
LabTone: altoparlante interattivo standalone Arduino based.

EMANUELE LAURIOLA

Sonic Interactive Designer

emanuelelauriola@gmail.com

ABSTRACT

Lo scopo di questo articolo è quello di definire e di commentare la progettazione e la realizzazione dell'altoparlante interattivo "LabTone". Attraverso la rilevazione dell'interazione all'interno dello spazio installativo il LabTone gestisce in maniera automatizzata il sistema di amplificazione del suono, creando un ambiente immersivo. LabTone è un altoparlante modulare standalone che consente di gestire la modalità di rilevazione dell'ambiente circostante e la conseguente interazione, di definire il tipo di diffusione acustica (monofonica, stereofonica, quadrifonica, Ambisonics ecc...) e di creare un orchestra composto da un numero variabile di altoparlanti all'interno dello spazio installativo.

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito delle installazioni multimediali interattive uno degli aspetti più importanti per il Sound Interactive Designer è quella di utilizzare sistemi tecnologici sostenibili. Come vedremo successivamente il termine "sostenibilità" è fondamentale e racchiude molteplici significati tra cui: corretta progettazione e realizzazione del sistema, affidabilità e durabilità di ogni componente, stabilità dell'impianto, ecc. Le tecnologie utilizzate all'interno di un'installazione multimediale interattiva sono tendenzialmente "general purpose" e questo comporta la realizzazione di dispositivi sperimentali specifici per il progetto o in alternativa il dover adattare sistemi già presenti in commercio. Questo aspetto rivela molte insidie ed è fondamentale in quanto è il punto di partenza su cui si baserà il futuro successo di tutto il progetto installativo. Nel caso specifico del LabTone l'esigenza è stata quella di realizzare un sistema di speaker interattivi standalone in grado di rilevare l'ambiente circostante e di offrire delle reazioni di tipo sonoro. Sebbene inizialmente ho progettato un

sistema centralizzato basato su Max msp in grado di controllare fino ad 8 altoparlanti, in un secondo momento ho abbandonato questa soluzione per realizzare un altoparlante interattivo sperimentale equipaggiato con un player audio e in grado di gestire l'interazione con l'ambiente installativo. Il sistema è interamente modulare, personalizzabile per future implementazioni.

2. PROGETTAZIONE DELL'INTERAZIONE

La prima fase è stata quella di ipotizzare un'interazione fruibile, sia dal punto di vista dello spettatore che da quello del compartimento tecnologico. È indispensabile quindi creare un sistema con un alto grado di *affordance* per il corretto comportamento del visitatore all'interno dello spazio installativo e favorirne l'esperienza installativa. Questo approccio è molto importante anche per il sistema di rilevazione gestuale che si occupa di decodificare le informazioni provenienti dall'ambiente e di convertirle in risposte audiovisive da parte del sistema installativo. Più precisi saranno i movimenti del visitatore più semplice sarà il riconoscimento della gestualità da parte del sistema sensoristico.

A seguito di alcuni briefing con il team di lavoro sono state definite le caratteristiche primarie del sistema:

- La diffusione del suono avviene tramite un numero variabile di altoparlanti (minimo 6);
- Il visitatore interagisce con il singolo speaker;
- Ogni altoparlante deve essere indipendente dagli altri;
- L'ambiente sonoro deve essere immersivo.

Date queste caratteristiche ho ipotizzato di distribuire gli altoparlanti all'interno dello spazio installativo e di creare delle "postazioni di ascolto". Attraverso il sistema di rilevazione viene monitorato lo spazio antistante ogni altoparlante così da tracciare il comportamento del visitatore. Ogni qual

1. Con *affordance* (invito all'uso) si definisce la qualità fisica di un oggetto che suggerisce a un essere umano le azioni appropriate per manipolarlo. <https://it.wikipedia.org/wiki/Affordance>

volta che lo spettatore si avvicina ad una delle postazioni di ascolto, ne consegue un graduale innalzamento del volume di amplificazione del suono dell'altoparlante coinvolto. Una volta che il visitatore termina l'ascolto e si dirige al di fuori dello spazio di interazione, il volume dell'altoparlante tornerà al livello minimo di amplificazione. Quindi avvicinandosi alla postazione di ascolto si viene avvolti dal suono e si crea così un rapporto intimo con l'altoparlante interattivo. Una volta conclusa l'esperienza di ascolto, ci si allontana dall'altoparlante creando così un effetto di "distacco" e di "svuotamento" dalla sorgente sonora che risulta ora ad un volume quasi impercettibile. Gli altoparlanti quindi non sono mai silenti ma riproducono costantemente dei suoni ad un volume quasi impercettibile creando di fatto un tappeto sonoro nello spazio installativo².

