

ISTITUTO TECNICO **CARLO ANTONIO PILATI** CLES
INDIRIZZO DI **INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI** A.S.
2014/2015



www.domexsystems.com

PROGETTO DI
Simone Lorengo
Willi Menapace
Classe V INT A



SOMMARIO

1. Introduzione	3
2. L'Internet of Things	4
3. Perché di Internet of Things	4
4. Settori di utilizzo	5
4.1 Automotive	5
4.2 Smart Agricolture	5
4.3 Smart Metering	5
4.4 Digital Home	5
5. Il progetto Domex	6
5.1 Introduzione	6
5.2 Descrizione	6
5.3 Schema Struttura di Rete	7
6. Dispositivi della Rete	8
6.1 Central Unit	8
6.2 Stazione Meteorologica	9
6.3 Prese Digitali e Smart Metering	11
6.4 Attuatore Generico	13
7. La Rete	15
7.1 Le tecnologie già esistenti	15
7.2 Perché ZigBee	15
8. Hardware	16
8.1 Microprocessori	16
8.2 Alimentazione	16
8.3 Sensori	16
8.4 Attuatori	17
8.5 DIP Switch	17
8.6 XBee	17
8.7 Ethernet Shield	17
8.8 Real Time Clock	17
8.9 Componenti Vari	17
9. Software	18
9.1 Firmware Unità Centrale	18
9.2 Interfaccia Bridge Unità Centrali - Database	18
9.3 Database	19
9.4 Sito Web	20
10. Conclusioni e Commenti	21

1. INTRODUZIONE

Al momento della scelta del progetto da realizzare, abbiamo deciso di costruire qualcosa che andasse oltre un semplice progetto scolastico e che potesse essere utilizzato effettivamente per risolvere le problematiche di utenti reali. Per questo motivo abbiamo voluto inserirci all'interno dell'area in fortissimo sviluppo chiamata Internet of Things (detta anche IoT), la branca dell'informatica che si propone di rendere "intelligenti" gli oggetti di uso comune.

L'idea iniziale era quella di applicare questo sistema in agricoltura, in particolare alla gestione dell'irrigazione e del risparmio idrico nelle coltivazioni di mele, data la sua presenza nella nostra zona.

Dopo poco tempo, ci siamo resi conto che avremmo potuto realizzare qualcosa di più ambizioso, un sistema che non sia solo in grado di rendere più "smart" l'agricoltura, ma che sia flessibile e che possa rendere intelligente qualsiasi cosa: la guida, la vita in città, le industrie, la nostra casa.

Il risultato del nostro lavoro è Domex, il sistema che rende possibile tutto questo. Essendo sia tempo che il budget abbastanza limitati, abbiamo deciso di concentrarci su uno solo degli ambiti in cui Domex può essere utilizzato: la domotica. Crediamo che questo possa essere di interesse per molti utenti e permetta di mostrarne bene tutte le potenzialità.

Per lo studio, la progettazione e la realizzazione delle componenti hardware e software sono state investite alcune centinaia di ore nell'arco di sette mesi. Il risultato ottenuto non solo ha raggiunto i risultati sperati, ma li ha oltrepassati e ciò ci rende orgogliosi del nostro lavoro.

Per capire meglio il grado di innovazione del progetto è necessario conoscere più da vicino il campo dell'Internet of Things e capire come esso possa cambiare il modo in cui viviamo.

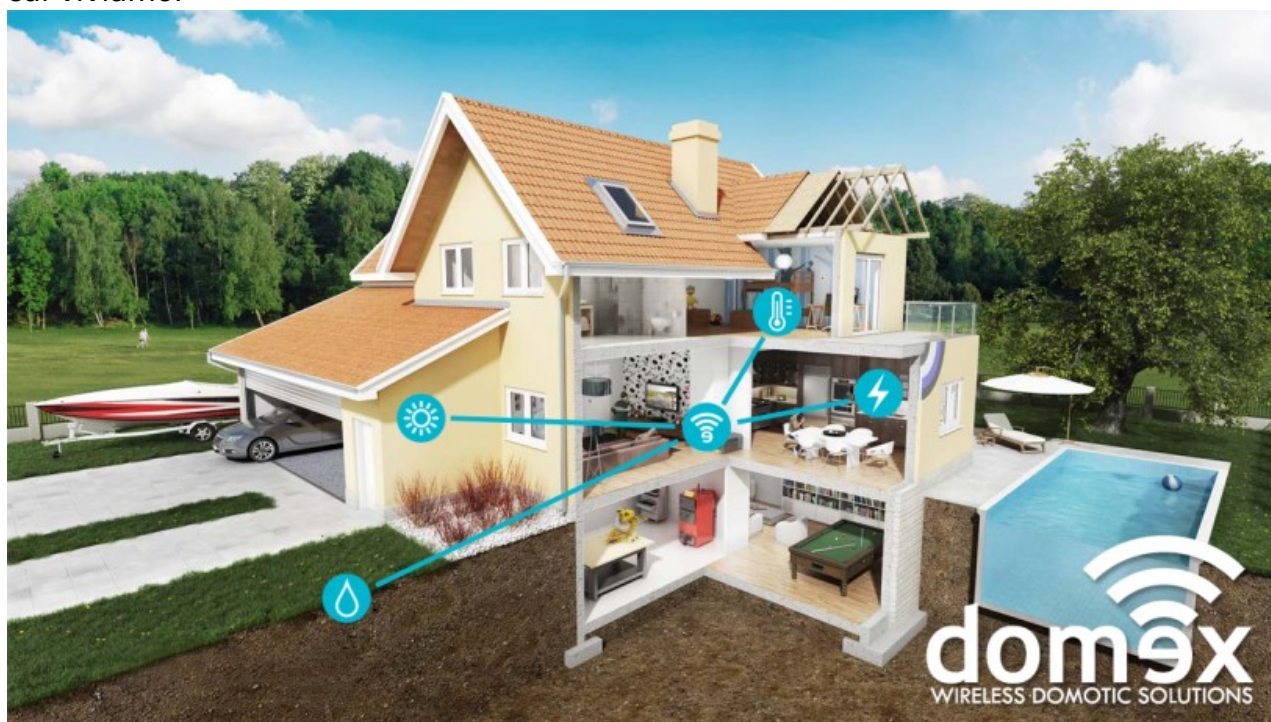


Figura 1: Rappresentazione grafica di un esempio di applicazione del sistema Domex.

