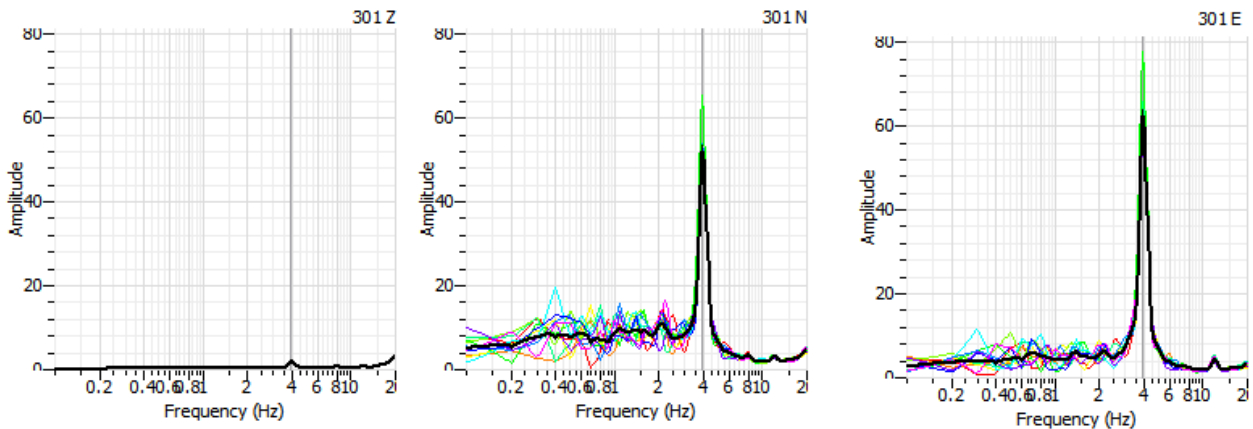
Infine si annota che lo strumento di acquisizione ha geofoni da 4.5Hz e che i segnali elaborati non sono stati equalizzati.

Impostando su **WaveGenerator**: Waveform Sinusoidal, Constant speed ON, Min. Freq. 0.5, Frequency 4.0; sempre con moto della tavola parallelo all'asse Nord dell'acquisitore si ottiene:



con picco a 4.0Hz sul solo asse Nord.

E ruotando l'acquisitore di circa 45° rispetto il moto della tavola vibrante si ha:



con valore simile di picco a 4.0Hz sui 2 canali orizzontali Nord e Est. Sull'asse verticale (Z) il segnale non è rilevante.

L'ampiezza del picco è legata alla rotazione di 45° dell'acquisitore e il valore è correlato alle regole geometriche di rotazione. E questo è il modo per ricavare la direzione della sorgente dall'altezza di picco in 2 direzioni nel piano.

Inoltre, con riferimento alla Shake Table, una maggiore precisione sull'allineamento geometrico tra tavola e acquisitore consente di verificare se i geofoni abbiano lo stesso comportamento in ampiezza. Quindi giova un paziente lavoro di taratura dello strumento.

Grazie per l'attenzione.