

Diffondere un progetto Open Hardware

Il caso di Angelo

Pascal Brunot - FabLab Bergamo
Linux Day 2025 - Bergamo

Agenda

1. **Introduzione**: Open hardware e Progetto Angelo
2. **Sfide alla replica**: sicurezza, normative, responsabilità
3. **Analisi tecnica**: modellazione, simulazione, verifica
4. **Approccio FabLab Bergamo** per la diffusione
5. **Conclusioni**: lezioni apprese e prossimi passi

Parte 1

Open Source e Open Hardware

Open Source e Open Hardware

Similitudini:

- ✓ Licenze permissive (modifiche, distribuzione, uso commerciale)
- ✓ Documentazione completa accessibile pubblicamente
- ✓ Comunità collaborativa
- Difendere i diritti degli utenti vs. produttori.

Open Source e Open Hardware

Differenze fondamentali:

	Open Source (Software)	Open Hardware
Natura	Digitale - copia istantanea	Fisica - fabbricazione necessaria
Costi	Distribuzione ~gratuita	Materiali e produzione costosi
Competenze	Programmazione (accessibile online)	Elettronica, saldatura, fab (+ costose)
Protezione IP	Copyright	Brevetti, design rights

NB: Il firmware deve essere aperto.

Il processo di fabbricazione PCB

1. Progettazione con strumenti EDA:

- **KiCAD** (open source, gratuito)
- **EasyEDA** (proprietario, integrato con JLCPCB) - usato per Angelo

Workflow completo:

```
Scelta componenti → Schema elettrico →  
Layout PCB (posizionamento, routing) → File Gerber →  
Fabbricazione → Assemblaggio componenti →  
Collaudo → Assemblaggio finale
```

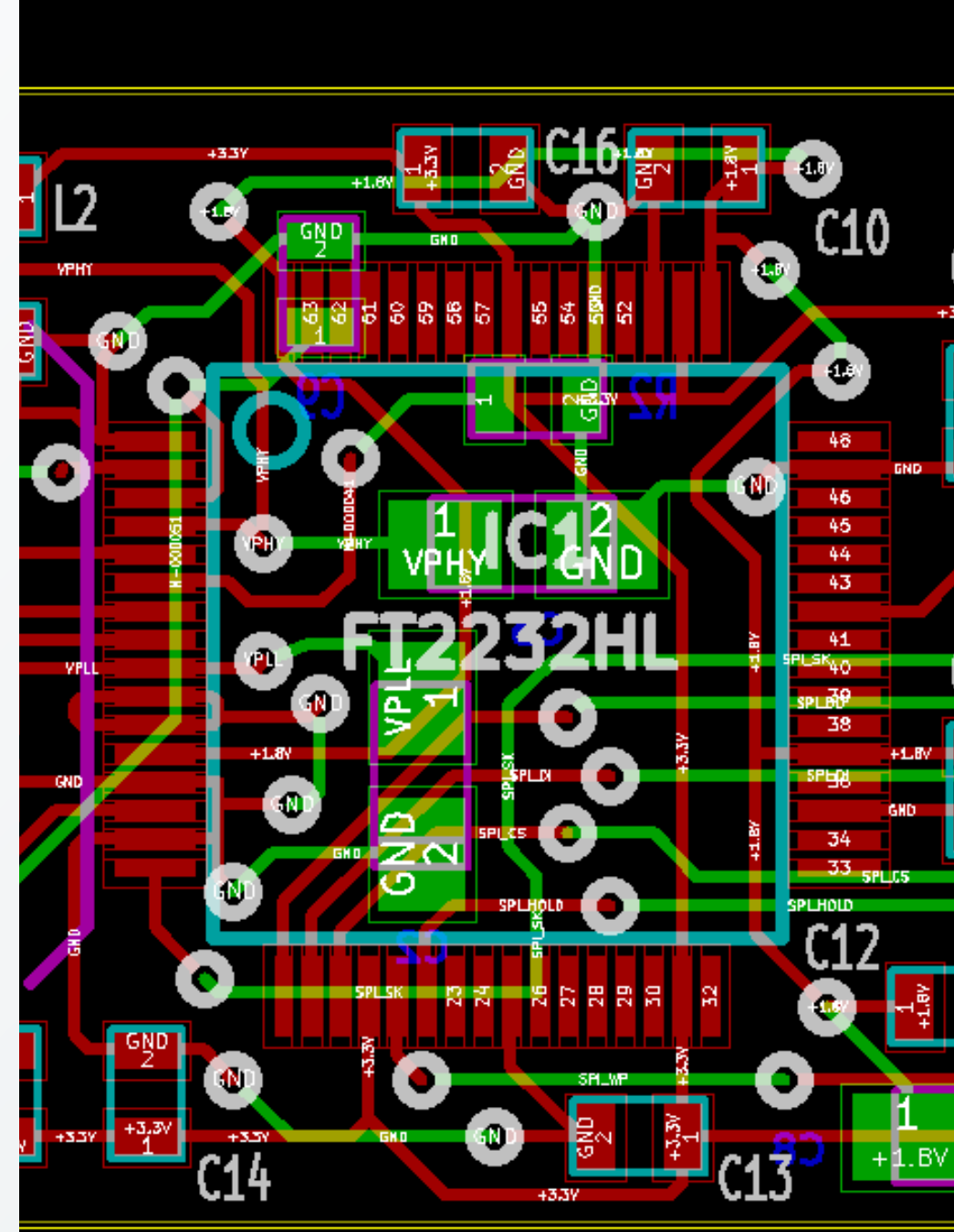
File Gerber: lo standard per la produzione PCB

