



IIS "Ettore Majorana"

Via A. De Gasperi, 6 - 20031 Cesano Maderno (MI)

Marelli Lorenzo

Classe 5 AT

Progetto d'esame
Maturità tecnica

**STUDIO LAMPADA SEMAFORICA CON
INDICAZIONE REMOTA DELLO STATO
PER UTENTI NON VEDENTI**

Anno scolastico 2008 / 2009

AMBITO APPLICATIVO

Le persone non vedenti o ipovedenti pur trovandosi in condizione di difficoltà sensoriale non indifferente, riescono generalmente a compiere la quasi totalità degli atti della comune vita quotidiana.

Infatti nella propria abitazione, la persona non vedente si muove tranquillamente ed agevolmente come qualsiasi altro individuo.

Anche nell'ambiente esterno, quando la persona non vedente vuole recarsi in un determinato luogo, per esempio dal medico, per negozi, o da amici, avvalendosi di semplici ausili (bastone bianco) riesce ad arrivare a destinazione senza grossi problemi, poiché conosce perfettamente il tragitto da compiere.

La vera condizione di disagio per la persona non vedente durante uno spostamento in esterno, si viene a creare quando nel percorso si devono superare incroci stradali regolati da impianti semaforici.

In questo caso la persona non vedente, pur conoscendo perfettamente l'itinerario da seguire, si trova in una situazione di grave incertezza poiché non riesce a discriminare facilmente lo stato dell'impianto semaforico e conseguentemente può esporsi a seri pericoli poiché gli automobilisti con la segnalazione "verde" non pongono adeguata attenzione come invece avviene sulle normali strisce pedonali.

Per sopperire a questa problematica, alcune amministrazioni comunali hanno provveduto ad installare e testare in alcuni impianti semaforici un sistema di avviso sonoro, corrispondente allo stato di segnalazione semaforica.

In questa maniera nelle varie condizioni di regolazione del flusso del traffico, vengono emessi determinati toni acustici in modo che la persona non vedente possa essere in grado di recepire l'attuale situazione.

Il sistema previsto, seppur efficace, impone una complessa e onerosa opera di installazione da effettuare sulla sommità di ogni lanterna semaforica per ogni impianto sia nuovo che esistente.

Inoltre per evitare una continua e inopportuna emissione sonora durante l'arco della giornata, il sistema viene attivato dalla persona non vedente tramite apposito pulsante posizionato sul palo di sostegno del semaforo o in sua prossimità; soluzione che espone l'impianto a facile bersaglio di atti vandalici.



Impianto semaforico con avviso sonoro

CONCETTI BASILARI

Una soluzione alternativa ed economica al problema potrebbe essere quella di non modificare l'impianto semaforico, ma di realizzare uno specifico dispositivo da fornire alla persona non vedente che sia in grado di individuare il colore della sorgente luminosa posta di fronte; riuscendo così a indicare quale lampada semaforica risulta essere accesa. (rossa / gialla / verde)

Questa tecnica però oltre a comportare l'oneroso sviluppo di un sofisticato circuito idoneo ad effettuare una precisa distinzione cromatica, ha lo svantaggio di subire interferenze provenienti da altre fonti luminose circostanti che potrebbero falsare la corretta informazione che si vuole ottenere.

Di conseguenza si rende necessario dirigere gli sforzi verso un sistema di comunicazione “punto a punto” più sicuro ed efficiente in maniera simile alle connessioni radio “WiFi” o “Bluetooth”.

Per non ricadere in soluzioni che necessitano costose opere di installazione, si è pensato di integrare la parte trasmittente direttamente all'interno di ogni lampada semaforica, in modo che alla sua accensione uno specifico circuito elettronico invii il segnale corrispondente; mentre la persona non vedente dotata di un apparecchio portatile simile ad un auricolare, potrà ricevere l'informazione emessa dalla lampada indicante lo stato del semaforo.

Si deve anche tenere in considerazione che per motivi ambientali e di risparmio energetico dal 2010 cesserà la produzione delle comuni lampadine a incandescenza (di cui sono dotati anche la maggior parte degli attuali impianti semaforici esistenti).

Pertanto in un futuro molto prossimo le lampade ad incandescenza guaste dovranno essere sostituite con altre di diversa tecnologia (fluorescenti / LED); emerge quindi propizia l'occasione di intervenire sugli impianti semaforici dotandoli con nuove lampade ecologiche ed “INTELLIGENTI”.