2. L'INTERNET OF THINGS

I prodotti di uso comune, che in passato erano sostanzialmente oggetti di ingegneria meccanica, nel tempo si sono sempre più arricchiti di funzionalità grazie all'uso della micro elettronica.

Parallelamente, il mondo delle telecomunicazioni negli ultimi 15 anni si è fortemente evoluto grazie allo sviluppo di internet e delle reti fisse e mobili.

L'elettronica e le telecomunicazioni sono giunte ad un livello di perfezionamento tale che è possibile realizzare a bassissimo costo degli oggetti in grado di connettersi tra di loro, di scambiarsi informazioni utili e di modificare il proprio comportamento in base alle informazioni che ricevono. Questa rete di oggetti intelligenti viene chiamata Internet of Things.

L'Internet of Things permette di ricevere enormi quantità di dati dai sensori posizionati sugli oggetti, effettuare monitoraggi in tempo reale e controllare tutti questi oggetti in maniera remota.

3. PERCHÉ DI INTERNET OF THINGS

Nonostante il concetto di "oggetto intelligente" possa essere abbastanza semplice da immaginare è invece molto più difficile capire come questi possano essere utilizzati per migliorare il nostro modo di vivere.

Si pensi alla possibilità di sviluppo dell'IoT nell'agricoltura. Quanti tecnici conoscono le problematiche che incontra un agricoltore ogni giorno durante il suo lavoro? Dire che sono molto pochi sarebbe riduttivo. Per rispondere alle esigenze dei diversi utenti è indispensabile studiare e conoscere da vicino i diversi settori e comprenderne a fondo le problematiche al fine di progettare soluzioni che rispondano alle vere esigenze dei clienti. Sarà inoltre difficile convincere un utente a lasciare da parte i metodi classici per passare ad un sistema innovativo anche se i risultati in termini di risparmi di forza lavoro e di comodità potrebbero essere visibili fin da subito.

Vediamo quindi alcuni esempi di applicazione dell'IoT per avere un'idea migliore delle sue potenzialità.

4. SETTORI DI UTILIZZO

- 4.1 Automotive

Il settore “automotive” offre diverse opportunità per l'applicazione di soluzioni IoT. Si pensi ai problemi che un'organizzazione affronta nella gestione della propria flotta. L'IoT permette un monitoraggio capillare rendendo possibili la localizzazione dei veicoli, la rilevazione di stili di guida, l'ottimizzazione dei percorsi, la verifica dei consumi di carburante e molto altro. Molti processi di verifica possono essere automatizzati e resi più efficaci traducendosi in risparmi in tempo e denaro.

- 4.2 Smart Agricolture

L'agricoltura costituisce un settore dalle grandi potenzialità di miglioramento in quanto non ancora raggiunto in maniera pervasiva dalle nuove tecnologie.

L'applicazione dell'IoT in questo settore permette di effettuare monitoraggi capillari riguardanti lo stato di salute delle piante, lo stato di maturazione dei frutti, la presenza di malattie e di gestire in maniera automatizzata i processi di irrigazione e concimazione. Ciò consente di crescere piante più sane, di ridurre la manodopera necessaria e di diminuire gli sprechi di risorse.

- 4.3 Smart Metering

Lo Smart Metering è un sistema di controllo basato su reti di sensori per il monitoraggio in tempo reale dei consumi di luce, gas e acqua. Esso consente di ottenere informazioni in tempo reale sul funzionamento dell'impianto offrendo anche la possibilità di effettuarvi interventi in maniera remota.

Può essere utilizzato sia dai gestori sia dagli utenti con il fine di una migliore rendicontazione e di un utilizzo più efficiente delle risorse.

- 4.4 Digital Home

La “casa intelligente” rappresenta uno dei terreni più fertili per l'IoT a causa del gran numero di potenziali utenti che è possibile raggiungere e dei grandi benefici ottenibili.

Attraverso l'IoT è possibile creare un ambiente più confortevole in cui vivere. Le abitazioni possono gestire l'illuminazione in maniera intelligente, effettuare la manutenzione delle zone esterne, gestire la sorveglianza e la sicurezza, prendersi cura del riscaldamento, essere comandate in maniera remota e altro ancora scaricando l'utente da molte responsabilità legate alla gestione dell'ambiente domestico. Attraverso il monitoraggio inoltre è possibile ottimizzare i consumi riducendo così i costi.

E' proprio il concetto di “casa intelligente” che ha attirato la nostra attenzione. Cercando un punto di incontro tra semplicità e innovazione, per una tecnologia più alla portata di tutti, ha avuto origine il nostro progetto: Domex.

5. IL PROGETTO DOMEX

- 5.1 Introduzione

I progetti di case domotiche e intelligenti stanno sempre più prendendo piede, tuttavia la quasi totalità dei sistemi risulta inaccessibile agli utenti a causa dei costi notevoli, della necessità di rifacimento degli impianti elettrici e della necessità di specifiche competenze tecniche.

Con il nostro progetto Domex vorremmo poter rendere questa tecnologia accessibile a chiunque, senza necessità di ricorrere a un tecnico installatore e senza dover eseguire modifiche costose e invasive all'impianto elettrico esistente.

- 5.2 Descrizione

Domex permette all'utente di creare un sistema domotico espandibile e configurabile cucito attorno alle proprie esigenze.

La creazione del sistema è immediata e non richiede alcuna competenza tecnica. L'utente deve solamente disporre di un'unità centrale Domex che si occupa del coordinamento dell'intero sistema e di un numero arbitrario di dispositivi remoti che forniscono al sistema le funzionalità desiderate. Ogni dispositivo remoto infatti dispone al suo interno di sensori ambientali e di attuatori che permettono di interagire con l'ambiente. Ad esempio vi sono dispositivi che possono rilevare la luminosità in un punto dell'abitazione, altri in grado di controllare l'illuminazione oppure l'impianto di riscaldamento, altri che sono in grado di attivare l'irrigazione del giardino e via dicendo.

Una volta che vengono accesi i dispositivi Domex si collegano tra loro in modalità wireless e sono in grado di interagire tra di loro.

L'utente può sfruttare le funzionalità dei propri dispositivi attraverso delle "regole". Per esempio si può ordinare a Domex di irrigare il giardino quando il terreno è secco, modificare l'intensità delle luci a seconda della luminosità esterna e così via. Le regole vengono definite attraverso l'applicazione Domex per smartphone o pc e possono essere caricate in tempo reale tramite internet.