Cosa sono:

- Formato universale ASCII vettoriale indipendente dal software CAD
- Standard **RS-274X** - comandi grafici e coordinate XY
- Estensione file: **.gbr**

Layer principali:

- **Top/Bottom Copper** - tracce circuito
- **Top/Bottom Silk** - etichette e riferimenti componenti
- **Top/Bottom Mask** - maschera saldatura (protezione)
- **Drill** - posizione e diametro fori
- **Board Outline** - forma del PCB



File Gerber: lo standard per la produzione PCB

Vantaggi:

- Interpretati direttamente dalle macchine di produzione
- Nessuna conversione manuale → zero errori
- Compatibilità universale tra produttori

Altri file necessari per la produzione

Oltre ai Gerber:

- **Pick & Place (PnP)** - coordinate componenti SMD e orientamento
- **Bill of Materials (BOM)** - lista componenti con codici produttore
- **Assembly drawings** - disegni di assemblaggio (opzionale)
- **Modelli 3D** - per stampa 3D (opzionale)

Esempio pratico: [Progetto Fabomatic3 - FabLab Bergamo](#)

Costi di fabbricazione: JLCPCB

PCB nudi (solo scheda):

- Prototipo 5 pz (100x100mm, 2 layer): **~2-5 EUR** + spedizione (4 EUR)
- Tempo produzione: 24-48 ore
- Molto economico

Assemblaggio SMD (PCB + saldatura componenti):

- Setup fee: ~3-8 USD (una tantum per design)
- Stencil saldatura: 7-10 USD
- Componenti: costo variabile (catalogo JLCPCB con 100k+ componenti)
- Assemblaggio manuale: ~0.008 USD/punto saldatura

Il progetto Open Hardware Angelo

Progetto Open Hardware Angelo

Il progetto Angelo nasce da una necessità reale: permettere ad Angelo, 104 anni e ipoacusico, di comunicare con i suoi cari nonostante le distanze imposte dalla pandemia.

Grazie alla creatività di **Luciano Fumagalli** e al FabLab, è stato sviluppato un amplificatore open, economico e replicabile da chiunque.