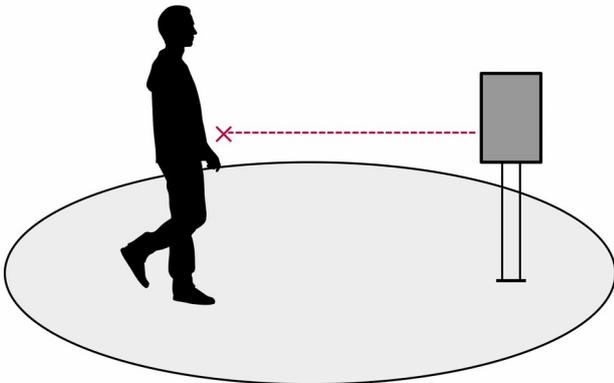


Illustration 2: LabTone Region of interest

3. I SENSORI

Una volta individuata la componente interattiva e in parte quella visuale dell'opera ho definito il sistema di rilevazione e mappatura dell'ambiente installativo. In primo luogo ho selezionato la piattaforma hardware con cui trasdurre i dati provenienti dai sensori e ho deciso di affidarmi ad Arduino. I motivi di questa scelta sono diversi tra cui la possibilità di dialogare con un laptop e Max msp tramite porta seriale, la compatibilità con molti sensori in commercio³, reperibilità, affidabilità e costi delle schede Arduino⁴.

Dovendo rilevare la presenza del visitatore nella zona antistante all'altoparlante ho selezionato il sensore più idoneo al mio scopo: sebbene alcuni sensori siano "sovrapponibili" per funzionalità, è necessario conoscere pregi e difetti di ogni singolo dispositivo per effettuare la scelta più accurata. Per monitorare la posizione dello spettatore, ho deciso di utilizzare dei sensori LiDAR⁵ così da conoscere la distanza istantanea tra l'altoparlante e lo spettatore. In questo modo è possibile usare i sensori sia come trigger (volume minimo e volume massimo) ma anche per modulare la risposta del sistema interattivo impostando delle soglie di risposta dell'altoparlante in base alla distanza dello spettatore (assenza= volume₁, presenza 3m= volume₂, presenza 2m= volume₃, ecc).

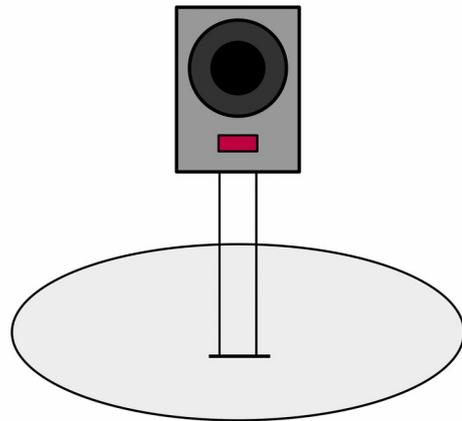


Illustration 1: Vista frontale del LabTone

4. IL SISTEMA CENTRALIZZATO

Il primo sistema che ho progettato si basa sull'utilizzo di un laptop e di Max msp. Supponendo di utilizzare degli altoparlanti attivi, la gestione dati avviene tramite un'interfaccia audio usb con 8 output. È quindi necessario creare una patch con 8 buffer audio che riproducono in loop i file scelti ed effettuare poi correttamente il routing lato software. Ad ogni altoparlante viene associato un sensore che dialoga tramite porta seriale con Max msp e bisogna mappare poi correttamente ogni input dati all'output audio corrispondente. Quindi al sensore input 1 associo il buffer 1 e l'uscita dac 1 che è collegata al primo altoparlante e così per i restanti speaker come da immagine seguente⁶.