In questo modo il sistema può adattarsi ad un'infinità di situazioni diverse a seconda delle esigenze dell'utente. Se necessario possono essere aggiunti nuovi dispositivi remoti e nuove regole in modo da espandere le funzionalità del sistema esistente.

Oltre a ciò Domex è in grado di salvare tutti i dati rilevati dai sensori sui propri dispositivi remoti. Questi possono poi essere usati per generare statistiche o per monitorare in tempo reale il sistema.

- 5.3 Schema struttura di rete

Nel grafico sottostante è stata riportata la struttura di rete semplificata del prototipo da noi realizzato. E' composta da un'unità centrale connessa a Internet mediante un modem, da dispositivi dotati di sensori e attuatori connessi all'unità centrale, da un server remoto per il salvataggio di dati e impostazioni, la visualizzazione e la modifica di questi ultimi e dall'utente finale, connesso in remoto tramite uno smartphone o un PC.

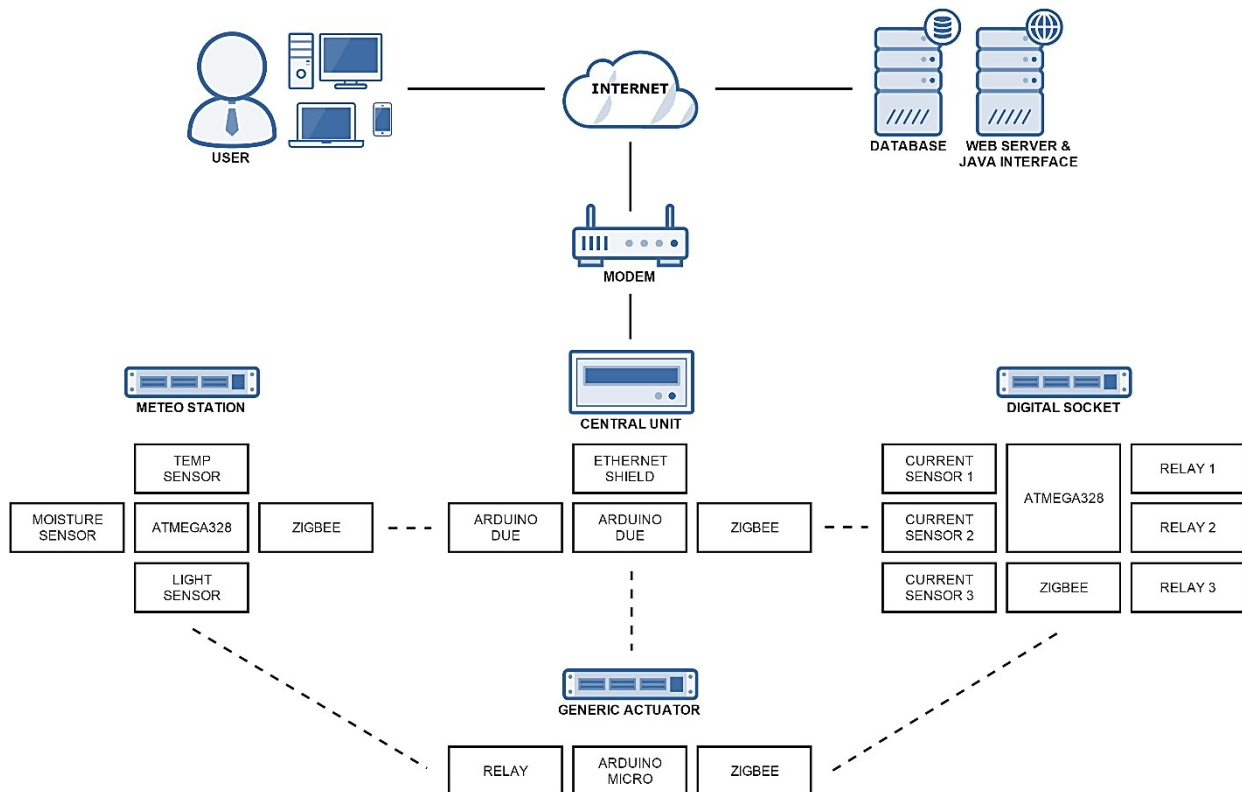


Figura 2: Struttura della rete che è stata realizzata come prototipo di questo progetto.

6. DISPOSITIVI DELLA RETE

- 6.1 Central Unit

L'unità centrale ha un ruolo fondamentale: **ricevere** tutti i **dati** dalla rete, **analizzare** i **valori** dei sensori, **controllare** le **regole**, **gestire** gli **attuatori** sui moduli esterni, **dialogare** con il **server** che fornisce impostazioni e regole ed **effettuare** il data **logging** dei valori dei sensori in locale su scheda Micro SD o in remoto su un server.

Essa è apparentemente il dispositivo più semplice, ma in realtà è il più **importante** dell'intero sistema Domex. E' composta da una scheda **Arduino Due** dotata di processore **ARM Cortex-M3** a 32bit e di una buona quantità memoria. E' stato necessario utilizzare questa scheda poiché non sarebbe stato possibile effettuare operazioni complesse con altri processori anche a causa della poca memoria a disposizione. L'unità centrale è composta solamente da un Arduino Due, un **Ethernet Shield**, un modulo **Real Time Clock** e il modulo radio **XBee**. Nonostante questi pochi componenti di facile collegamento, è programmata con il firmware più complesso dell'intera rete.

