



Università degli Studi di Ferrara
Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica e
delle Telecomunicazioni

Tesi di Laurea

**Progettazione e Realizzazione di un
trasmettitore infrarosso per ricevitori X-10**

Laureando:
Sferrazza Giovanni

Relatrice:
Dott. Ing. Mainardi Elena

Anno Accademico 2006 – 2007

*A mio padre per essere stato
anche quello che non siamo mai potuti diventare*



Indice:

Capitolo 1. Introduzione.....	1
1.1 – Radiazione Infrarossa e Applicazioni.....	1
1.1.1 – Storia.....	1
1.1.2 – Radiazione Infrarossa.....	2
1.2.3 – Applicazioni.....	3
1.2 – Disabilità e Domotica	4
1.2.1 – Disabilità e società.....	4
1.2.2 – Disabilità e classificazioni.....	6
1.2.3 – Gli ausili.....	7
1.2.4 – Il disabile e la casa.....	8
1.3 – Scopo della Tesi.....	10
Capitolo 2. Domotica e sistemi X-10.....	13
2.1 – Domotica.....	13
2.1.1 – Introduzione alla domotica.....	13
2.1.2 – Evoluzione della domotica.....	13
2.1.3 – Ambiti applicativi della domotica.....	14
2.1.4 – I vantaggi della domotica.....	15
2.1.5 – Integrazione.....	17
2.1.6 – Difficoltà nella realizzazione.....	20
2.1.7 – Tecnologie di trasmissione.....	21
2.2 – Gli standard domotici.....	22
2.3 – Lo standard X-10.....	27
Capitolo 3. La codifica del segnale infrarosso.....	31
3.1 – Introduzione alla codifica del segnale infrarosso.....	31
3.2 – Panoramica sui tipi di modulazione impiegati.....	32



3.2.1 – Cos'è la modulazione.....	32
3.2.2 – Modulazione Bi-fase.....	32
3.2.3 – Modulazione PWM.....	33
3.3 – Descrizione di alcuni protocolli di comunicazione.....	33
3.3.1 – Protocollo Philips.....	34
3.3.1.1 – Codifica del bit.....	34
3.3.1.2 – Formato del dato.....	35
3.3.2 – Protocollo Nec.....	36
3.3.2.1 – Codifica del bit.....	36
3.3.2.2 – Formato del dato.....	36
3.3.3 – Protocollo Sony.....	37
3.3.3.1 – Codifica del bit.....	37
3.3.3.2 – Formato del dato.....	37
3.3.4 – IrDA.....	38
3.4 – Protocollo Marmitek.....	39

Capitolo 4. Progettazione e realizzazione dell'hardware e del software.....	45
4.1 – Introduzione.....	45
4.2 – Progettazione dell'hardware.....	45
4.2.1 – Microcontrollore.....	46
4.2.2 – Schema circuitale.....	48
4.3 – Progettazione del software.....	51
4.3.1 – Metodologia.....	51
4.3.2 – Schema logico.....	53
4.4 – Realizzazione del circuito.....	55



Capitolo 5. Conclusioni.....	57
5.1 – Riepilogo.....	57
5.2 – Problemi riscontrati.....	57
5.3 – Sviluppi futuri.....	58
Appendice.....	61
A – Datasheet.....	61
B – Schemi elettrici	89
C – Codice sorgente.....	93
Riferimenti bibliografici.....	107

Ringraziamenti



Capitolo 1: Introduzione

1.1 – Radiazione infrarossa e applicazioni

1.1.1 – Storia

L'astronomo William Herschel scoprì l'infrarosso nel 1800. Avendo costruito da solo il proprio telescopio, aveva una certa familiarità con lenti e specchi. Partendo dalla considerazione che la luce del sole è composta da tutti i colori dello spettro e che, allo stesso tempo, rappresenta una fonte di calore, Herschel cercò di scoprire quali fossero i colori responsabili del surriscaldamento degli oggetti. L'astronomo ideò un esperimento, utilizzando un prisma, del cartone e alcuni termometri al mercurio con il bulbo dipinto di nero, per misurare le temperature dei diversi colori. Herschel osservò un aumento della temperatura mentre spostava il termometro dal viola al rosso nell'arcobaleno creato dalla luce del sole che passava attraverso il prisma. Alla fine, Herschel scoprì che la temperatura più elevata si trovava oltre il bordo rosso dello spettro, dove non c'era più luce visibile. L'astronomo chiamò la radiazione invisibile "raggi calorifici". Oggi, tale radiazione viene chiamata infrarosso. Fu il primo esperimento che mostrò come il calore poteva trasmettersi grazie ad una forma invisibile di luce.

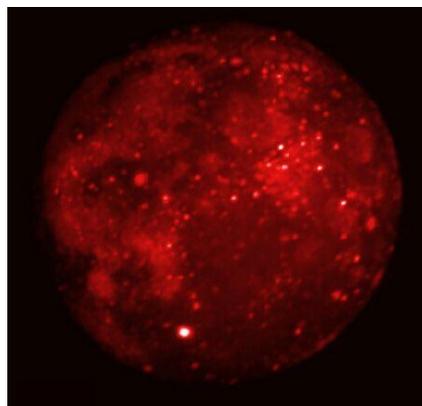


Fig. 1.1.1 Immagine all'infrarosso di un'eclissi di Luna
(Foto NASA)



1.1.2 – Radiazione Infrarossa

La radiazione infrarossa è la radiazione elettromagnetica con una lunghezza d'onda maggiore della luce visibile ma minore delle microonde. Il nome significa "sotto il rosso" dal latino *infra*, "sotto", perché il rosso è il colore visibile con la frequenza più bassa. La radiazione infrarossa ha una lunghezza d'onda compresa tra 700 nm e 1 mm. L'infrarosso è spesso suddiviso in infrarosso vicino (NIR, 0,7-5 μm), infrarosso medio (MIR o intermediate-IR, 5-30 μm) e infrarosso lontano (FIR, 30-1000 μm).

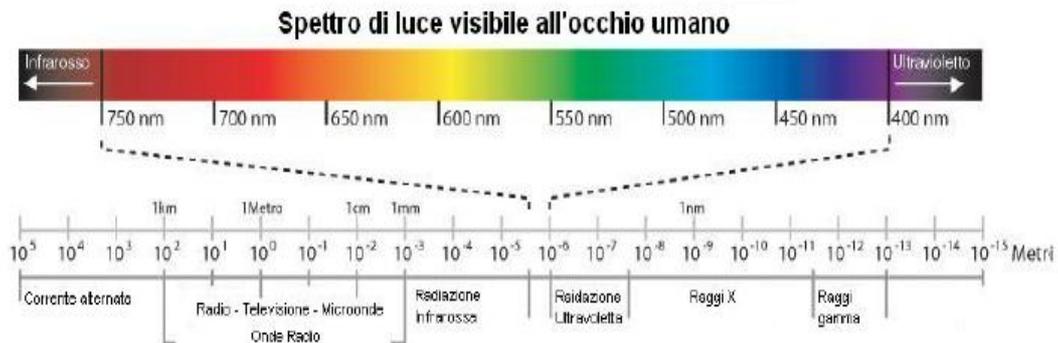


Fig. 1.1.2 Spettro della luce visibile.

Tutti i corpi ad una temperatura superiore allo zero assoluto^[1] emettono spontaneamente radiazioni d'intensità proporzionale alla propria temperatura, nel campo dell'infrarosso a causa dell'agitazione termica delle loro molecole. La quantità di radiazioni emessa aumenta proporzionalmente alla quarta potenza della temperatura assoluta di un oggetto. La correlazione tra irraggiamento e temperatura è fornita dalla legge di Stefan-Boltzmann:

$$q = \varepsilon \sigma T^4$$

ove σ è la costante di Stefan-Boltzmann e vale $5,6703 \times 10^{-8} \text{ W} \times \text{m}^{-2} \times \text{K}^{-4}$, ε è l'emissività della superficie emittente (variabile tra i limiti teorici 0 e 1) e T è la sua temperatura assoluta.¹

¹ Lo zero assoluto è la temperatura più bassa che teoricamente si possa ottenere in qualsiasi sistema macroscopico, e corrisponde a 0 K (-273,15 °C).



1.1.3 – Applicazioni

La radiazione infrarossa, inizialmente utilizzata negli eserciti di numerosi Paesi durante il secondo conflitto mondiale per permettere loro di vedere i propri obiettivi anche in caso di scarsa illuminazione o da punti strategici, venne successivamente impiegata anche per scopi civili, quali la trasmissione di dati, la termografia, la videosorveglianza e altri ancora. La radiazione infrarossa viene quindi impiegata in apparecchi di visione, in condizione di scarsa luminosità. E' utilizzata ad esempio dai vigili del fuoco, in quanto il fumo è più trasparente nello spettro dell'infrarosso rispetto a quello della luce visibile; oppure dalle telecamere di un sistema di videosorveglianza durante la notte. Applicazione di particolare rilevanza è la termografia, cioè la visualizzazione bidimensionale non distruttiva e non invasiva della misura di irraggiamento, tramite l'utilizzo di termocamere. Con la termografia si è in grado di rilevare le temperature dei corpi analizzati attraverso la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa emessa dal corpo in esame secondo la legge di Stefan-Boltzmann.

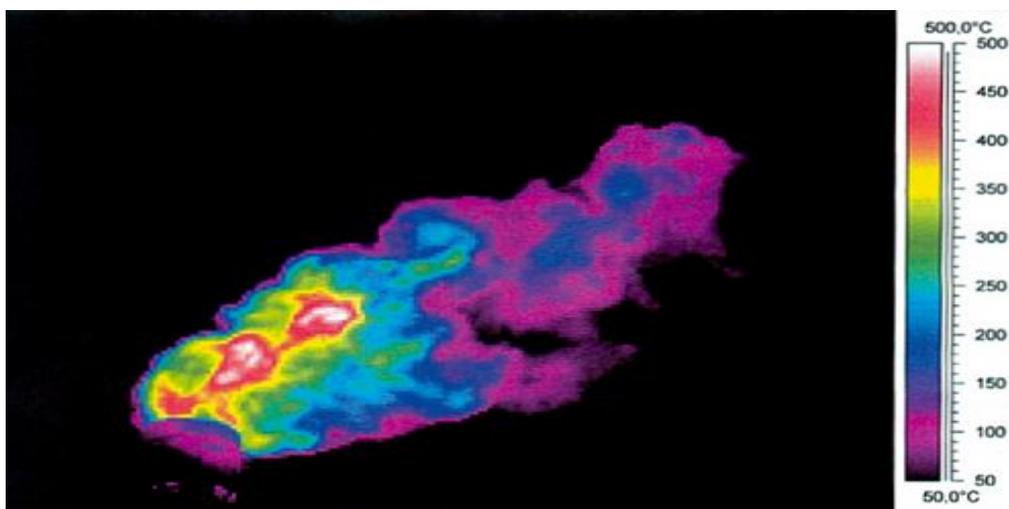


Fig. 1.1.3 Immagine all'infrarosso di una fiamma in luce diurna

Un utilizzo molto comune dell'infrarosso è come mezzo di trasmissione dati: nei telecomandi dei televisori (per evitare interferenze con le onde radio del segnale televisivo), e tra computer portatili e altri apparecchi elettronici. Questi ultimi in genere seguono gli standard pubblicati dalla IrDA (Infrared Data Association). Telecomandi e apparecchi IrDA usano diodi emettitori di luce infrarossa (comunemente detti LED infrarossi). La luce da loro emessa viene messa a fuoco da lenti di plastica e quindi modulata, cioè accesa e spenta molto rapidamente, per trasportare dati. Il



ricevitore usa un fotodiodo al silicio per convertire la luce infrarossa incidente in corrente elettrica. Risponde solo al segnale rapidamente pulsante del trasmettitore, ed è capace di filtrare via segnali infrarossi che cambiano più lentamente come luce in arrivo dal Sole, radiazione infrarossa emessa dalle persone e da altri oggetti caldi, e così via. Anche la luce usata nelle fibre ottiche è spesso infrarossa.

1.2 – Disabilità e domotica

1.2.1– Disabilità e società

Il primo articolo della Dichiarazione Universale dei Diritti Umani afferma: “Tutti gli esseri umani nascono liberi ed eguali in dignità e diritti”, e quindi possiamo affermare che le persone disabili hanno gli stessi diritti fondamentali degli altri cittadini. Per raggiungere questa meta, tutte le comunità devono collaborare per assicurarsi che le persone disabili possano godere di tutti i tipi di diritti umani, civili, sociali, politici, economici e culturali riconosciuti dalle varie Convenzioni internazionali, dal Trattato dell’Unione Europea e dalle Costituzioni nazionali. Nell’Unione Europea, al pari di tante altre regioni del mondo, sono stati fatti molti passi in avanti in decenni, evolvendo da una filosofia paternalistica ad un approccio che invece, ha permesso alle persone disabili di prendere decisioni in proprio. Il vecchio atteggiamento, basato in gran parte sulla comprensione per la loro mancanza di autonomia, è oggi considerato inaccettabile. L’obiettivo originario di riabilitare l’individuo, così da inserirlo nella società, si è evoluto al fine di adattare la società stessa alle necessità di ognuno, ivi comprese le persone con disabilità. I disabili rivendicano le stesse opportunità di accesso alle risorse sociali, come il lavoro, l’educazione scolastica e professionale, la formazione alle nuove tecnologie, i servizi sociali e sanitari, lo sport e il tempo libero, ed ai prodotti e beni di consumo.

La struttura delle nostre società comporta spesso che le persone disabili non siano in grado di esercitare pienamente i loro diritti fondamentali e vengano socialmente escluse. I dati statistici disponibili dimostrano che l’educazione e l’occupazione dei disabili sono ad un livello inferiore rispetto alla media, il che risulta inaccettabile. La discriminazione verso le persone con disabilità dipende talvolta da pregiudizi nei loro confronti, ma spesso è dovuta al fatto che i disabili sono stati a lungo dimenticati, ignorati e ciò ha permesso il costruirsi ed il rafforzarsi di barriere ambientali e di atteggiamenti sociali che impediscono ai disabili di avere un ruolo attivo nella vita pubblica.



Come accade per tutti gli ambiti della società, le persone con disabilità formano un gruppo molto diversificato; pertanto solo le politiche che rispettano tale diversità avranno un esito positivo. In particolare, i disabili aventi necessità complesse, di grave dipendenza e le loro famiglie, richiedono azioni specifiche da parte della società, mentre spesso sono le categorie di disabili più abbandonate. Analogamente, le donne con disabilità e i disabili appartenenti a gruppi di minoranza etniche devono affrontare spesso una molteplice discriminazione, derivante dall'interazione tra quella dovuta alla loro disabilità e quella suscitata dal sesso o dall'origine etnica.

La Carta dei Diritti Fondamentali (dell'Unione Europea), emanata dal Consiglio europeo di Nizza il 7 dicembre 2000, riconosce che, affinché le persone disabili abbiano pari opportunità, il diritto a non essere discriminati deve essere accompagnato dal diritto a ricevere sostegno e assistenza. Al congresso di Madrid, avvenuto nel Marzo del 2002, è stata sottolineata la nuova concezione di disabilità, in contrasto con il vecchio atteggiamento puramente assistenzialista:

- a) Non più le persone disabili oggetto di beneficenza....ma disabili come persone aventi dei diritti.
- b) Non più disabili come ammalati...ma disabili come cittadini e consumatori indipendenti.
- c) Non più professionisti che prendono le decisioni in nome dei disabili....ma decisioni e responsabilità prese autonomamente dagli stessi disabili e dalle loro organizzazioni per le questioni che li riguardano.
- d) Non più attenzione alle minorazioni puramente individuali...ma eliminazione delle barriere, revisione delle norme sociali, delle politiche, delle culture e promozione di un ambiente accessibile capace di dare sostegno.
- e) Non più l'abitudine ad etichettare le persone disabili come dipendenti dagli altri o incapaci da lavorare...ma sottolineare le loro capacità, e fornire misure attive di sostegno.
- f) Non più scelte politiche ed economiche concepite per il beneficio di pochi...ma un mondo flessibile disegnato ad uso di molti.
- g) Non più segregazioni inutili nell'ambito educativo, lavorativo e nelle altre sfere della vita...ma integrazione delle persone con disabilità nelle strutture normali.
- h) Non più la politica per le persone disabili come materia di competenza soltanto dei ministeri speciali...ma una politica per le persone disabili che sia responsabilità di tutto il governo.

Mettere in pratica queste strategie porterà beneficio non solo alle persone disabili ma a tutta la società nel suo insieme. Una società che esclude parte dei suoi membri, infatti, è una società impoverita. Le azioni volte a migliorare le condizioni delle persone disabili porteranno alla



creazione di un mondo flessibile per tutti. Quanto viene realizzato oggi per le persone disabili, avrà senso per tutti nel mondo di domani.

1.2.2 – Disabilità e classificazioni

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha elaborato nel 2001 uno strumento di classificazione che analizza e descrive la disabilità come esperienza umana che tutti possono sperimentare. Tale strumento, denominato ICF, propone un approccio all'individuo normodotato e diversamente abile dalla portata innovativa e multidisciplinare. L'ICF si delinea come una classificazione che vuole descrivere lo stato di salute delle persone in relazione ai loro ambiti esistenziali (sociale, familiare, lavorativo) al fine di cogliere le difficoltà che nel contesto socio-culturale di riferimento possono causare disabilità.

Tramite l'ICF si vuole quindi descrivere non le persone, ma le loro situazioni di vita quotidiana in relazione al loro contesto ambientale e sottolineare l'individuo non solo come persona avente malattie o disabilità, ma soprattutto evidenziarne l'unicità e la globalità. Lo strumento descrive tali situazioni adottando un linguaggio standard ed unificato, cercando di evitare fraintendimenti semantici e facilitando la comunicazione fra i vari utilizzatori in tutto il mondo. L'ICF vuole fornire un'ampia analisi dello stato di salute degli individui ponendo la correlazione fra salute e ambiente, arrivando alla definizione di disabilità, intesa come una condizione di salute in un ambiente sfavorevole. L'analisi delle varie dimensioni esistenziali dell'individuo porta a evidenziare non solo come le persone convivono con la loro patologia, ma anche cosa è possibile fare per migliorare la qualità della loro vita. Il concetto di disabilità introduce ulteriori elementi che evidenziano la valenza innovativa della classificazione:

- universalismo;
- approccio integrato;
- modello multidimensionale del funzionamento e della disabilità.

L'applicazione universale dell'ICF emerge nella misura in cui la disabilità non viene considerata un problema di un gruppo minoritario all'interno di una comunità, ma un'esperienza che tutti, nell'arco della vita, possono sperimentare. L'OMS, attraverso l'ICF, propone un modello di disabilità universale, applicabile a qualsiasi persona, normodotata o diversamente abile.

L'approccio integrato della classificazione si esprime tramite l'analisi dettagliata di tutte le dimensioni esistenziali dell'individuo, poste sullo stesso piano, senza distinzioni sulle possibili cause.



Il concetto di disabilità preso in considerazione dall'Organizzazione Mondiale della Sanità vuole evidenziare non i deficit e gli handicap che rendono precarie le condizioni di vita delle persone, ma vuole essere un concetto inserito in un continuum multidimensionale. Ognuno di noi può trovarsi in un contesto ambientale precario e ciò può causare disabilità. E' in tale ambito che l'ICF si pone come classificatore della salute, prendendo in considerazione gli aspetti sociali della disabilità: se, ad esempio, una persona ha difficoltà in ambito lavorativo, ha poca importanza se la causa del suo disagio è di natura fisica, psichica o sensoriale. Ciò che importa è intervenire sul contesto sociale costruendo reti di servizi significativi che riducano la disabilità.

1.2.3 – Gli ausili

Fin dagli albori della civiltà l'uomo ha perseguito l'obiettivo dello sviluppo tecnologico, sia per le proprie necessità immediate sia per rendere progressivamente più confortevole la propria esistenza. Tutte le fasi di tale sviluppo ruotano attorno al concetto di utensile (macchina), sistema più o meno complesso per fare quanto altrimenti non si sarebbe potuto, o per farlo con sforzi minori, evitando rischi inutili. In ogni istante della nostra vita abbiamo a che fare con utensili e macchine, la nostra interazione con l'ambiente è diventata così indiretta che nella maggior parte dei casi non potremmo, anche volendo, utilizzare solo le "mani nude" per ottenere l'effetto desiderato. Accendere la luce, rispondere al telefono, cercare qualcosa al buio aiutandosi con una torcia, lavarsi i denti: per ognuna di queste azioni semplicissime viene naturale l'uso di un particolare utensile, senza il quale l'azione stessa sarebbe difficile o impossibile. Il progresso consente di trovare soluzioni eleganti, ma bisogna aiutarsi con degli ausili. Per dirla più chiara, si è tutti disabili: senza aiuti specifici è possibile fare ben poco. Nonostante questo, si hanno sempre prevenzioni e pregiudizi verso chi, per motivi diversi, è costretto ad usar strumenti differenti dai nostri. Viene considerata anormale o diversa qualsiasi persona che trovi impossibile o scomodo da usare uno strumento di uso comune. In questo modo le persone con disabilità più o meno grave si trovano a lottare con il problema della fruibilità dei servizi, problema complicato ed oneroso. Il problema è sostanzialmente legato all'economia di scala: benchè le persone con diversi tipi di difficoltà comincino a rappresentare una fascia relativamente ampia della popolazione, tale fascia è generalmente troppo debole economicamente per far valere i propri diritti. Ecco che gli ausili per queste persone vengono da prodotti pensati per persone normodotate ma che non hanno riscosso il dovuto successo, allora l'alternativa è riadattarlo all'uso di una persona disabile. Un esempio sono gli strumenti per il



controllo ambientale, destinati al mercato consumer e riadattati al mondo degli ausili per disabili. Detto questo, c'è però da sottolineare che oggi le tecnologie informatiche, telematiche ed elettroniche sono mature e disponibili tanto da poter ipotizzare forti benefici con un uso su larga scala di ausili che permettano al disabile di interagire a diversi livelli con l'ambiente circostante, cioè di comunicare, controllare l'ambiente, potenziare o sostituire funzioni motorie, cognitive e sensoriali, nella scuola, nel lavoro, nella vita quotidiana, etc. Tali tecnologie costituiscono una incomparabile risorsa per il miglioramento della qualità della vita delle persone disabili, dai bambini agli anziani, con forti vantaggi sul piano dell'autonomia e dell'integrazione sociale. Gli ausili informatici, telematici ed elettronici presentano caratteristiche del tutto peculiari rispetto ad altre categorie di ausili:

- si tratta di soluzioni innovative e soggette ad evoluzione estremamente rapida;
- vi è una sostanziale mancanza di conoscenza e di pratica consolidata d'uso da parte di chi opera professionalmente nel mondo dell'handicap, anche dovuta al fatto che gli ausili di questo settore sono quasi totalmente esclusi dal Nomenclatore Tariffario;
- gli interventi in questo settore richiedono competenze pluridisciplinari e progetti articolati (la soluzione può richiedere oltre alla tecnologia, azioni di carattere riabilitativo, educativo, psicologico, medico,...);
- vi è la costante esigenza della personalizzazione sia riguardo agli aspetti tecnici che a quelli d'uso (si pensi per esempio alle interfacce di in/out ai computer...);

Stanno così nascendo appositi laboratori sul territorio con intento di formazione su questa categoria di ausili, personalizzazione e addestramento del disabile al suo utilizzo.