2. In questa circostanza il risultato ricercato è quello di voci remote sostenute da tappeti sonori minimali e ciclici.

3. Il software di Arduino dispone delle librerie per la configurazione dei sensori.

4. <https://www.arduino.cc>

5. LIDAR (acronimo dall'inglese Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) è uno strumento di telerilevamento che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser, ma è anche in grado di determinare la concentrazione di specie chimiche nell'atmosfera e nelle distese d'acqua. Fonte: <https://it.wikipedia.org/wiki/Lidar>

6. <https://cycling74.com/products/max>

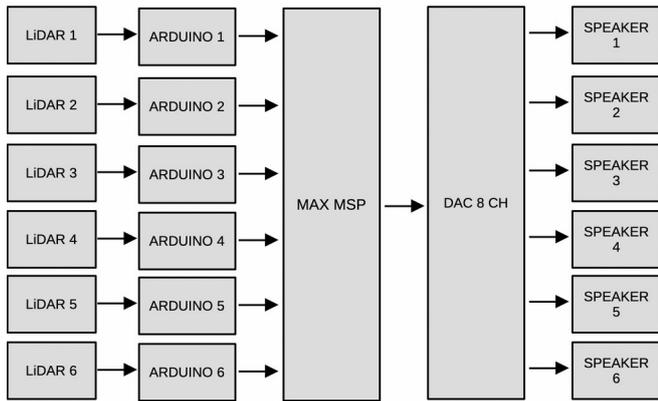


Illustration 3: Flusso dati sistema centralizzato

Per semplificare il sistema ed ottimizzare i collegamenti via cavo ho predisposto una scheda Arduino dedicata ad ogni sensore⁷. Così facendo è necessario un solo cavo USB per lo scambio dati che collega l'altoparlante al laptop evitando problematiche di dispersione del segnale e di interferenze⁸. Sebbene questo sistema risulti funzionante e stabile bisogna considerare alcuni fattori:

- Disponibilità di un laptop con installato Max msp, con almeno 6 porte USB e con relativa alimentazione di corrente;
- Difficoltà di integrare il sensore e l'interfaccia di controllo Arduino allo chassis di un altoparlante commerciale;
- Necessità di personale specializzato per ogni avvio del sistema e trasporto dello stesso;
- Difficoltà nello smontare e rimontare correttamente tutto il sistema installativo.

Questo scenario mi ha portato a riflettere se la scelta di un sistema centralizzato fosse la più indicata o se ci fossero delle alternative percorribili. Nasce così l'idea di progettare e costruire degli altoparlanti interattivi con tecnologia standalone basata su Arduino.

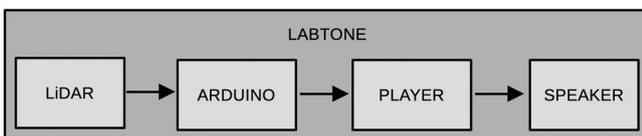


Illustration 5: Il LabTone

5. IL LABTONE

L'idea di base del LabTone è quella di un altoparlante interattivo standalone con un sistema di gestione dedicato. Eliminando il controllo centralizzato visto in precedenza è possibile inglobare all'interno dello chassis dell'altoparlante un sistema basato su Arduino in grado di gestire in input i dati provenienti dal sensore (incastonato nel case) e in output il controllo volume di un player audio. Ecco le caratteristiche dell'altoparlante interattivo LabTone:

- Potenza di amplificazione - 3W RMS;
- Numero di canali audio – Uno;
- Diffusore - Altoparlante coassiale a 2 vie 10cm \varnothing ;
- Dimensione dello chassis - 21x15x15 (AxLxP).

Ognuno di questi parametri è variabile ed è possibile equipaggiare il LabTone con diverse configurazioni. Ad esempio si potrebbe optare per un sistema di riproduzione audio multicanale (stereo, quadrifonico, Ambisonics, ecc), installare due o più diffusori sullo chassis, modificare le dimensioni stesse dello chassis o il materiale di costruzione, utilizzare un amplificatore più potente, variare il diametro del diffusore. Anche l'interazione è personalizzabile: attualmente viene controllato il volume¹⁰ di riproduzione di un file audio ma si potrebbero pilotare altri parametri del player come ad esempio play/stop, traccia avanti/traccia indietro creando anche delle combinazioni.

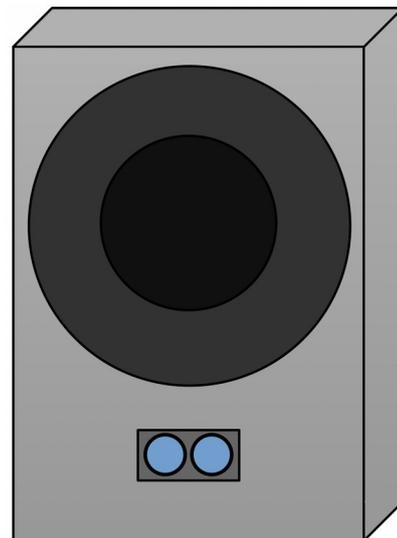


Illustration 4: Vista frontale del LabTone

6. In caso di configurazione errata i sensori non controlleranno il volume dell'altoparlante corrispondente ma quelli di un altro speaker.