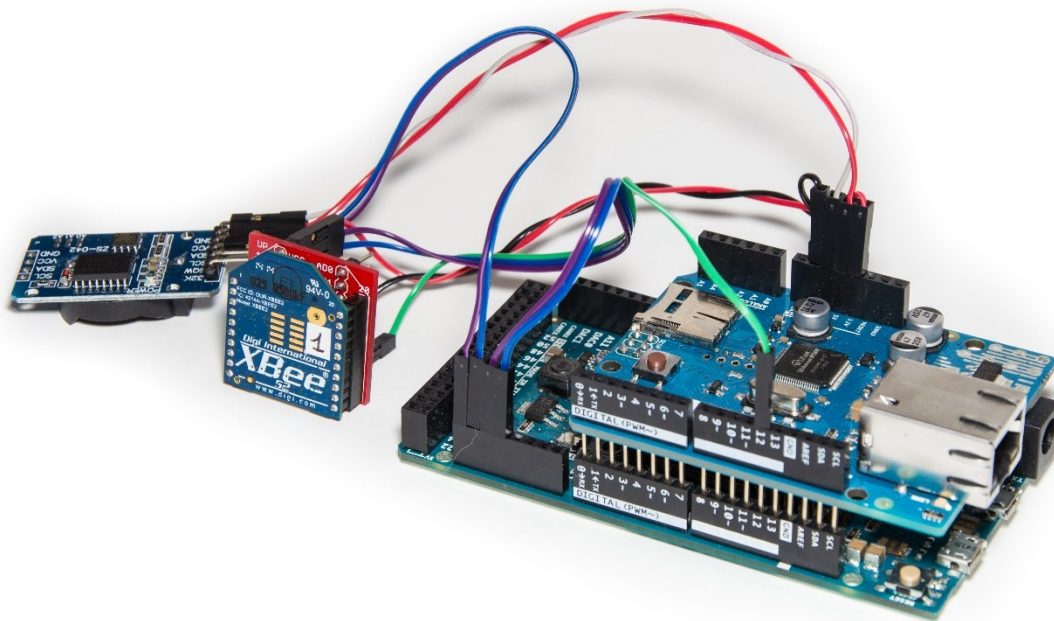


Figura 3: Unità Centrale con tutti i componenti in vista.

- 6.2 Stazione meteorologica

Il modulo dei sensori ambientali è composto da 3 sensori: **temperatura, umidità e luce**. Essi sono interfacciati con il microcontrollore **ATmega238** che a sua volta invia i dati ad un modulo Wireless **XBee**, il tutto è stato cablato su una piastra millefori.

Questo modulo è stato studiato per fare delle rilevazioni esterne e quindi è stato inserito in una scatola impermeabile che resista alle intemperie. Visti i **bassi consumi**, l'energia è ottenuta da una **batteria a 9V**. Le tensioni di alimentazione sono ottenute per i vari moduli e per il controllore tramite il modulo **S7V7F5**, che è in grado anche garantire i 5 volt di alimentazione anche nel caso la batteria scendesse sotto i 5V di tensione. Per quanto concerne l'XBee invece, che utilizza i 3.3V, la tensione viene fornita tramite il regolatore **LM3940**.

Vista la tensione di funzionamento differente è necessario anche adattare il livello del segnale che va dal controllore verso XBee mediante un semplice partitore di tensione. Nel senso opposto invece non si pone il problema poiché 3.3V è una tensione sufficiente per far avvenire il cambiamento di stato sul PIN digitale.

I **sensori di luce e temperatura** dialogano con il processore mediante protocollo SPI, il **sensore di umidità** invece da in output un segnale analogico variabile tra 0 e 5V, viene quindi utilizzato un pin analogico del controllore (A0).

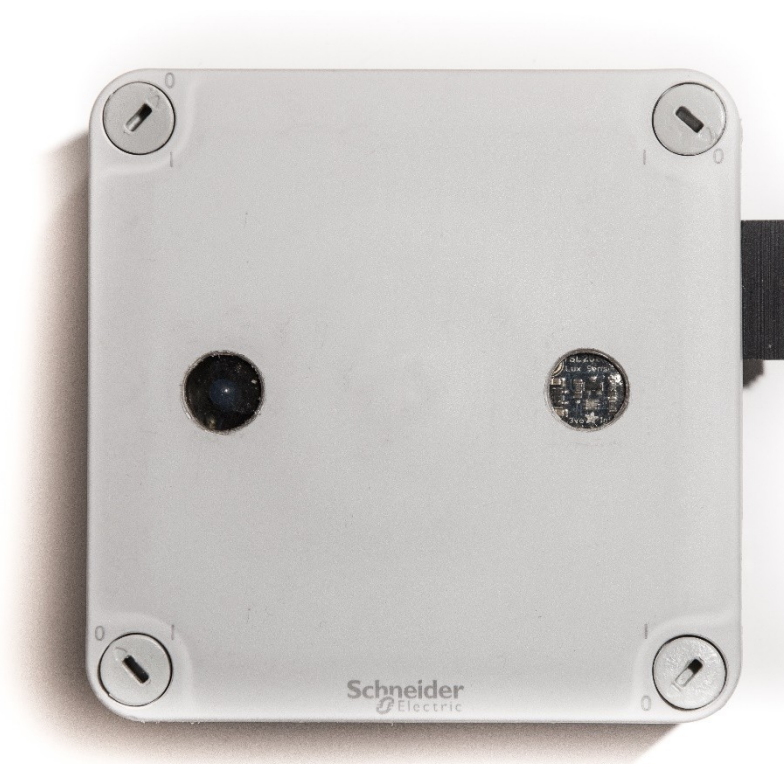


Figura 4: Stazione meteorologica dall'esterno.

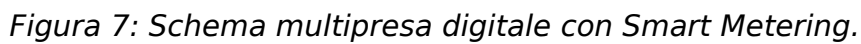
- 6.3 Prese digitali e smart metering

Esattamente come il precedente, questo dispositivo è dotato di processore **ATmega328** e modulo **XBee**. L'alimentazione è ottenuta invece direttamente dalla rete tramite un piccolo alimentatore **switching** a 5v. Come per gli altri moduli, XBee utilizza 3.3V di alimentazione, la quale viene fornita dal regolatore **LM3940**.

Questo modulo ha lo scopo monitorare il consumo di energia elettrica delle **3 prese** installate su di esso, tramite 3 moduli con **sensori di corrente** ad effetto Hall (ACS712), e comandarne l'attivazione mediante **moduli relè**.



Figura 6: Multipresa digitale con Smart Metering.



- 6.4 Attuatore generico

Questo modulo, a differenza degli altri, ha integrato un Arduino Micro dotato di un processore

ATmega32U4. Questa scheda ci è stata molto utile al momento del testing dei vari moduli poiché possiede due porte seriali, una utilizzabile per interfacciarsi al modulo radio e una per eseguire il debugging. Il modulo di trasmissione radio **XBee** è invece analogo a tutti gli altri dispositivi.

L'alimentazione di questo modulo è ottenuta dalla rete tramite un piccolo alimentatore **switching** da 230V a 5V. Come per gli altri moduli, XBee utilizza 3.3V di alimentazione, la quale viene fornita dal regolatore **LM3940**.

Questo modulo è **generico**, può essere utilizzato per gestire ad esempio un'elettrovalvola per l'irrigazione del giardino mediante un **relè** che, se abilitato, fornisce 230V alla presa.



Figura 8: Attuatore generico.