1.2.4 – Il disabile e la casa

Un ambito in cui gli ausili tecnologici hanno una diffusione molto buona, è quello della domotica; si sente molto parlare di “casa intelligente” definita come un appartamento all'interno del quale siano state impiegate tecnologie d'avanguardia per svolgere funzioni inerenti alle esigenze di chi vi abita (relativamente alla sicurezza, alle attività ricreative, al confort, alla connettività e alla responsabilità sociale). Le azioni da svolgere per poter usufruire di tale sistema sono essenzialmente di tre tipi:

- azioni relative al controllo ambientale: variare la temperatura e la luminosità del locale, aprire e chiudere porte e finestre, attivare procedure di allarme, e simili;



Capitolo 1: Introduzione

- azioni relative all'apprendimento, ad attività ricreative o di lavoro: leggere, scrivere, controllare radio e televisione, utilizzare programmi applicativi per il PC;
- azioni relative alla comunicazione, sia diretta che a distanza: parlare, parlare al telefono, fare uso di servizi telematici e così via.

In ogni caso, anche la più semplice azione dell'utente verso il sistema (input), o feedback del sistema verso l'utente (output), presuppone un'interazione che, nel caso del normodotato, è realizzata con soluzioni che fanno parte di un patrimonio tecnico molto ben consolidato. In particolare, l'utilizzo agevole di periferiche di tipo domestico presuppone, da parte dell'utente "tipico", le seguenti capacità minime:

- spostarsi all'interno dell'appartamento con discreta velocità;
- essere in grado di raggiungere fisicamente le postazioni di comando e controllo;
- adoperare bottoni, tiranti, pulsanti, leve ed altri simili dispositivi di accensione, spegnimento e regolazione;
- utilizzare tastiere (a pulsanti o a membrana);
- utilizzare dispositivi di puntamento e selezione di vario genere;
- avere una capacità visiva sufficiente a riconoscere i sistemi di comando e distinguere i caratteri dei più comuni tipi di schermo retroilluminato o display LCD;
- avere una buona capacità uditiva;
- avere linguaggio intelligibile ed adeguato agli usi più comuni, oltre che di livello sonoro sufficiente.

Tutti gli elettrodomestici della casa (intelligente o meno) sono già necessariamente dotati di opportuni sistemi di relazione con l'esterno, per il comando e la regolazione. Dal punto di vista concettuale, anzi, è sempre possibile distinguere i due blocchi di attuazione e di interazione con l'utente. La distinzione fatta è di particolare importanza perchè consente di osservare come il sistema di accesso vero e proprio (cioè il blocco di relazione con l'utente) sia sempre separato dal sistema di attuazione della periferica. Il collegamento avviene per mezzo di un'interfaccia fisica che è comunemente inaccessibile all'utente disabile. Per fare un esempio, un apparecchio telefonico ha un sistema di accesso costituito dai pulsanti del tastierino numerico e dal microfono della cornetta (input) e dall'altoparlante della cornetta (output). Il sistema di accesso è collegato al blocco funzionale tramite una serie di connessioni interne all'apparecchio. Alla luce di quanto detto, risulta ovvio che una strategia di fruibilità globale delle periferiche passa attraverso le tre strade complementari seguenti:



1. diversificare i sistemi di accesso in funzione della specifica situazione clinica dell'utente (cioè ricorrere al sistema di accesso più adeguato in riferimento all'utente, in modo da poter sfruttare nel miglior modo possibile le risorse di ognuno);
2. rendere visibile ed accessibile (all'esterno dell'apparecchio) le interfacce di collegamento tra il sistema di accesso ed il blocco funzionale di ogni periferica;
3. unificare, per quanto possibile, le interfacce fisiche di collegamento tra i diversi dispositivi domestici, per consentire all'utente di utilizzare lo stesso sistema di accesso per la maggior parte delle periferiche

Per continuare l'esempio di prima, sarebbe opportuno che l'apparecchio telefonico fosse dotato (oltre all'insieme usuale di comandi) anche di una serie di interfacce fisiche standard per il collegamento di sistemi di accesso alternativi (prese stereo, connettori seriale e così via). In tal modo ogni utente con disabilità sarebbe sicuro di poter facilmente collegare il proprio specifico sistema di accesso (personale e trasparente alle periferiche) all'interfaccia di collegamento di ogni singolo dispositivo acquistato.

1.3 – Scopo della tesi

Questa tesi si propone lo scopo di progettare e realizzare un circuito elettronico atto alla trasmissione dati, mediante un canale monodirezionale di comunicazione ad infrarosso, a un dispositivo di controllo domotico. Tale lavoro fa parte di un progetto ben più esteso, quale l'automatizzazione di un appartamento messo a disposizione dal Comune di Ferrara. Questo lavoro è rivolto soprattutto ai disabili che hanno problemi di mobilità, per cui tra le tante difficoltà che si trovano ad affrontare ogni giorno, c'è anche l'uso dei dispositivi e degli accessori che hanno ormai invaso le abitazioni e di cui non è possibile farne a meno. L'automatizzazione dell'abitazione verrà realizzata tramite una serie di sensori, attuatori e un dispositivo di controllo con un'opportuna interfaccia utente. Per la realizzazione dell'impianto domotico si è scelta come unità di controllo una centralina domotica basata sul protocollo di comunicazione X-10 prodotta dalla Marmitek. L'interfaccia utente di tale centralina è costituita da una porta di comunicazione infrarosso, che riceve i comandi dal proprio telecomando tramite un protocollo di comunicazione proprietario della Marmitek.

Il lavoro di questa tesi consiste nel progettare e realizzare un dispositivo di controllo a distanza capace di comunicare con la centralina per trasmettere le opportune istruzioni, così come avviene



con l'attuale telecomando in dotazione, ma la differenza sostanziale è che il circuito progettato in questa tesi in fasi successive verrà adattato alla ricezione dei comandi non più tramite tasti ma per mezzo di un pannello touch screen opportunamente progettato.

La progettazione comprende:

- l'individuazione e lo studio del protocollo infrarosso utilizzato dall'unità di controllo domotica Marmitek per comunicare con il proprio telecomando;
- la scelta dei componenti più opportuni per gli obiettivi da raggiungere. In particolar modo, la scelta del microcontrollore e del suo linguaggio di programmazione, la scelta del transceiver ad infrarosso e dei vari componenti (quali resistenze, condensatori, transistor, etc...) che serviranno ad interconnettere le parti principali e garantire un corretto funzionamento del circuito;
- la scrittura di un firmware che controlli le varie parti del circuito e, soprattutto, si occupi della corretta trasmissione dei dati;
- la stesura di uno schema elettrico e di uno PCB, per una successiva realizzazione su circuito stampato.

I software utilizzati sono:

- CIRCAD per quanto riguarda la stesura dello schema elettrico e del PCB.
- PCW della CCS come compilatore C
- MPLAB per trasferire il software compilato dal PC al micro, utilizzando il programmatore MPLAB ICD2.

La tesi è stata così strutturata.

- Nel primo capitolo introduttivo è stata illustrata una panoramica generale della situazione per quanto riguarda la disabilità, per arrivare ai problemi che il disabile incontra in casa e quindi alla risposta a questi problemi cioè la domotica. Inoltre si è fatto un breve excursus della radiazione infrarossa, dalla storia alle applicazioni.
- Nel secondo capitolo si sono descritte le caratteristiche di un sistema domotico focalizzandosi sui dispositivi X-10.
- Nel terzo capitolo si sono descritti i più importanti protocolli di comunicazione infrarossi, tra cui l'IRDA, e illustrato il lavoro svolto per ricavare il protocollo utilizzato dalla Marmitek.



- Nel quarto capitolo è stato affrontato il progetto vero e proprio illustrando le varie fasi progettuali che hanno portato alla realizzazione del telecomando.
- Infine nel quinto capitolo sono state inserite le conclusioni di fine progetto illustrando i risultati ottenuti ed in particolare quelli che sono gli sviluppi futuri.

Dopo l'ultimo capitolo si trovano le appendici con il firmware realizzato, i layout del PCB della scheda, lo schema elettrico e i datasheet dei componenti utilizzati.



Capitolo 2: Domotica e sistemi X-10

2.1 – Domotica

2.1.1 – Introduzione alla domotica

La domotica è la disciplina che si occupa dell'integrazione delle tecnologie che consentono di automatizzare una serie di operazioni all'interno della casa. Il termine *domotica* deriva dall'importazione del neologismo francese *domotique*, a sua volta contrazione della parola greca *domos* (casa, edificio) e di *automatique* (automatica, o secondo alcuni *informatique*, informatica), quindi letteralmente casa automatica. Inoltre la *Domus* non è la casa in senso popolare (*Insulae*) ma padronale, dal greco: *Domos*. In Francia esiste anche il termine *immotique* non importato in Italia, che definisce in un unico termine un edificio domotico o un insieme di edifici domotici. Gli antichi romani ritenevano con il loro motto “*non domo dominus sed domino domus*” che non deve essere la casa a dominare e possedere la persona, ma è il padrone che deve possederla e governarla. Infatti in senso stretto la domotica è quella disciplina che nasce per automatizzare ed integrare le funzionalità di un ambiente domestico, per apportare alla vita di tutti i giorni comodità, sicurezza ed ottimizzazione degli spazi.

2.1.2 – Evoluzione della domotica

La domotica nacque intorno agli anni '70 con lo studio e la realizzazione dei primi progetti che consentivano la connessione di alcuni sistemi: impianto d'illuminazione, impianto di sicurezza, climatizzazione e condizionamento, dando all'utente la possibilità di automatizzarne alcune funzionalità. Superata una prima fase, dove si realizzavano più prototipi che veri e propri prodotti, ormai si è raggiunto un nuovo concetto di domotica: una serie di prodotti standard con caratteristiche di interfacciabilità e flessibilità, concepiti per l'automazione, la comunicazione e l'entertainment che possono essere connessi tra loro per comunicare e possono dialogare con l'esterno grazie ai protocolli internet o GSM per poter usufruire di vantaggiosi servizi. Domotica,



quindi, come interazione tra la casa e i suoi abitanti, volta a migliorare l'accessibilità e la vivibilità dell'abitazione, per consentire perciò a tutti i membri della famiglia di avere una propria autonomia nella vita quotidiana. La casa "intelligente" non deve essere vista come un lusso per pochi perchè risponde alle differenti esigenze di tutte le fasce di popolazione, in particolare può risolvere molti problemi di anziani e disabili. Oggi le case sono ricche di apparecchi dotati di unità di elaborazione sempre più evolute, la tendenza negli ultimi anni è di dotare tali dispositivi anche della capacità di comunicare tra loro e con il mondo esterno. Grazie ad efficaci sistemi di elaborazione e comunicazione dei dispositivi presenti in una casa è possibile la progettazione e la realizzazione di sistemi integrati di automazione domestica sempre più complessi e utili alla vita dell'uomo nella propria abitazione.

2.1.3 – Ambiti applicativi della domotica

Gli ambiti applicativi della domotica sono principalmente quattro: risparmio energetico, comfort, sicurezza, safety.

Con un sistema domotico è possibile controllare direttamente tutti gli apparecchi collegati al sistema elettrico, perciò si possono gestire direttamente tutti i dispositivi e gli interruttori del sistema d'illuminazione, che talvolta capita di dimenticare accesi. In questo modo non si può che avere un risparmio di corrente elettrica e di conseguenza un risparmio monetario. Sicuramente il comfort è importante per la vita, e la domotica risponde a queste esigenze permettendo una maggiore vivibilità della propria casa, perciò si ha la possibilità di vivere nella maniera migliore avendo a disposizione la possibilità di controllare la propria casa anche a distanza tramite la rete internet o la rete radiocellulare.

La sicurezza viene considerata sia come fisica che telematica, quindi la domotica ha anche il compito di difendere la nostra casa e renderla sicura, proteggendola dalle intrusioni fisiche esterne con i sistemi antifurto e con i sistemi per il controllo degli accessi, mentre con dei firewall e con dei codici di identificazione per quanto riguarda la rete collegata a internet da cui possono arrivare minacce digitali.

La safety non è una ripetizione del punto precedente, ma si vuole intendere la sicurezza personale degli abitanti della casa, che viene tutelata da eventuali malfunzionamenti di apparecchiature danneggiate e potenzialmente dannose. Per questo la domotica gestisce anche l'impianto antincendio, antiallagamento, etc.



Tra i requisiti appagati da molti degli attuali sistemi domotici è possibile trovare:

- **adattabilità**, intesa come elasticità del sistema domotico ai cambiamenti delle condizioni operative che si riferiscono per lo più all'aggancio e sgancio a caldo di dispositivi ed elettrodomestici;
- **nomadicità**, intesa come la capacità di poter gestire stessi dispositivi su una o più reti domotiche;
- **reattività**, intesa come reazione del sistema agli eventi fisici percepibili dall'uomo;
- **scalabilità**, intesa come la possibilità di accrescere o ridurre la rete domotica e il numero di dispositivi che popolano la casa senza pregiudicare il corretto funzionamento del sistema;
- **tempo reale**, riferito all'interazione del sistema con l'uomo che deve essere la più veloce possibile, l'uomo infatti è abituato ad interagire con gli oggetti e con le funzioni della propria abitazione in tempo reale;
- **trasparenza**, la domotica non mira pienamente a raggiungere questo requisito ma si limita a realizzare sistemi non troppo intrusivi anche se questo è un requisito importante per i sistemi di assistenza a disabili e anziani.

Ci sono poi altri requisiti che però rimangono solo desiderati perché ancora irrealizzabili, come l'eternità dei sistemi domotici o l'integrazione totale.

2.1.4 –I vantaggi della demotica

I vantaggi per la gestione della casa sono molteplici e coprono una vasta gamma di settori.

Alcune di queste consistono nel :

- monitoraggio delle condizioni ambientali;
- controllo accurato e puntuale dell'energia con profili finalizzati al risparmio energetico;
- regolazione del sistema di condizionamento, dell'impianto d'illuminazione, degli elettrodomestici e dei sistemi di sicurezza;
- gestione degli allarmi tecnici volti a preservare la salute degli occupanti e la sicurezza delle strutture edilizie ed impiantistiche;
- gestione dei carichi elettrici contro sforature dei limiti contrattuali di potenza elettrica;



- simulazione del regime di occupazione nei periodi in cui l'abitazione non è presidiata.

Uno dei principali vantaggi della domotica è quello di poter costruire la propria casa a misura d'uomo. Il mondo della domotica si avvicina perciò al mondo dei disabili che a causa dei loro handicap si trovano spesso in casa loro bloccati come in una prigione. La domotica vuole permettere a chiunque di poter interagire con tutte le apparecchiature presenti nelle nostre case.

Con il passare del tempo c'è stato un invecchiamento progressivo degli individui e un innalzamento quindi dell'età media della popolazione, questo ha sicuramente portato anziani e domotica ad un avvicinamento. Infatti si vuole rendere la vita di tutti, anziani e disabili innanzitutto, più confortevole. La domotica, ossia la gestione elettronica degli elettrodomestici e degli impianti, consente di creare una casa nella quale vivere bene invecchiando meglio. Nella casa domotica, con un semplice telecomando si possono gestire l'impianto d'illuminazione, di sicurezza, delle telecomunicazioni, del riscaldamento, dell'aria condizionata e più in generale, di qualsiasi componente alimentato dall'energia elettrica.

Alcuni dispositivi domotici che sicuramente rendono più semplice ad anziani e disabili l'esecuzione di azioni normalmente banali, come salire le scale o salire e scendere dal letto, sono ad esempio:

- le tapparelle automatiche: l'applicazione di un motorino alle tapparelle delle finestre consente di alzarle e abbassarle tenendo premuto un pulsante;
- il montascale elettrico: è una pedana o una poltrona fissata alla rampa delle scale che permette di salire o di scendere stando seduti;
- il sollevatore per la vasca da bagno: è un seggiolino posto all'interno della vasca che con un telecomando si alza e si abbassa;
- il letto elettrico: è un letto con le sponde a scomparsa, senza gli spigoli e dotato di un motore che permette di regolarne l'altezza con un pulsante;
- il videocitofono: consente di rispondere al citofono e di vedere con chi si sta parlando, può essere installato in tutte le stanze e permette di aprire la porta di casa senza scomodarsi.

E questi non sono che alcuni esempi dei dispositivi che possono aiutare a vivere meglio all'interno delle proprie case anche coloro che hanno più difficoltà in condizioni normali. Per queste persone con problemi particolari è stata prevista anche una legge, ed in particolare la legge 13/1989, che prevede contributi economici per l'eliminazione delle barriere architettoniche degli edifici privati, con la quale è possibile ottenere dei contributi per l'acquisto di apparecchiature domotiche. Inoltre



l'installazione di prodotti domotici può rientrare nelle agevolazioni fiscali previste per la ristrutturazione della casa, qualora consenta una maggiore autonomia della persona anziana e/o con disabilità. Il requisito di trasparenza è fondamentale nella progettazione e nella realizzazione di un sistema di assistenza ad anziani e disabili. Tali persone infatti non possono in alcun modo essere gravate dal peso della tecnologia. Per questo motivo è obbligatorio realizzare un sistema il meno intrusivo possibile, in cui le interazioni utente-macchina siano il più semplice possibili. L'apprendimento, deve essere spostato dall'utente al dispositivo: questo tipo di utente non deve saper usare il sistema, ma piuttosto il sistema stesso deve adattarsi alle esigenze del fruitore. Inoltre, la mancanza di trasparenza, ovvero l'intrusione eccessiva del sistema nella vita dell'utente potrebbe condizionare i suoi comportamenti e non è certo questo un obiettivo della domotica.



Fig 2.1.4 Esempio di casa domotica

2.1.5 – Integrazione

Una scelta tecnica di particolare rilevanza è costituita dal come verranno associati e successivamente raggruppati i vari impianti di un edificio. In base a questa scelta di integrazione, il progetto dell'intero impianto domotico può svilupparsi su un versante o su un altro, dando diverse soluzioni a parità di apparati utilizzati. Esistono diverse soluzioni a questo problema, e di seguito, a titolo di esempio, verrà illustrata un'integrazione per aree funzionali.

Integrazione per aree funzionali:



- Gestione dell'ambiente:
 - Distribuzione energia
 - Climatizzazione
 - Riscaldamento dell'acqua sanitaria
 - Illuminazione
 - Azionamento da remoto di sistemi di apertura e di ingresso

- Comunicazione ed informazione:
 - Comunicazione via telefono per acquisiti, prenotazioni, etc.
 - Comunicazioni interne
 - Trasmissione dati per controlli sanitari e telemedicina
 - Trasmissione dati per attività lavorativa e di istruzione
 - Informazioni e svago con televisori
 - Trasmissione dati per attività lavorativa e di istruzione
 - Informazioni e svago con televisori

- Sicurezza :
 - Protezioni di tipo antifurto, antintrusione e antirapina
 - Protezione antincendio, antiallagamento, antiterremoto e da fumo, gas e scariche elettriche
 - Telesoccorso e assistenza disabili, anziani, persone sole o ammalate

Sempre a titolo di esempio è riportata “l'integrazione per settore merceologico dominante”, ovvero la suddivisione degli apparati domotici in una delle seguenti classi di appartenenza:

- Informatica
- Telecomunicazioni
- Elettronica di consumo e svago
- Elettrodomestici
- Impianti di climatizzazione
- Impianti di distribuzione dell'energia
- Robotica domestica
- Impianti di sicurezza



I sistemi possono essere suddivisi in base alla loro architettura (cioè in base al modo in cui sono collegati e comandati i vari dispositivi) ed in base a dove è localizzata la “capacità decisionale” del sistema.

Si possono distinguere tre tipi di architetture:

- architettura centralizzata;
- architettura distribuita,
- architettura mista.