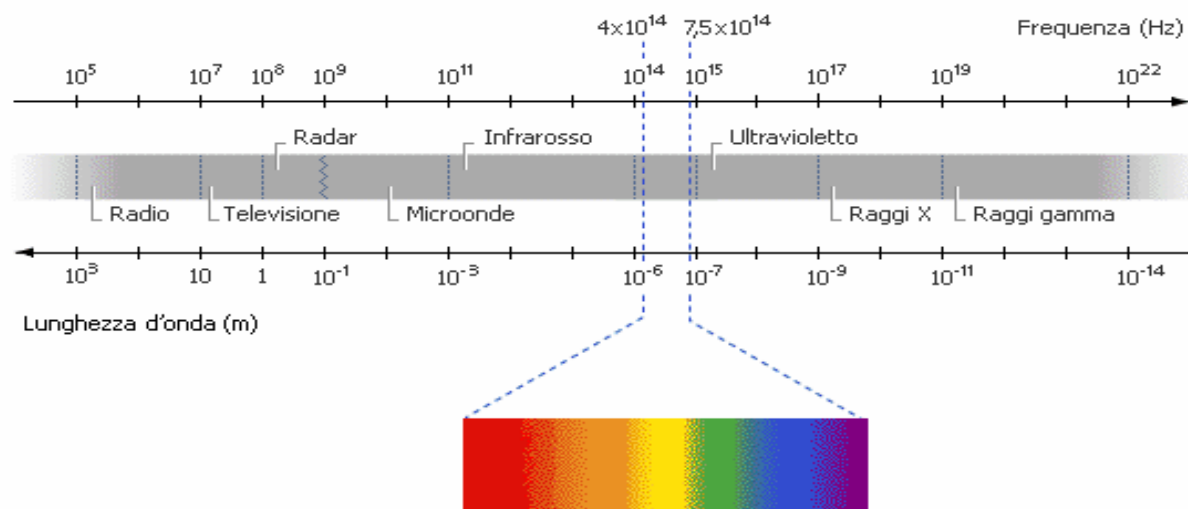
Il sistema sarà quindi composto da 2 tipi di dispositivi, il TRASMETTITORE (posto all'interno di ogni lampada) e il RICEVITORE in dotazione alla persona non vedente; lo studio di entrambi dovrà riferirsi a criteri di fattibilità, semplicità, praticità d'uso ed economia costruttiva.

Un primo approccio teorico porterebbe allo sviluppo di apparecchiature operanti in radiofrequenza; attuando questa scelta, ci si scontra però con caratteristiche fisiche intrinseche della materia e le peculiarità insite a questa tecnologia:

- interferenze tra medesimi apparati che operano nelle vicinanze se non opportunamente canalizzati
- utilizzo di specifiche bande radio assegnate dal ministero a questi impieghi e magari condivise con altri servizi
- scarsa direzionalità del segnale emesso e conseguente possibile ricezione di informazione non corrette o sovrapposte; inconveniente risolvibile solo utilizzando frequenze molto elevate e particolari antenne direttive

Per superare questi ostacoli l'ingegno ci spinge ad usare un diverso supporto trasmissivo, non le onde radio, ma la luce.

La luce è anch'essa una emissione elettromagnetica ad altissima frequenza con elevata direttività e maggior immunità a disturbi e interferenze (infatti viene già utilizzata proficuamente per la trasmissioni dei dati nei cavi a fibra ottica).



spettro onde elettromagnetiche

Ogni lampada semaforica quando accesa già emette la propria luce colorata di segnalazione; non rimane che utilizzare sapientemente questo supporto fisico su cui far viaggiare anche l'informazione corrispondente.

In pratica la lampada accesa emetterà luce colorata opportunamente modulata; gli occhi delle persone vedenti riusciranno a percepire solo la luce colorata, mentre il RICEVITORE in dotazione alla persona non vedente capterà l'informazione in essa contenuta convertendola in segnale audio. Per ottenere questo scopo, il dispositivo più idoneo per generare una sorgente di luce colorata modulabile è il LED.

Questo componente è un semiconduttore che al passaggio di debole corrente sviluppa una emissione luminosa primaria ad una determinata lunghezza d'onda (quella che ne definisce il colore); il LED oltre ad avere un ciclo di vita di moltissimi anni, riesce a trasformare in luce quasi tutta l'energia che gli si fornisce, attuando anche un considerevole risparmio energetico.



Nel settore dell'illuminazione sempre più numerosi sono gli apparecchi illuminanti realizzati con questo sistema, e alcune società già commercializzano lampade semaforiche realizzate a LED (vedi foto), esaltando i pregi di questi innovativi prodotti.

Il nostro progetto vuole aggiungere una funzionalità in più a questa moderna tecnologia, applicabile e implementabile in diversi ambiti del vivere quotidiano (semafori, mezzi di trasporto, ecc.); in modo che qualsiasi insegna o scritta luminosa oltre a indicare o illuminare, possa diffondere utili informazioni a chi purtroppo la luce non la può più apprezzare.

Lampada semaforica a LED

TEORIA FUNZIONALE

Il LED ha una emissione luminosa a una determinata lunghezza d'onda definita costruttivamente e non modificabile (varierebbe il colore della luce).

Ideare pertanto dei circuiti che operino direttamente sulla portante luminosa analogamente a quello che avviene per le onde radio sarebbe arduo o controproducente.

Pertanto per concepire un sistema di trasferimento di informazioni su portante ottica, ci si è avvalsi di un sistema molto semplice ed economico, ovvero la creazione di sottoportante a 455KHz modulata in frequenza tramite segnale audio analogico.

In pratica la sottoportante a 455KHz viene creata modulando in ampiezza al 100% l'emissione luminosa del LED, questo accorgimento risulta molto utile per riuscire a realizzare un ricevitore ottico molto selettivo sulla suddetta frequenza, in modo che qualsiasi altra sorgente luminosa non possa causare interferenze.