Sito ufficiale: <https://angelo-amplifica-emozioni.jimdosite.com>

La storia di Angelo

Maggio 2020 - La sfida

- Angelo, suocero ipoacusico di 104 anni
- Riapertura RSA dopo lockdown
- Distanziamento sociale
- Labiale offuscato dalle mascherine

L'idea di Luciano

- Un amplificatore per amplificare emozioni
- Curiosità e pensiero laterale
- Trovare soluzioni innovative ma frugali



I Magical Helpers: chi ha reso possibile Angelo

Collaborazioni internazionali:

- Docenti e ricercatori di Boston (USA)
- Responsabile R&D RSA in Svezia
- Designer italiani in Danimarca
- Maker audiofilo, hub tecnologico, società di packaging
- Artista calligrafico, avvocati per licenza CC BY-SA 4.0

Make Faire Roma 2024:

- Finalista sezione "Make to Care"
- Premio "Maker of Merit" agli Elettronici Entusiasti (150.000+ follower)

"Nella collaborazione divido lo sforzo, addiziono le competenze e moltiplico il risultato"

Il problema dell'ipoacusia

Dimensioni del problema:

- Oltre 1,5 miliardi di persone nel mondo soffrono di ipoacusia
- In Italia, oltre il 12% della popolazione (7+ milioni di persone)
- Gli anziani sono i più colpiti

Barriere esistenti:

- Reticenza dell'utente o sociali
- Apparecchi acustici tradizionali: centinaia/migliaia di euro
- Accesso limitato in paesi a risorse limitate



Certificazione OSHWA

Open Source Hardware Association - organizzazione internazionale che promuove e certifica l'open hardware.

Mission:

"Promuovere la conoscenza tecnologica e incoraggiare la ricerca accessibile, collaborativa e che rispetta la libertà dell'utente."

Open Source Hardware Definition v1.0:

1. **Documentazione** - design files, schemi, layout PCB pubblici
2. **Libertà** - di studiare, modificare, distribuire, fabbricare
3. **Software** - anche firmware e software devono essere open
4. **Formati aperti** - file modificabili (non solo PDF)
5. **No discriminazioni** - uso commerciale permesso
6. **Derivati** - modifiche devono restare open (share-alike)

Certificazione OSHWA

Non è richiesto:

- Condividere strumenti di fabbricazione
- Fornire supporto tecnico
- Cedere marchi

Perché certificarsi OSHWA?

Vantaggi della certificazione:

- ✓ **Riconoscimento internazionale** del progetto come veramente open
- ✓ **Fiducia** - gli utenti sanno che possono modificare/replicare
- ✓ **Visibilità** - database globale di progetti certificati (>2000 progetti)
- ✓ **Logo OSHWA** - utilizzabile su PCB, documentazione, packaging

Processo di certificazione:

- Gratuito e completamente online
- Auto-certificazione con UID univoco
- Community può segnalare non-conformità

La soluzione Angelo diffusa da Luciano

Caratteristiche tecniche:

- Custodia stampabile in 3D
- Due versioni: componenti a foro passante (TH) e SMD
- Bill of materials, pick and place file
- Costo componenti: circa 15-20 euro

Open Hardware come risposta:

- Documentazione completa e libera
- Replicabile da chiunque con competenze base
- Review del design e bugfixing dalla comunità



Parte 2

Sfide alla replica del progetto

Cosa comporta diffondere hardware libero?

Barriere pratiche alla replica

Ostacoli tecnici:

- Competenze necessarie: elettronica base, saldatura
- Strumenti necessari: saldatore, multimetro, stampante 3D
- Approvvigionamento componenti: AliExpress
- Assemblaggio PCB difficile (versione TH più accessibile)

Ruolo dei FabLab:

- Abbassare barriere fornendo strumenti e competenze
- Workshop di assemblaggio guidato
- Supporto tecnico per debugging

Normative, conformità e responsabilità

Quadro normativo:

- Il dispositivo **non è un dispositivo medico** certificato
- Non sostituisce apparecchi acustici professionali
- Destinato a uso personale, non commerciale
- Mancanza di marcatura CE e certificazione EU MDR

Chi è responsabile?