Nell’architettura centralizzata esiste un’unica unità decisionale (tipicamente una centralina) che a seconda dei casi, può essere suddivisa in più unità intelligenti, può avere diversi livelli gerarchici e a volte è anche distribuita fisicamente con una logica master/slave. I dispositivi distribuiti in campo possono essere dotati di una propria capacità di autodiagnosi e di autoconfigurazione ma non sono in grado di prendere decisioni, delegando questa funzione. In questo scenario, i messaggi provenienti dai sensori e diretti agli attuatori sono sempre elaborati dall’unità centrale che, in base ad un programma residente nella sua memoria, prende le decisioni del caso. In questo tipo di architettura appare evidente che il punto debole del sistema è rappresentato dalla centralina che, in caso di guasto, rischia di rendere inutilizzabile tutto l’impianto. I costruttori di questo tipo di sistemi sono ben coscienti di questo rischio ed in fase di progettazione, hanno posto in essi una serie di accorgimenti che hanno permesso di ridurre drasticamente il pericolo di black-out totali. I vantaggi dell’architettura centralizzata sono la facilità di programmazione e di riconfigurazione, il minor costo ed il buon livello di integrazione delle funzioni.

Nell’architettura distribuita invece, tutti i dispositivi sono “intelligenti” e sono quindi in grado di eseguire una serie di funzioni in modo totalmente autonomo. Ad ogni componente in campo viene prima assegnato un indirizzo univoco (per poterlo identificare nella rete) e poi viene programmato per eseguire determinati comandi e svolgere certe funzioni. In questo tipo di architettura, i dispositivi in campo si parlano tra di loro attraverso una messaggistica standardizzata che permette di creare dei collegamenti (associazioni) di tipo logico tra i componenti senza particolari limiti. Tra i vantaggi di questa architettura si possono citare la grande flessibilità, l’affidabilità e le prestazioni che però vanno a scapito dei costi e di una maggiore complessità in fase di programmazione.

Nell’architettura mista esiste un cablaggio principale a livello di fabbricato che ha caratteristiche simili all’architettura distribuita che poi si collega, attraverso interfacce, ad una serie di centraline dislocate nell’edificio. Si tratta di un’architettura molto efficiente e performante che però trova la sua applicazione nell’automazione di grandi edifici con esigenze particolari.



Il controllo dei vari componenti della casa è caratterizzato da due problemi fondamentali, che diventano tre nei casi di un impianto domotico centralizzato o misto:

- cosa deve fare l'unità centrale di controllo, problema presente nei casi centralizzati e misti;
- quali devono essere i mezzi trasmissivi;
- quali devono essere le caratteristiche delle varie periferiche.

Per quanto riguarda il sistema di collegamento e trasmissione dati, attualmente si hanno due linee di approccio al problema:

- utilizzare una rete ex-novo, in cui è possibile integrare all'interno di un cavo una o più linee, ad esempio è possibile utilizzare un cavo dove all'interno si trova la linea telefonica e la linea di alimentazione;
- utilizzare la rete domestica già esistente attraverso il sistema delle onde convogliate.

Relativamente all'architettura del sistema vi sono due diverse tendenze da parte degli operatori di settore:

- realizzazione da zero di un sistema progettato per essere integrato;
- trasformare gradualmente le varie apparecchiature presenti nella casa in un sistema integrato introducendo la "comunicazione" tra essi.

Quest'ultima tendenza è quella più realizzabile. Si ha quindi una graduale evoluzione di apparecchi tra loro incompatibili verso un sistema integrato multifunzionale e modulare. Il sistema ha una capacità di interattività globale elevata sia con l'interno che con l'esterno, se sono presenti adeguate infrastrutture pubbliche di comunicazione.

2.1.6 – Difficoltà nella realizzazione di un impianto integrato

Al giorno d'oggi la creazione di un impianto integrato presenta diverse problematiche. Sicuramente la mancanza di una cultura sull'argomento degli utenti finali non aiuta a far decollare la domanda, insieme all'assenza di uno standard unico e i costi ancora elevati. Quello che però inibisce maggiormente lo sviluppo è la carenza di conoscenza degli installatori. E' essenziale quindi una formazione degli installatori, che per tradizione si occupano di impiantistica specializzata e non integrata. Ovviamente non si chiede che gli installatori di impianti di automazione domestica sappiano eseguire tutti i tipi di impianti presenti in una casa, ma devono saperne programmare la gestione ed il controllo tra i vari impianti, ad esempio un installatore di impianti di condizionamento



non deve necessariamente saper installare l'intero impianto domotico, ma deve quanto meno saper interfacciare l'impianto di condizionamento con gli altri impianti presenti nell'edificio o con l'unità centrale di controllo. Dopo aver individuato gli obiettivi che si deve porre un impianto di automazione domestica si passa all'individuazione delle tecnologie trasmissive attraverso le quali far comunicare i vari elementi, e i protocolli di comunicazione.

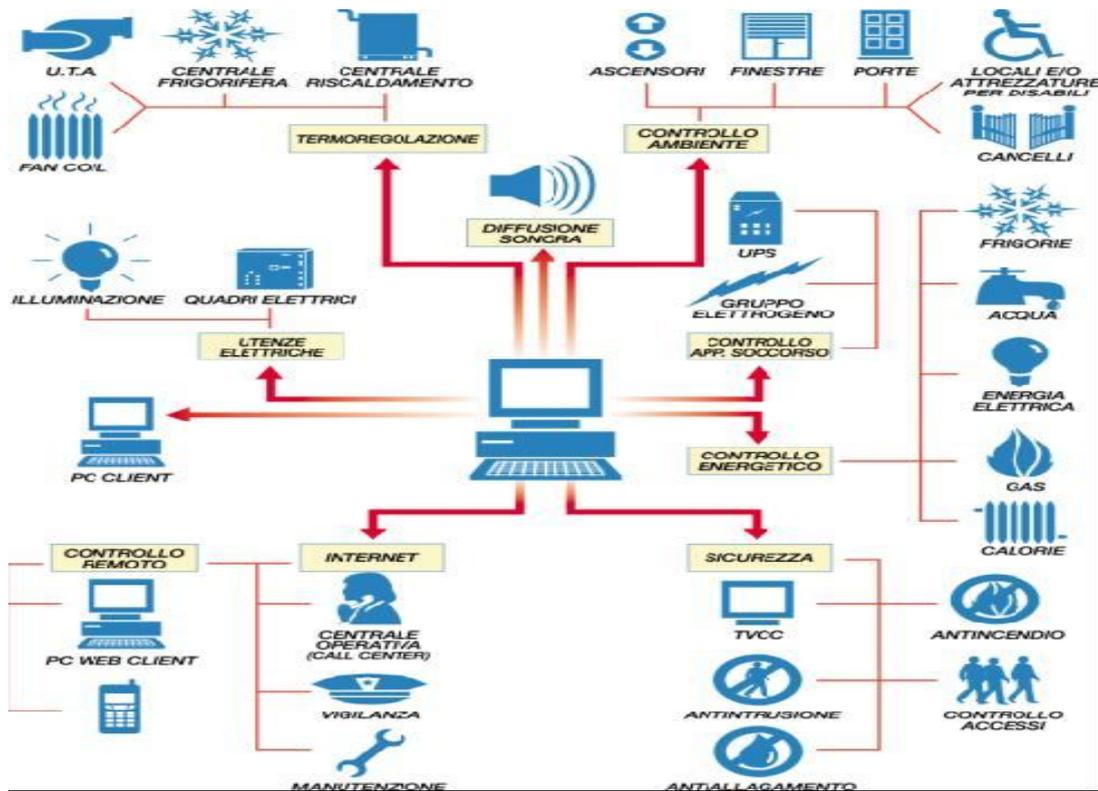


Fig. 2.1.6 Schema di un impianto domotico perfettamente integrato.

2.1.7 – Tecnologie di trasmissione

La tecnologia di trasmissione è lo strumento attraverso il quale avviene la comunicazione tra i dispositivi collegati in un impianto di domotica. Attualmente sul mercato sono presenti quattro tipi di tecnologie trasmissive:

1. Linee telefoniche



Questa soluzione permette di sfruttare l'impianto telefonico della casa per collegare i vari dispositivi. Questo tipo di tecnologia permette quindi di non dover creare nuovi impianti, purtroppo però, dato che le linee telefoniche attuali sono realizzate essenzialmente per la trasmissione del segnale vocale, non sono adatte per trasmissione dati ad alta velocità.

2. Onde convogliate su linea elettrica

Questo tipo di soluzione permette di sfruttare le linee preesistenti come nel caso precedente. I problemi in un sistema di questo tipo sono relativi a: rumori, interferenze, attenuazione, variazioni di impedenza, riflessioni per impedenza. Inoltre non è stato ancora creato un prodotto in grado di permettere alte velocità di trasmissione, nel rispetto delle normative vigenti in Italia, in una linea di questo tipo.

3. Radiofrequenza

Si tratta della tecnologia attualmente in fase di maggior sviluppo, per la trasmissione di dati e voce. In molte situazioni permette di creare una soluzione conveniente ed economica per la costruzione di una rete in casa o in piccoli uffici.

4. Sistemi BUS

In sistemi di questo tipo i dispositivi sono collegati tra loro attraverso una linea particolare detta BUS che si preoccupa sia del trasporto dei dati che di fornire alimentazione. Il BUS è generalmente costituito da un doppino non schermato al quale sono connessi in parallelo i dispositivi del sistema.

I vantaggi di un sistema di questo tipo sono:

- semplicità: si utilizza un unico cavo per collegare tutti i dispositivi;
- sicurezza: l'utente utilizza dei dispositivi a bassa tensione di alimentazione per utilizzare il sistema;
- flessibilità: si può modificare in qualsiasi momento la configurazione del sistema variando la programmazione dei dispositivi o aggiungendone altri;



- continuità di funzionamento: si può sostituire tranquillamente un dispositivo difettoso senza bloccare il sistema;
- economicità: si ha un solo cavo, di conseguenza diminuiscono i costi di manodopera.

2.2 – Gli standard domotici

Esistono attualmente numerosi standard utilizzati nel campo dell'automazione domestica, ed uno dei fattori che ha contribuito a rallentare la crescita di questo settore è proprio l'incertezza su quale di essi prevarrà e diventerà lo standard di mercato. In questo paragrafo si darà una panoramica, senza entrare troppo nel dettaglio, di alcuni dei principali standard e delle loro caratteristiche e peculiarità.

- **BatiBus:** sviluppato nel 1989 su iniziativa di MERLN GERIN, AIRLEC, EDF e LANDIS & GYR, Batibus utilizza un doppino per collegare e permettere il transito di comandi e dati tra Cpu, sensori ed attuatori, che compongono un sistema di automazione domestica. La connessione tra i dispositivi segue una topologia libera. Ha partecipato, insieme a EIB ed EHS , al processo detto “Convergenza” che ha portato nel Maggio del 1999 alla fusione dei tre standard di partenza, ed alla nascita di KNX (Konnex).
- **Cebus:** sviluppato dall'associazione americana EIA (Electronic Industries Association) il Consumer Electronic Bus è uno standard integrato multimediale per sistemi di Home Automation che ha caratteristiche di flessibilità e modularità. I dispositivi che lo impiegano devono tuttavia possedere sufficiente potenza di elaborazione per poter gestire i dati in transito sulla rete.
- **EIB:** il protocollo EIB (European Installation Bus) è stato sviluppato da un pool di aziende leader nei settori dei materiali e componenti per l'installazione elettrica, per soddisfare le esigenze legate all'automazione delle case, degli uffici ed degli edifici in genere. EIB è uno standard aperto e disponibile a tutti i costruttori che intendono fornire soluzioni innovative nel settore dell'automazione degli edifici. EIB è implementabile su: doppino; powerline (onde convogliate su rete elettrica); EIB.net (Ethernet); radio frequenza; infrarosso. Attualmente è confluito, in seguito al processo di “Convergenza” con gli standard Batibus ed EHS, nel nuovo standard KNX (Konnex) che si propone diventare il sistema di riferimento europeo per l'automazione domestica.



- **EHS:** le specifiche EHS (European Home System) , sviluppate in seno al progetto europeo ESPRIT da esperti delle principali industrie e grazie ad una collaborazione governativa, definiscono il modo con cui i dispositivi elettrici ed elettronici presenti all'interno e all'esterno di un'abitazione, possono comunicare tra loro, utilizzando tutti i media comunemente disponibili. Il sistema può controllare milioni di indirizzi, corrispondenti ad altrettanti dispositivi collegati alla rete, riuniti in gruppi di 256 elementi. EHS dispone di funzionalità Plug&Play e di un efficace metodo di correzione degli errori, allo scopo di assicurare un'alta affidabilità.
- **HBS:** nato nel settembre 1988 come risposta all'europeo EHS e all'americano CEBus, l'Home Bus System è la soluzione proposta da un consorzio di società giapponesi (l'Electronic Industries Association of Japan) al problema della standardizzazione, con il contributo di agenzie governative ed associazioni commerciali. Utilizza un cablaggio formato da due cavi coassiali e da otto coppie di cavo twisted-pair a cui vengono collegate apparecchiature audio/video, telefoni ed altri dispositivi.
- **HES:** l'Home Electronic System è uno standard internazionale per automazione domestica, che viene attualmente sviluppato da un gruppo di esperti provenienti da Nord America, Europa ed Asia. Gli esperti sono organizzati in un gruppo di lavoro noto come ISO/IECJTC1/SC25/WG1 che ha il compito di definire lo standard e sottoporlo alle nazioni partecipanti per essere approvato. Allo scopo di individuare soluzioni hardware e software che permettano ai produttori di offrire dispositivi che possano operare con reti domestiche di varia natura, il gruppo di lavoro si prefigge di specificare: un'interfaccia universale, un linguaggio di comunicazione e un Gateway residenziale per connettere la rete domestica con le reti esterne dei service providers.
- **Home Plug and Play:** le specifiche home plug and play, che rientrano tra gli standard definiti del CEBus Industrial Council, regolano i meccanismi di interazione ad alto livello tra dispositivi ed applicazioni home automazione (HA). Questo significa che i costruttori potranno sviluppare i prodotti senza conoscere nel dettaglio il funzionamento di altri apparati similari garantendone nel contempo compatibilità ed interoperabilità.
- **KNX:** è nato in seguito alla fondazione dell'associazione Konnex, avvenuta nel maggio del 1999 da parte di EIBA, BCI ed EHSA con lo scopo di realizzare e promuovere uno "standard unico" per applicazioni di Home e Building Automation. E' basato sulle migliori caratteristiche delle tre tecnologie di partenza e, di fatto, sul cuore dello



standard EIB, con cui mantiene una totale compatibilità; integra inoltre le modalità di configurazione e i mezzi trasmissivi di BatiBus ed EHS. I componenti, realizzati da costruttori diversi, vengono garantiti, dopo una procedura di certificazione operata dall'associazione Konnex, per essere interoperabili, cioè per funzionare correttamente senza necessità di realizzare interfacce. Sono previste tre modalità di configurazione dei dispositivi Konnex:

1. "S-mode" (System mode), adatta ad integratori di sistema che possono ottenere funzioni complesse utilizzando un tool software (ETS);
2. "E-mode" (Easy mode) che permette agli installatori una rapida configurazione dell'impianto, rinunciando ad alcune funzionalità;
3. "A-mode" (Automatic mode) pensate per gli utilizzatori finali e per un uso Plug & Play di dispositivi consumer.

Lo standard KNX offre i seguenti mezzi trasmissivi:

1. doppino ritorto (Twisted pair, type 0 e 1);
 2. modulazione su rete elettrica (powerline) a 110 KHz e 132 KHz;
 3. radio frequenza a 868 MHz.
- **LonWorks:** la tecnologia LonWorks, creata dieci anni fa da Echelon Corporation, costituisce una piattaforma completa, indipendente del tipo di dispositivo scelto, ed aperta per la gestione di dispositivi connessi in rete. I protocolli possono essere implementati da chiunque su ogni tipo di processore senza riconoscimento di royalties: i prodotti che seguono le linee guida LonWorks per l'interoperabilità, possono dopo una fase di test fare uso del logo LonWorks. La Neuron Chips ne ha implementato i protocolli in un chip che viene costruito da Toshiba, Cypress e Motorola e che già è stato utilizzato in più di 8 milioni di dispositivi in tutto il mondo.
 - **UPnP:** l'iniziativa Universal Plug and Play, che adotta protocolli web standard, permette a un'ampia gamma di dispositivi di riconoscersi e di comunicare direttamente tra di loro o attraverso apparecchiature intermedie come PC e set-top box. Questa tecnologia è supportata da Microsoft, cui si sono unite 250 altre società nei settori dell'elettronica di consumo, informatica, sicurezza, reti, dispositivi per la casa ed automazione domestica, che formano l'Universal Plug and Play Forum.
 - **VESA:** lo standard VESA Home Network (VHN) consente un trasferimento di informazione tra ogni apparecchiatura digitale connessa in un'abitazione. Fornisce interoperabilità tra dispositivi collegati a reti di tipo diverso, comprendenti reti a banda



stretta o ampia. Dà inoltre la possibilità di avere un controllo utente-dispositivo, dispositivo-dispositivo e dei servizi di gestione della rete, più un'interfaccia comune tra Gateways Residenziali che collegano i dispositivi nella casa alle reti di accesso.

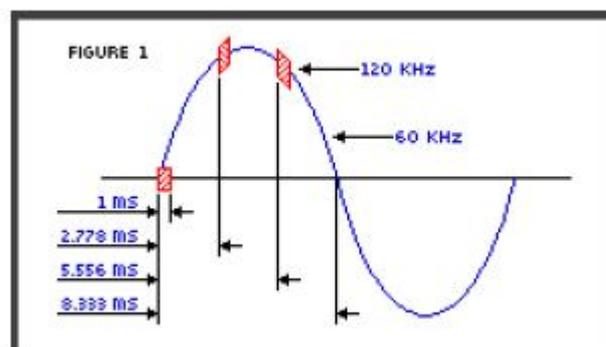
- **MyHome BTicino:** Nato dall'evoluzione del bus SCS che BTicino ha immesso sul mercato oltre 10 anni fa, il sistema MyHome ha conquistato ampi spazi di mercato e deve il suo successo ad una serie di fattori ben precisi; si tratta infatti di un prodotto modulare, fortemente orientato alla home automation, con una particolare attenzione all'aspetto estetico e costantemente aperto all'innovazione. Dal punto di vista tecnico si tratta di un bus proprietario basato su un cavo twistato a due connettori che oltre a fornire alimentazione per i dispositivi a bus, serve anche per il trasporto dei comandi digitali che transitano tra un dispositivo e l'altro. La configurazione del sistema avviene attraverso dei semplici ponticelli che permettono di creare le associazioni tra sensori ed attuatori ed a breve saranno disponibili sul mercato dei dispositivi con la configurazione residente su una memoria interna. La definizione di bus proprietario non deve in questo caso far pensare ad un sistema chiuso ma tutt'altro; oltre infatti ad una serie di interfacce che permettono l'interconnessione con altri bus, è stato recentemente immesso sul mercato un dispositivo che attraverso un linguaggio rilasciato gratuitamente alla comunità open-source, permette di realizzare degli applicativi software che interagiscono con l'impianto domotico MyHome.
- **X-10 :** è uno standard nato negli Stati Uniti e pensato per comandare a distanza gli interruttori opportunamente dislocati in un'abitazione. Destinato all'Home Automation, i suoi punti di forza sono il costo contenuto e la semplicità di gestione. Il sistema consta di una centralina collegata ad una normale presa della rete elettrica, comandabile da una console su cui sono concentrati un numero di pulsanti che servono a gestire gli interruttori desiderati. Nella centralina è inserito un circuito elettronico che permette di inviare comandi, tramite onde convogliate. I ricevitori invece si inseriscono nelle prese elettriche e hanno il duplice compito di fornire a loro volta corrente elettrica ai dispositivi da pilotare, e di commutare i segnali, trasmessi dalla centralina su onde convogliate, in comandi destinati allo specifico dispositivo. I ricevitori sono predisposti affinché si possa selezionare una lettera compresa tra la A e la P e un numero dall'1 al 16. La fase di configurazione consiste proprio nell'assegnare a ciascun ricevitore, o gruppo di ricevitori, un "indirizzo", scegliendo opportunamente la lettera e il numero,



per cui è possibile comandare fino ad un massimo di 256 dispositivi, o gruppi di dispositivi.

2.3 – Lo standard X-10

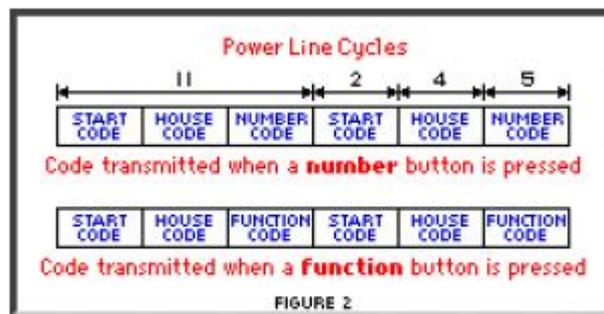
Anche se originalmente il protocollo X-10 è stato sviluppato in Europa da un'azienda scozzese nel 1976, il relativo mercato principale oggi è degli Stati Uniti. Il protocollo X-10 fa comunicare i trasmettitori e i ricevitori trasmettendo i segnali sui fili della linea elettrica, sovrapponendo alla sinusoide di alimentazione il segnale di comando modulato alla frequenza di 120 KHz e poi è compito del ricevitore dopo opportuno filtraggio e demodulazione verificarne la correttezza. Funzionamento analogo a quanto avviene su una rete telefonica dove segnale dati (ADSL) e segnale audio (telefono) viaggiano sulla stessa portante fisica, ma la differenza sostanziale è la differenza di potenze in gioco. Infatti al fine di non “confondere” il segnale X-10 con la sinusoide a 50 Hz della rete elettrica, si trasmettono dei burst proprio quando il segnale elettrico è vicino allo zero. La tecnica di sincronizzazione appena accennata prende il nome di *zero crossing*, letteralmente attraversamento dello zero, e consiste nel rilevare il passaggio a zero della tensione di powerline attraverso sensori, e sovrapporre un impulso corto di segnale con portante a 120 KHz. L'obiettivo di progettazione dovrebbe essere quello di trasmettere il più vicino possibile al punto di zero crossing, ma sicuramente entro i 200 μ s. I dati sono trasmessi bit a bit e rappresentati dalla presenza o assenza della portante a 120 KHz dopo i punti di attraversamento positivi e negativi del segnale elettrico. Un “1” binario è rappresentato da un burst che dura 1 ms nel punto di attraversamento positivo del segnale elettrico; mentre uno “0” binario dall'assenza di burst. La finestra temporale di accettazione inizia intorno ai 250 μ s e termina a 900 μ s, dopo l'attraversamento dello zero. La seguente figura mostra il rapporto di sincronizzazione di questi burst relativo al punto di zero.