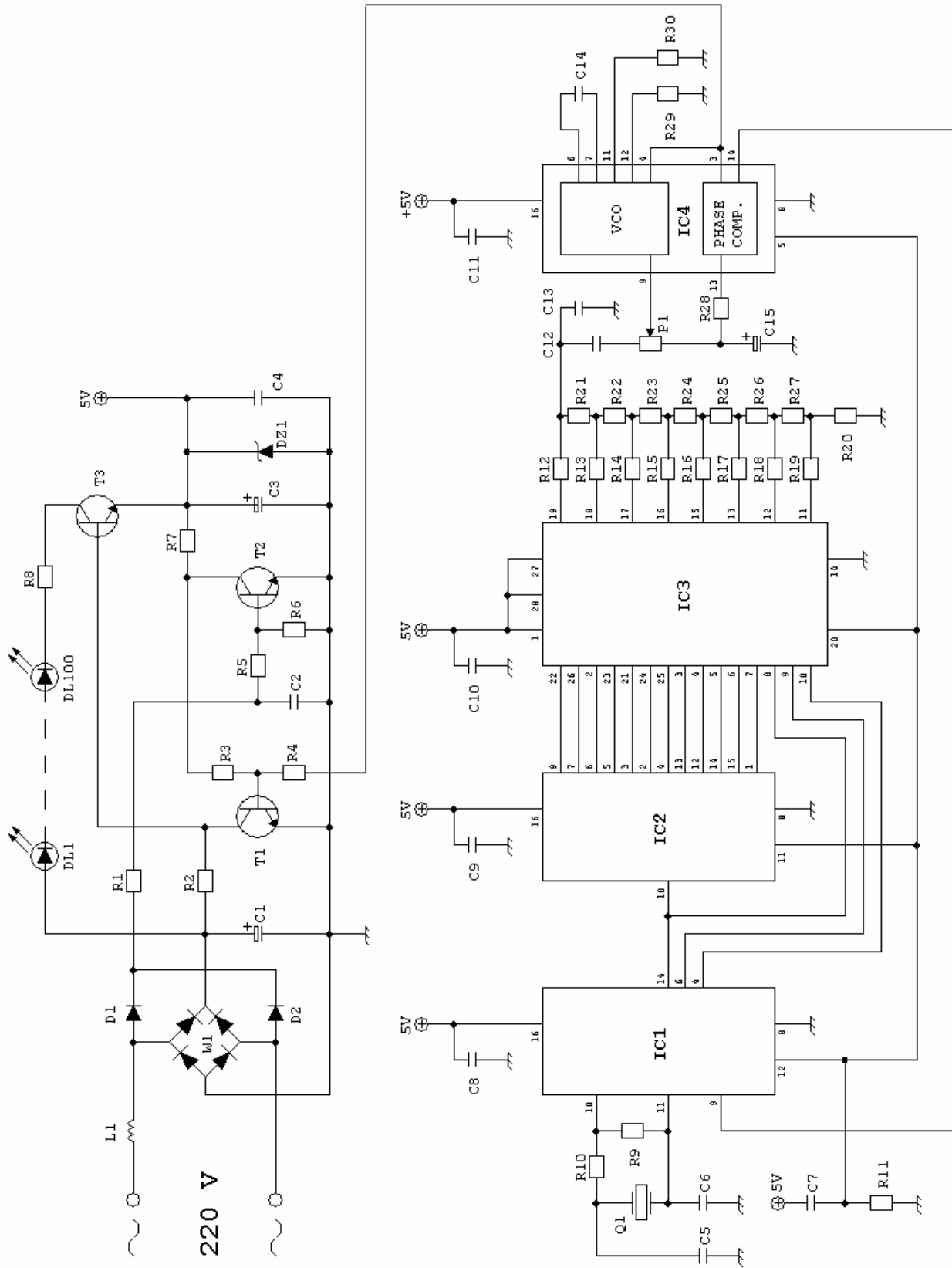
L'informazione da trasferire composta semplicemente da un segnale audio analogico memorizzato, va a modulare in frequenza la sottoportante a 455KHz ottenendo una buona fedeltà e discreta immunità ai disturbi.

TRASMETTITORE – BLOCCHI CIRCUITALI

Il trasmettitore è composto dai seguenti blocchi circuitali:

- A) circuito ad alta tensione per alimentazione corpo illuminante
 - B) elemento di emissione luminosa costituito da n° 100 LED
 - C) circuito di comando per pilotaggio LED
 - D) circuito generatore portante, comparatore frequenza campione e modulatore
 - E) memoria con audio digitale e convertitore D/A
 - F) circuito di controllo e indirizzamento memoria
 - G) circuiti per la generazione e stabilizzazione tensione di alimentazione circuiti logici (5 V.)
- A) Il circuito per l'alimentazione dei LED è costituito da un induttore di filtro (L1) un ponte raddrizzatore (P1) e dal condensatore elettrolitico ad alta tensione (C1); su quest'ultimo è disponibile una tensione continua livellata a circa 310 V.
Un buon filtraggio (100 μ F 400V) è necessario per evitare ripple residuo di rete che potrebbe produrre una modulazione in ampiezza indesiderata sul carico (LED).
- B) L'elemento di emissione luminosa è composto da N° 100 LED ad alta intensità collegati tutti in serie; la corrente media di 20mA. opportunamente limitata da R8 consente una elevata resa illuminante e un notevole risparmio sul consumo totale.
- C) Il pilotaggio dei LED avviene tramite un transistor (T3) di piccola potenza ma caratterizzato da una elevata V_{ceo}; dovendo operare in commutazione sul carico a 310V.
- D) Per la generazione della frequenza di portante, il controllo di stabilità e la sua modulazione è stato utilizzato il circuito CMOS CD4046 con funzione di VCO e PLL (IC4).
Tramite C14 R30 R29 si imposta la frequenza di lavoro del VCO e il range per il ΔF voluto.
Il comparatore di fase serve per confrontare un preciso riferimento in frequenza generato da un oscillatore fisso a 455KHz con la portante generata dal VCO in modo da tenerlo agganciato tramite il segmento di integrazione/reazione costituito da R28 e C15.
Il segnale audio proveniente da C12 e regolato da P1 entra direttamente in ingresso al VCO per modulare in frequenza la portante con la percentuale desiderata.
- E) Il segnale audio per la modulazione si ottiene con l'estrazione dell'intero contenuto di una memoria EPROM (IC3) dove è stato preventivamente memorizzato in formato digitale il messaggio desiderato.
La conversione digitale/analogica del contenuto della memoria si ottiene con un semplice ed economico circuito D/A realizzato in configurazione R/2R (R12 ÷ R20) e filtro integratore (C13).
- F) Per l'indirizzamento parallelo della memoria sono stati utilizzati 2 contatori CMOS CD4060 – CD4040 (IC1 – IC2) in cascata per ottenere il numero di uscite necessarie; il clock per l'avanzamento dei contatori è ricavato dall'oscillatore quarzato a 455KHz presente nel primo (lo stesso utilizzato per fornire il riferimento in frequenza al VCO).
- G) Per l'alimentazione a 5V dei circuiti di controllo si poteva utilizzare un comune alimentatore a trasformatore o switching.
Lo spazio esiguo disponibile all'interno della lampada e ragioni di economicità circuitale ci hanno fatto optare per un'astuta soluzione ibrida; ricavare l'alimentazione a 5V direttamente dalla corrente che transita nel ramo del carico.
Infatti l'emettitore del transistor (T3) che controlla il carico, non è collegato come di consueto a massa, ma si chiude sul gruppo di alimentazione C3 - C4 - DZ1 in modo che il flusso di corrente circolante nei LED (20mA) venga proficuamente accumulato e utilizzato per alimentare la circuiteria logica.