7. LA RETE

- 7.1 Le tecnologie già esistenti

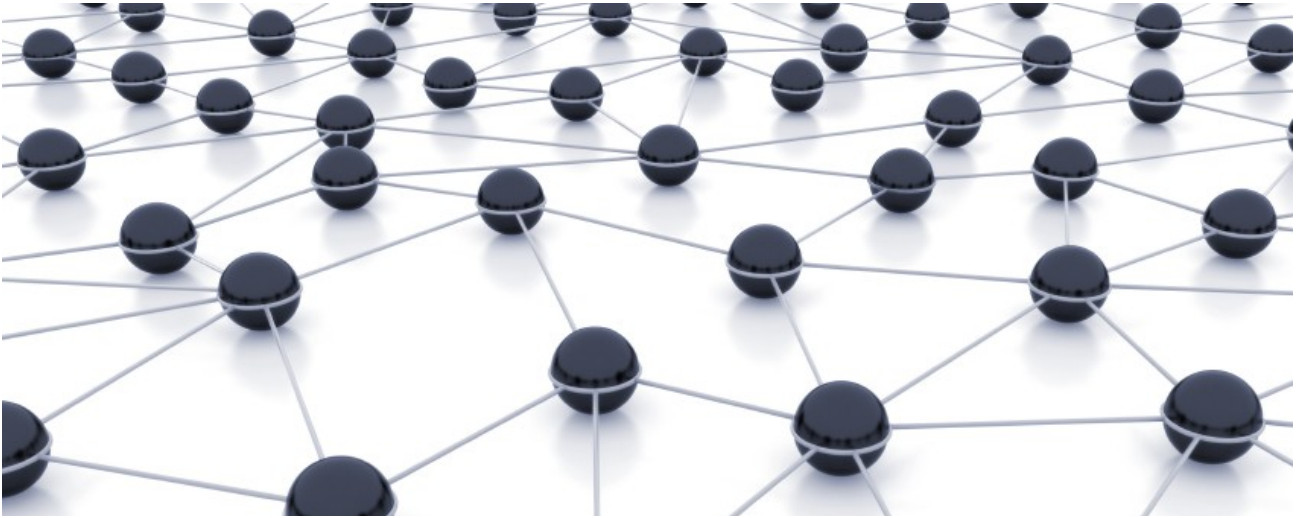
Come potrà senza dubbio notare un occhio esperto, i protocolli e i metodi di comunicazione all'interno dei sistemi domotici sono diversi tra loro e non esiste standardizzazione. La maggior parte delle tecnologie utilizzate richiedono costose ed invasive modifiche. La più utilizzata infatti si basa su un protocollo seriale che però necessita di un **cablaggio strutturato** ad-hoc. Altre tecnologie, seppur meno utilizzate, si basano sull'utilizzo di **powerlines**, ovvero sfruttano l'impianto elettrico già esistente per trasmettere dati sfruttando le onde convogliate. Questo sistema, su carta, ha prestazioni molto elevate tuttavia l'effettiva qualità del segnale dipende molto dall'impianto elettrico in uso, dalla struttura, dalle dimensioni della rete e dalla presenza di eventuali fonti di disturbo sull'impianto elettrico. Inoltre questa tecnologia potrebbe avere notevoli problemi in presenza di interruttori differenziali o multiprese.

Tra le tecnologie wireless in commercio sta diventando sempre più comune il **WiFi 802.11**, altamente standardizzato e ormai presente in ogni casa. Certi dispositivi IoT-enabled sfruttano già queste reti (TV, stampanti, monitor consumi, stazioni meteo) ma la presenza di troppi dispositivi collegati influirebbe negativamente sulle performances della rete, quindi l'utilizzo di questa tecnologia va limitato. In alternativa il **Bluetooth 4.0 Low Energy**, anche denominato Bluetooth Smart, è certamente più valido. Il basso consumo e le performances permettono la realizzazione di sistemi domotici wireless molto efficienti, tuttavia la sua diffusione è ancora molto limitata.

Tra le tecnologie wireless utilizzate vi è anche **ZigBee**, basata su protocollo **IEEE 802.15.4**, poco conosciuto agli utenti comuni ma molto utilizzato in reti di monitoraggio ambientale. La Provincia Autonoma di Trento ha di recente sfruttato questa tecnologia per creare una rete di sensori wireless a batteria per monitorare i movimenti geologici in presenza di scavi all'interno di una montagna. Non ha velocità di trasferimento comparabili al WiFi, ma ha performances più che sufficienti per poter essere utilizzata in reti di sensori e attuatori.

- 7.2 Perché ZigBee

La nostra scelta su quale tipo di protocollo utilizzare ha puntato su ZigBee poiché è dotato di una caratteristica unica nel suo genere: la rete non è di tipo a stella o a bus, ma è di tipo mesh, a maglia. Questo significa che è ogni dispositivo si collega a tutti i dispositivi che sono nel suo raggio di copertura. Grazie a questa caratteristica si possono creare reti complesse, estese e con una ridondanza elevata.



8. HARDWARE

La progettazione e la realizzazione della componentistica hardware di questo progetto ha richiesto molto tempo. Il corretto collegamento e la realizzazione delle schede si sono rivelate particolarmente difficoltose a causa degli spazi estremamente ridotti dei vari dispositivi.

- 8.1 Microprocessori

A livello di processori sono stati utilizzati:

- 1x **ARM Cortex-M3 SAM3X8E**, 32bit, 84MHz, 512KB ROM, 96KB RAM (su Arduino Due)
- 2x **Atmel ATmega328**, 16bit, 16MHz, 32KB ROM, 2KB RAM (Standalone)
- 1x **Atmel ATmega32U4**, 16bit, 16MHz, 32KB ROM, 2,5KB RAM (Arduino Micro)

La potenza di calcolo di questi processori è davvero ridotta. Escludendo il processore ARM di cui è dotata solo l'unità centrale essi hanno capacità di memorizzazione e velocità di elaborazione pari a quelle di una radiosveglia.

Il processore **ARM** ha una tensione di lavoro di 3,3V pertanto sono stati utilizzati dei convertitori di livello logico per utilizzare dispositivi a 5V.

I processori **ATmega328** in modalità standalone necessitano di un clock esterno, pertanto sulla scheda è stato installato un oscillatore al quarzo da 16MHz e due condensatori ceramici da 22pF.

- 8.2 Alimentazione

L'alimentazione a **5V** è fornita da alimentatori di tipo **switching** nelle unità alimentate da rete elettrica e da un convertitore **DC/DC** modello S7V7F5, in grado di garantire i 5V anche in caso di tensioni di ingresso inferiori (fino a 2,7V) eseguendo un'operazione di **step-up**.