- **Progettista**: condivide "as-is" con licenza CC-BY-SA 4.0, nessuna garanzia
- **FabLab**: fornisce prototipi, manuale d'uso, verifica il corretto funzionamento
- **Utente finale**: responsabilità dell'uso corretto, deve comprendere limitazioni

Normative, conformità e responsabilità

Approccio adottato:

- Diffusione come progetto educativo/DIY (kit) -> FuturaElettronica
- Sperimentazione **prototipale** con raccolta dei feedback

Conclusione

- Quadro attuale piuttosto incerto e non favorevole alla commercializzazione
- Assunzione di responsabilità necessaria dai vari attori coinvolti
- La verifica di conformità CE è necessaria per una maggiore diffusione di Angelo

Parte 3

Analisi tecnica

доверяй, но проверяй

fidati, ma verifica

Sicurezza del dispositivo

Rischi identificati

- Rischio elettrico 9V
- Rischi derivanti dall'uso di una batteria
- Alti volumi in uscita (>120dB SPL)
- Feedback acustico (effetto Larsen) se microfono vicino a cuffie

Necessità di:

- Analisi tecnica approfondita prima della diffusione
- Validazione dei limiti di sicurezza
- Usare componenti CE (pile, cuffie)

Approccio metodologico

- Modellare teoricamente (funzioni di trasferimento)
- Simulare il sistema e validare con la teoria (LTSpice)
- Misurare il prototipo e validare la simulazione (esperimento)

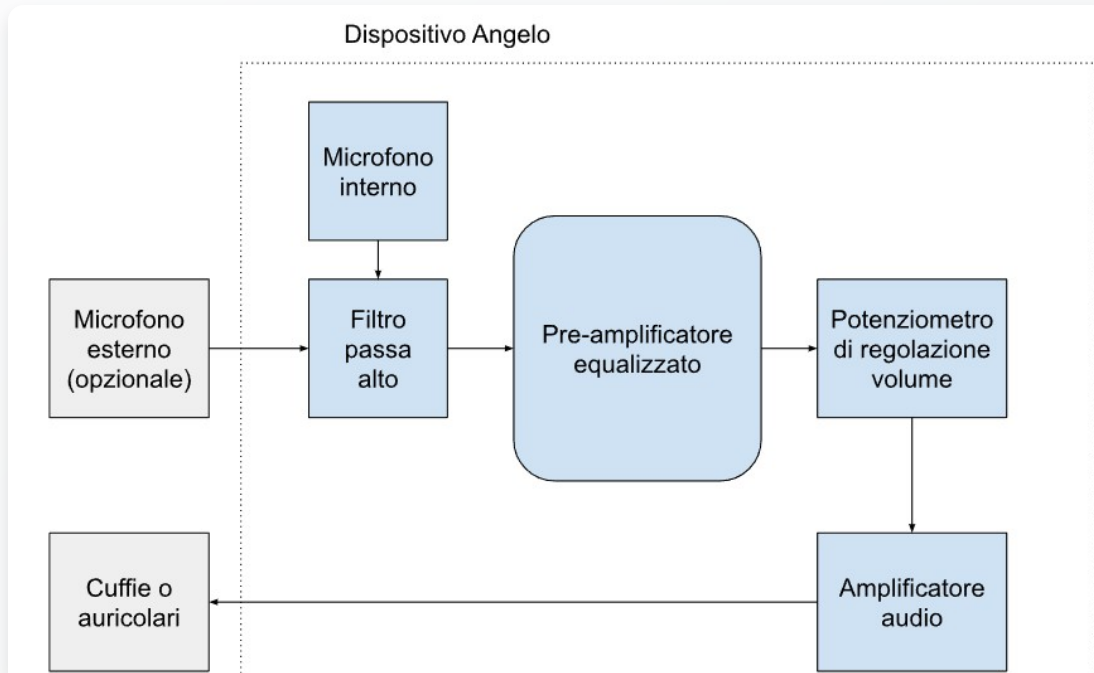
<div style="display: flex; align-items: center; gap: 2em;"> <div style="flex: 1;">