TRASMETTITORE - SCHEMA ELETTRICO



TRASMETTITORE - ELENCO COMPONENTI

RESISTORI

| | | | | | |
|-----|------|-----|-----|------|-----|
| R1 | 470K | ¼ W | R16 | 12K | ¼ W |
| R2 | 220K | ½ w | R17 | 12K | ¼ W |
| R3 | 1.8K | ¼ W | R18 | 12K | ¼ W |
| R4 | 10K | ¼ W | R19 | 12K | ¼ W |
| R5 | 100K | ¼ W | R20 | 12K | ¼ W |
| R6 | 10K | ¼ W | R21 | 6K | ¼ W |
| R7 | 10K | ¼ W | R22 | 6K | ¼ W |
| R8 | 2.7K | 3 W | R23 | 6K | ¼ W |
| R9 | 10M | ¼ W | R24 | 6K | ¼ W |
| R10 | 100K | ¼ W | R25 | 6K | ¼ W |
| R11 | 100K | ¼ W | R26 | 6K | ¼ W |
| R12 | 12K | ¼ W | R27 | 6K | ¼ W |
| R13 | 12K | ¼ W | R28 | 10K | ¼ W |
| R14 | 12K | ¼ W | R29 | 18K | ¼ W |
| R15 | 12K | ¼ W | R30 | 100K | ¼ W |

CONDENSATORI

| | | | | | | | |
|----|-------|-------|---------------|-----|-------|------|---------------|
| C1 | 100µF | 400 V | elettrolitico | C9 | 0.1µF | 25 V | ceramico |
| C2 | 0.1µF | 50 V | ceramico | C10 | 0.1µF | 25 V | ceramico |
| C3 | 100µF | 16 V | elettrolitico | C11 | 0.1µF | 25 V | ceramico |
| C4 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C12 | 0.1µF | 25 V | ceramico |
| C5 | 33pF | 25 V | ceramico | C13 | 10nF | 25 V | ceramico |
| C6 | 33pF | 25 V | ceramico | C14 | 100pF | 25 V | poliestere |
| C7 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C15 | 10µF | 25 V | elettrolitico |
| C8 | 0.1µF | 25 V | ceramico | | | | |

DIODI

| | | | |
|---------|---------------|-------------------------------------|--|
| D1 | 1N4007 | | |
| D2 | 1N4007 | | |
| W1 | 700 V. – 1 A. | PONTE RETIFICATORE | |
| DZ1 | 5V1 - 500mW | ZENER | |
| DL1/100 | LED 5mm. | N. 100 LED - 30°ad alta efficien za | |