7. La scheda Arduino viene fissata allo chassis dell'altoparlante per avere dei collegamenti elettrici più corti possibili con il sensore LiDAR.

8. Oltre al cavo USB è necessario un cavo audio per il collegamento dell'interfaccia audio allo speaker

Osservando l'illustrazione è possibile notare che il sensore (in blu) è inglobato nello chassis dell'altoparlante ed è posizionato al di sotto del diffusore. Considerando che il LabTone viene installato su stand artigianali alti circa 130 cm, il LiDAR è in grado di rilevare in maniera accurata il movimento del visitatore, con una soglia di errore decisamente bassa; anche la posizione del sensore è personalizzabile. Rispetto al sistema centralizzato illustrato nel paragrafo precedente il LabTone presenta diversi vantaggi:

- Tecnologia standalone – non è necessario il laptop per alimentare o inviare informazioni audio all'altoparlante,
- Spazio di archiviazione - ogni LabTone dispone di una memoria interna SSD da 32 gb espandibile;
- Modalità standby – Sotto lo chassis è presente un led che notifica il corretto avvio del sistema e lo stato di standby e si spegne una volta avviata la riproduzione;
- Controllo del LabTone – La riproduzione del file audio viene avviata¹¹ premendo premere il tasto presente sotto lo chassis¹².
- Controllo del volume – sotto lo chassis è presente un potenziometro per regolare il livello di amplificazione audio;
- Collegamenti – sul retro del LabTone è presente un solo cavo USB per l'alimentazione elettrica;
- Consumo energetico – il LabTone assorbe pochissima corrente ed è possibile alimentarlo con un power bank¹³;
- Avvio del sistema – rispetto al sistema centralizzato non sono necessarie competenze specifiche per installare i LabTone, per avviarli e per impostare il volume di riproduzione¹⁴;
- Manutenzione e anomalie – i LabTone non necessitano di manutenzione e qualora si

verificasse un malfunzionamento o un guasto è possibile sostituire il singolo modulo difettoso¹⁵. Lo chassis di questa versione è in *MDF*¹⁶ un legno a media densità che combina un'ottima resistenza ad una buona lavorabilità. Una volta realizzata la cassa sono stati effettuati tutti i fori e gli svassi necessari per fissare i componenti elettronici. Il risultato sonoro è eccellente e nonostante non siano disponibili schede tecniche con la risposta in frequenza dell'altoparlante, il suono risulta ben equilibrato ed avvolgente¹⁷.

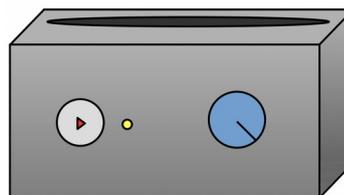


Illustration 6: Vista dei controlli del LabTone. Da sinistra: play, led standby, volume audio.

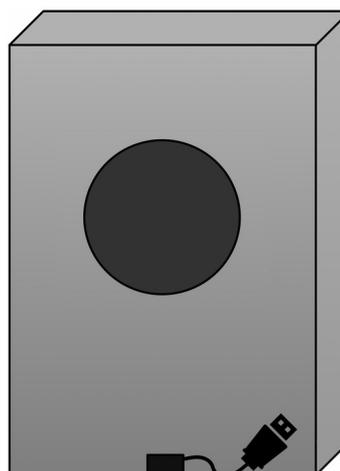


Illustration 7: vista posteriore del LabTone

9. I diffusori possono essere installati sui diversi lati del Labtone in base al tipo di resa acustica che vogliamo ottenere.

In caso di più altoparlanti ad una singola via è consigliato implementare dei crossover per migliorare la resa sonora.

10. Il volume viene incrementato gradualmente di +12dB durante la fase "attiva" dell'altoparlante.

11. Una volta avviata la riproduzione è possibile fermarla togliendo l'alimentazione al Labtone. Premendo di nuovo il tasto durante la riproduzione il file viene riavviato dall'inizio. Questa soluzione è ottima per eliminare controlli fisici non indispensabili e facilitare l'installazione dell'elettronica sullo chassis. È possibile integrare i tasti di pausa, traccia successiva, traccia precedente, volume + e volume -.

12. Anche lo stand è artigianale e prevede di poter accedere comodamente ai controlli alla base del Labtone.

13. Da prove di laboratorio con un power bank da 20000mAh è possibile alimentare un Labtone per circa una settimana.

14. Nella fase di prima accensione bisogna disporsi frontalmente all'altoparlante per poter regolare così il volume massimo di riproduzione tramite l'apposito trimmer. Per preservare il sistema è sconsigliato impostare il volume massimo di amplificazione.