Architettura del circuito:

Ogni stadio è modellato con la propria **funzione di trasferimento** per analizzare:

- **Guadagno** di ogni blocco
- **Risposta in frequenza** complessiva
- **Stabilità** del sistema
- **Interazioni** tra gli stadi

</div> <div style="flex: 0 0 auto;">



<div style="display: flex; align-items: flex-start; gap: 2em;"> <div style="flex: 1;">

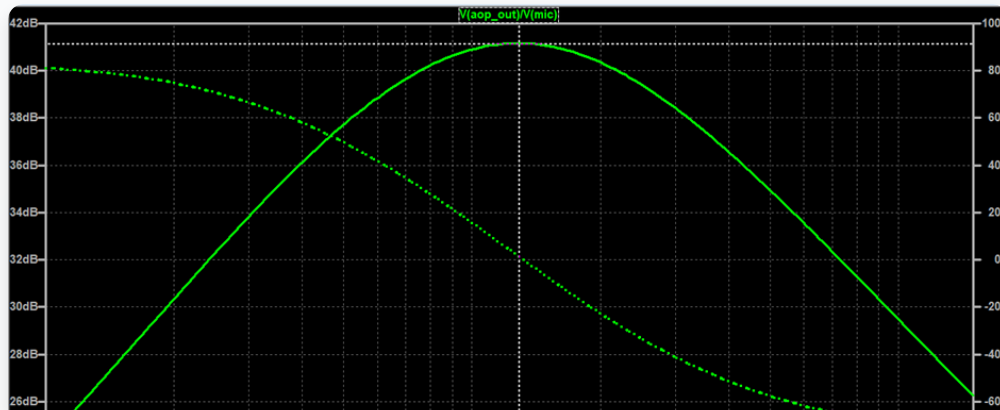
Approccio metodologico:

1. **Modello teorico** - funzioni di trasferimento per ogni stadio
2. **Simulazione LTSPICE** - validazione pressione sonora, Bode
3. **Verifica sperimentale** - misure con oscilloscopio

Risultati chiave:

- Guadagno massimo: **49.6 dB a 1.5 kHz** (frequenza del parlato)
- Margine di fase: **130°** → sistema estremamente stabile
- Risposta in frequenza "a banana" - ottimizzata per voce umana
- Accordo eccellente tra teoria, simulazione ed esperimenti

</div> <div style="flex: 0 0 auto;">



Analisi in frequenza:

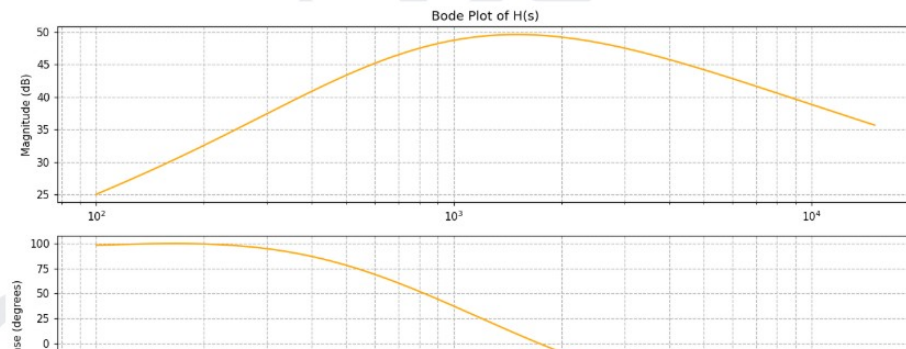
- **Risposta "a banana"** ottimizzata per voce umana
- Picco a **1.5 kHz** - frequenza fondamentale del parlato
- Attenuazione alle basse e alte frequenze
- **Margine di fase 130°** → stabilità eccellente

Validazione:

- Accordo tra modello teorico e simulazione
- Nessuna risonanza o instabilità
- Sistema prevedibile e sicuro