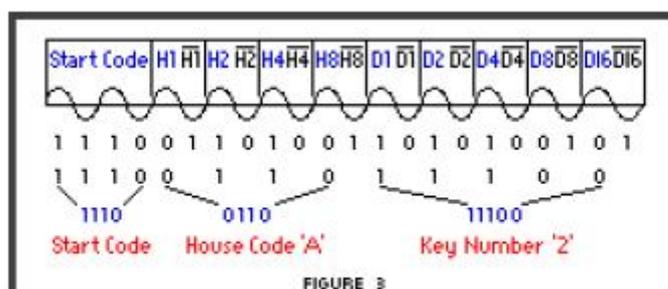


Il valore 2,778 è tipico dei dispositivi commercializzati nel Nord America, la differenza sostanziale tra lo standard europeo e quello americano è l'intervallo temporale esistente tra i burst inviati. Oltre alla tecnica dello zero crossing, per rendere il protocollo più robusto al rumore della linea elettrica (che dipende dalle condizioni al momento della trasmissione) è introdotta la ridondanza, infatti ogni bit viene inviato sia nello stato originario che complementato e ogni sequenza di codice viene inviata due volte.

Una trasmissione completa di codice comprende undici cicli della linea elettrica. I primi due cicli rappresentano un codice di inizio, Start Code. I quattro cicli successivi rappresentano l'House Code e gli ultimi cinque cicli rappresentano il Number Code (valore da 1 a 16) o il Function Code (On, Off, Dim, ecc.).



All'interno di ogni blocco di dati ogni codice di 4 o 5 bit dovrebbe essere trasmesso in forma normale e complementata su mezzi cicli alternati di linea elettrica. Ad esempio, se un burst di segnale di 1 μ s viene trasmesso in un mezzo ciclo (1 binario), nessun segnale dovrebbe essere trasmesso nel mezzo ciclo successivo (0 binario).





La tabella successiva mostra il codice binario trasmesso per ogni House Code e Key Code. Lo Start Code è sempre 1110, che è un codice unico ed è l'unico che non segue la relazione normale, complementato su mezzi cicli alternati.

HOUSE CODES				KEY CODES						
	H1	H2	H4	H8	D1	D2	D4	D8	D16	
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0
				All Units Off	0	0	0	0	0	1
				All Lights On	0	0	0	1	1	1
				On	0	0	1	0	1	1
				Off	0	0	1	1	1	1
				Dim	0	1	0	0	1	1
				Bright	0	1	0	1	1	1
				All Lights Off	0	1	1	0	1	1
				Extended Code	0	1	1	1	1	1
				Hail Request	1	0	0	0	1	①
				Hail Acknowledge	1	0	0	1	1	1
				Pre-Set Dim	1	0	1	X	1	②
				Extended Data (analog)	1	1	0	0	1	③
				Status-on	1	1	0	1	1	1
				Status-off	1	1	1	0	1	1
				Status Request	1	1	1	1	1	1

FIGURE 4

1. Hail Request viene trasmesso per verificare se sono presenti altri trasmettitori X-10 PRO in ascolto. Questo permette all'OEM controller (cioè il controllore che si occupa di implementare il protocollo X-10 a livello di trasporto) di assegnare un House Code differente se viene ricevuto un Hail Acknowledgement.
2. In una istruzione di Pre-Set Dim, il bit D8 rappresenta il bit più significativo del livello ed i bit H1, H2, H4 e H8 i quattro meno significativi.
3. Il codice Extended Data è seguito da dei byte che possono rappresentare dati analogici (Analog Data, dopo una conversione Analogico-Digitale). Il primo byte può essere usato per dire quanti bytes di dati seguiranno. Se vengono lasciati degli



spazi tra byte di dati, questi codici potrebbero essere ricevuti dai moduli X-10 PRO, causando operazioni errate.

4. Extended Code è simile a Extended Data: i byte che seguono Extended Code (senza spazi) possono rappresentare codici aggiuntivi. Questo permette al designer di aumentare i 256 codici attualmente disponibili.



Capitolo 3: La codifica del segnale infrarosso

3.1 – Introduzione alla codifica del segnale infrarosso

Viste le molte fonti di radiazione IR presenti nell'aria, viene da chiedersi come la TV faccia a capire verso quali stimoli reagire. La risposta sta nella *modulazione del segnale*. In un sistema dotato di telecomando, i dati vengono inviati e ricevuti tramite opportune codifiche introdotte dai produttori. Trasmettitori e ricevitori sono accordati sulla stessa frequenza (tipicamente compresa tra 35 KHz e 40 KHz) e adottano lo stesso tipo di codifica/decodifica dei dati. Ad ogni dispositivo viene assegnato un indirizzo che lo distingue, qualora ci siano due produttori che adottano la stessa codifica. Inoltre ogni comando impartibile dall'utente viene codificato su un numero di bit variabile e dipendente dalla codifica utilizzata.

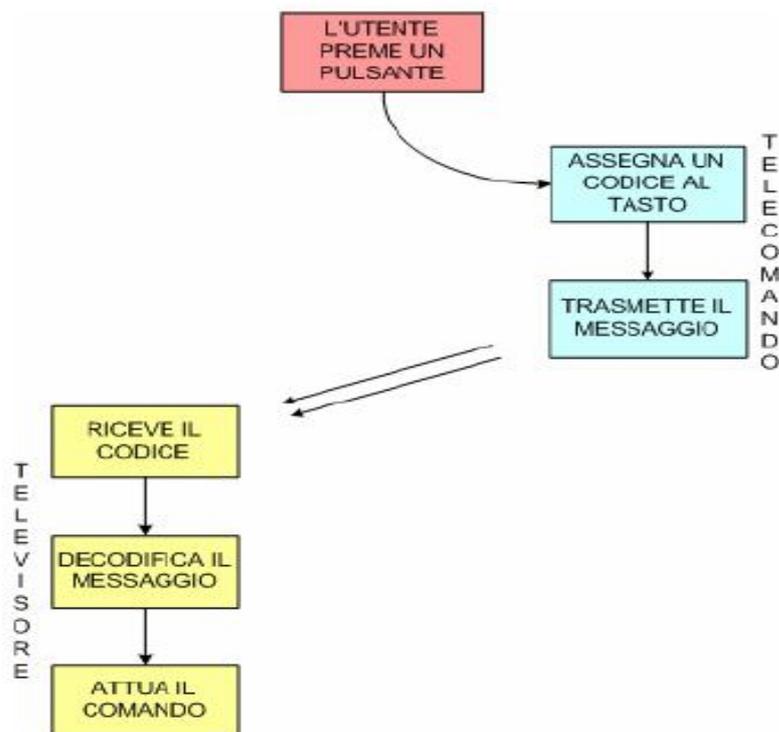


Fig. 3.1 Operazioni per l'esecuzione di un comando.



3.2 – Panoramica sui tipi di modulazione impiegati

3.2.1– Cos'è la modulazione

La modulazione consiste nel variare una delle grandezze caratteristiche (ampiezza, frequenza o fase) di un segnale periodico, detto *portante*, in base a una legge temporale dipendente dalle variazioni di un altro segnale detto *modulante* (colui che contiene l'informazione da trasmettere). Ci sono moltissimi tipi di modulazione dipendenti dalla natura dei segnali (digitali o analogici) e dal parametro della portante che viene modificato (modulazione di ampiezza, di frequenza e di fase). Ovviamente laddove abbiamo una modulazione, dovremo avere anche una *demodulazione* ovvero la ricostruzione del segnale modulante originario.

3.2.2– Modulazione Bi-fase

Questa modulazione è basata sulle transizioni dal livello logico alto a quello basso e viceversa. Infatti i bit hanno durata costante e vengono codificati secondo il tipo di transizione: dal basso verso l'alto o viceversa. Di norma la transizione avviene a circa metà del periodo del bit.

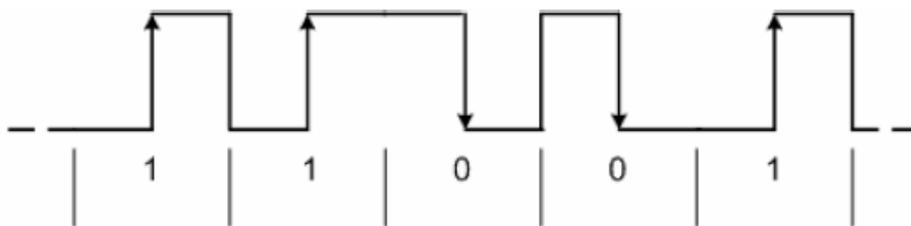


Fig. 3.2.2 Esempio di codifica bifase.

Questo tipo di codifica è usata piuttosto frequentemente e l'esempio più conosciuto è il protocollo RC-5 della Philips.



3.2.3– Modulazione PWM

Il nome PWM significa *Pulse Width Modulation* ovvero modulazione a larghezza di impulso. In questa modulazione la durata del singolo bit è variabile e dipende dallo stato logico del bit stesso. Di solito il bit più lungo è associato al bit 1 mentre il più corto al bit 0. A seconda del tipo di protocollo nel bit più lungo possiamo avere una sezione a livello logico alto più ampia o meno ampia della sezione a livello basso. Ovviamente, data la diversa durata dei bit, non è possibile stabilire a priori la durata di un messaggio trasmesso con tale codifica.

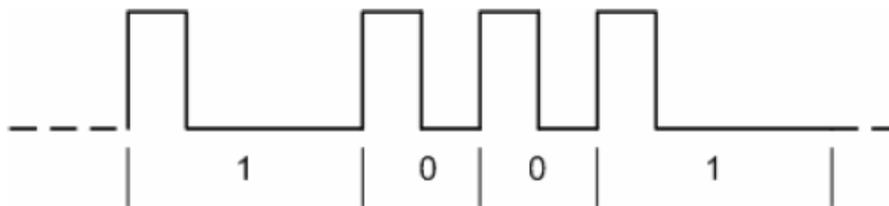


Fig. 3.2.3 Esempio di codifica PWM.

Questo tipo di codifica viene utilizzata da molti costruttori quali Sony, Nec, Daewoo, Pioneer e tanti altri.

3.3 – Descrizione di alcuni protocolli di comunicazione

La trasmissione IR non ha nessuno standard di riferimento. Nel mondo esistono un numero enorme di protocolli di trasmissione utilizzati dai prodotti dotati di controllo remoto. E' possibile affermare che molti marchi importanti hanno il loro protocollo, ma questo non vuol dire necessariamente che un prodotto di un dato marchio adotti il protocollo proprietario.

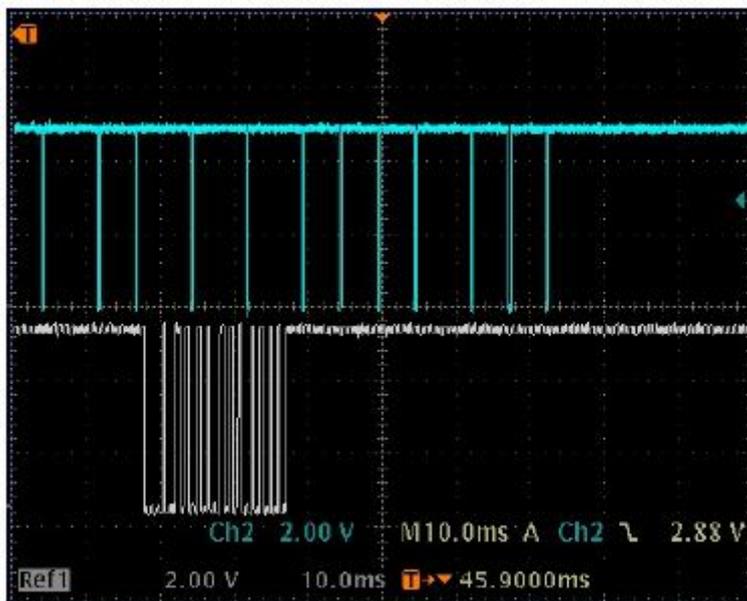


Fig. 3.3 Confronto tra due segnali per dispositivi Sony

Nella figura precedente si vede il messaggio inviato dal telecomando universale dopo essere stato programmato per due diversi televisori di marca Sony. Si nota come i due messaggi siano completamente diversi: il segnale bianco ha la struttura del protocollo Sony (che sarà illustrato nei prossimi paragrafi) mentre l'altro non rispecchia tale codifica. Questo aiuta a capire quanto sia vasto e vario il mondo delle comunicazioni infrarosse.

3.3.1– Protocollo Philips

Il codice RC5 sviluppato dalla Philips, adotta una codifica bifase con portante a 36 KHz.

3.3.1.1– Codifica del bit

Il bit “1” è rappresentato da una transizione del segnale dal livello basso a livello alto. Il bit “0” ha una codifica inversa, ovvero si basa su una transizione dal livello alto al livello basso. Ogni bit ha una durata complessiva di 1.778 ms.



Capitolo 3: La codifica del segnale infrarosso



Fig. 3.3.1.1 Codifica del bit 0 (a) e del bit 1 (b)

3.3.1.2- Formato del dato

Il messaggio inviato dal trasmettitore è formato da 14 bit:



Fig. 3.3.1.2.a Pacchetto del protocollo RC5

Viene descritto brevemente il significato dei vari campi del messaggio:

- AGC: ha durata di un bit e serve per aggiustare il controllo automatico di guadagno, cioè per fare in modo che il ricevitore capisca quanto deve amplificare il guadagno ricevuto;
- CTRL: questo bit è stato aggiunto per ampliare la lista dei possibili comandi;
- TOGGLE BIT: lungo un bit, serve per il controllo degli errori;
- BIT DI SISTEMA: sono 5 (MSB...LSB) ed indicano il codice dispositivo;
- BIT DI COMANDO: implementano la codifica del tasto premuto. Sono 6 e vengono trasmessi a partire dal più significativo;



Fig. 3.3.1.2.b Dato con codifica Philips



Un messaggio completo dura circa 24 ms mentre in caso di ritrasmissione il tempo è di circa 114 ms.

3.3.2– Protocollo NEC

Il codice NEC è adottato da molte aziende ed è basato su una portante a 40 KHz con una codifica PWM.

3.3.2.1– Codifica del bit

Il bit “1” è formato da 550 μ s di luce seguiti da 1650 μ s di buio, mentre il bit “0” è formato da un livello alto di 550 μ s e uno basso di ugual durata. Si nota che per minimizzare il consumo del dispositivo, nella codifica del bit “1” il periodo di non emissione è più lungo di quello di emissione.

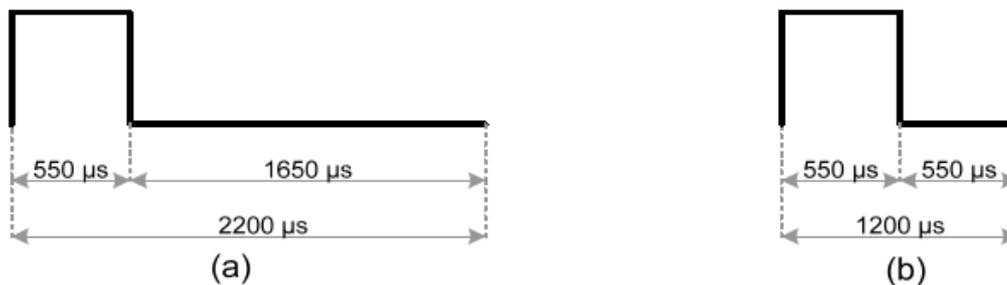


Fig. 3.3.2.1 Codifica del bit 1 (a) e del bit 0 (b)

3.3.2.2– Formato del dato

Un dato trasmesso usando questa codifica è formato da 32 bit più uno start bit.

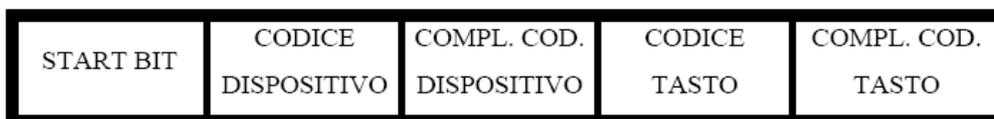


Fig. 3.3.2.2.a Pacchetto del protocollo NEC

Lo *Start bit* è formato da un impulso alto da 8800 μ s seguito da un impulso basso di 4400 μ s. I restanti campi sono tutti di 8 bit e vengono trasmessi partendo dal bit meno significativo: *codice dispositivo*, *codice dispositivo negato*, *codice tasto*, *codice tasto negato*. La trasmissione dei campi negati avviene sia come prevenzione verso gli errori, sia per rendere costante la durata di un messaggio.

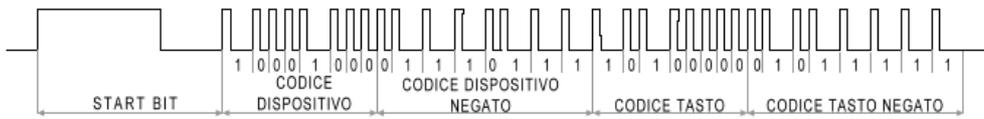


Fig. 3.3.2.2.b Esempio di un comando inviato con codifica NEC

Il tempo di ripetizione è di 110 ms.

3.3.3– Protocollo Sony

Questo codice è usato di base sui moltissimi prodotti Sony. E' basato su una codifica PWM con portante a 40 KHz. La particolarità di questa codifica è quella di avere il codice dispositivo di lunghezza variabile. Infatti esso può spaziare da 5 fino a 20 bit.

3.3.3.1– Codifica del bit

Essendo una modulazione PWM, si ha una durata diversa per i due bit. Il bit "1" è formato da un impulso alto della durata di 1200 μ s seguito da un impulso basso di 600 μ s. Il bit "0" è formato da due impulsi (nell'ordine alto-basso) di 600 μ s.

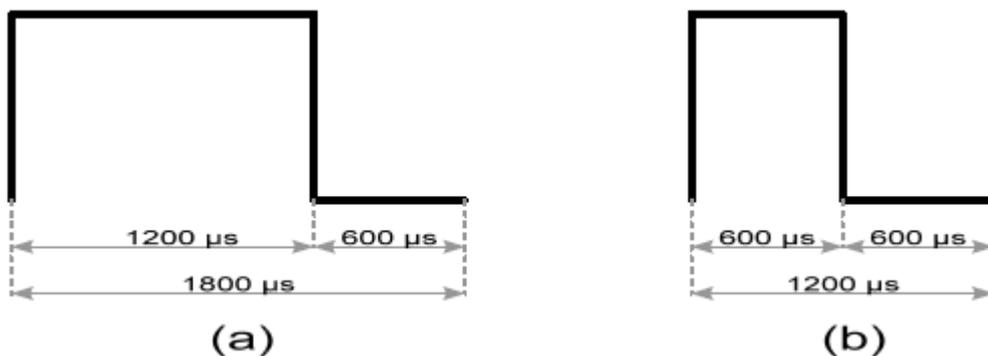


Fig. 3.3.3.1 Codifica del bit 1 (a) e del bit 0 (b)

3.3.3.2– Formato del dato

Un comando inviato ad una TV che adotta questa codifica ha il seguente formato:



Fig. 3.3.3.2.a Pacchetto del protocollo Sony

Lo *Start bit* è formato da un impulso alto da 2400 μs seguito da un impulso basso di 600 μs . Il *codice tasto* è su 7 bit e viene trasmesso partendo dal LSB. Anche il *codice dispositivo* viene trasmesso partendo dal LSB ma la sua lunghezza è variabile e dipende dal tipo di dispositivo.

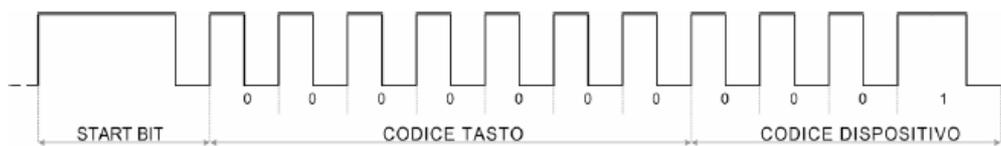


Fig. 3.3.3.2.b Esempio di un comando inviato con codifica Sony

Il tempo di ripetizione del messaggio, qualora l'utente continui a premere il tasto, è di 45 ms.