L'alimentazione a **3,3V** è invece sempre fornita da un regolatore di tensione modello LM3940.

- 8.3 Sensori

Il **sensore di luce** (TSL2561) ed il **sensore di temperatura** (TMP102) dialogano con il controllore tramite **I2C** bus, un semplice protocollo seriale che sfrutta solo 2 pin: SDA (Serial DAta) per i dati e SCL (Serial CLock) per il mantenimento della sincronizzazione temporale.

Il sensore di luce ha una configurazione abbastanza complessa, poiché devono essere settati i tempi di integrazione e il gain. Il modulo è dotato di un sensore doppio, che permette la lettura sia della luce visibile che della luce infrarossa.

Il **sensore di umidità del terreno** (Moisture Sensor) è invece **analogico**, il suo valore viene pertanto letto dai PINs analogici del processore ATmega e vengono interpretati dalla libreria creata ad-hoc. Sfrutta la resistività del terreno, il cui valore viene amplificato da un amplificatore operazionale on-board.

I **sensori di corrente** (ACS712) hanno anch'essi un **output analogico**, ma particolare: viene infatti restituita una corrente alternata. Il principio di funzionamento è quello dell'**effetto Hall**, il software è stato quindi sviluppato affinché venga effettuata una lettura di qualche frazione di secondo della porta analogica, viene

quindi ricavata l'onda e analizzata al fine di ottenere un valore di corrente valido. La lettura da questo sensore rallenta notevolmente la velocità di aggiornamento del sistema.

- 8.4 Attuatori

Come **attuatori** sono stati utilizzati dei semplici relè con avvolgimento a **5V**. Un **fotoaccoppiatore** sulla scheda permette l'attuazione della bobina mediante una tensione di ingresso diversa da quella fornita dal PIN di segnale, questo perché il processore non è in grado di fornire una corrente sufficientemente alta per poter permettere l'eccitazione della bobina del relè. I 5V di alimentazione vengono prelevati direttamente dal modulo di alimentazione.

- 8.5 DIP Switch

I **DIP Switch** sono degli interruttori a due stadi che permettono di assegnare un indirizzo a seconda di come vengono settati. Sulle schede di Domex sono presenti DIP Switch a **4 bit**, questo significa che è possibile formare **16 indirizzi** diversi (2^4) per permettere la distinzione delle reti.

Al PIN comune viene fornita un'alimentazione di 5V, mentre i PIN di uscita sono collegati a 4 porte di ingresso digitali del processore. Per evitare valori fluttuanti è stata messa una resistenza da 1M Ω tra i PIN di uscita e la terra. Il valore di indirizzo finale viene letto da un'apposita libreria.

- 8.6 XBee

I **moduli XBee** funzionano a **3,3V**. Questo può costituire un problema nel momento in cui si debbano interfacciare tali moduli con microcontrollori operanti a 5V come nel nostro caso, in realtà bastano semplicemente due resistenze.

Sulla linea TX dell'XBee (che va quindi collegata alla linea RX del nostro ATmega), non è necessario eseguire nessun adattamento di tensione: le logiche a 5V riconoscono 3,3V come livello alto senza problemi. Le logiche TTL a 5V hanno infatti una soglia indeterminata nel range $2 \div 1,5V$.

Le tensioni in questo range potrebbero essere riconosciute sia come livello alto che come livello basso, mentre al di sopra dei 2V vengono sicuramente riconosciute come livello alto.

- 8.7 Ethernet Shield

L'**Ethernet Shield** è collegato tramite la propria piedinatura all'Arduino Due ed è in grado di funzionare perfettamente nonostante le tensioni di lavoro differenti (5V vs 3,3V).

E' in grado di gestire fino a **4 connessioni TCP/UDP** in contemporanea su porte diverse.

Questo shield è dotato di **lettore di scheda SD**, sulla quale vengono memorizzate le impostazioni, le regole e i valori letti nel caso non vi fosse connessione a internet.

- 8.8 Real Time Clock

Il **modulo RTC** è utile all'unità centrale per mantenere un corretto valore di **data e ora** per effettuare il **logging** dei valori letti. Questo modulo sfrutta il processore **DS3231**, che è dotato di una precisione elevatissima. E' alimentato da un accumulatore al litio e dialoga mediante protocollo SPI.

- **8.9 Componenti Vari**

Al fine di ottenere dei moduli compatti e utilizzabili, sono state utilizzate diverse **multiprese Gewiss** e una **scatola di derivazione** impermeabile (IP56) **Schneider**, sulla quale è posizionato esternamente un **aletta di alluminio** per il sensore di temperatura. La parte superiore è stata accuratamente forata e riempita di **resina epossidica** per permettere la visualizzazione del LED di stato e la lettura della quantità di luce.

9. SOFTWARE

La fase di progettazione e realizzazione del software è stata particolarmente complessa e impegnativa perché ha richiesto l'integrazione di diverse tecnologie e la realizzazione di un'ampia gamma di componenti che vanno da basi di dati a firmware per sistemi embedded. Tra i linguaggi utilizzati vi sono C++ per i microcontrollori, SQL per il database, Java per la comunicazione tra database e unità centrali, PHP, HTML e Javascript per l'interfaccia Web.

- 9.1 Firmware Unità Centrale

La realizzazione del firmware per i dispositivi della rete Domex è stata un'attività particolarmente impegnativa a causa delle peculiarità dei sistemi embedded e della piattaforma Arduino. Il software richiesto per il funzionamento infatti implementa funzionalità complesse, deve essere in grado di funzionare per anni senza effettuare reboots e di operare su piattaforme che impongono pesanti limitazioni. I processori dei dispositivi remoti infatti dispongono solo di 2Kb di memoria RAM e la frequenza del processore è di 16MHz, parametri che sono diversi ordini di grandezza inferiori a quelli di un tipico sistema desktop. Altre caratteristiche dei sistemi embedded rendono lo sviluppo particolarmente difficile. Non è infatti possibile utilizzare le funzionalità più potenti di C++ come ad esempio la gestione delle eccezioni e l'allocazione dinamica della memoria e altre sue funzionalità come ad esempio i meccanismi di astrazione e i template possono essere utilizzati solo in maniera estremamente limitata. In particolare per sopperire a quest'ultima limitazione si rende necessaria la scrittura manuale di allocatori di memoria il cui uso rallenta il processo di sviluppo e aumenta la complessità del programma. Le funzionalità di debug offerte dai sistemi embedded sono inoltre estremamente limitate e nel caso di Arduino sono inesistenti a causa di alcune scelte progettuali dei suoi creatori.