</div> <div style="flex: 0 0 auto;">

$$G(s) = G_1(s) \cdot G_2(s) \cdot G_3(s) \cdot G_4(s) = 20 \cdot \frac{s^3 + 274668 \cdot s^2 + 357540590 \cdot s}{s^3 + 20702 \cdot s^2 + 134456518 \cdot s + 274339137915}$$



1. Consumi elettrici:

- Media: **12 mA** → autonomia ~54 ore (batteria 650mAh)

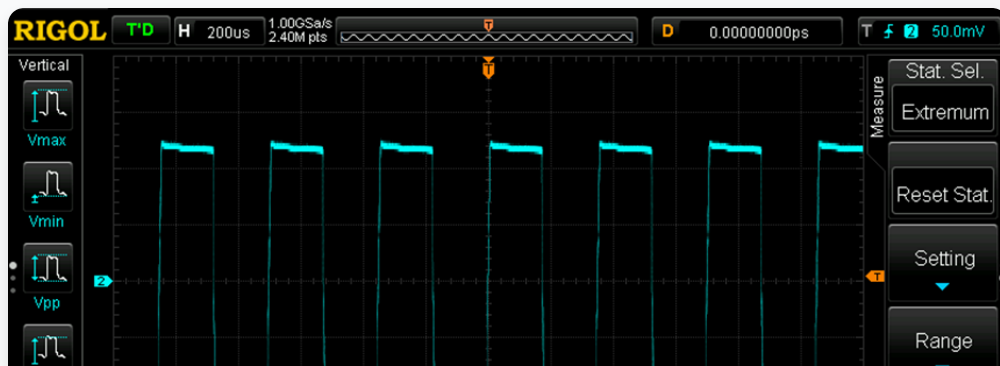
2. Comportamento in saturazione:

- Volume massimo: **~118 dB SPL** (funzionamento normale)
- Conforme ai datasheet dei componenti

3. Feedback acustico (Larsen):

- Caso estremo: microfono a 1cm dalle cuffie
- Può raggiungere 120 dB con cuffie non adatte
- **Requisito critico**: utente deve poter abbassare volume rapidamente

</div> <div style="flex: 0 0 auto;">



Limiti di sicurezza determinati

Standard di riferimento:

- Massimo raccomandato: **120 dB SPL** (letteratura ASHA)

Raccomandazioni per le cuffie:

- Impedenza: **$\geq 24 \Omega$** (consigliato 32Ω)
- Sensibilità: **$\leq 96 \text{ dB}$**
- Modello testato: Sony MDR-ZX110 (24Ω , 98dB) → **conforme**

Inserito nel manuale d'uso:

- Specifiche tecniche cuffie compatibili
- Istruzioni per verifica prima dell'uso
- Disclaimer su rischi e limitazioni