3.3.3–IrDA

Una delle tecnologie utilizzate in supporto alle reti Wlan è la tecnologia a infrarossi IrDA, questa è stata pensata per il trasferimento dati con collegamento a vista, tra dispositivi che si trovano a breve distanza. L'irDA, Infrared Device Application, è uno standard di interconnessione dati tramite infrarossi con canale bidirezionale e collegamento point-to-point tra dispositivi posizionati in visibilità reciproca (LoS, Line of Sight) con range ridotto a 1 - 2 metri e bit rate di 4 Mbps. Questi standard sono stati progettati per l'utilizzo di componenti a basso costo con un basso consumo energetico e per rendere possibili i collegamenti con il semplice posizionamento delle periferiche a infrarossi l'una di fronte all'altra. Questa tecnologia è ormai presente su quasi tutti i telefoni cellulari, gli smart phone, i palmari e i computer per consentire loro la comunicazione, e quindi lo scambio di dati, ma non per realizzare delle vere e proprie reti. Un'evoluzione del sistema ha tentato di fornire una maggior possibilità di network usando un sistema IR diffuso in cui la luce è distribuita in tutti i sensi, limitando un'area di alcuni metri senza possibilità di attraversamento di strutture solide interposte. Lo stack di protocolli IrDA specifica le procedure di supporto per l'inizializzazione dei collegamenti, il rilevamento degli indirizzi delle periferiche, l'avvio delle connessioni e la negoziazione della velocità dei dati, lo scambio delle informazioni, la



disconnessione, la chiusura dei collegamenti e la risoluzione dei conflitti tra gli indirizzi delle periferiche.

Per eventuali ulteriori specifiche, non rientrando nel lavoro di questa tesi, si consiglia di consultare altre fonti.

3.4 – Protocollo Marmitek

Dopo aver visto una breve carrellata sulle varie tecniche di codifica della luce infrarossa, si passa all'illustrazione delle varie operazioni di laboratorio che sono state necessarie per identificare il protocollo IR Marmitek. Come prima cosa, dopo essersi muniti del telecomando Marmitek (multimedia remote 09500, di cui è presente il datasheet nel rispettivo appendice), è stato necessario fare una prima analisi del segnale trasmesso con un fotodiodo ricevitore, nello specifico un SFH 203 P della Siemens (di cui è presente il datasheet nel rispettivo appendice). Dopo aver premuto uno dei tanti tasti del telecomando, orientato verso il fotodiodo, si è subito osservato che il segnale sullo schermo dell'oscilloscopio (collegato al fotodiodo) era un segnale digitale, in quanto la forma d'onda presentava intervalli in cui non veniva trasmesso nulla, alternati ad intervalli in cui venivano trasmessi dei burst a frequenza ben precisa, cioè a 38 KHz. Noto il tipo di segnale e la frequenza dei burst per semplificare il lavoro è stato scelto l'utilizzo di un ricevitore IR con demodulatore, filtro e amplificatore integrati, cioè un sensore IR TSOP4838 della Vishay (di cui è presente il datasheet nel rispettivo appendice), infatti grazie a questo sensore IR con uscita compatibile con le logiche TTL (0-5 V), il segnale risulta essere più chiaro da comprendere, in quanto in assenza di segnale l'uscita rimane a 5 V mentre in presenza di burst l'uscita risulta essere di 0 V. A questo punto si è scelto di analizzare le diverse forme d'onda associate ai rispettivi tasti al fine di comprenderne la codifica dei bit e la forma del pacchetto.

Di seguito sono riportate le forme d'onda lette sull'oscilloscopio:



 Capitolo 3: La codifica del segnale infrarosso

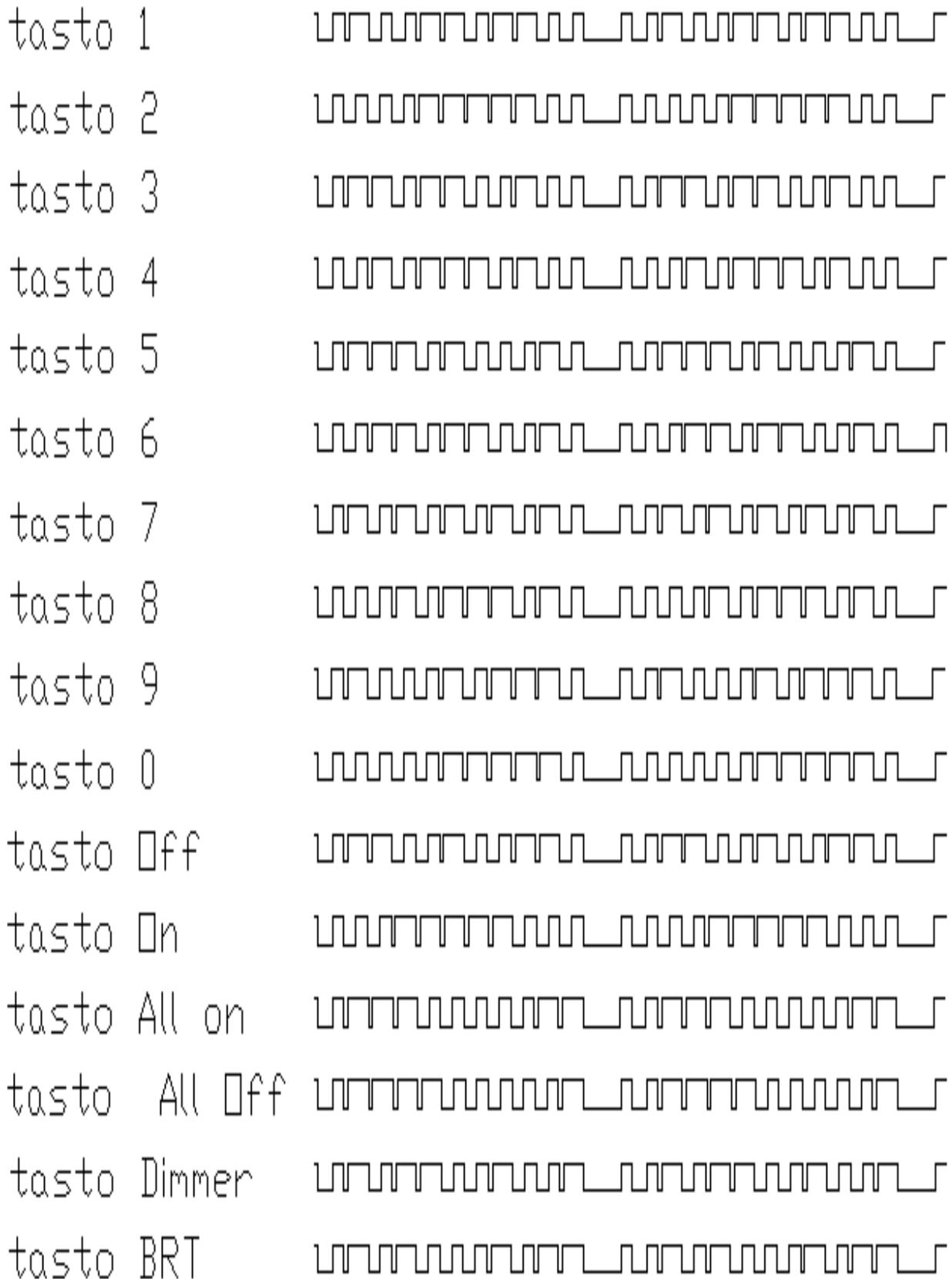


Fig. 3.4.A



Capitolo 3: La codifica del segnale infrarosso

Osservando i vari treni d'impulsi, ci si è accorti che ognuno di essi è costituito dalla combinazione delle seguenti forme d'onda di base:

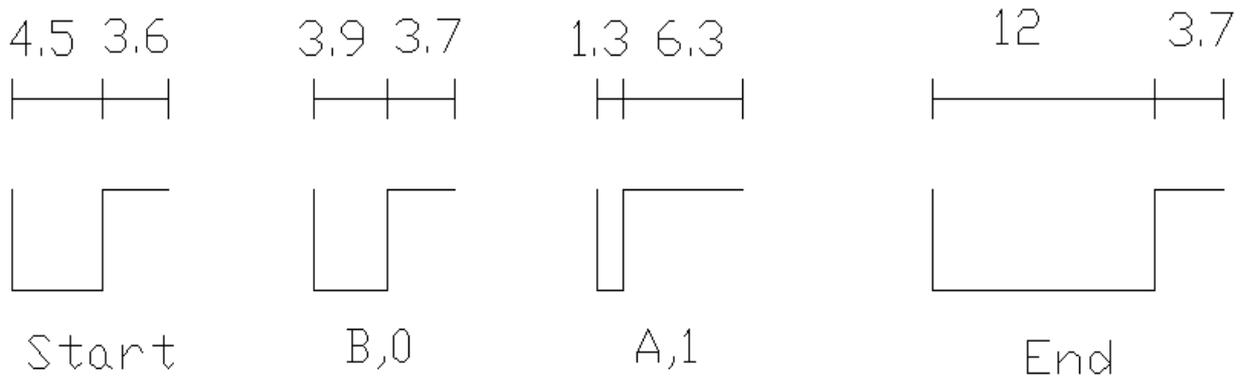


Fig. 3.4.B (I tempi delle forma d'onda sono espressi in ms.)

Stando alle considerazioni appena fatte si possono riesprimere le forme d'onda associate ai vari tasti, nel seguente modo:

Tasto	Codifica																							
1	S	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	E	S	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	E
2	S	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	E	S	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	E
3	S	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	E	S	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	E
4	S	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	E	S	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	E
5	S	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	E	S	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	E
6	S	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	E	S	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	E
7	S	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	E	S	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	E
8	S	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	E	S	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	E
9	S	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	E	S	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	E
0	S	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	E	S	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	E
On	S	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	E	S	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	E
Off	S	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	E	S	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	E
All On	S	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	E	S	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	E
All Off	S	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	E	S	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	E
Dimmer	S	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	E	S	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	E
BRT	S	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	E	S	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	E

Dove "S" sta per Start e "E" sta per End.



Le forme d'onda B e A sono state associate allo "0" e all' "1" binario rispettivamente, in quanto sono gli unici segnali basilari che si ripetono in modo tale da esprimere informazione.

In quanto le posizioni in cui si trovano le forme d'onda sopra denominate Start ed End sono tali da delimitare due identiche sequenze di zeri e di uni, è accettabile pensare che rappresentano rispettivamente l'inizio e la fine del pacchetto informativo e che i pacchetti vengano trasmessi due volte consecutivamente. Quindi ora ci si può concentrare, al fine di comprendere la codifica, solo sui primi dieci bit che vengono riportati di seguito.

Tasto	Codifica											
1	S	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	E
2	S	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	E
3	S	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	E
4	S	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	E
5	S	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	E
6	S	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	E
7	S	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	E
8	S	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	E
9	S	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	E
0	S	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	E
On	S	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	E
Off	S	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	E
All On	S	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	E
All Off	S	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	E
Dimmer	S	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	E
BRT	S	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	E

Dai dati analizzati si nota che dei dieci bit osservati i primi cinque risultano essere i complementari dei successivi cinque bit; quindi la struttura del pacchetto risulta essere la seguente:

Start	Dato	Dato negato	End	Start	Dato	Dato negato	End
-------	------	-------------	-----	-------	------	-------------	-----



Capitolo 3: La codifica del segnale infrarosso

Per rendere affidabile il protocollo nei confronti di possibili errori di trasmissione, il contenuto informativo va trasmesso prima nello stato logico normale, dopo complementato e il pacchetto così formato va ritrasmesso, similmente a quanto avviene nel protocollo X-10 dove però i singoli bit complementati si trovano subito dopo il rispettivo bit nello stato logico normale. Per quanto riguarda l'associazione tra il dato e il tasto non è stato trovato alcun legame logico.



Capitolo 4: Progettazione e realizzazione dell'hardware e del software

4.1 – Introduzione

Noto il protocollo Marmitek, dato indispensabile al fine di poter replicare il telecomando, si è proceduto alla progettazione e realizzazione del telecomando. Dopo varie fasi progettuali, che saranno illustrate di seguito, si è giunti al dispositivo ultimato e funzionante che rispetta tutte le specifiche di progetto che si erano imposte, cioè il dover realizzare un telecomando che tramite la pressione di tasti dovesse trasmettere opportuni comandi utilizzando il protocollo infrarosso Marmitek. Trattandosi del progetto di un circuito a microcontrollore l'illustrazione del lavoro svolto sarà suddivisa in due fasi, in una prima fase verrà spiegato il progetto dell'hardware e nella seconda quello del software.

4.2 – Progettazione dell'hardware

Così come avviene in ogni prima fase progettuale, si è fatto uso di uno schema a blocchi come punto di partenza. Data la natura del progetto, cioè un circuito a microcontrollore, è stato d'obbligo dover adottare il seguente schema generico:



Fig. 4.2 – Schema a blocchi

Dove:

- l'input è rappresentato da tutta la parte del circuito atta a far dialogare l'utente con il dispositivo, quindi i tasti o un'eventuale porta di comunicazione;



- l'output è rappresentato da tutta la parte del circuito atta a far dialogare il dispositivo con il mondo esterno, quindi non solo la parte relativa alla comunicazione infrarosso con la centralina ma anche eventuali comunicazioni con l'utente;
- il microcontrollore è la parte centrale del circuito attorno alla quale si sviluppa il resto, infatti sarà lui a dover riconoscere le istruzioni che gli saranno dettate e di conseguenza gestire le varie uscite.

4.2.1 – Microcontrollore

La scelta del microcontrollore, dopo aver valutato il carico computazionale a cui sarà soggetto, è caduta su un PIC 16F876A (di cui il datasheet si trova nella rispettiva appendice).

Il PIC 16F876A è un microcontrollore CMOS della Microchip, racchiuso in un package a 28 pin, è dotato di tutti i circuiti necessari al suo funzionamento, quindi non necessita di circuiti integrati esterni. Il microprocessore, che in questa applicazione funziona a una frequenza di 20MHz, è il cuore del sistema e si occupa di eseguire le operazioni matematiche (ALU), di spostare i dati tra le varie parti della memoria e di incrementare i numerosi contatori necessari al funzionamento. Questo microcontrollore possiede un'architettura Harvard: il bus dei dati (a 8 bit) è distinto dal bus di programma (a 13 bit). A differenza della grande quantità di microprocessori, che per ridurre i costi di produzione adottano la architettura Von Neumann, i PIC (Programmable Interrupt Controller) non condividono la stessa memoria per codice e dati. Ciò consente loro di accedere contemporaneamente a entrambi.

Le memorie interne sono di tre tipi:

- FLASH memory program, è una memoria EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) che contiene il programma da eseguire, ha la caratteristica di mantenere la programmazione anche quando l'alimentazione del microcontrollore viene spenta, e di poter essere cancellata e riscritta con uno speciale apparecchio chiamato programmatore. Questa memoria è profonda 8Kbytes (8192 parole x 14 bit), il che sta a significare che il programma da eseguire al più può essere composto da una sequenza di 8192 operazioni. Altri tipi di microprocessore hanno invece una memory program di tipo PROM: questa può essere scritta soltanto una volta.



Capitolo 4: Progettazione e realizzazione dell'hardware e del software

- RAM dati, il programma, in esecuzione non può scrivere sulla FLASH memory program, per questo esiste l'area di memoria RAM dati, che è scrivibile in esecuzione e contiene le variabili. Questa memoria è profonda 386 bytes e il suo contenuto viene perso quando si spegne il circuito.
- FLASH memory data, è un'altra memoria EEPROM, che a differenza della flash memory program è utilizzata solo i dati e ha una profondità di 256 bytes.

Il PIC16F876A (Fig. 4.2.1) è di tipo RISC (Reduced Instructions Set Computing), cioè dispone di un set di appena trentacinque istruzioni, già inclusi tutti i tipi di indirizzamento (immediato, diretto, indiretto); qualsiasi istruzione occupa una sola word di codice (14 bit). Grazie a una 2-stage pipeline, mentre un'istruzione viene decodificata/eseguita, l'istruzione successiva viene caricata (fetch). In questo modo il tempo di esecuzione di una generica istruzione si riduce a un solo ciclo macchina. Dato che ogni ciclo macchina corrisponde a quattro cicli di clock, diventa davvero banale calcolare i cicli di clock necessari per eseguire un determinato spezzone di codice.

La RAM può avere le locazioni di memoria, chiamate registri, suddivise in due tipi a seconda della loro funzione:

- General Purpose, uso generale, tipo per contenere le variabili del nostro programma;
- Special Function, scrivendo in queste locazioni si istruisce il micro ad eseguire determinate operazioni.

Le principali periferiche sono:

- porte di I/O: 22 pin suddivisi in PORTA, PORTB, PORTC, possono tutte essere configurate come ingressi o come uscite TTL, solo 5 come ingressi analogici (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5)
- interrupt generator: può generare sino a quindici eventi
- timer: ne sono presenti tre
- UART: porta seriale, per programmare i PIC e per colloquiare col PC.

Include inoltre: cinque ADC a 10 bit, due uscite modulate PWM anch'esse a 10 bit, due comparatori analogici ma è sprovvisto di porta parallela.



Capitolo 4: Progettazione e realizzazione dell'hardware e del software

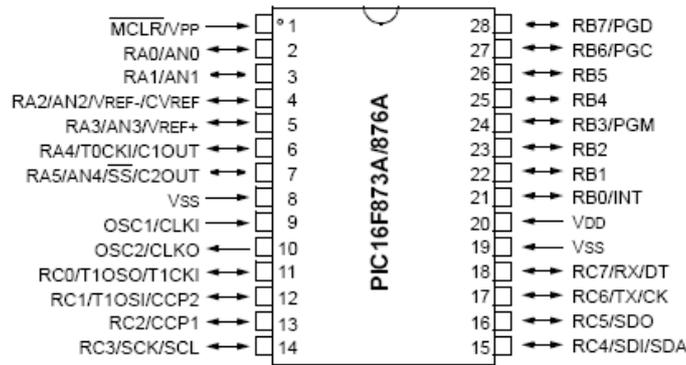


Fig. 4.2.1.a – PIC 16F876a pin diagram

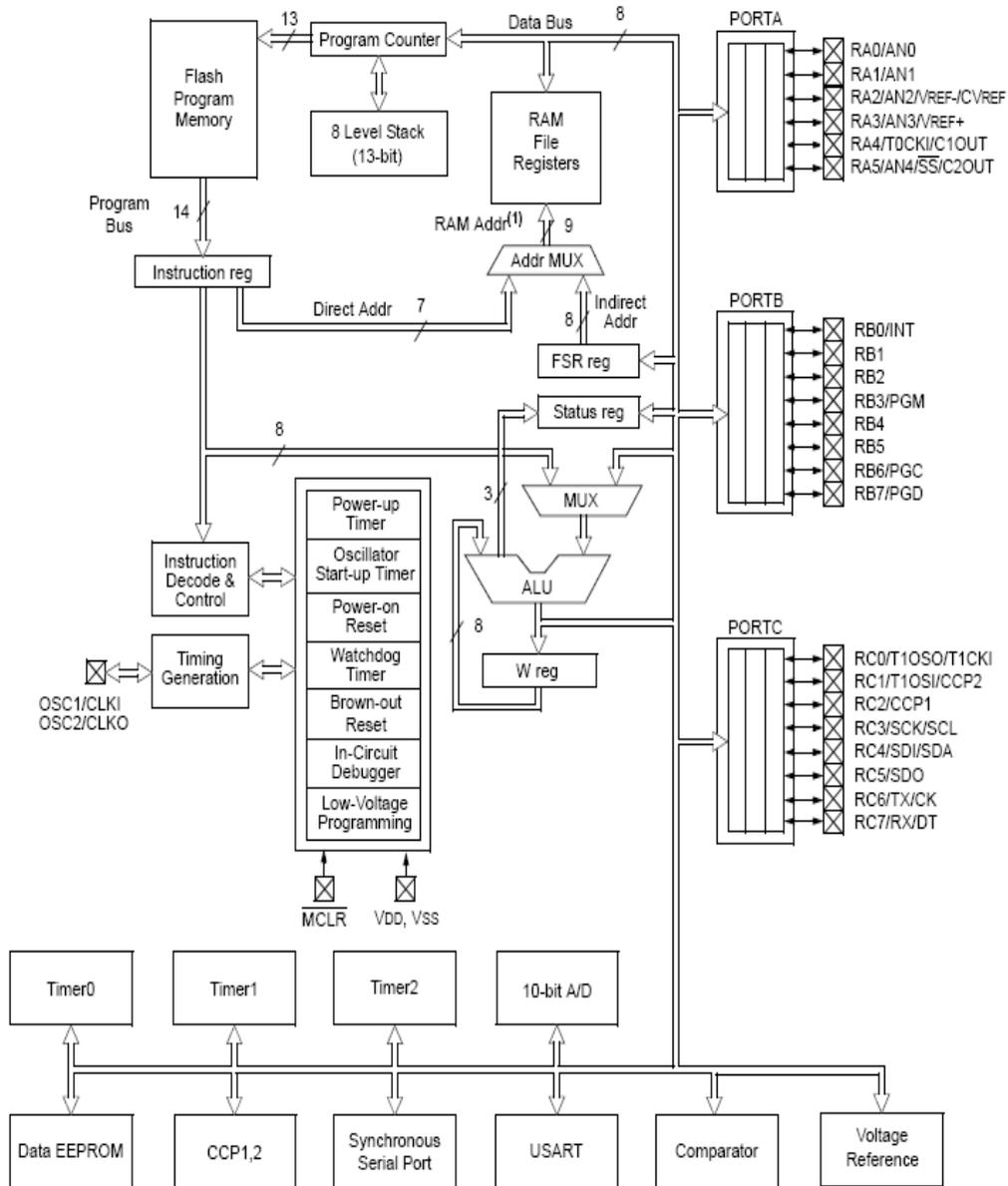


Fig. 4.2.1.b – PIC 16F876a block diagram



4.2.2 – Schema circuitale

Il PIC 16F876A utilizzato, riceve l'alimentazione di 5 V sul pin 20, la massa sui pin 8 e 19; inoltre funziona ad una frequenza di 20 MHz mediante un oscillatore quarzato esterno connesso ai pin 9 e 10, i quali sono anche connessi a massa mediante due condensatori (C1, C2) da 22 pF. Il pin 1 è collegato al catodo di un diodo 1N4007 (D1), il cui anodo è connesso ad una resistenza da 10K Ω (R1), connessa a sua volta a Vcc. Questa configurazione stabilizza la tensione sul pin di RESET per evitare che fluttuazioni provochino un RESET non desiderato del micro. Il pin 1 è anche connesso ad un pulsante che si chiude a massa mediante una resistenza da 1K Ω . La pressione di questo pulsante provoca il RESET del microcontrollore. La porta analogica (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5) non è stata utilizzata, quindi si trova connessa a massa.