Il firmware è stato diviso in librerie per mantenere il software modulare e più facilmente mantenibile:

- Libreria XBee fornisce un'interfaccia per la gestione dei moduli XBee installati su ogni dispositivo e per l'invio e la ricezione di pacchetti dati
- Libreria INet fornisce classi per costruire e interpretare pacchetti applicativi contenenti ad esempio letture di sensori o richieste di output
- Libreria Core fornisce tutte le funzionalità di base a unità centrali e dispositivi remoti. Viene usata per mappare le risorse disponibili, gestire le regole, interfacciarsi con i server esterni e molto altro ancora
- Libreria IO gestisce in maniera unificata i meccanismi di input e output, in particolare quelli verso la rete internet e verso la scheda SD

- 9.2 Interfaccia Bridge Unità Centrali - Database

La finalità di questo software è quella di effettuare un ponte virtuale tra l'Unità Centrale di un cliente e il database MySQL. Questa applicazione, sviluppata in Java e presente solamente sul server, è in grado di effettuare il corretto salvataggio di valori nel database basandosi su valori ricevuti dall'Unità Centrale, che si comporterà come client.

Dal momento che attraverso la Ethernet Shield non è possibile interfacciarsi direttamente con il database, è stato scelto un approccio tramite una connessione TCP. Questa interfaccia accetta connessioni, con thread dedicati, da ogni singolo client. Dopo aver effettuato la procedura di autenticazione, il client sarà in grado di

scrivere nel database valori singoli o multipli a seconda delle necessità. Ogni valore verrà automaticamente collegato al corrispettivo sensore, che a sua volta apparterrà a un dispositivo identificato da un MAC address univoco. Nel caso non fosse stata aggiornata la lista dei dispositivi appartenente all'utente in questione, verrà effettuata una richiesta di aggiornamento al client, che provvederà a fornire tutti i dati necessari. E' prevista anche la possibilità di aggiornare le impostazioni e le regole da remoto.

Nel caso in cui l'Unità Centrale rimanesse senza rete internet, i dati verranno immagazzinati nella scheda SD al suo interno. Alla prima connessione verrà effettuato un dump, ovvero il trasferimento di tutti i dati salvati al database. Questa operazione necessita di una grande efficienza, pertanto sono state adottate delle tecniche per rendere tutte queste procedure il più veloci possibile senza appesantire troppo il server con nuove richieste.

- 9.3 Database

Il database è l'elemento fondamentale per la memorizzazione e pubblicazione di tutti i dati campionati dai sensori dei vari dispositivi.

Prima della sua realizzazione è stato effettuato un approfondito studio affinché fosse completo, dotato di una struttura robusta ma allo stesso tempo efficace e scalabile.

Le diverse tabelle descrivono degli utenti, che possiedono determinati dispositivi ad essi associati, i quali a loro volta possiedono determinati sensori e attuatori. I sensori sono descritti da un tipo e ad essi sono associati dei valori. Non vengono invece effettuati salvataggi di dati relativi allo stato degli attuatori.

Il servizio di MySQL, i relativi driver e il DBMS MySQL Workbench sono installati sullo stesso server sul quale è in esecuzione l'interfaccia-ponte precedentemente descritta.

E' stata particolarmente curata anche la parte di gestione degli utenti in grado di accedere al database, creandone diversi in modo da poter assegnare diversi permessi a seconda delle operazioni che dovranno effettuare. L'unico utente in grado di collegarsi da IP remoti non è in grado di compromettere in alcun modo il database, poiché per effettuare statistiche sono necessari solo permessi di lettura.

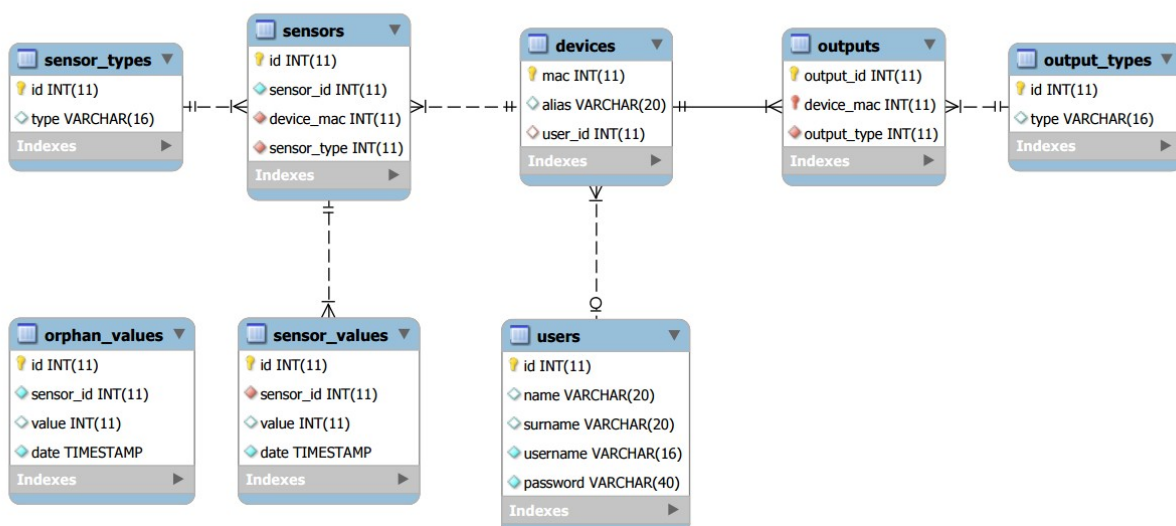


Figura 10: Modello ER del database realizzato.

- 9.4 Sito Web

Da questo sito è possibile, dopo aver effettuato l'autenticazione, visualizzare le statistiche relative a un determinato sensore selezionando un dispositivo in possesso e collegato alla rete Domex.

Il sito web è stato realizzato puramente a fini dimostrativi, ma è possibile estenderlo facilmente aggiungendovi funzionalità e personalizzazioni. E' stato realizzato con un'ottica di compatibilità per ogni supporto e browser. L'interfaccia è di tipo responsive, ovvero in grado di adattarsi automaticamente alla risoluzione del dispositivo su cui è visualizzato. Il sito inoltre è dotato di grafica basata su CSS3 e HTML5, che permettono di ridurre il peso delle pagine, migliorarne la visualizzazione e l'approccio con l'utente finale. Palette di colori e stili sono stati appositamente scelti al fine di adattare il sito alle normative grafiche di Google, rispettando quindi il più possibile il rinomato Material Design.