Parte 4

Approccio FabLab Bergamo

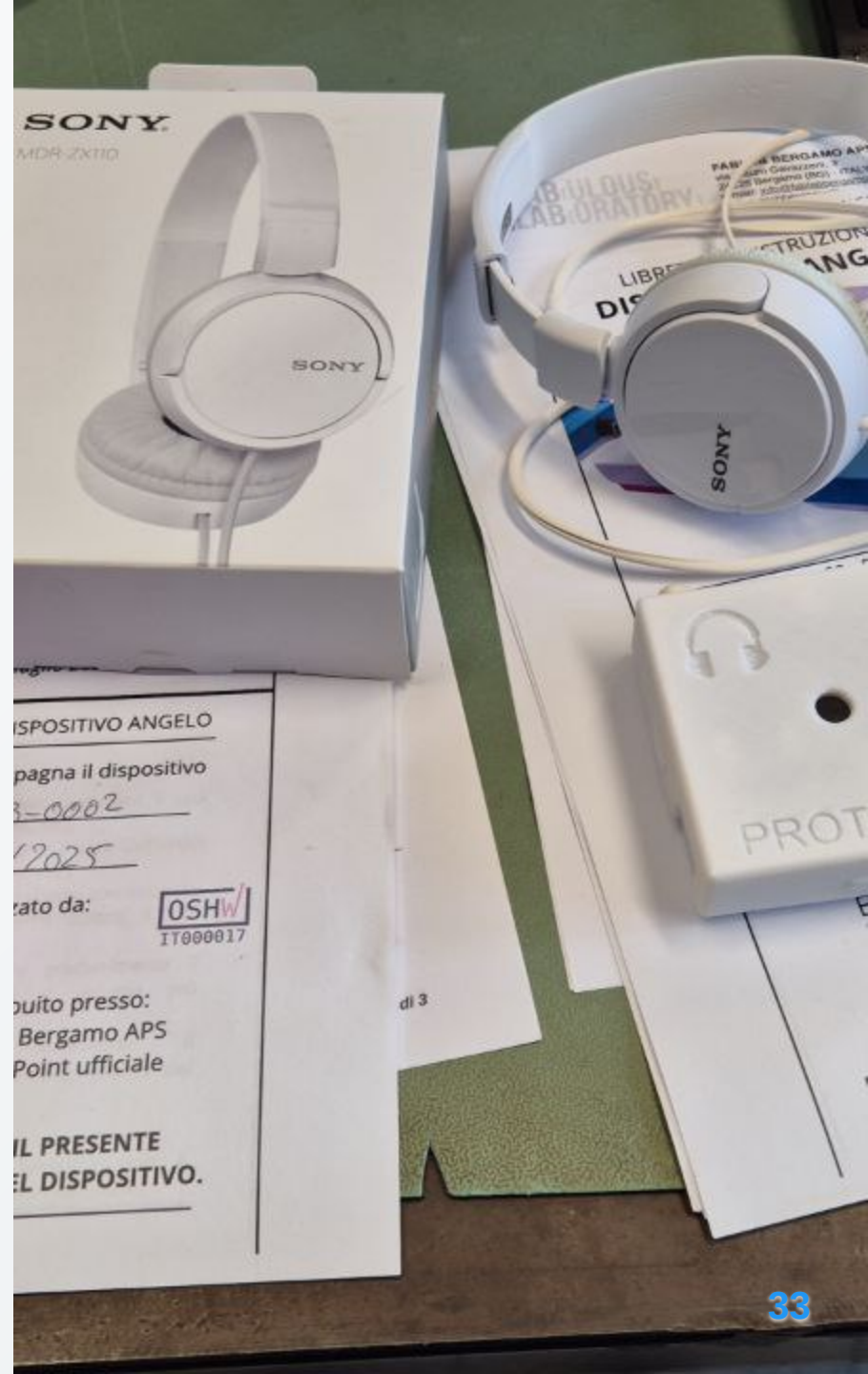
Approccio FabLab Bergamo

Obiettivo:

Diffondere il progetto Angelo in modo **sicuro**, **educativo** e **sostenibile**

Approccio adottato:

1. Analisi tecnica (aprile-giugno 2025)
2. Creazione manuale d'uso (giugno 2025)
3. Progetto collaborativo di assemblaggio (aprile 2025- on going)
4. Collaudo dei prototipi
5. Diffusione locale in accomodato d'uso (2 dispositivi)
6. Fabbricazione di 30 dispositivi (novembre 2025)



Arduino Day 2026 - FabLab Bergamo

Prossimo evento:

- **Data:** Sabato 21 marzo 2026
- **Luogo:** FabLab Bergamo - Via M. Gavazzeni 3
- **Orario:** Dalle 15.00 alle 20.00

Attività:

- Area Talk e Area Laboratorio
- Esposizione progetti (Angelo e altri)
- Networking con maker e appassionati

Partecipa: Form disponibile su

www.fablabbergamo.it/call-arduino2026



BERGAMO FAB LAB

CALL TO ARDUINO DAY 2026

AREA TALK - AREA LABORATORIO - ESPOSIZIONE PROGETTI - NETWORKING

MAKER, STUDENTI, PROFESSIONISTI E APPASSIONATI DI ELETTRONICA E PROTOTIPAZIONE SONO INVITATI A PRESENTARE I LORO PROGETTI.