Dopo aver illustrato la parte del circuito inerente all'alimentazione e al clock esterno del micro, si passa a descrivere in modo dettagliato i blocchi funzionali di input e output che sono stati visti precedentemente (Fig. 4.2).

I pin dal 21 al 28 e i pin dal 13 al 16, sono connessi rispettivamente ai loro pulsanti che interrompono l'alimentazione costituendo gli input del circuito; inoltre viene utilizzata, per ogni tasto, una resistenza di pull-down da 1 K Ω verso massa per evitare di avere un corto circuito diretto tra massa e alimentazione.

La parte di input risulta essere così collegata:

Tasto	Porta	Pin
B0	RB0	21
B1	RB1	22
B2	RB2	23
B3	RB3	24
B4	RB4	25
B5	RB5	26
B6	RB6	27
B7	RB7	28
B8	RC5	16
B9	RC4	15
Bon	RC3	14
Boff	RC2	13



Capitolo 4: Progettazione e realizzazione dell'hardware e del software

Per quanto riguarda l'output bisogna differenziare la comunicazione con l'utente, tramite segnali luminosi, e quella con la centralina domotica, tramite infrarosso. La prima avviene tramite l'utilizzo di due diodi LED, uno rosso collegato tra alimentazione e massa, per mezzo di una resistenza da 470 Ω , che indica la presenza di alimentazione, e uno verde (D2) collegato con il pin 11, anch'esso tramite una resistenza da 470 Ω , che lampeggia durante la trasmissione IR. Il secondo tipo di comunicazione avviene tramite un trasmettitore infrarosso, nello specifico un SFH484 della Siemens (di cui il datasheet si trova nella rispettiva appendice), connesso non direttamente al pin 12 del micro; il trasmettitore non è connesso direttamente in quanto la corrente che assorbe supera quella limite erogabile dal microcontrollore (limiti consultabili nel datasheet del micro alla voce caratteristiche elettriche), quindi è stato indispensabile ricorrere all'utilizzo di un transistor, nello specifico un BJT npn BC33725 (di cui il datasheet si trova nella rispettiva appendice), connesso tramite la resistenza di base (R6) da 6.2 K Ω in "configurazione interruttore" così come si può vedere nello schema elettrico completo qui di seguito riportato.

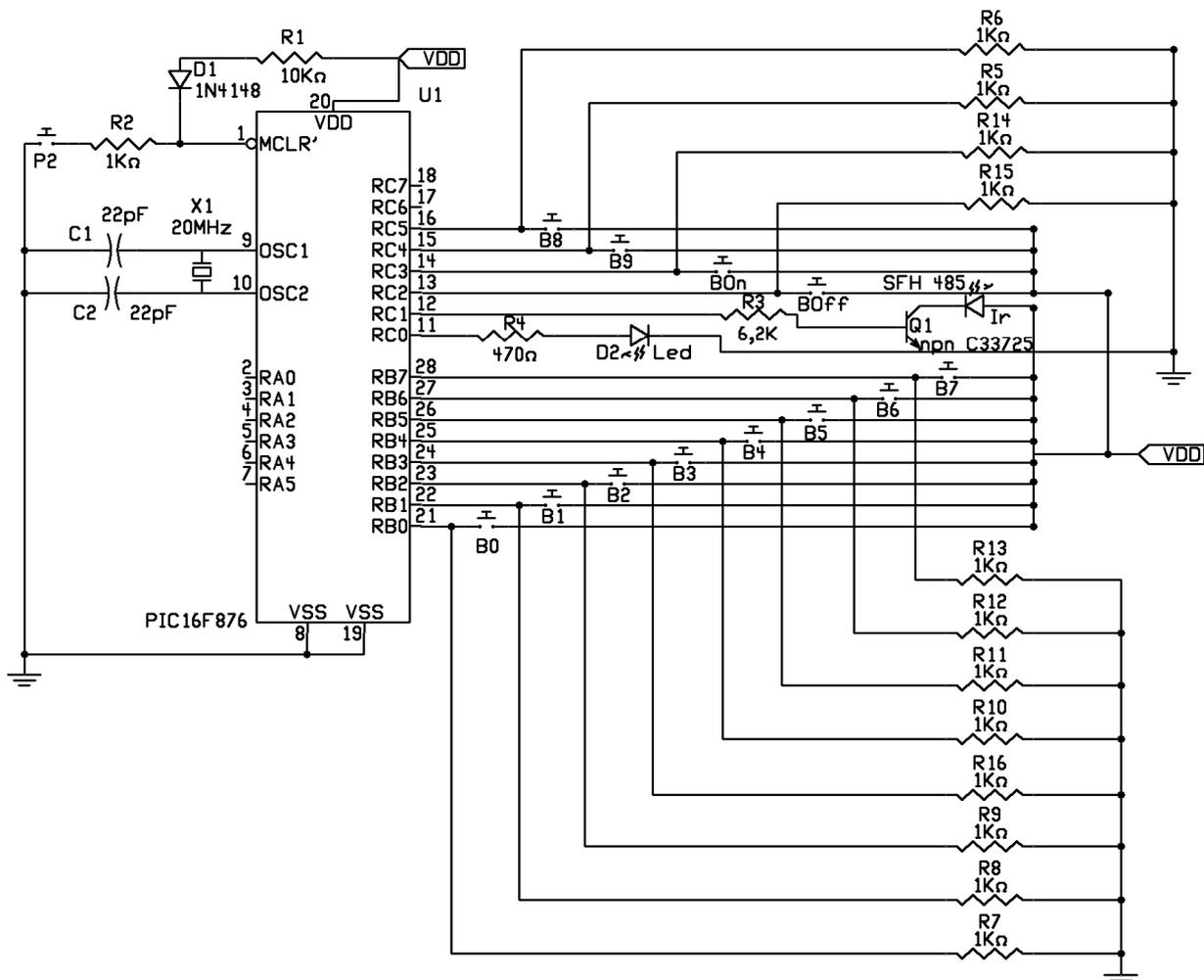


Fig. 4.2.1 – Schema elettrico



Capitolo 4: Progettazione e realizzazione dell'hardware e del software

Anche se non indicati in figura sono previste la connessione per la programmazione ICSP (In Circuit Serial Programmer) e la connessione per la porta UART.

La connessione per la programmazione ICSP occupa le seguenti porte:

Funzione	MCLR	Vdd	Vss	PGD	PGC
Pin	1	20	19	28	27

La seconda connessione, quella UART che permette di comunicare con interfaccia seriale, è risultata utile al fine delle verifiche e delle correzioni sul software, in fase di debug della scheda.

Utilizza le seguenti porte, nell'ordine in cui sono riportate:

Funzione	Vdd	Vss	Rx	Tx
Pin	20	19	18	17

4.3 – Progettazione del software

4.3.1 – Metodologia

La famiglia PIC 16F8X, che prevede anche il PIC 16F876A utilizzato in questo progetto, può essere programmata mediante l'utilizzo di un programmatore o con il metodo ICSP (In Circuit Serial Programmer). Dato che il PIC ha una memoria FLASH di programma, sono possibili veloci variazioni o aggiornamenti del firmware. Una volta scritto il codice sorgente in linguaggio C, di cui nel prossimo paragrafo ne sarà data una breve illustrazione e consultabile nella relativa appendice, è stato compilato con l'utilizzo del software CCS. Infatti utilizzando questo compilatore si ottengono da un file con estensione .C, degli altri file aventi varie estensioni, tra i quali uno con estensione .HEX, indispensabile per la programmazione.

Per caricare i file .HEX nella memoria del PIC occorre:

- un personal computer;
- un programmatore;
- il software di gestione del programmatore.

Quindi dopo aver creato un file sorgente in linguaggio C ed averlo compilato, si è utilizzato l'MPLAB v7.50, per poter usare il programmatore e inserire il programma appena creato nel PIC. Nella fase di scrittura del programma nel micro, il PIC, mediante MPLAB, legge il file .HEX e



Capitolo 4: Progettazione e realizzazione dell'hardware e del software

riconosce la parte di memoria dove scaricarlo, poi il programmatore MPLAB ICD 2 imposta la tensione di scrittura e adatta i segnali in arrivo ai circuiti interni del PIC. Infine il PC trasferisce i dati nel PIC attraverso il collegamento seriale e dopo la scrittura, fatta dal programmatore, verifica i dati scritti. Prima ancora di effettuare la programmazione, però, si devono settare alcuni parametri di configurazione che riguardano il funzionamento del PIC. Si tratta, in definitiva, di regolare alcune periferiche interne. Questa operazione può essere fatta tramite l'apposita finestra del software di gestione del controllore oppure direttamente all'interno del firmware. E' comunque sempre meglio inserirle sia nel codice che mediante il programma di gestione, per avere un riscontro del corretto settaggio. I parametri più importanti ai quali bisogna prestare attenzione durante la programmazione sono:

- oscillator che va impostato con uno dei tre diversi settaggi, a seconda della frequenza del quarzo utilizzato:
 - LP, frequenza molto bassa;
 - XT, frequenza media;
 - HS, frequenza alta (come nel nostro caso in cui è stato utilizzato un quarzo da 20MHz);
- code protect, è possibile proteggere dalla copia il codice inserito attivando o no questa opzione. L'uso della protezione dalla copia esclude la possibilità di utilizzare il bootloader per programmare i PIC. Il bootloader è un piccolo programma che si mette nel PIC e permette di programmarlo tramite la porta seriale del PC senza usare il programmatore;
- watchdog timer, questo parametro abilita un particolare contatore che va azzerato continuamente con un apposito comando software durante la normale esecuzione del programma, pena il reset del PIC con conseguente riavvio del programma stesso. Ciò può essere utile se si utilizzano programmi poco stabili che tendono a bloccarsi;
- power-up timer, questo parametro serve per ritardare di poco la partenza dell'esecuzione del programma all'accensione del PIC. Utile se all'accensione del circuito si vogliono avere stabilizzate le tensioni di alimentazione e la frequenza del quarzo;
- brown-out reset, questo parametro fa in modo che avvenga il reset del PIC nel caso in cui la tensione di alimentazione scenda oltre un certo valore;
- low voltage program, abilitando questo flag, diventa possibile programmare il PIC soltanto con i 5V.

Una volta programmato, il PIC è pronto per essere utilizzato e può essere inserito all'interno del circuito.



4.3.2 – Schema logico

Il software è stato strutturato in modo tale che dopo alcune operazioni iniziali, tipo l'inizializzazione di alcune variabili e il far lampeggiare il LED verde per comunicare che è acceso, entra in un ciclo infinito in cui verifica costantemente se è stato premuto qualche tasto, e nel caso in cui ciò è verificato, trasmettere il codice relativo al tasto premuto. La seguente figura dovrebbe aiutare a capire il funzionamento appena spiegato:

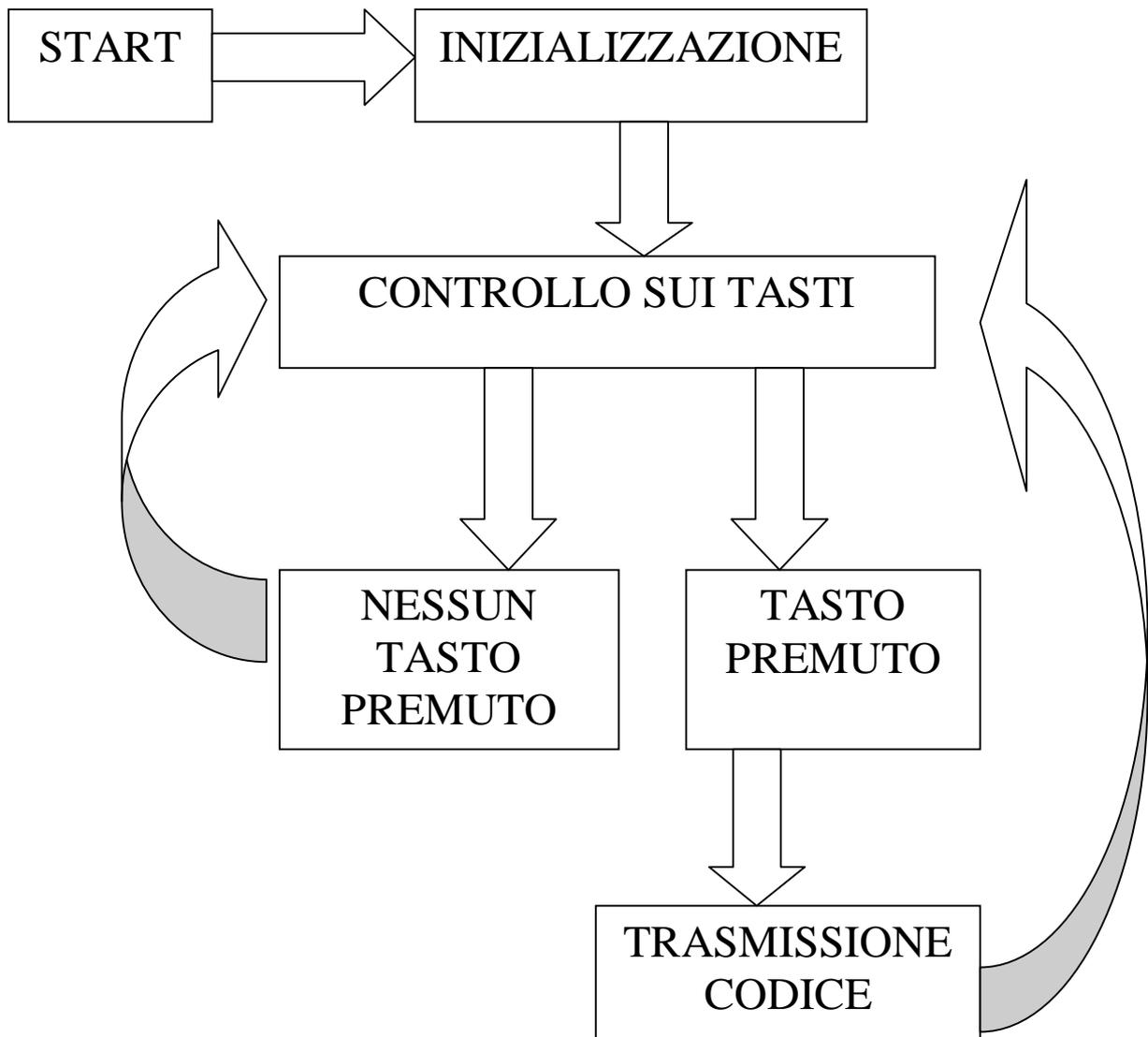


Fig. 4.3.2



Ora si entra nel dettaglio dei blocchi della figura di sopra.

Il controllo sui tasti avviene con l'utilizzo di funzioni antirimbazzo, una per ogni tasto, cioè tramite funzioni che controllano lo stato delle porte e ne rivelano eventuali cambiamenti di stato facendo attenzione, grazie ad un piccolo ingegno, a non confondere fluttuazioni casuali e indesiderate con effettivi cambiamenti di stato ad opera dell'utente. E' possibile riconoscere le fluttuazioni in quanto queste avvengono per una durata decisamente minore rispetto alla durata della pressione del tasto, infatti la funzione antirimbazzo sfrutta proprio questo fenomeno. Nel caso in cui la verifica sui tasti risulti positiva, e quindi individuato il tasto premuto, si procede a trasmettere il codice richiesto tramite l'utilizzo di alcune sottofunzioni. Per spiegare come avviene la trasmissione si fa riferimento ad un esempio in cui è stato premuto il tasto zero; allora viene chiamata la funzione "Trasmetti codice tasto zero" che prende in ingresso il codice binario del tasto che risiede in memoria sotto forma di vettore. A questo punto la funzione "Trasmetti codice tasto zero" farà una scansione di tutto il vettore contenente il codice binario e farà una sottochiamata alla funzione che codifica lo zero binario o alla funzione che codifica l'uno binario a seconda che l'elemento del vettore sia un uno o uno zero.

La modulazione dei due simboli binari è costituita da due parti, in una in cui si generano i burst e un'altra in cui si rimane in un periodo di inattività per una durata ben precisa. Per generare i burst, che costituiscono il treno d'impulsi da trasmettere, si è pensato di implementare un ciclo FOR che portasse l'uscita ad un livello logico alto per 26µsec (distanza temporale tra due impulsi successivi, visto che si lavora ad una frequenza di 38KHz: $T=1/f \rightarrow T=1/38000=26.415\mu\text{sec}\approx 26\mu\text{sec}$) e poi la portasse ad un livello logico basso per altri 26µsec. L'operazione dovrebbe essere ripetuta per 150 volte per il simbolo zero e per 50 volte per il simbolo uno (3900 µs è la durata dei burst del bit 1, quindi $3900/26=150$ mentre 1300 µs è la durata dei burst del bit 0, quindi $1300/26=50$). Così facendo i dati trasmessi non risultavano corretti e si è capito che si trattava di un problema di sincronizzazione tra ricevitore e trasmettitore. Sono quindi state fatte diverse prove sperimentali in laboratorio ed è emerso che il problema era dovuto sia agli arrotondamenti eseguiti nelle operazioni e nel non considerare il tempo impiegato dal micro per eseguire le istruzioni che agli errori di misura nel ricavare in modo sperimentale il protocollo. Sperimentalmente si è trovato che le ripetizioni del ciclo FOR per codificare uno 0 devono essere 125, quelle per codificare un 1 devono essere 42.



4.4 – Realizzazione del circuito

Inizialmente il circuito è stato realizzato su breadboard per poter consentire di apportare le numerose modifiche sia ai collegamenti che ai componenti, quest'ultime modifiche svolte al fine di trovare i componenti che meglio rispecchiavano le caratteristiche richieste in virtù dei compiti da svolgere. Una volta verificato il funzionamento del circuito anche se affetto da effetti capacitivi e induttivi parassiti, dovute ai collegamenti sulla breadboard, si è passato alla progettazione dello schema PCB (presente nella relativa appendice) dal quale si è ricavato il master del circuito stampato.

Il progetto dello schema PCB consiste nel progettare il layout delle piste che collegano i vari componenti.

Finito lo schema PCB, la realizzazione della scheda su basetta ramata tramite la tecnica della fotoincisione, è avvenuta svolgendo le seguenti fasi:

1. come prima cosa avviene la stampa dello schema PCB su di un supporto trasparente ai raggi ultravioletti alla quale dopo sarà sottoposto, nel nostro caso si sono utilizzati dei fogli di carta acetata;
2. il master così ottenuto viene sottoposto a stretto contatto con la basetta fotosensibile grazie all'utilizzo di un bromografo, cioè grazie all'utilizzo di un attrezzo costituito da due facciate di vetro tra le quali sono inseriti sottovuoto, mediante una pompa, il foglio di acetato e la basetta così che aderiscano perfettamente;
3. il tutto, ancora dentro il bromografo, viene sottoposto a luce ultravioletta che sensibilizzerà le parti della scheda dove non vi sono le tracce. I tempi di esposizione sono molto importanti per una buona riuscita della stampa;
4. dopo l'esposizione bisogna togliere il rame di troppo per lasciar spazio solo alle piste di collegamento e questo avviene trattando la basetta con composti chimici in due diverse vaschette. Per prima si immerge la scheda in una soluzione alcalina composta da soda caustica e acqua per eliminare la protezione sulla parte fotosensibile;
5. ora si procede all'incisione ponendo la scheda in un bagno di cloruro ferrico che corrode la parte non più protetta della basetta, lasciando intatto il rame ancora ricoperto di vernice;



6. a questo punto basta lavare con abbondante acqua, per fermare l'azione del cloruro ferrico, e rimuovere con del diluente la vernice rimasta sulle piste per ottenere il circuito stampato definitivo;
7. si procede, in definitiva, alla foratura della scheda e al successivo montaggio e saldatura dei componenti.