TRANSISTOR

| | | |
|----|---------|------------------|
| T1 | BC 547 | |
| T2 | BC 547 | |
| T3 | MPSA 44 | NPN HIGH VOLTAGE |

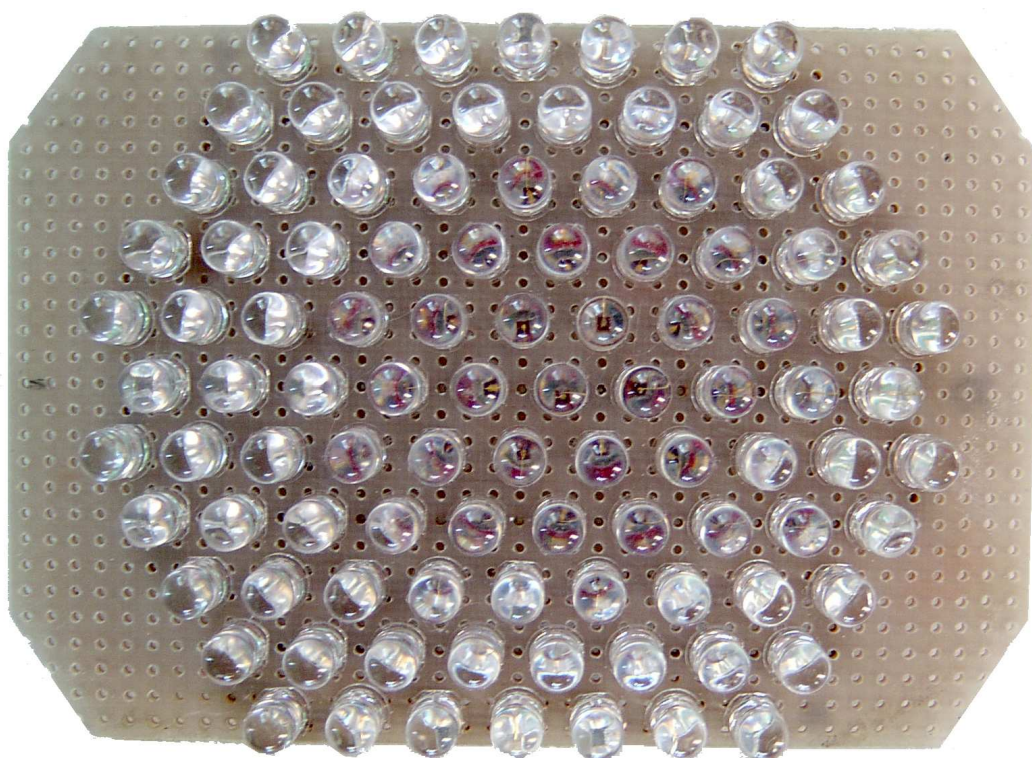
CIRCUITI INTEGRATI

| | | |
|-----|------------|-----------------|
| IC1 | CD 4060 | counter CMOS |
| IC2 | CD 4040 | counter CMOS |
| IC3 | TMS 27C128 | EPROM – 16K x 8 |
| IC4 | CD 4046 | PLL CMOS |

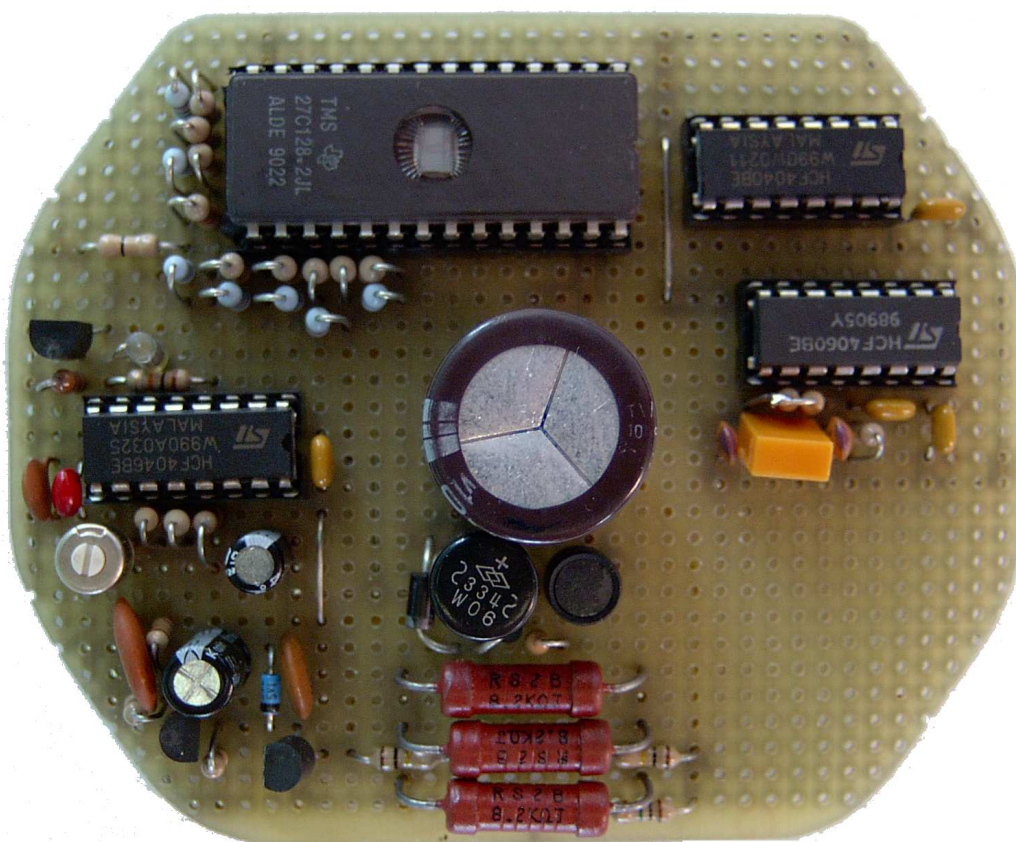
VARIE

| | | |
|----|-----------|----------------------------|
| L1 | 4.7 mH | INDUTTANZA FILTRO |
| Q1 | CSB 455 E | RISONATORE CERAMICO 455KHz |
| P1 | 10K | POTENZIOMETRO LINEARE |