ISCRIZIONI: FORM DISPONIBILE SUL SITO
WWW.FABLABBERGAMO.IT/CALL-ARDUINODAY2026

LOCATION : FABLAB BERGAMO - VIA M. GAVAZZENI 3

ORARIO : DALLE 15.00 ALLE 20.00

ARDUINO DAY
SABATO 21
MARZO 2026

Conclusioni

Il valore dell'Open Hardware sociale

Angelo dimostra che:

- Tecnologia open può risolvere problemi sociali reali
- L'approccio frugale porta ad un costo ridotto (15-20€)
- La comunità può validare e migliorare progetti
- I FabLab sono ponte tra teoria e pratica sul territorio

Ma servono anche:

- Rigore ingegneristico nella progettazione in sicurezza
- Gestione responsabile della diffusione

Vieni a trovarci in FabLab

Scopri da vicino:

- Demo del dispositivo Angelo
- Altri progetti Open Hardware
- Strumenti del FabLab (stampanti 3D, laser cutter, elettronica)
- La nostra community

Le porte sono aperte: la tecnologia è davvero di tutti!

PROGETTO COLLABORATIVO ANGELO

ORA	TEST ACCENSIONE CON MICROFONO	STAMPA 3D SCATOLA	ASSEMBLAGGIO (manipola pile microfono connettoni)	PROVA FINALE	NOTE/PROBLEMI COSA MANCA
RO	OK - Pascal	PAOLO		PARIS - OK	
RT	OK	PAOLO		OK Pascal	→ RETE QUARTIERE
	(NOW VA)			MIRELLA/PAIS 3/6	
	OK - Pascal	PASCAL	(X)	MIRELLA/PAIS consegna 5/6/25	
	OK - Pascal	MIRELLA		MIRELLA/PAIS consegna 5/6/25	
	OK - Pascal	PAOLO		MIRELLA/PAIS consegna il 5/6/25	→ RETE QUARTIERE
		DANILA			
	LED KO (X)	DANILA		PARIS	
RTU					
RTU	OK				preto in prelio
ERTU	OK - Pascal	Mattia		PARIS - OK	
	X	X	X	X	NON USARE
R	OK - Pascal	OMAR	✓	PARIS - OK	OK



EXTRA

Miglioramenti possibili

Miglioramento 1: AGC (Automatic Gain Control)

Problema:

Volume massimo può raggiungere 120 dB in condizioni estreme

Soluzione proposta:

- Circuito AGC con 4 diodi, 3 condensatori, 1 resistenza
- Limita Vout a ~0.6V picco-a-picco
- Riduce SPL massimo di ~18 dB

Risultati simulazione:

- Input 50mV → Output 114.9 dB (vs 119.2 dB senza AGC)
- THD: 3.9% (distorsione accettabile)

Stato:

- Testato sperimentalmente (SN: FABLAB_0010)
- Funzionante, ma richiede ottimizzazione
- Problemi: oscillazioni a bassa frequenza con alcuni diodi

Miglioramento 2: Protezione inversione polarità

Problema:

- Guasti osservati: N°2 Q2 bruciati per inversione polarità batteria
- Esistono due tipi di connettori JH 9V con polarità diverse

Soluzione implementata:

- P-MOSFET BS250 o IRF9620 ($R_{dson} < 2\Omega$)
- Testato ad Agosto 2025 con successo

Benefici:

- Protezione completa contro inversione
- Costo aggiunto: ~1 euro

Miglioramento 3: Miniaturizzazione

- PCB 50x40mm (o 115x30mm forma "sigaretta elettronica")
- Batteria integrata longitudinalmente
- Connettori saldati direttamente su PCB

Vantaggi:

- Dispositivo tascabile
- Riduzione costi assemblaggio (no cavo batteria)
- Migliore ergonomia

Stato:

- Studio di fattibilità completato
- Implementazione futura