Dopo lo svolgimento dei punti precedenti si è ottenuto il circuito così come è possibile osservare dalle figure:

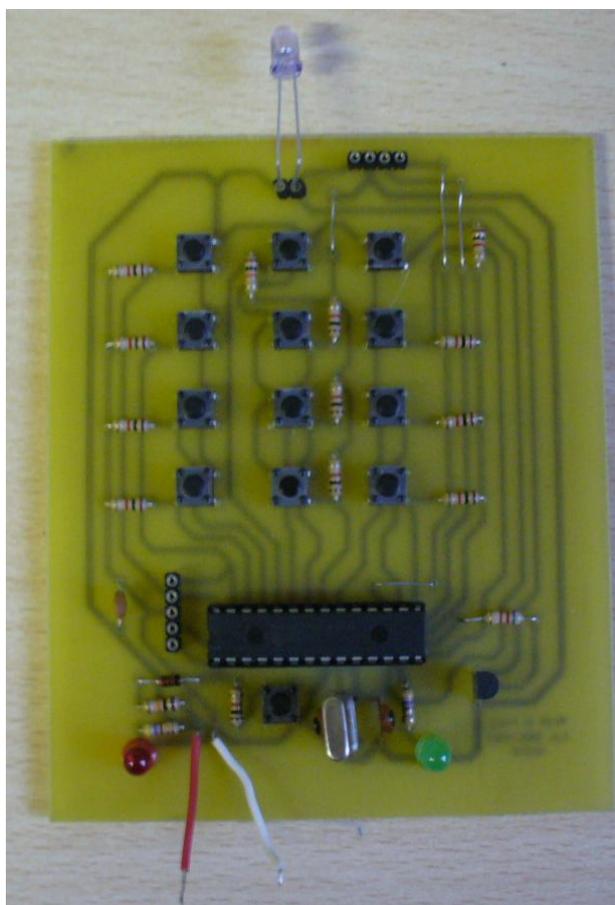


Fig. 4.4.a

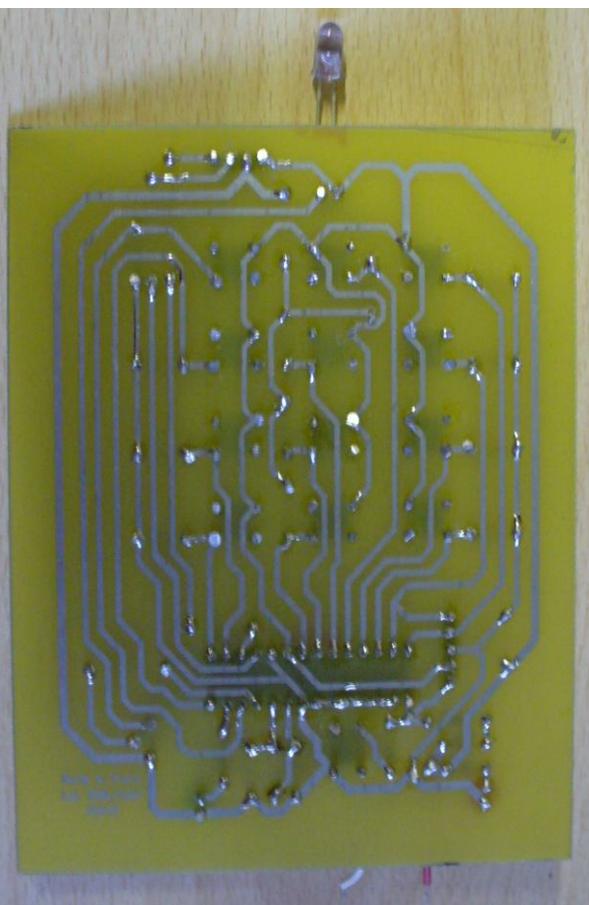


Fig. 4.4.b



Capitolo 5: Conclusioni

5.1 – Riepilogo

Dato lo scopo della tesi, cioè di progettare e realizzare un circuito elettronico atto alla trasmissione dati, mediante un canale monodirezionale di comunicazione ad infrarosso, a un dispositivo di controllo domotico è possibile ritenere che lo scopo sia stato raggiunto. Il circuito risulta replicare in tutte le sue funzioni il telecomando Marmitek e colloquiare con la centralina domotica in modo corretto, infatti in fase di collaudo è stato accertato che fosse in grado di pilotare i relativi moduli X-10 dislocati nell'edificio domotico. Il lavoro così svolto risulta essere già pronto all'integrazione con altri progetti, tra i quali l'adattamento alla ricezione dei comandi non più tramite tasti ma per mezzo di un pannello touch screen, cosa possibile con le sole modifiche software in quanto il circuito è dotato di connettori alla porta UART.

5.2 – Problemi riscontrati

I problemi che sono stati riscontrati durante la progettazione e la realizzazione sono sostanzialmente di due tipi:

- uno associato ai problemi realizzativi su breadboard;
- l'altro associato alle tempistiche del protocollo.

Durante la realizzazione su breadboard si sono riscontrati problemi di malfunzionamento associati alla presenza di capacità e induttanze parassite, causate dalla scarsa qualità dei collegamenti tra i componenti; problema non riscontrato nella scheda finale, in quanto le piste di massa e di alimentazione sono state ben distribuite in modo da evitare eventuali loop di corrente e le piste trasportanti segnali a frequenza notevole sono state collocate vicino la massa.

In quanto il protocollo Marmitek è stato ricavato per via sperimentale in laboratorio, sono stati introdotti errori di misura e di approssimazione che hanno influenzato notevolmente la corretta comunicazione. E' stato quindi necessaria la sincronizzazione, in laboratorio, tra il telecomando e la centralina; operazione risultata abbastanza semplice visto che il protocollo è stato implementato per



via software. Grazie alle modifiche apportate al firmware, il circuito risulta funzionante correttamente.

5.3 – Sviluppi futuri

Il progetto anche se perfettamente funzionante presenta due aspetti salienti che richiederebbero di essere ottimizzati: consumo di potenza e campo d'azione del telecomando.

In quanto il maggior consumo di potenza è da associarsi al microcontrollore e al trasmettitore infrarosso (quest'ultimo però ha un consumo non ottimizzabile, diminuirebbe troppo il campo d'azione) di seguito saranno illustrate delle tecniche per ottimizzare il consumo dei circuiti impieganti PICmicro.

La tecnica più semplice è quella di portare il PIC nella modalità sleep in cui l'oscillatore viene disattivato ed il dispositivo non esegue il codice. Il PIC può essere periodicamente risvegliato dalla modalità sleep utilizzando il watchdog timer o un interrupt esterno. Una volta risvegliato, il PIC può eseguire determinate righe di codice, quindi tornare nella modalità sleep. In quest'ultima modalità il dispositivo consuma una corrente dell'ordine di qualche microampere.

Se non è possibile utilizzare la modalità sleep ed il PIC utilizza un oscillatore RC, non in questo progetto, allora è possibile variare la frequenza di clock utilizzando un pin di I/O, così come riportato nella fig. 5.3.a. Se il pin di I/O è a livello alto, la resistenza R1 viene inserita in parallelo a R2 per cui la resistenza totale diminuisce, di conseguenza aumenta la frequenza di clock. Se il pin di I/O viene messo a livello basso R1 è esclusa quindi la resistenza totale aumenta e la frequenza diminuisce.

La soluzione estrema è spegnere completamente il PIC direttamente dal programma e riaccenderlo mediante un segnale esterno. Questa tecnica è molto diversa dallo sleep mode analizzato sopra in quanto, mentre nello sleep mode il PIC è comunque alimentato ed in attesa del segnale di "risveglio", con quest'altra tecnica il PIC è effettivamente spento. I consumi in questo caso sono dell'ordine dei nA contro i mA della modalità sleep. Il circuito per il controllo dell'alimentazione impiega un latch CMOS come mostrato in fig. 5.3.b. In questa modalità non è necessario utilizzare il watchdog timer consentendo così un ulteriore risparmio di energia.



Capitolo 5: Conclusioni

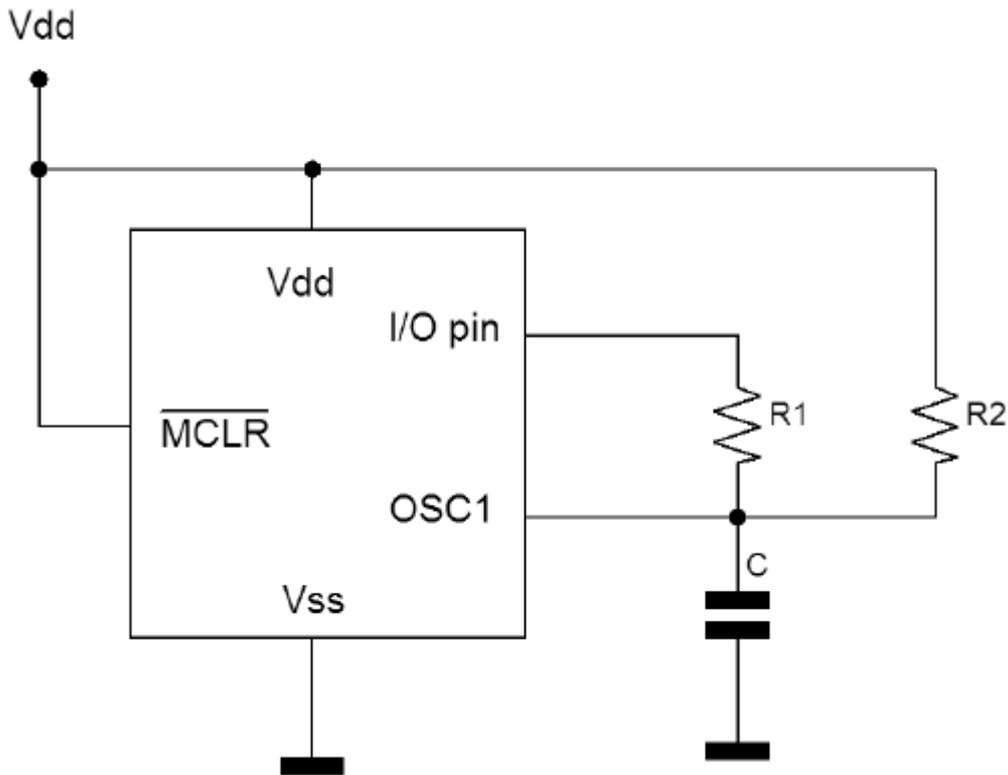


Fig. 5.3.a

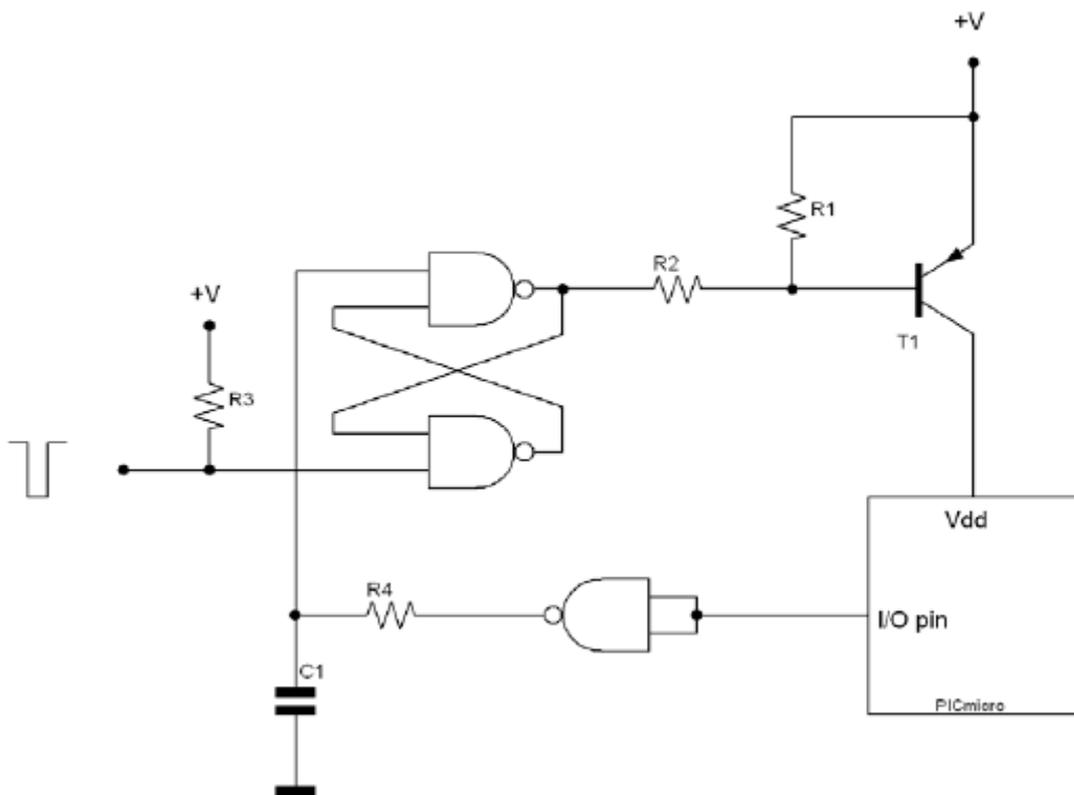


Fig. 5.3.b



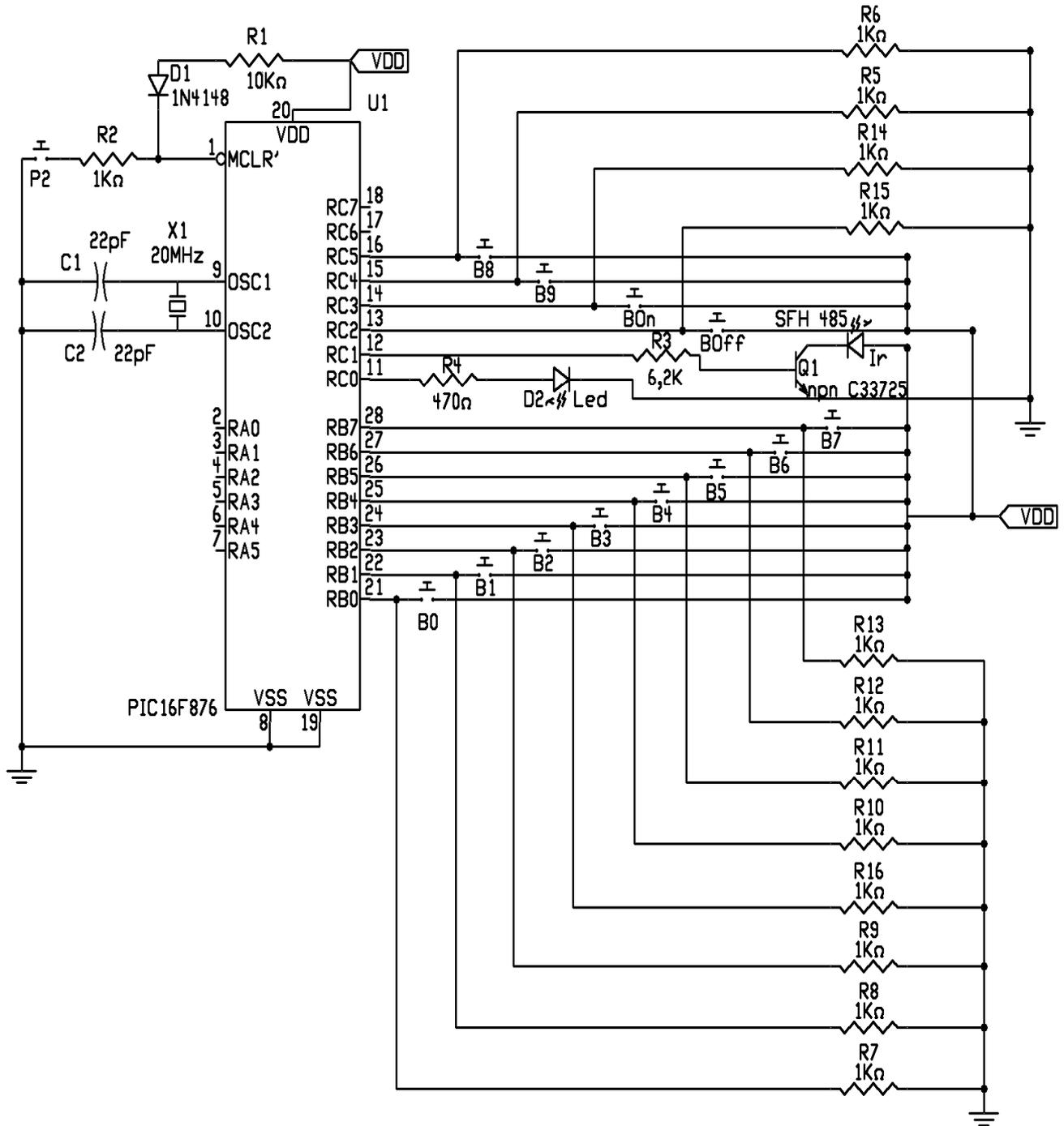
Mentre per migliorare il campo d'azione del telecomando sono possibili almeno due soluzioni:

- una prevede di utilizzare un altro trasmettitore pilotato dallo stesso segnale per mezzo di un altro transistor;
- l'altra soluzione prevede di far fluire più corrente sul trasmettitore, utilizzando un transistor aggiuntivo in modo da disporli in configurazione Darlington.



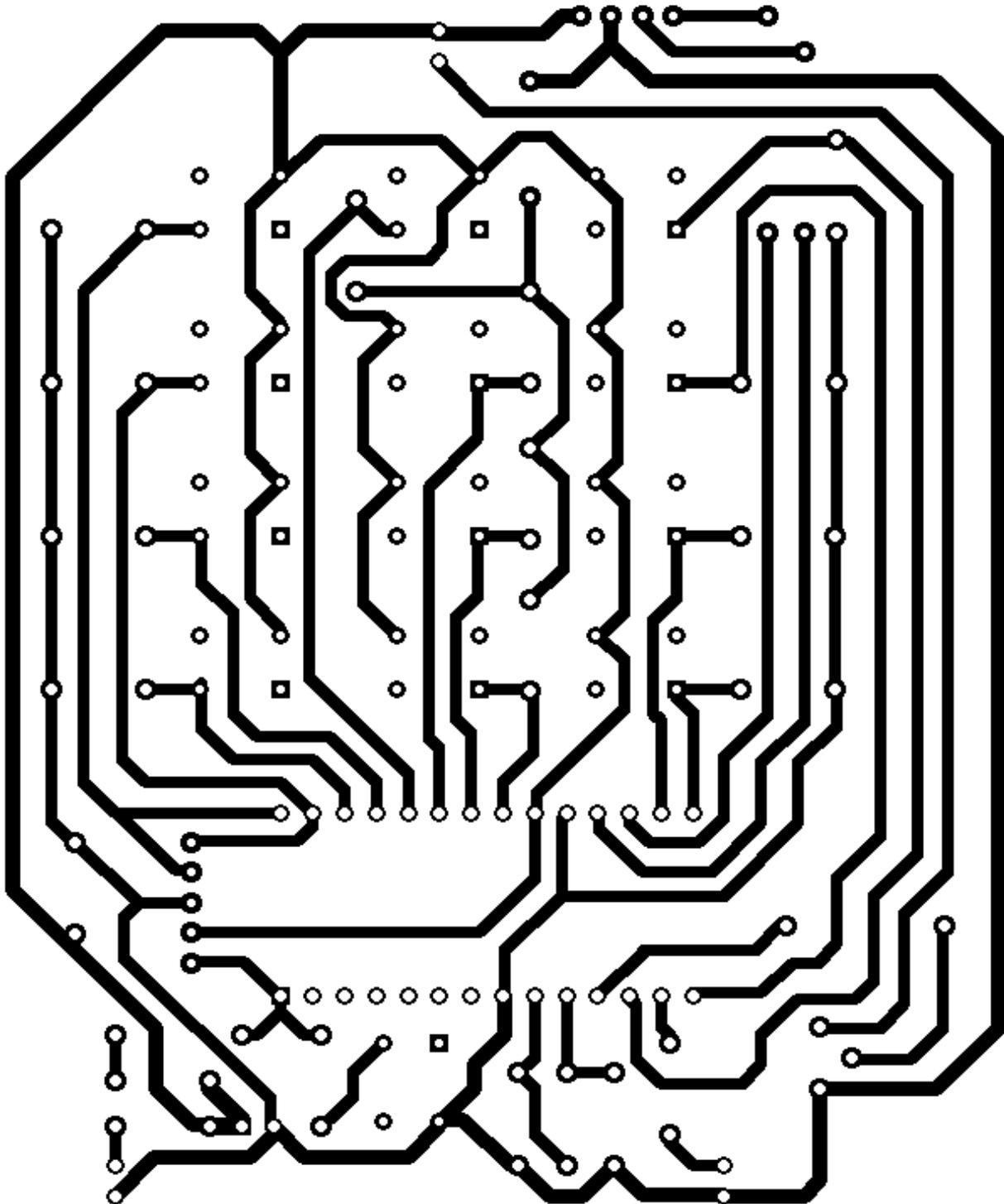
Appendice B: Schemi elettrici

E' riportato di seguito lo schema elettrico del circuito:





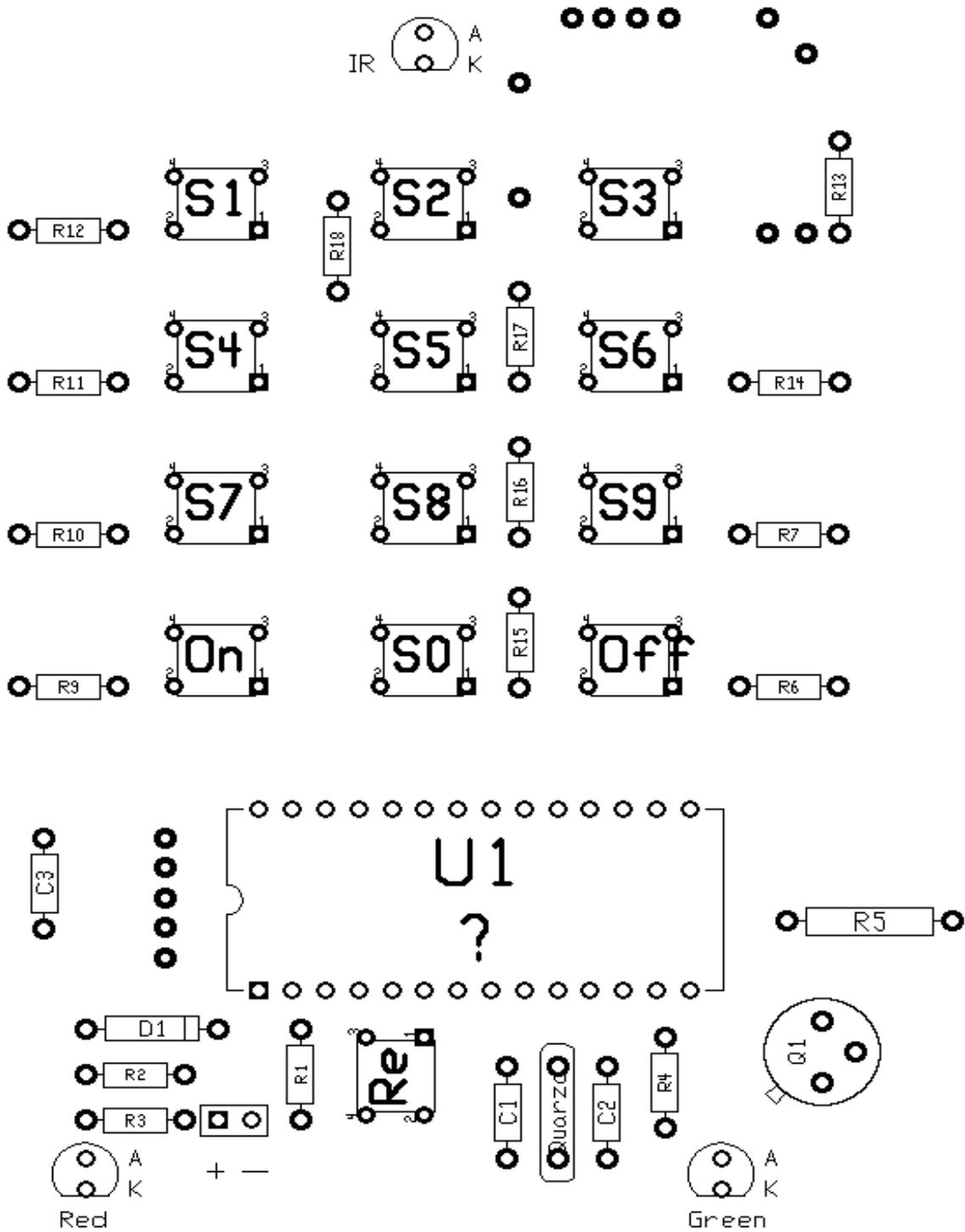
E' di seguito riportato il disegno PCB del circuito, lato piste:





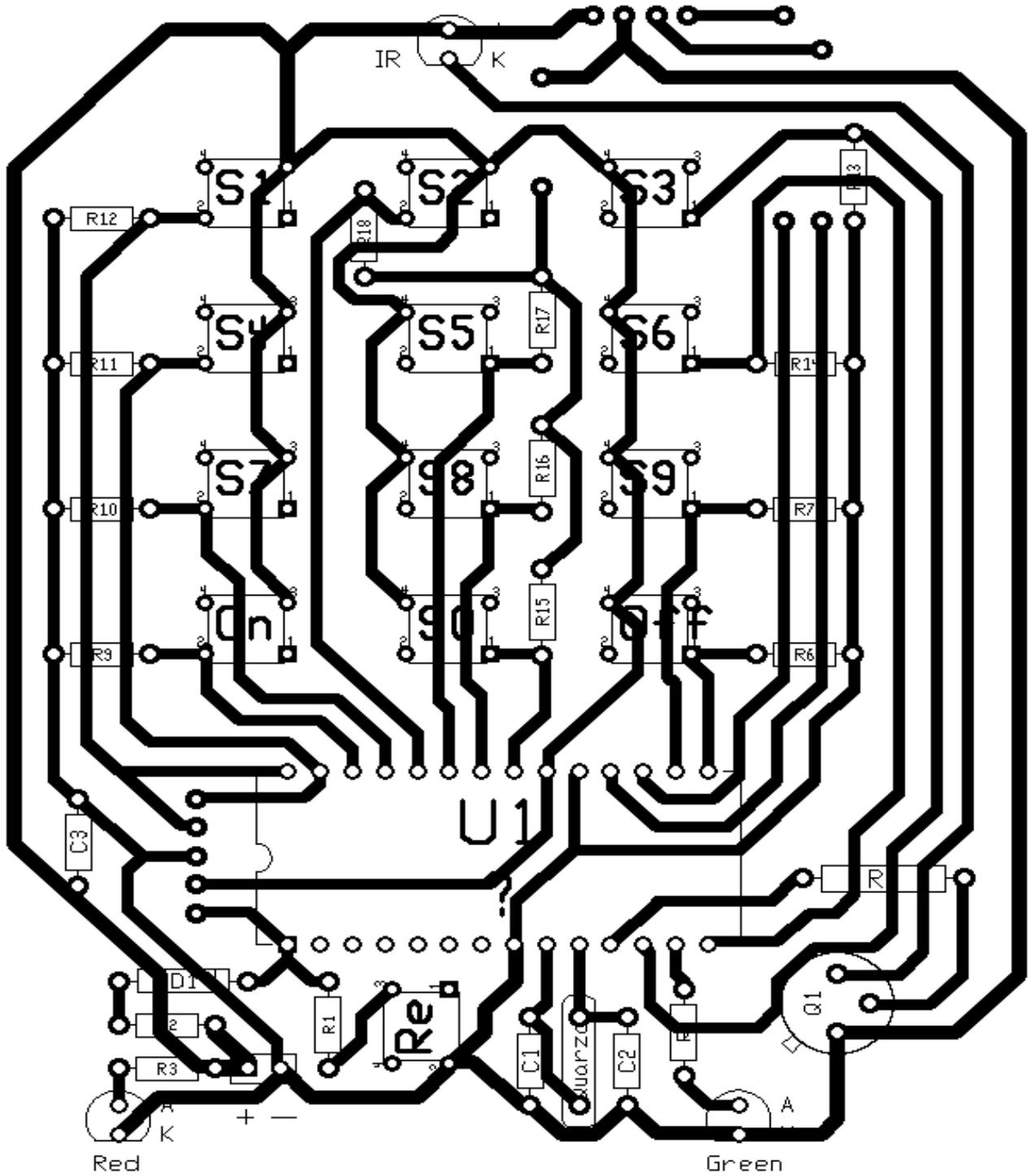
Appendice

E' di seguito riportato il disegno PCB del circuito, lato componenti:





E' di seguito riportato il disegno PCB del circuito, in prospettiva mista:





Appendice C: Codice sorgente

E' di seguito riportato il codice sorgente:

```

/*****\
****
****          PROGRAMMA ATTO ALLA TRASMISSIONE DI COMANDI          ****
****          AD UN CONTROLLORE DOMOTICO X10                        ****
****          Sferazza Giovanni                                     ****
****\
\*****/

#include <16f876A.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP          //freq>4MHz, WATCH-DOG-TIMER off, PROTEZIONE off,
//LOW VOLTAGE PROGRAM off, POWER UP TIMER off ,
// BROWN DETECTOR off

#use delay(clock=2000000)                 //uso clock a 20MHz
#use RS232(baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,parity=N,bits=8) //setto la porta UART del micro

#define LED pin_c2                        //LED di stato
#define Tx pin_c0                         //Trasmissione impulsi
#define B0 pin_b0                         //Button 0
#define B1 pin_b7                         //Button 1
#define B2 pin_b3                         //Button 2
#define B3 pin_c1                         //Button 3
#define B4 pin_b6                         //Button 4
#define B5 pin_b2                         //Button 5
#define B6 pin_c3                         //Button 6
#define B7 pin_b4                         //Button 7
#define B8 pin_b1                         //Button 8
#define B9 pin_c5                         //Button 9
#define On pin_b5                         //Button On
#define Off pin_c4                        //Button Off
#define N 10                              //dimensione del vettore contente l'informazione da trasmettere

```



```

//*****TEMPISTICA DEL PROTOCOLLO*****

```

```

#define N0 125 // numero di impulsi nel bit 0
#define H0 3750 //tempo di attesa nel bit 0
#define N1 42 // numero di impulsi nel bit 1
#define H1 6300 // tempo di attesa nel bit 1
#define NSD 145 // numero di impulsi nel bit di start delimitation
#define HSD 3650 //tempo di attesa nel bit di start delimitation
#define NED 380 // numero di impulsi nel bit di end delimitation
#define HED 3750 //tempo di attesa nel bit di end delimitation

```

```

//*****CODICI DEL PROTOCOLLO*****

```

```

int Cod_0[N]={0,0,0,0,1,1,1,1,1,0}, Cod_1[N]={1,0,0,1,1,0,1,1,0,0};
int Cod_2[N]={0,0,0,1,1,1,1,1,0,0}, Cod_3[N]={1,1,0,1,1,0,0,1,0,0};
int Cod_4[N]={0,1,0,1,1,1,0,1,0,0}, Cod_5[N]={1,1,1,0,1,0,0,0,1,0};
int Cod_6[N]={0,1,1,0,1,1,0,0,1,0}, Cod_7[N]={1,0,1,0,1,0,1,0,1,0};
int Cod_8[N]={0,0,1,0,1,1,1,0,1,0}, Cod_9[N]={1,0,0,0,1,0,1,1,1,0};
int Cod_On[N]={1,1,0,1,0,0,0,1,0,1}, Cod_Off[N]={1,1,0,0,0,0,0,1,1,1};

```

```

//***** VARIABILI *****

```

```

int1 Press_0=0, Press_1=0, Press_2=0, Press_3=0, Press_4=0;
int1 Press_5=0, Press_6=0, Press_7=0, Press_8=0, Press_9=0;
int1 Press_On=0, Press_Off=0;

```

```

int16 i=0, j=0, x=0; //variabili di conteggio
int a=0; // conteggio per creare i simboli
int w=0; //ausiliaria per creare i simboli

```

Appendice

```
/******* FUNCTION *****/
```

```
//segnala la trasmissione facendo lampeggiare il led di stato
```

```
PulseTX()
```

```
{ for (i=0; i<=1; i++) //faccio lampeggiare il LED con freq 0.2sec per 5 volte
  { output_bit(LED,1);
    delay_ms(50);
    output_bit(LED,0);
    delay_ms(25);
  }
}
```

```
//funzione anti rimbalzo tasto 0
```

```
AR_0()
```

```
{ if (input(B0)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
      if (input(B0)!=1)
        { w=0;
          delay_ms(9); }
        }
    if(w==1){
      Press_0=1;
      w=0; }
  } }
```

```
//funzione anti rimbalzo tasto 1
```

```
AR_1()
```

```
{ if (input(B1)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
      if (input(B1)!=1)
        { w=0;
          delay_ms(9); }
        }
  }
```



```
    }  
    if(w==1){  
        Press_1=1;  
        w=0; }  
    } }
```

//funzione anti rimbalzo tasto 2

AR_2()

```
{ if (input(B2)==1)  
    {w=1;  
    for (i=0; i<7; i++)  
        { Delay_ms(14);  
          if (input(B2)!=1)  
              { w=0;  
                delay_ms(9); }  
              }  
          if(w==1){  
              Press_2=1;  
              w=0; }  
          } } }
```

//funzione anti rimbalzo tasto 3

AR_3()

```
{ if (input(B3)==1)  
    {w=1;  
    for (i=0; i<7; i++)  
        { Delay_ms(14);  
          if (input(B3)!=1)  
              { w=0;  
                delay_ms(9); }  
              }  
          if(w==1){  
              Press_3=1;  
              w=0; }  
          } } }
```

*Appendice*

//funzione anti rimbalzo tasto 4

AR_4()

```
{ if (input(B4)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(B4)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
    }
    if(w==1){
    Press_4=1;
    w=0; }
  } }
```

//funzione anti rimbalzo tasto 5

AR_5()

```
{ if (input(B5)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(B5)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
    }
    if(w==1){
    Press_5=1;
    w=0; }
  } }
```



```
//funzione anti rimbalzo tasto 6
```

```
AR_6()
```

```
{ if (input(B6)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(B6)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
    }
  if(w==1){
  Press_6=1;
  w=0; }
  } }
```

```
//funzione anti rimbalzo tasto 7
```

```
AR_7()
```

```
{ if (input(B7)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(B7)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
    }
  if(w==1){
  Press_7=1;
  w=0; }
  } }
```

*Appendice*

//funzione anti rimbalzo tasto 8

AR_8()

```
{ if (input(B8)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(B8)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
      }
    if(w==1){
    Press_8=1;
    w=0; }
  } }
```

//funzione anti rimbalzo tasto 9

AR_9()

```
{ if (input(B9)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(B9)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
      }
    if(w==1){
    Press_9=1;
    w=0; }
  } }
```



//funzione anti rimbalzo tasto On

AR_On()

```
{ if (input(On)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(On)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
      }
    if(w==1){
    Press_On=1;
    w=0; }
    } }
```

//funzione anti rimbalzo tasto Off

AR_Off()

```
{ if (input(Off)==1)
  {w=1;
  for (i=0; i<7; i++)
    { Delay_ms(14);
    if (input(Off)!=1)
      { w=0;
      delay_ms(9); }
      }
    if(w==1){
    Press_Off=1;
    w=0; }
    } }
```



Func_1() //Funzione che codifica il simbolo 1 con codice Marmitek

```
{
  a=0;
  for (i=0; i<N1; i++)
  { if (a==0)
    { output_bit(Tx,1);
      a=1;
    }
    else
    { output_bit(Tx,0);
      a=0;
    }
    delay_us(26); //Tempo di attesa tra 2 impulsi successivi
  }
  output_bit(Tx,0);
  delay_us(H1);
}
```

Func_0() //Funzione che codifica il simbolo 0 con codice Marmitek

```
{
  a=1;
  for (i=0; i<N0; i++)
  { if (a==0)
    { output_bit(Tx,1);
      a=1;
    }
    else
    {
      output_bit(Tx,0);
      a=0;
    }
    delay_us(26); //Tempo di attesa tra 2 impulsi successivi
  }
  output_bit(Tx,0);
  delay_us(H0);
}
```



Func_SD() //Funzione che codifica il simbolo SD con codice Marmitek-->

```
{
a=1;
for (i=0; i<NSD; i++)
{ if (a==0)
{ output_bit(Tx,1);
a=1;
}
else
{ output_bit(Tx,0);
a=0;
}
delay_us(26); //Tempo di attesa tra 2 impulsi successivi
}
output_bit(Tx,0);
delay_us(HSD);
}
```

Func_ED() //Funzione che codifica il simbolo ED con codice Marmitek

```
{
a=1;
for (i=0; i<NED; i++)
{ if (a==0)
{ output_bit(Tx,1);
a=1;
}
else
{ output_bit(Tx,0);
a=0;
}
delay_us(26); //Tempo di attesa tra 2 impulsi successivi
}
output_bit(Tx,0);
delay_us(HED);
}
```



```
Mod(int v[], int N)      //Scandisco i bit di codice e se ho 1 richiamo la funz che codifica un 1,
{
  for(x=0; x<2; x++)
  {
    Func_SD();
    for (j=0; j<N; j++)
    {
      if (v[j]==0)      //se ho uno 0 richiamo la funzione che codifica uno 0
        Func_0();
      else
      {
        Func_1();      //se ho un 1 richiamo la funzione che codifica un 1
      }
    }
    Func_ED();
  }
  output_bit(Tx,0);
}
```

```
//***** FINE FUNZIONI*****
```



```
//***** MAIN *****
```

```
void main()
```

```
{ set_tris_B(0xFF);           //La porta B e' settata tutta in input
  set_tris_C(0x3C);           //la porta C ha i bit 2-3-4-5 settati in input, gli altri in output
```

```
  output_bit(LED,1);
  delay_ms(1000);
  output_bit(LED,0);
```

```
while(1)
```

```
{ AR_0();           //Richiamo le funzione anti rimbalzo per ogni tasto
  AR_1();
  AR_2();
  AR_3();
  AR_4();
  AR_5();
  AR_6();
  AR_7();
  AR_8();
  AR_9();
  AR_0();
  AR_On();
  AR_Off();
  output_bit(Tx,0);
```

```
  if (Press_0==1)           //Faccio un controllo sull'eventuale pressione di un tasto
  { PulseTX();
    Mod(cod_0, N);
    PulseTX();
    delay_ms(20);
    Press_0=0;}

  if (Press_1==1)
```

```
  { PulseTX();
    Mod(cod_1, N);
```

*Appendice*

```
delay_ms(20);
  PulseTX();
  Press_1=0;}

if (Press_2==1)
{PulseTX();
  Mod(cod_2, N);
  PulseTX();
  delay_ms(20);
  Press_2=0;}

if (Press_3==1)
{PulseTX();
  Mod(cod_3, N);
  PulseTX();
  delay_ms(20);
  Press_3=0;}

if (Press_4==1)
{PulseTX();
  Mod(cod_4, N);
  PulseTX();
  delay_ms(20);
  Press_4=0;}

if (Press_5==1)
{PulseTX();
  Mod(cod_5, N);
  PulseTX();
  delay_ms(20);
  Press_5=0;}

if (Press_6==1)
{PulseTX();
  Mod(cod_6, N);
  PulseTX();
  delay_ms(20);
  Press_6=0;}
```



```
    if (Press_7==1)
    {PulseTX();
      Mod(cod_7, N);
      PulseTX();
      delay_ms(20);
      Press_7=0;}

    if (Press_8==1)
    {PulseTX();
      Mod(cod_8, N);
      PulseTX();
      delay_ms(20);
      Press_8=0;}

    if (Press_9==1)
    {PulseTX();
      Mod(cod_9, N);
      PulseTX();
      delay_ms(20);
      Press_9=0;}

    if (Press_On==1)
    {PulseTX();
      Mod(cod_On, N);
      delay_ms(20);
      PulseTX();
      Press_On=0;}

    if (Press_Off==1)
    {PulseTX();
      Mod(cod_Off, N);
      PulseTX();
      delay_ms(20);
      Press_Off=0;}

  }

}
```



Riferimenti bibliografici:

Sono stati consultati i seguenti libri:

- “Microelettronica”, Richard C. Jager, Mc Graw-Hill 1998;
- “Microelettronica”, Jacob Millman, Arvin Grabel, Mc Graw-Hill 1994;
- “Elementi di elettronica”, Pier Ugo Calzolari, Sergio Graffi, Zanichelli 1992;
- “Fondamenti di telecomunicazioni”, Leon W. Couch II, Apogeo 2002;
- “Reti di telecomunicazioni”, Gianluca Mazzini, editrice Pitagora 2002;
- “Manuale di elettronica e telecomunicazioni”, G. Biondo, E. Sacchi, Hoepli 2005;

Sono state consultate le seguenti tesi e pubblicazioni:

- OMS, Decima Revisione della Classificazione Internazionale delle sindromi e dei disturbi psichici e comportamentali (ICD-10), Masson, Milano, 1992.
- OMS, Classificazione Internazionale delle menomazioni, disabilità e degli handicap (ICIDH), Cles, 1980.
- OMS, Classificazione Internazionale del funzionamento e delle disabilità, ICIDH-2, Bozza Beta-2, versione integrale, Erickson, Trento, 1999.
- OMS, Classificazione internazionale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute (ICF), Erickson, Trento, 2001.

Inoltre sono stati consultati i seguenti siti internet:

<http://www.domotica.it>

<http://www.nicoshop.com>

<http://www.marmitek.com>

<http://www.x10.org>

<http://www.x10europe.com>

<http://www.batibus.com>



<http://www.cebus.org>
<http://www.ceiweb.it>
<http://www.cenelec.be>
<http://www.datapark.it>
<http://www.echelon.org>
<http://www.eiba.com>
<http://www.hes-standards.com>
<http://www.konnex.it>
<http://www.konnex.org>
<http://www.lonmark.org>
<http://www.osgi.org>
<http://www.smarthomeforum.com>
<http://www.upnp.org>
<http://www.urpcomunicazioni.it>
<http://www.infrarossi.it>
<http://www.rs-components.it>
<http://www.microchip.com>
<http://www.alldatasheet.com>
<http://www.ccsinfo.it>
<http://www.vishay.com>
<http://www.flirthermography.com>
<http://www.people.csail.mit.edu>
<http://www.it.wikipedia.org>
<http://www.cassiopeaonline.it>



Ringraziamenti

Ringrazio, in primo luogo, la Prof. Ing. Elena Mainardi per la disponibilità e la pazienza che ha dimostrato nei miei confronti nell'insegnarmi e spiegarmi ogni cosa non mi fosse chiara e per avermi guidato in questa esperienza sicuramente costruttiva e molto entusiasmante.

Ringrazio il Chiar.mo Prof. Sergio Beghelli e il Prof. Ing. Marcello Bonfè per essersi sempre resi più che disponibili in caso di necessità.

Ringrazio inoltre la LANFRANC s.r.l. e il mio fraterno amico Davide Ferrari, per la loro collaborazione tecnica.

Tutto l'impegno e la determinazione necessari al raggiungimento di questo primo successo, so che sarebbero stati vani senza il supporto morale ed economico di chi ha puntato su di me, dandomi più fiducia di quella che mi sarei aspettato.

Ringrazio mia madre, per aver creduto sempre su di me anche quando non ci credevo nemmeno io, per la possibilità che mi ha dato e che sta continuando a darmi nonostante i sacrifici che comporta, per i sani valori e principi con la quale mi ha cresciuto.

Ringrazio mio fratello, per essere il mio orgoglio e per avermi dato un motivo in più per lottare.

Ringrazio mio padre per quello che è stato capace di creare in così poco tempo, un legame così speciale che niente e nessuno potrà mai rovinare.

Come non ringraziare tutti gli amici, che hanno aggiunto esperienze e ricordi alla mia vita universitaria, rendendola più stravagante di quanto non poteva essere.

E come ultimo ringraziamento, ma non per importanza, ringrazio Laura, la donna speciale che con orgoglio è stata sempre al mio fianco anche quando chilometri e problemi ci dividevano, colei che ha portato colore alla mia vita, l'unica donna con la quale sarei capace di trascorrere il resto della mia vita.

Giovanni Sferrazza