TRASMETTITORE - ELEMENTI COSTITUENTI LA LAMPADA



elemento illuminante



circuito di controllo

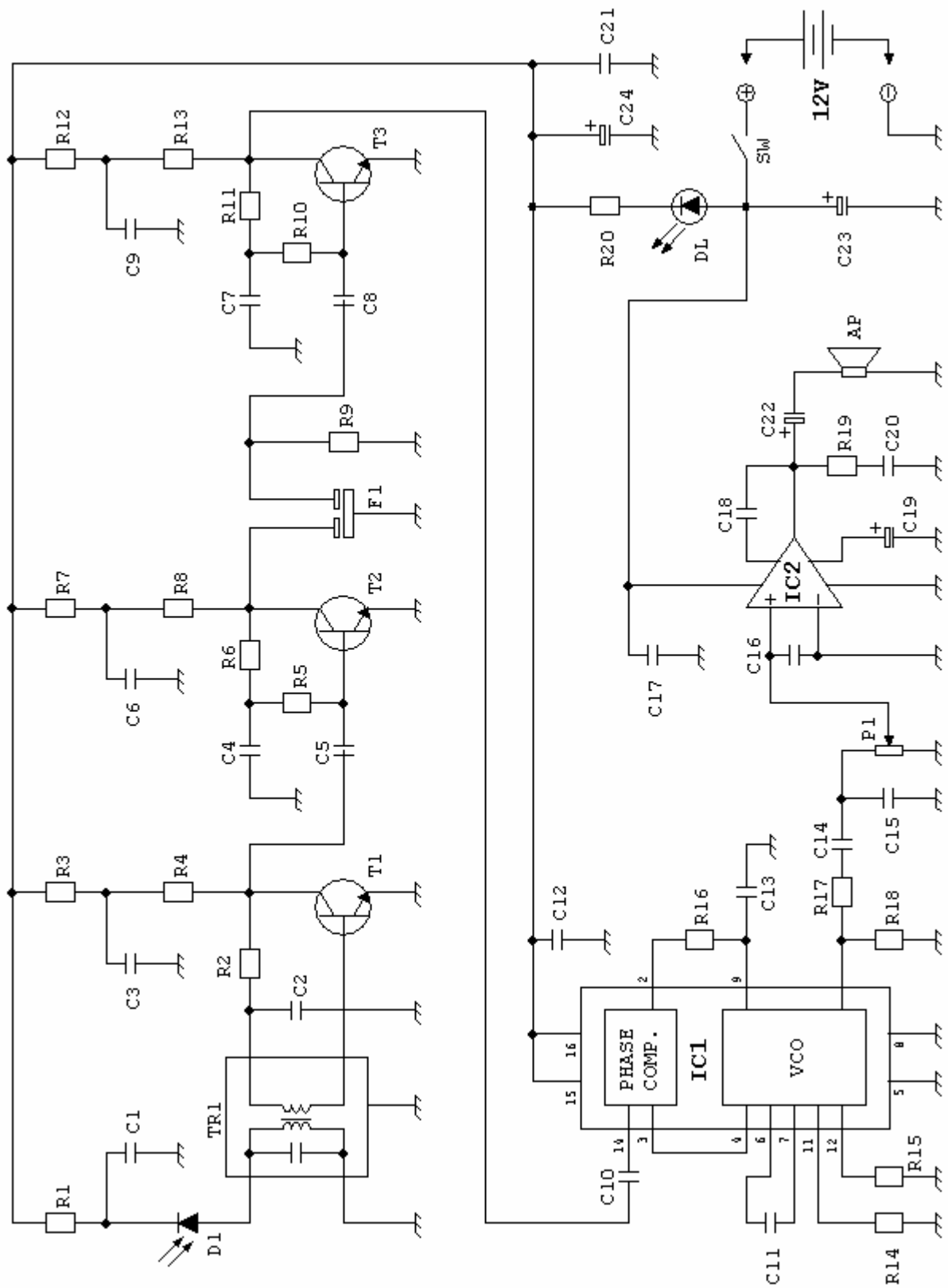
RICEVITORE – BLOCCHI CIRCUITALI

Il ricevitore è composto dai seguenti blocchi circuitali:

- A) sensore fotopin diodo sensibile allo spettro visibile
- B) filtraggio segnale con circuito risonante e primo stadio di amplificazione
- C) secondo stadio amplificatore e adattatore impedenza per filtro ceramico a banda stretta
- D) terzo stadio per amplificazione accoppiamento comparatore di fase
- E) circuito demodulatore audio
- F) amplificatore audio di bassa frequenza
- G) auricolare

- A) L'elemento sensibile alla luce costituito da un fotopin diodo in grado di rivelare segnali luminosi su tutto lo spettro visibile, è stato collocato in un apposito tubetto metallico schermato posizionato direttamente vicino all'auricolare.
In questo modo la persona non vedente, muovendo leggermente il capo può orientare facilmente il dispositivo per catturare il segnale proveniente dalla sorgente desiderata.
Il sistema ha un comportamento decisamente direttivo proprio per evitare di ricevere informazioni ingannevoli provenienti dalle altre lampade semaforiche posizionate nelle vicinanze.
- B) Il segnale ricevuto dal sensore ottico viene inviato al circuito risonante di ingresso (T1) che provvede a eliminare tutti i segnali provenienti da altre fonti luminose con componenti di portante diverse da quella utilizzata (455KHz).
Un primo stadio a transistor amplifica adeguatamente anche i più piccoli segnali.
I tre dispositivi di ingresso (sensore, filtro e 1° stadio) sono stati posizionati vicini, debitamente schermati e separati dal resto del circuito per evitare eventuali interferenze e possibili inneschi dovuti alla catena di amplificazione.
- C) Tramite cavetto schermato, Il segnale giunge all'apparato portatile per essere ulteriormente amplificato, e opportunamente adattato, passa attraverso un filtro ceramico (F1) a banda stretta a 455KHz (del tipo solitamente utilizzato nei circuiti di media frequenza dei ricevitori radio) che attua un ulteriore filtraggio.
- D) Un ultimo stadio di amplificazione serve per ottenere un livello di segnale sufficiente per essere inviato al circuito di demodulazione della portante.
- E) Per l'estrazione della componente audio è stato impiegato il circuito integrato CMOS CD4046 (IC1) utilizzato come demodulatore.
Al suo interno è anche presente uno diodo zener per la stabilizzatore della tensione di alimentazione, utile ad ottenere linearità e stabilità funzionale col variare della tensione di batteria.
- F) Il segnale in uscita al demodulatore viene inviato opportunamente disaccoppiato all'amplificatore audio composto dal circuito integrato LM386 (IC2) per una adeguata amplificazione sonora.
Il livello del volume in uscita può essere impostato a piacere tramite il potenziometro (P1).
- G) L'auricolare monoaurale dotato di pratica clip anatomica, riproduce i messaggi audio ricevuti dal dispositivo.