Come server HTTP è stato utilizzato quello proprietario di Microsoft (IIS), mentre per l'esecuzione di PHP è stato utilizzato il motore ufficiale, che è stato poi integrato con IIS.

Attualmente il sito è consultabile pubblicamente all'indirizzo www.domexsystems.com ed è ospitato da un server presso l'Istituto Tecnico Carlo Antonio Pilati. E' stata opportunamente modificata la destinazione del dominio sui server DNS del provider affinché puntassero all'IP pubblico statico del nostro server (46.234.238.59).

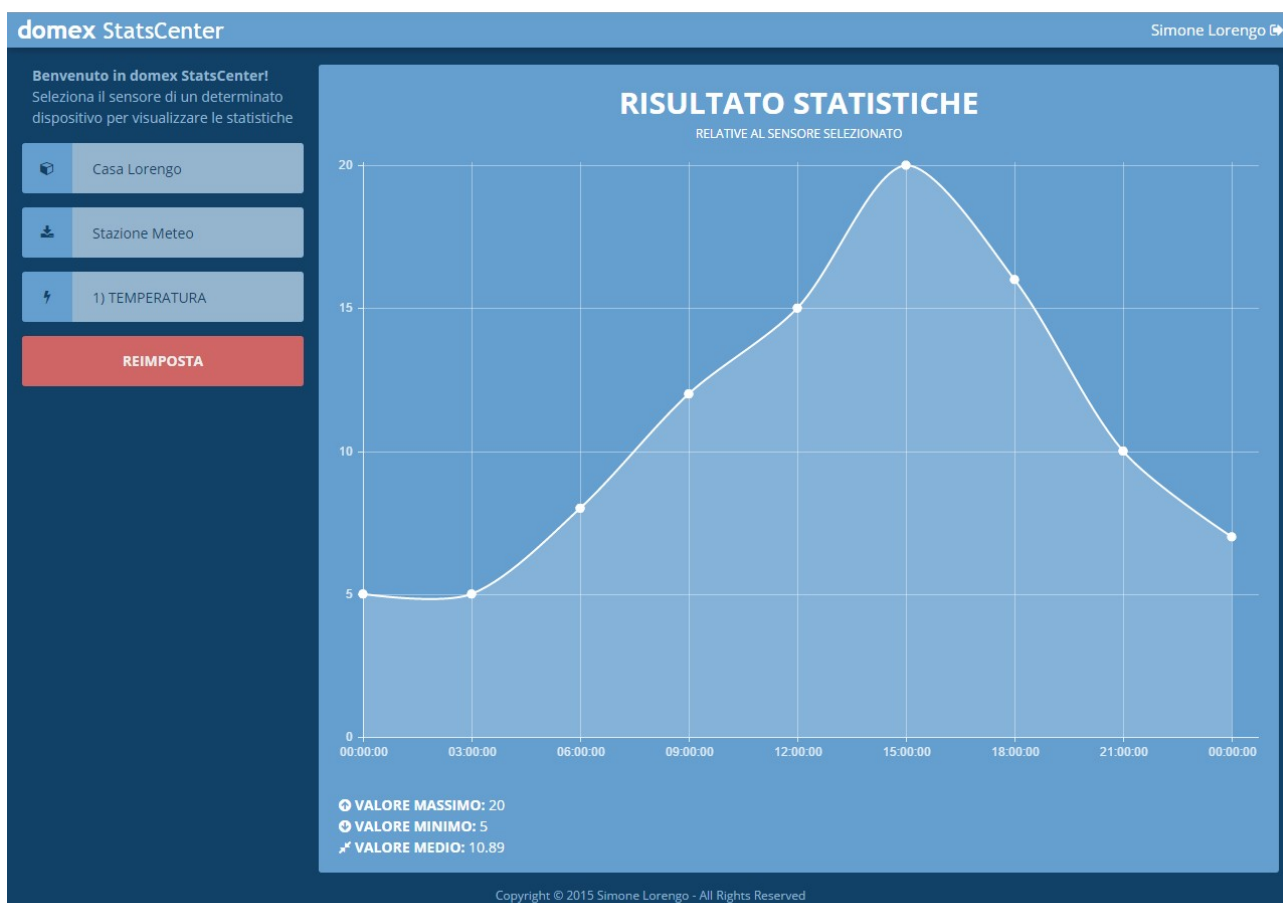


Figura 11: Screenshot della pagina delle statistiche del sito.

10. CONCLUSIONI E COMMENTI

Ben prima di tutti i riscontri positivi avuti con il test finale del progetto, siamo stati costretti a relazionarci con il mondo dell'Open Source, con i relativi vantaggi e svantaggi. Senza ombra di dubbio Arduino è una piattaforma supportata da migliaia di sviluppatori, pertanto la risoluzione di eventuali problemi potrebbe apparire abbastanza semplice. Tuttavia, avendo scelto un settore che in pochi sono andati a toccare, è stato spesso difficile reperire codice o documentazione affidabile. Infatti, nel codice delle librerie ufficiali di Arduino, sono stati trovati commenti riportanti dubbi sul corretto funzionamento della libreria stessa, sintomo di un lavoro mai ultimato o mal svolto. Per quanto riguarda l'hardware invece, un componente minore è stato erroneamente bruciato a causa della presenza di documentazione errata online e, in particolare, dell'assenza di documentazione ufficiale.

La realizzazione di questo progetto è stata decisamente impegnativa e dispendiosa, sia in termini di tempo che di denaro. Sono state richieste competenze a 360° sia in campo informatico che elettronico, ma anche in altri ambiti. Rianalizzando il lavoro svolto abbiamo infatti notato dei diretti collegamenti non solo con le materie tecniche, ma anche con quelle gestionali, poiché è stata necessaria un'accurata pianificazione e previsione dei costi dell'hardware e dei tempi approssimativi di realizzazione del progetto.

Abbiamo optato per questa strada non solo per dimostrare le nostre capacità alla fine di questo corso di studi, ma anche per una soddisfazione personale. Con grande gioia possiamo affermare che il nostro obiettivo è stato pienamente raggiunto, nonostante le grandi difficoltà incontrate.

Ad ogni modo il progetto "Domex" non avrà termine con la conclusione degli esami di maturità: la nostra idea è infatti quella di effettuarne una piccola rielaborazione per poi poterlo proporre a qualche azienda potenzialmente interessata.