15. I LabTone sono stati testati in laboratorio per 48h. I modelli della prima produzione hanno in attivo al momento circa 400 ore di lavoro.

16. Medium-density fiberboard. Fonte: https://it.wikipedia.org/wiki/Medium-density_fibreboard

6. CONCLUSIONI

Come detto il LabTone è un altoparlante interattivo modulare e quella illustrata è solo una delle possibili configurazioni. Ogni aspetto del LabTone è personalizzabile a partire dalla componente visuale fino ad arrivare al tipo di interazione richiesta. Uno degli aspetti più interessanti è la componente sensoristica che può essere ampliata per prelevare ulteriori dati dal mondo esterno. Il core pulsante del sistema si basa su Arduino e questo consente una grande flessibilità del sistema. Immaginiamo di equipaggiare un qualsiasi oggetto di uso quotidiano e di trasformarlo in un LabTone o ancora di costruire un altoparlante che rilevi dall'ambiente parametri come la quantità di luce, l'umidità o la temperatura. Inoltre il LabTone non è una piattaforma "chiusa", ma può interfacciarsi con un pc attraverso la porta seriale, aprendo così ulteriori scenari installativi. Sebbene sul mercato esistano già alcuni altoparlanti interattivi progettati per gli spazi museali, il LabTone si configura come un vero e proprio strumento sonoro adattabile alle proprie esigenze. Nonostante con questa configurazione non sia possibile sintetizzare dei suoni in tempo reale resta sempre interessante l'opzione di creare un multiplayer che lavora in modalità crossfade consentendo così di realizzare delle "interpolazioni"¹⁷ sonore. Un altro aspetto fondamentale è quello dello chassis: in questo caso il materiale utilizzato è un legno multistrato, ma si potrebbero utilizzare dei case metallici o ad esempio plastici. Inoltre le dimensioni attuali sono 21x15x15 cm (AxLxP) ma si possono creare degli altoparlanti decisamente più piccoli¹⁸ o perché no più grandi. Infine si potrebbe optare per un approccio mimetico e inserire la tecnologia del LabTone all'interno di oggetti "non musicali" o perché no eliminare del tutto lo chassis. Da non sottovalutare inoltre la possibilità di alimentazione tramite un comune power bank: con più di 12 ore di autonomia diventa la soluzione per tutte le situazioni installative in spazi esterni. In questo caso è sufficiente implementare un supporto per fissare il power bank allo stand del LabTone e ricaricare il dispositivo ogni qual volta sia necessario. Parlando invece degli

stand come già detto è stato necessario realizzarne di artigianali per poter accedere al pannello comandi posti alla base dello chassis. Immaginando una configurazione differente il LabTone può essere posizionato su uno stand commerciale oppure essere appeso tramite appositi ganci. Qualsiasi sia la scelta installativa è ormai chiaro che la modularità del LabTone consentirebbe di spostare tutti gli elementi, dal diffusore al pannello comandi, per un'installazione completamente differente da quella esposta in questo articolo.

NOTE

Il progetto è stato commissionato da AlbumArte e l'installazione ha avuto luogo presso il Museo del '900 di Torino, il Museo Madre di Napoli, il Palazzo Ducale di Genova e infine presso la Biennale del Suono di Valais (Svizzera). Il materiale fotografico presente nella sezione "Galleria" di proprietà di AlbumArte.

17. Controllando il volume di due player è possibile effettuare un crossfade tra diversi file audio.

18. Se necessario il comparto elettronico può trovarsi anche al di fuori dello chassis. In questo caso bisogna predisporre dei collegamenti esterni al case come un altoparlante passivo.

7.GALLERIA



Figure 1: Installazione LabTone Museo Madre, Napoli, 2023, crediti Amedeo Benestante, Courtesy AlbumArte e Museo Madre.



Figure 2: Installazione LabTone Museo Madre, Napoli, 2023, crediti Amedeo Benestante, Courtesy AlbumArte e Museo Madre.



Figure 3: Installazione Labtone Polo del '900, Torino, 2023, crediti Cristina Leoncini, Courtesy AlbumArte e Polo del '900.



Figure 4: Installazione Labtone Palazzo Ducale Fondazione per la Cultura, Genova, 2023, crediti Silvia Aresca, Courtesy AlbumArte e Palazzo Ducale Fondazione per la Cultura.