RICEVITORE - SCHEMA ELETTRICO



RICEVITORE - ELENCO COMPONENTI

RESISTORI

| | | | | | |
|-----|------|-----|-----|------|-----|
| R1 | 1K | ¼ W | R11 | 470K | ¼ W |
| R2 | 470K | ¼ W | R12 | 100 | ¼ W |
| R3 | 100 | ¼ W | R13 | 4.7K | ¼ W |
| R4 | 4.7K | ¼ W | R14 | 56K | ¼ W |
| R5 | 220K | ¼ W | R15 | 18K | ¼ W |
| R6 | 220K | ¼ W | R16 | 10K | ¼ W |
| R7 | 100 | ¼ W | R17 | 47K | ¼ W |
| R8 | 1.5K | ¼ W | R18 | 10K | ¼ W |
| R9 | 2.7K | ¼ W | R19 | 10 | ¼ W |
| R10 | 470K | ¼ W | R20 | 470 | ¼ W |

CONDENSATORI

| | | | | | | | |
|-----|-------|------|----------|-----|-------|------|---------------|
| C1 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C13 | 4.7nF | 25 V | ceramico |
| C2 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C14 | 0.1µF | 25 V | ceramico |
| C3 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C15 | 1nF | 25 V | ceramico |
| C4 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C16 | 56pF | 25 V | ceramico |
| C5 | 1nF | 25 V | ceramico | C17 | 0.1µF | 25 V | ceramico |
| C6 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C18 | 220pF | 25 V | ceramico |
| C7 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C19 | 10µF | 16 V | elettrolitico |
| C8 | 100pF | 25 V | ceramico | C20 | 47nF | 25 V | ceramico |
| C9 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C21 | 0.1µF | 25 V | ceramico |
| C10 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C22 | 220µF | 16 V | elettrolitico |
| C11 | 150pF | 25 V | ceramico | C23 | 100µF | 16 V | elettrolitico |
| C12 | 0.1µF | 25 V | ceramico | C24 | 47µF | 16 V | elettrolitico |

DIODI

| | | |
|----|---------|--------------------------|
| D1 | BPW 24 | VISIBILE PHOTO PIN DIODE |
| DL | LED 3mm | ROSSO |

TRANSISTOR

| | |
|----|--------|
| T1 | BC 817 |
| T2 | BC 547 |
| T3 | BC 547 |

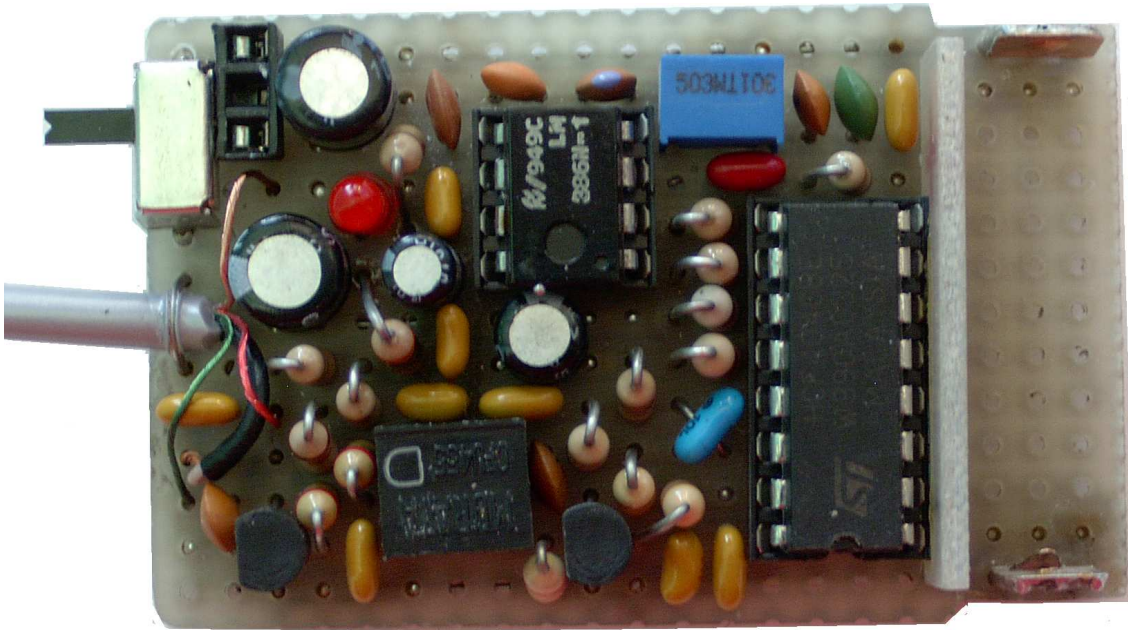
CIRCUITI INTEGRATI

| | | |
|-----|---------|---------------------|
| IC1 | CD 4046 | PLL CMOS |
| IC2 | LM 386 | AMPLIFICATORE AUDIO |

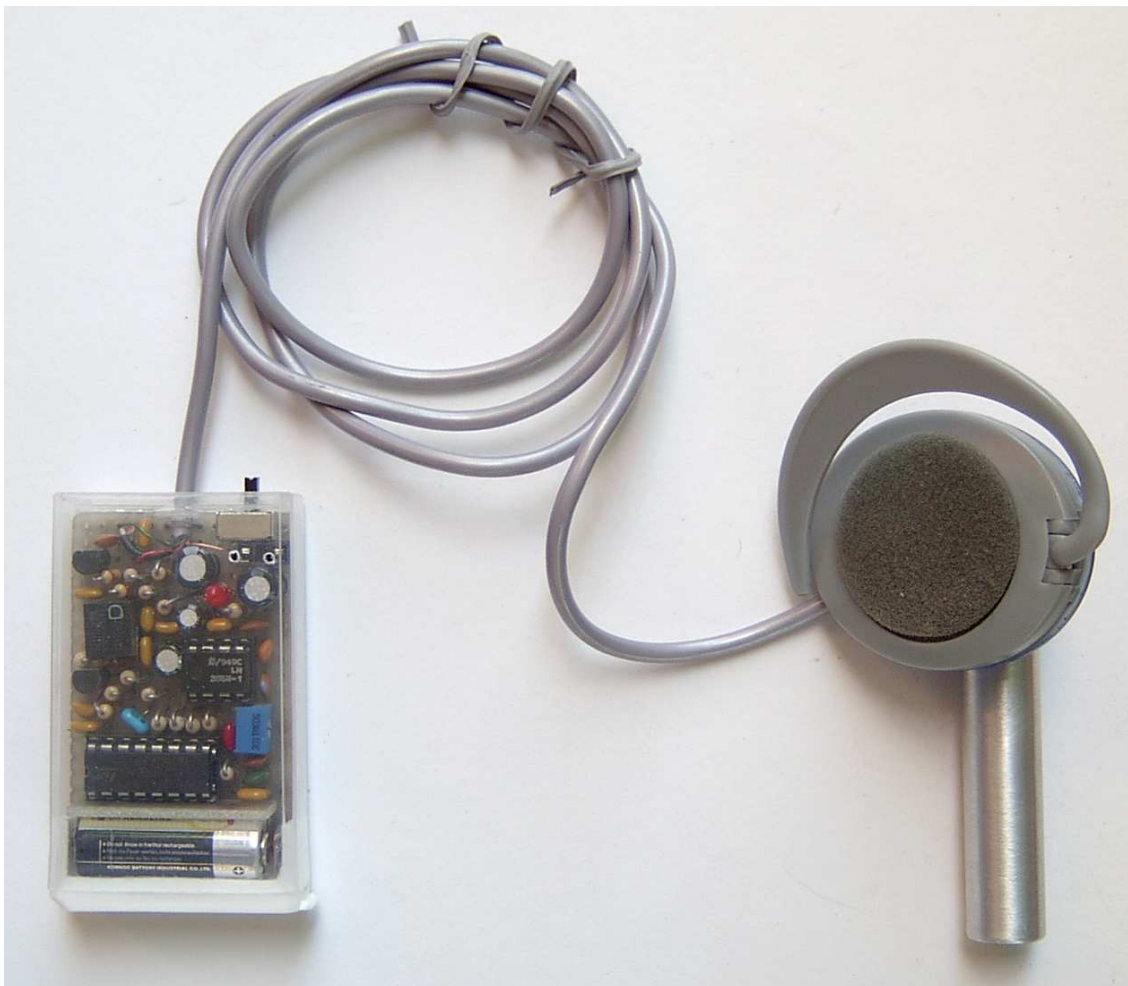
VARIE

| | | |
|-----|------------|---|
| TR1 | AM3 | BOBINA ACCORDO CIRCUITO RISONANTE 455 KHz |
| F1 | CFW455D | FILTRO CERAMICO 455 KHz (narrow band) |
| P1 | 50K | POTENZIOMETRO LINEARE |
| AP | 8 / 32 Ohm | ALTOPARLANTE / CUFFIA |
| SW | SWITCH | INTERRUTTORE ACCENSIONE |

RICEVITORE



circuito elettronico del ricevitore



assieme ricevitore – auricolare

CONCLUSIONI

Come appare evidente, lo studio e la costruzione delle apparecchiature proposte sono state condizionate da ragioni economiche e di impegno; investendo maggior tempo e risorse è sicuramente possibile attuare un'ottimizzazione del sistema sia a livello di soluzioni tecnologiche che nella realizzazione pratica.

La maggior parte della componentistica elettronica impiegata per la realizzazione dei prototipi, può essere proficuamente sostituita con dispositivi a maggior prestazioni e integrazione.

Nel trasmettitore per esempio l'utilizzo di un unico microcontrollore in alternativa ad una notevole quantità di componenti discreti, (oscillatore, contatori, memoria, convertitore A/D) porterebbe ad una miglior stabilità circuitale oltre ad una più facile industrializzazione del prodotto.

Un'ulteriore perfezionamento potrebbe essere ottenuto tramite l'utilizzo di tecnica digitale al posto di quella analogica per il trasferimento delle informazioni audio, con conseguenti benefici funzionali per l'utenza (limpidezza del messaggio e assenza di disturbi).

Il presente progetto vuole essere principalmente una stimolante proposta tecnica in risposta ad una concreta esigenza sociale; questa intuizione allargata ad altri ambiti e impieghi aprirebbe nuove prospettive per un mondo più sensibile ai bisogni dell'individuo.